

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Первомайський навчально-науковий інститут

Кафедра «Теплоенергетики та технологій машинобудування»

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри

« 8 » березня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

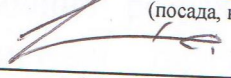
на тему: Розробка системи теплопостачання котеджу з цокольним поверхом та мансардою житловою площею 250 м²

Виконав: студент групи 47-ТЕ-22


(підпис) **Литвиненко О.І.**

Керівник роботи:

ст. викладач кафедри ТЕ та ТМ ПННІ НУК
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

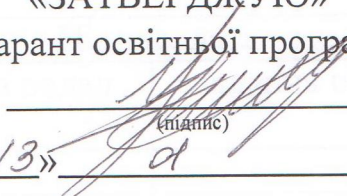

(підпис) **Шостак О.В.**

м. Первомайськ – 2026 р.

Кафедра «Теплоенергетики та технологій машинобудування»Спеціальність 144 «Теплоенергетика»Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми


(підпис)
«13» _____ 2026 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»**

Студенту **Литвиненку Олександр Ігоровичу**

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи тепlopостачання котеджу з цокольним поверхом та мансардою житловою площею 250 м²

Керівник роботи ст. викладач кафедри ТЕ та ТМ Шостак О.В.

Затверджено розпорядженням ПННІ НУК № 8 від «12» січня 2026 року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі: 05.06.2026

3. Вихідні дані по роботі: креслення і характеристика будівлі котеджу з цокольним поверхом та мансардою житловою площею 250 м².

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів).

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система тепlopостачання.
2. Розробка системи водяного опалення. 3. Розробка системи вентиляції. Визначення необхідних параметрів повітрообміну та вибір схеми вентиляційної системи будинку. Аеродинамічний розрахунок системи природної витяжної вентиляції. 4. Розробка системи гарячого водопостачання. Визначення розрахункових витрат гарячої води. Визначення розрахункових теплових потоків на потреби ГВП. Розробка теплообмінного апарата. 5. Розробка заходів з охорони праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Експлікація будівлі
2. Аксонометрична схема опалення
3. Аксонометрична схема опалення
4. Аксонометрична схема вентиляції
5. Роторний рекуператор.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання «12» 01 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання		
2	Розробка системи водяного опалення		
3	Розробка вентиляції		
4	Розробка системи ГВП. Розробка роторного рекуператора		
5	Розробка заходів з охорони праці		
6	Графічна частина		

Студент


(підпис)

Литвиненко О.І.

Сервісник роботи


(підпис)

Шостак О.В.

АНОТАЦІЯ

В кваліфікаційній роботі розроблена система теплопостачання котеджу з цокольним поверхом та мансардою, а саме системи опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, для забезпечення комфортних умов мешканцям даного котеджу.

Виконано розрахунок тепловтрат через огорожувальні конструкції будівлі. Розроблена аксонометрична схема системи опалення, виконано гідравлічний розрахунок системи. Підібрано сучасні зразки нагрівальних приладів. Приведена розробка розширювального баку для компенсації температурних розширень теплоносія.

Розроблена система природної витяжної вентиляції. Визначені необхідні параметри повітрообміну та вибрана схема вентиляційної системи, зроблений аеродинамічний розрахунок системи вентиляції.

Розроблена принципова схема системи гарячого водопостачання, виконаний гідравлічний розрахунок системи, розрахунок конструкції роторного рекуператора, використання якого дозволяє значно знизити витрати енергії на нагрівання припливного повітря за рахунок утилізації теплоти витяжного повітря.

В роботі розглянуті питання з охорони праці та техніки безпеки при обслуговуванні систем теплопостачання на об'єкті.

Ключові слова: опалення, вентиляція, гаряче водопостачання, роторний рекуператор.

ABSTRACT

In the qualification work, a heat supply system for a cottage with a basement and an attic has been developed, namely heating, ventilation, and hot water systems, to provide comfortable conditions for the residents of this cottage.

A calculation of heat loss through the building's enclosing structures has been performed. An axonometric diagram of the heating system has been developed, a hydraulic calculation of the system has been performed. Modern models of heating devices have been selected. An expansion tank has been developed to compensate for thermal expansion of the coolant.

A natural exhaust ventilation system has been developed. The necessary air exchange parameters have been determined and a ventilation system scheme has been selected, an aerodynamic calculation of the ventilation system has been made.

A schematic diagram of the hot water supply system has been developed, a hydraulic calculation of the system has been performed, and a design calculation of a rotary recuperator has been made, the use of which allows significantly reducing energy consumption for heating the supply air by utilizing the heat of the exhaust air.

The paper considers issues of occupational health and safety when servicing heat supply systems at the facility.

Keywords: heating, ventilation, hot water supply, rotary recuperator.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ.	10
1.1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання.....	10
1.2. Перелік систем об'єкту, параметри та технічні характеристики енергоносіїв	12
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	14
2.1. Вибір системи опалення	14
2.2. Розрахунок теплової потужності системи опалення	15
2.3. Розрахунок тепловтрат та теплопритоків приміщень	18
2.4. Визначення питомої витрати теплоти на опалення будинку.....	25
2.5. Гідравлічний розрахунок системи опалення. Вибір обладнання системи	26
2.6. Розробка розширювального баку.....	32
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	36
3.1. Визначення необхідних параметрів повітрообміну та вибір схеми вентиляційної системи будинку	36
3.2. Аеродинамічний розрахунок системи природної витяжної вентиляції	39
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	50
4.1. Визначення розрахункових витрат гарячої води.....	50
4.2. Визначення розрахункових теплових потоків на потреби ГВП....	52
4.3. Розробка регенеративного теплообмінника	53
4.3.1. Загальні відомості про регенеративні теплообмінні апарати.....	53
4.3.2. Вибір типу регенератора для системи вентиляції.....	61
4.3.3. Розрахунок роторного рекуператора.....	62

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	67
5.1. Охорона праці та техніка безпеки при обслуговуванні систем теплопостачання на об'єкті.....	67
ВИСНОВКИ.....	70
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

ВСТУП

Проектування та впровадження сучасних систем теплозабезпечення є одним із пріоритетних завдань енергетичної галузі, оскільки від їхньої ефективності безпосередньо залежить якість мікроклімату в приміщеннях та рівень комфорту життєдіяльності людини. Стан внутрішнього середовища будівлі суттєво впливає на здоров'я, самопочуття та працездатність людей, що робить підтримку стабільних теплових параметрів невід'ємною частиною сучасних соціальних стандартів.

Водночас стрімке зростання вартості традиційних енергоносіїв висуває жорсткі вимоги до економічних показників енергосистем. Підвищення енергоефективності теплогенеруючих установок є критично важливим, оскільки це дозволяє знизити сумарні витрати палива в масштабах країни та зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище. У зв'язку з цим, особливої ваги набуває перехід до комплексних рішень, що поєднують енергоощадні технології та використання відновлюваних джерел енергії.

Забезпечення теплового комфорту є складним мультифакторним завданням. Фахівці з систем мікроклімату повинні не лише проектувати системи, що відповідають чинним санітарно-гігієнічним нормам, а й інтегрувати засоби автоматизації, які дають користувачеві можливість індивідуального регулювання теплових умов.

Важливою складовою довговічності будівельних конструкцій та ефективності інженерних мереж є належна будівельна теплотехніка. Застосування новітніх теплоізоляційних матеріалів для зовнішніх огорожувальних конструкцій та тепломереж дозволяє мінімізувати втрати енергії. Вибір утеплювача має базуватися на комплексному аналізі його теплофізичних властивостей, терміну експлуатації та відповідності світовим стандартам якості.

Сучасна система тепlopостачання — це складний інженерний комплекс, що включає:

- теплогенеруюче обладнання;

- системи транспортування теплоносія (трубопроводи, насоси);
- прилади теплоспоживання;
- системи автоматичного регулювання, моніторингу та обліку енергії.

Враховуючи, що близько третини всього палива в Україні витрачається на потреби опалення та гарячого водопостачання, раціоналізація цих процесів має величезний економічний потенціал. Інтеграція сучасного обладнання,

Мета роботи: Розробка системи тепlopостачання котеджу з цокольним поверхом та мансардою

Завдання роботи: Розробка сучасної економічної системи тепlopостачання (опалення, вентиляції, гарячого водопостачання) житлового котеджу для підтримки певних параметрів середовища в приміщеннях протягом року та створення санітарно–гігієнічних умов.

Об'єкт розробки: житловий триповерховий котедж (з цоколем та мансардою), житловою площею 250 м², розташований у Миколаївській області. Процес забезпечення мікроклімату та тепlopостачання житлового котеджу.

Предмет розробки: Інженерні рішення, розрахункові параметри та склад обладнання систем опалення, вентиляції з рекуперацією тепла та гарячого водопостачання котеджу.

Методи розробки: Аналітичний метод: вивчення нормативної бази (ДБН, ДСТУ) та сучасних технологій у сфері теплоенергетики.

Розрахунково-конструктивний метод: виконання теплотехнічних розрахунків огорожувальних конструкцій, визначення тепловтрат будівлі, гідравлічний розрахунок трубопроводів та аеродинамічний розрахунок вентиляційних каналів.

Метод техніко-економічного порівняння: вибір оптимальної схеми тепlopостачання та підбір енергоефективного обладнання (радіаторів, насосів, рекуператора).

Графічно-аналітичний метод: візуалізація інженерних мереж на планах та розрізах будівлі.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

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

Об'єктом, для якого розробляється система теплопостачання є житловий триповерховий котедж (з цоколем та мансардою), якій розташований у Миколаївській області.

Загальна площа забудови котеджу складає 650 м², житлова площа - 250м², кількість кімнат - 12, з них спальень – 7, віталень - 2, кухонь - 2. Котедж має басейн, сауну, більярдну п'ять ванних кімнат та одну душову. Площа та характеристики приміщень представлені у таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Експлікація приміщень

№ прим.	Найменування	Площа, м ²
Цокольний поверх		
1	Хол	20,0
2	Господарське приміщення	2,30
3	Кімната відпочинку	27,0
4	Санвузол	1,7
5	Душова	3,9
6	Сауна	4,7
7	Басейн	11,0
8	Тренажерна зала	43,0
9	Електрощитові	3,5
10	Котельня	5,7
11	Технічне приміщення	6,0
12	Котельня	6,0
13	Коридор	4,0
14	Кімната відпочинку	30,0
15	Більярдна	26,0
16	Коридор	11,5
17	Комора	6,40
Всього		212,7

№ прим.	Найменування	Площа, м ²
Перший поверх		
1	Тамбур	4,7
2	Передпокій	8,2
3	Вітальна	22,7
4	Кухня	14,0
5	Спальня	18,0
6	Ванна кімната	11,2
7	Гардеробна	2,6
8	С/в вітальні	1,7
9	Тамбур	2,2
10	Вітальня	7,5
11	Передпокій	25,4
12	Зимовий сад	1,0
13	Спальня	14,0
14	Спальня	11,8
15	Ванна кімната	8,0
16	С/в	3,0
17	Кухня - столова	37,5
18	Коридор	3,5
19	Сходи цокольного поверху	1,5
19	Сходи цокольного поверху	1,5
Всього		217,7
Мансарда		
1	Хол	32,0
2	Спальня	37,5
3	Ванна кімната	12,2
4	Спальня	14,4
5	Спальня	15,4
6	Гардеробна	5,15
7	Ванна кімната	13,0
8	Спальня	19,2
9	Гардеробна	5,0
10	Спальня	14,2
11	Гардеробна	2,4
12	Хол	22,3
13	Зимовий сад	13,7
Всього		206,5
Всього по поверхах		636,9

Котедж має кам'яний фундамент, кам'яні зовнішні та капітальні стіни і цегляні перегородки. Зовнішня та внутрішня обробка стін – штукатурка. Горищні перекриття виконані з деревини, дах шиферний. Будівля має два виходи. На вході встановлені металеві двері розміром 2100 x1500 мм.

Внутрішні дверні пройми типові для всіх приміщень і мають розміри 2100x1000 мм та виконані з деревини. Вікна мають розміри:

- цокольний поверх: 1500x1000 мм - 7 шт., 1000x1000 мм - 4 шт., 1250x1000 мм. - 6 шт.,
- на 1-му поверсі: 2250x1500 - 3 шт., 1500x1500 - 11 шт., 1000x1500 - 11шт., 750x1500 - 2 шт.,
- мансарда: 1500x1500 - 11 шт., 1000x1500 - 6 шт., 2250x1500 - 3 шт., і являють собою подвійне застосування у металопластику.

1.2. Перелік систем об'єкту, параметри та технічні характеристики енергоносіїв

Котедж обладнаний наступними системами: вентиляції, водопостачання, газопостачання, каналізації та системою опалення.

Система вентиляції

Вентиляція будівлі передбачена з природним спонуканням повітря через вентиляційні канали кухонь, санвузлів та ванних кімнат відповідно до вимог ДБН В 2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Система водопостачання

Холодна вода для підігріву береться з мережі водопостачання. Якість води відповідає вимогам стандарту питної води ДСанПіН 2.2.4-171-10. Джерелом водопостачання є існуючий водопровід.

Прокладка мережі водопостачання в будівлі передбачена відкритою. Прокладені трубопроводи передбачені з уклоном 0,002 згідно з ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». Споживачами холодної води є умивальники, унітази.

Внутрішня мережа водопроводів холодної води змонтована з металопластикових труб.

Система газопостачання

Джерелом газопостачання котеджу є діюча система газопостачання з підключенням до існуючого газопроводу середнього тиску діаметром 500 мм.

Тип газу – природний, нижча теплота згоряння $Q_p^H = 35,6$ МДж/м³ (8500 ккал/м³), густина – 0,73 кг/м³. Внутрішнє газопостачання забезпечується поданням газу низького тиску до газових плит.

Система каналізації

У будівлі діє побутова каналізація – для відведення стічних вод від санітарно – технічних приладів (унітазів, умивальників). Відвід стічних вод передбачено по закритим самотісним трубам відповідно ДБН В.2.5-75:2013. Прокладку відвідних трубопроводів від пристроїв, які встановлені у вбиральнях будівлі, передбачено над підлогою і використано облицювання та ізоляцію. Запроєктована каналізація підключається до міської мережі.

Система опалення

Розрахункова температура у приміщеннях плюс 20°C прийнята згідно ДБН В 2.5-67:2013. Система опалення в будівлі планується здійснювати від індивідуальної котельні. В якості теплоносія використовується гаряча вода з параметрами 95 – 70°C.

Висновки за розділом:

У Розділі 1 проведено детальний аналіз об'єкта проєктування — триповерхового житлового котеджу (з цоколем та мансардою) житловою площею 250 м², розташованого у Миколаївській області. Визначено архітектурно-планувальні особливості будівлі, характеристики огорожувальних конструкцій (стін, вікон, перекриттів) та параметри інженерних мереж (водопостачання, каналізації, газопостачання). Встановлено, що розрахункова внутрішня температура становить +20°C, а джерелом теплопостачання є індивідуальна котельня з параметрами теплоносія 95–70°C.

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Вибір системи опалення

Вибір системи починають з техніко-економічних розрахунків з урахуванням якості вихідного теплоносія, ступеня забезпеченості ним і підтримання потрібної його якості у споживача.

Системи опалення поділяються на горизонтальні і вертикальні. Для вертикальних систем існує можливість встановлення індивідуальних капілярних або електронних лічильників теплової енергії на опалювальних приладах за наявності затверджених методик обліку та узгодження з експлуатаційними організаціями. Встановлення таких лічильників доцільне при модернізації систем опалення.

Опалення проєктується для забезпечення в приміщеннях розрахункової температури повітря, з огляду на:

- а) втрати теплоти через огорожувальні конструкції;
- б) витрати теплоти на нагрівання зовнішнього повітря, що інфільтрується;
- в) тепловий потік, що регулярно надходить від електричних приладів, освітлення, технологічного устаткування, комунікацій, матеріалів, людей і інших джерел; при цьому тепловий потік, що надходить до кімнат, варто приймати не менше чим 10 Вт на 1 м² підлоги.

Втрати теплоти через внутрішні конструкції приміщень, що обгороджують, допускається не враховувати, якщо різниця температур у цих приміщеннях дорівнює 3 °С і менше.

Витрати інфільтраційного повітря варто визначати, приймаючи швидкість вітру за параметрами Б.

Якщо швидкість вітру при параметрах Б менша, ніж при параметрах А, то опалювальні прилади варто перевіряти на параметри А.

Параметри теплоносія (температура, тиск) у системах опалення з трубами з термостійких полімерних матеріалів не повинні перевищувати гранично

припустимі значення, зазначені в нормативній документації на їх виготовлення, але не більше 90 °С та 1,0 МПа.

Для систем опалення і внутрішнього теплопостачання варто застосовувати в якості теплоносія воду, інші теплоносії допускається застосовувати при техніко-економічному обґрунтуванні.

Розробляємо систему опалення на підставі технічного завдання й відповідно до діючих норм і правил ДБН В 2.5-67:2013.

Система запроєктована двотрубна з поверховим горизонтальним розведенням від стояків Т 1 і Т2. Параметри теплоносія: $T_1=80\text{ }^{\circ}\text{C}$, $T_2=70\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Трубопроводи прокладаються:

- стояки опалення Т1, Т2 у конструкції стін;
- горизонтальні ділянки магістралей по ряду Е - у конструкції стін;
- горизонтальні розведення й підведення до радіаторів - у конструкції підлоги.

Як нагрівальні прилади прийняті алюмінієві секційні радіатори, у санвузлах – сушники для рушників.

2.2. Розрахунок теплової потужності системи опалення

Температура приміщень залежить від надходження та витрат теплоти, а також від теплозахисних властивостей зовнішніх огорожень та розташування обігрівальних приладів. Тепло надходить у приміщення від джерел штучного освітлення, людей, обладнання та інше. Тепло витрачається на підігрів повітря, яке надходить у приміщення через нещільності у огороженнях та для компенсації повітря, що видаляється витяжними системами. Зведення усіх складових надходжень та тепла у тепловому балансі приміщення визначається дефіцитом чи надлишком теплоти. Дефіцит тепла вказує на необхідність встановлення у приміщеннях опалювальних приладів. Розрахункова тепла потужність системи опалення відповідає максимальному дефіциту теплоти. При визначенні теплової потужності системи опалення враховують тепловитрати через

огорожувальні конструкції, застосування, стелю, підігрів зовнішнього повітря, яке потрапляє в приміщення з інфільтрацією [4].

Зовнішня стіна у теплотехнічному відношенні являє собою багатошарову пластину. У даному випадку стіна має шар зовнішнього облицювання будівлі, шар утеплювача та штукатурки.

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель зробимо розрахунок стіни:

1. Облицювання: цегла силікатна:

$$\rho = 1800 \text{ кг/м}^3; \delta = 120 \text{ мм} = 0,12 \text{ м}; \lambda = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}; S = 9,77 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

2. Утеплювач: «Fasrock-L», $\rho = 800 \text{ кг/м}^3; \delta = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м};$

$$\lambda = 0,039 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}; S = 7,61 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

3. Штукатурка (цементно-піщаний розчин)

$$\rho = 1800 \text{ кг/м}^3; \delta = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}; \lambda = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}; S = 9,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

Термічний опір ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$) зовнішньої стіни знаходиться за формулою:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_e} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n},$$

де $\alpha_e = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції приймається з ДБН В.2.6-31:2016;

$\alpha_n = 23 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ - коефіцієнт тепловіддачі (для зимових умов) зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції приймається з ДБН В.2.6-31:2021.

$$R_0 = \frac{1}{8,7} + \frac{0,12}{0,76} + \frac{0,06}{0,039} + \frac{0,02}{0,76} + \frac{1}{23} = 2,19$$

Дахове перекриття

Перекриття даху, як і зовнішня стіна, являє собою багатошарову конструкцію і включає в себе наступні шари:

1. Штукатурка (цементно-піщаний розчин):

$$\rho = 1800 \text{ кг/м}^3; \delta = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}; \lambda = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}; S = 9,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

2. Плита перекриття 1ПК63.18: $\rho = 2500 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 220 \text{ мм} = 0,22 \text{ м}$;
 $\lambda = 1,92 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$; $S = 17,38 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$

3. Пароізоляція «Руберойд» $\rho = 600 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$;
 $\lambda = 0,17 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$; $S = 3,53 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$

4. Утеплювач «Гравій керамзитовий»: $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$;
 $\lambda = 0,11 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$; $S = 3,36 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$

5. Стяжка (цементно-піщаний розчин): $\rho = 1800 \text{ кг/м}^3$; $\delta = 20 \text{ мм} = 0,02 \text{ м}$;
 $\lambda = 0,76 \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$; $S = 9,6 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$

Термічний опір ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C/Вт}$) перекриття знаходиться за формулою:

$$R_0 = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} = 1,53,$$

де $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожуючої конструкції приймається з ДБН В.2.6-31:2021.

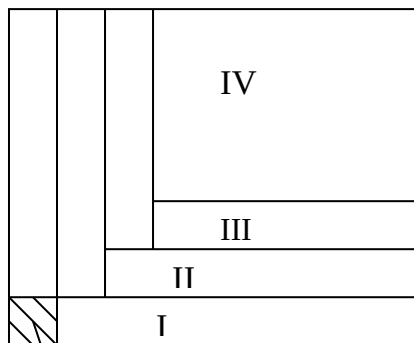
Підлога нижнього поверху

Так як підлога нижнього поверху знаходиться на ґрунті, то тепловтрати через таку підлогу розраховуються умовними зонами, полосами шириною 2 м, що паралельні зовнішнім стінам.

Опір теплопередачі 1-ї зони $R_1=2,1$, 2-ї $R_2=4,3$, 3-ї $R_3=8,6$ і решти підлоги $R_4=14,2$.

Таким чином втрати розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{н.п.}} = \left(\frac{F_1}{R_1} + \frac{F_2}{R_2} + \frac{F_3}{R_3} + \frac{F_4}{R_4} \right) \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{г}}) \cdot (1 + \sum \beta_i)$$



рахувати два рази

Рис. 2.1. Розрахунок підлоги

Вікна та балконні двері.

Потрібний термічний опір R_0^{mp} нормується залежно від різниці температур $(t_e - t_n)$. В роботі передбачені дерев'яні вікна подвійного засклення з роздільними палітурками, R_0 приймаємо рівним $0,327 (m^2 \cdot ^\circ C / Bm)$.

Внутрішні огорожувальні конструкції

Теплопередача між суміжними приміщеннями розраховується, якщо різниця температур повітря суміжних приміщень більша $5^\circ C$. В роботі найбільша різниця температур $2^\circ C$, отже розрахунок теплопередачі між внутрішніми приміщеннями не проводиться.

2.3 Розрахунок тепловтрат та теплопритоків приміщень

Розрахунок основних тепловтрат відбувається за певною послідовністю.

На плані будівлі проставлені номери приміщень, що опалюються. Приміщення пронумеровані за годинниковою стрілкою. Визначаються площі поверхонь (m^2) огорожувальних поверхонь F .

Основні тепловтрати (Вт) від стін, перекриття, дверей та вікон знаходять за формулою:

$$Q = \frac{F \cdot (t_e - t_n) \cdot n}{R_0}$$

Вихідні дані, прийняті значення та результати розрахунків внесені до таблиці 2.1.

В ході виконання роботи використовувались наступні скорочені назви огорожень:

НС – зовнішня стіна;

ТЗ – тренажерна зала;

ПС – вікна подвійного скління;

Ел – електрощитова;

ПТ – стеля;

Кот – котельня;

ПЛ – підлога;

КВ – кімната відпочинку;

Ц – цокольний поверх;

Б – більярдна

М – мансардовий поверх;

К – комора;

Бас – басейн;

ЗС – зимовий сад;

ВК – Ванна кімната;

П – передпокої;

Кух – кухня;

Г – гардероб;

ТП – технічне приміщення;

Кор. – коридор;

ГП – господарське приміщення;

СП – спальня;

Т – тамбур;

В – вітальня;

С – сходи;

Розрахунок додаткових тепловтрат огороженнями. Визначення загальних тепловтрат

Додаткові тепловтрати визначаються для зовнішніх огорожень, вони виражаються у відсотках від основних втрат теплоти.

Додаткові тепловтрати обумовлені різноманітними факторами. При розрахунку тепловтрат слід враховувати: орієнтацію огороження за сторонами світу, обдуваємість їх вітром, проникнення в приміщення холодного повітря при відкриванні дверей, кількість зовнішніх стін в приміщенні, інфільтрацію.

Додаткові тепловтрати на орієнтацію зовнішніх огорожень по сторонам світу визначаються інтенсивністю сонячної радіації і залежать від географічної орієнтації огорожень.

Додаткові тепловтрати внаслідок інфільтрації зовнішнього повітря були прийняті. Додаткові тепловтрати, обумовлені обдуваємістю вітром зовнішніх огорожень, знаходяться для всіх вертикальних зовнішніх огорожень. Для будівель не захищених від вітру надбавка береться 5...10 %.

Всі величини додаткових тепловтрат занесені у зведену таблицю тепловтрат. Всі надбавки для кожного огороження додаються у додатковий множник m .

Загальні тепловтрати (Вт) для кожного огороження окремо, розраховуються за формулою: $Q^{огр} = Q(1 + m)$.

Розрахункові тепловтрати для кожного приміщення, що опалюється, знаходяться шляхом суми загальних тепловтрат крізь всі огороження даного приміщення.

$$Q^{расч} = \sum_{j=1}^l Q_j^{огр},$$

де l – кількість огорожень приміщення.

Загальні тепловтрати будівлі являють собою суму розрахункових тепловтрат всіх приміщень:

$$Q^{зд} = \sum_{k=1}^p Q_k^{расч},$$

де p – кількість опалювальних приміщень будівлі.

Визначимо тепловтрати для максимального зимового режиму.

Таблиця 2.1

Зведена таблиця тепловтрат

Номер приміщення	Призначення приміщення	Температура внутрішнього повітря	Температура зовнішнього повітря	Назва огороження	Орієнтація огороження	Площа огороження	Додатковий коефіцієнт	Термічний опір огороження	Основні тепловтрати	Надбавки до тепловтрат			Загальні тепловтрати
										на орієнтацію	на обдуваємість вітром	на інфільтрацію	
8Ц	ТЗ	20	-20	НС	З	6,3	1	1,82	138,5	5%	10%	10%	173,08
		20	-20	НС	ПН	7,94	1	1,82	174,5	10%	5%	10%	218,13
		20	-20	ПС	ПН	1,5	1	0,52	115,4	10%	5%	10%	144,23
		20	-20	ПЛ	-	43	0,9	2,1	737,1	-	-	-	737,14
		20	-20	ПС	З	3,38	1	0,52	260	10%	10%	10%	338,00
													1610,58
9Ц	Ел	20	-20	НС	ПН	7	1	1,82	153,8	10%	5%	10%	192,31
		20	-20	ПС	ПН	1,5	1	0,52	115,4	10%	5%	10%	144,23
		20		ПЛ	ПН	3,5	1	2,1	33,33	-	-	-	33,33
													369,87
10Ц	Кот	20	-20	НС	ПН	4,76	1	1,82	104,6	10%	5%	10%	130,77
		20	-20	ПС	ПН	1,5	1	0,52	115,4	-	-	-	115,38
		20	-20	ПЛ	-	5,7	1	2,1	108,6	-	-	-	108,57
													354,73

Номер приміщення	Призначення приміщення	Температура внутрішнього повітря	Температура зовнішнього повітря	Назва огороження	Орієнтація огороження	Площа огороження	Додатковий коефіцієнт	Термічний опір огороження	Основні тепловтрати	Надбавки до тепловтрат			Загальні тепловтрати
										на орієнтацію	на обдуваємість вітром	на інфільтрацію	
11Ц	ТП	20	-20	НС	ПН	1,4	1	1,82	30,77	10%	5%	10%	38,46
		0	0	НС	СХ	20,65	1	1,82	0	-	10%	10%	0,00
		20	-20	ПС	ПН	1,5	1	0,52	115,4	10%	5%	10%	144,23
		20	-20	ПЛ	-	6	1	2,1	114,3	-	-	-	114,29
													296,98
12Ц	Кот	20	-20	НС	ПН	1,4	1	1,82	30,77	10%	5%	10%	38,46
		20	-20	ПС	ПН	1,5	1	0,52	115,4	5%	10%	10%	144,23
		20	-20	ПЛ	-	6	1	2,1	114,3	-	-	-	114,29
													296,98
14Ц	КВ	20	-20	НС	ПН	15,6	1	1,82	342,9	10%	5%	10%	428,57
		20	-20	ПС	ПН	4,5	1	0,52	346,2	5%	10%	10%	432,69
		20	-20	ПЛ		30	1	2,1	571,4				571,43
		20	-20	ПС	3	1,5	1	0,52	115,4	5%	10%	10%	144,23
													1576,92
17Ц	К	20	-20	НС	3	22,5	0,9	1,82	445,1	0%	0%	0%	445,05
		20	-20	ПЛ	3	6,4	1	2,1	121,9	0%	0%	0%	121,90
													566,96
16Ц	Кор	20	-20	НС	ПД	9,1	0,9	1,82	180	-	-	-	180,00
		20	-20	ПЛ	-	11,5	1	2,1	219	-	-	-	219,05
		20	-20	ПС	ПД	1,5	1	0,52	115,4	0%	0%	0%	115,38
													514,43
15Ц	Б	20	-20	НС	ПД	8,4	1	1,82	184,6	0%	0%	0%	184,62
		20	-20	ПС	ПД	2	1	0,52	153,8	0%	0%	0%	153,85
		20	-20	ПЛ		26	1	2,1	495,2				495,24
													833,70
7Ц	Бас	20	-20	НС	ПД	6,25	1	1,82	137,4	0%	0%	0%	137,36
		20	-20	ПС	ПД	3,38	1	0,52	260	0%	0%	0%	260,00
		20	-20	ПЛ		11	1	2,1	209,5				209,52
													606,89
3Ц	КВ	20	-20	НС	ПД	3,5	1	1,82	76,92	0%	0%	0%	76,92
		20	-20	ПС	ПД	2	1	0,52	153,8	0%	0%	0%	153,85
		20	-20	ПЛ	-	27	1	2,1	514,3	-	-	-	514,29
													745,05
1Ц	Хол	20	-20	НС	ПД	3,25	1	1,82	71,43	0%	0%	0%	71,43
		20	-20	ПС	ПД	1,5	1	0,52	115,4	-	-	-	115,38
		20	-20	ПЛ	ПД	20	1	2,1	381	-	-	-	380,95
													452,38
2Ц	ГП	20	-20	НС	3	12,25	1	1,82	269,2	5%	5%	10%	323,08
		20	-20	ПЛ		2,3	1	14,2	6,479	-	-	-	6,48
													0,00
													329,56

Номер приміщення	Призначення приміщення	Температура внутрішнього повітря	Температура зовнішнього повітря	Назва огороження	Орієнтація огороження	Площа огороження	Додатковий коефіцієнт	Термічний опір огороження	Основні тепловтрати	Надбавки до тепловтрат			Загальні тепловтрати
										на орієнтацію	на обдуваємість вітром	на інфільтрацію	
12	ЗС	20	-20	НС	ПН	10,2	1	1,82	224,2	10%	5%	10%	280,22
		0	0	ПТ		215,8	0,9	2,21	0				0,00
		20	-20	ПС	3	7,125	1	0,52	548,1	10%	5%	10%	685,10
													965,32
13	СП	20	-20	НС	ПН	5,6	1	1,82	123,1	5%	10%	10%	153,85
		20	-20	ПС	ПН	3,375	1	0,52	259,6	5%	10%	10%	324,52
													478,37
14	СП	20	-20	НС	ПН	9	1	1,82	197,8	10%	10%	10%	257,14
		20	-20	ПС	ПН	3,375	1	0,52	259,6	5%	10%	10%	324,52
													581,66
15	ВК	20	-20	НС	ПН	10	1	1,82	219,8	10%	10%	10%	285,71
		20	-20	ПС	ПН	2,25	1	0,52	173,1	10%	10%	10%	225,00
													510,71
6	ВК	20	-20	НС	ПН	14,4	1	1,82	316,5	10%	10%	10%	411,43
		20	-20	ПС	ПН	2,25	1	0,52	173,1	10%	10%	10%	225,00
													636,43
5	СП	20	-20	НС	ПН	12,53	1	1,82	275,4	10%	10%	10%	358,00
		20	-20	НС	СХ	2	1	1,82	43,96	0%	10%	10%	52,75
		20	-20	ПС	ПН	3,4	1	0,52	261,5	10%	10%	10%	340,00
		20	-20	ПС	СХ	2,25	1	0,52	173,1	0%	10%	10%	207,69
													958,44
1	Т	20	-20	НС	СХ	3,6	1	1,82	79,12	0%	10%	10%	94,95
		20	-20	ПС	СХ	12	1	0,52	923,1	0%	10%	10%	1107,69
		20	-10	НД	СХ	3,45	1	0,8	129,4	0%	0%	0%	129,38
													1332,01
2	П	20	-20	НС	ПД	0,9	1	1,82	19,78	0%	0%	0%	19,78
		20	-20	ПС	ПД	3	1	0,52	230,8	-	-	-	230,77
				ПЛ	-		1		0	-	-	-	0,00
													250,55
3	В	20	-20	НС	ПД	8,55	1	1,82	187,9	0%	10%	10%	225,49
		20	-20	ПС		1,5	1	0,52	115,4	5%	10%	10%	144,23
													369,73
4	Кух	20	-20	НС	ПД	9	1	1,82	197,8	0%	0%	0%	197,80
		20	-20	ПС		3	1	0,52	230,8				230,77
													428,57
17	Кух	20	-20	НС	СХ	12,4	1	1,82	272,5	10%	5%	10%	340,66
		20	-20	НС	3	12,4	1	1,82	272,5	5%	10%	10%	340,66
		20	-20	ПС		3	0,9	0,52	207,7	10%	5%	10%	259,62
		20	-20	ПС		3	0,9	0,52	207,7	5%	10%	10%	259,62
													1200,55
11	В	20	-20	НС	СХ	6,75	1	1,82	148,4	10%	5%	10%	185,44

Номер приміщення	Призначення приміщення	Температура внутрішнього повітря	Температура зовнішнього повітря	Назва огороження	Орієнтація огороження	Площа огороження	Додатковий коефіцієнт	Термічний опір огороження	Основні тепловтрати	Надбавки до тепловтрат			Загальні тепловтрати
										на орієнтацію	на обдуваємість вітром	на інфільтрацію	
		20	-20	НС	ПД	20,25	1	1,82	445,1	0%	10%	10%	534,07
		20	-20	ПС	ПД	3	1	0,52	230,8	0%	0%	10%	253,85
				ПЛ					0				0,00
													973,35
10	П	20	-20	НС	ПД	0,9	1	1,82	19,78	0%	0%	10%	21,76
		20	-20	ПС	ПД	3	1	0,52	230,8	0%	0%	10%	253,85
													275,60
19	С	20	-20	НС	ПД	5	1	1,82	109,9	0%	0%	10%	120,88
		20	-20	НС	З	3,6	1	1,82	79,12	5%	10%	10%	98,90
		20	-20	ПС	З	3	1	0,52	230,8	5%	10%	10%	288,46
		20	-20	НД		3	0,9	0,8	135				135,00
													643,24
4М	СП	20	-20	НС	З	5,25	1	1,82	115,4	5%	10%	10%	144,23
		20	-20	НС	ПН	13,75	1	1,82	302,2	10%	5%	10%	377,75
		20	-20	ПС	З	7,5	1	0,52	576,9	5%	10%	10%	721,15
		20	-20	ПТ	-	14,4	0,9	1,53	338,8	-	-	-	338,82
													1581,96
5М	СП	20	-20	НС	ПН	2	1	1,82	43,96	10%	5%	10%	54,95
		20	-20	ПЛ	-	15,4	0,9	1,53	362,4	-	-	-	362,35
		20	-20	ПС	ПН	4,5	1	0,52	346,2	10%	5%	10%	432,69
													849,99
6М	Г	20	-20	НС	ПН	7,5	1	1,82	164,8	10%	5%	10%	206,04
		20	-20	ПЛ	-	5,15	1	1,53	134,6	-	-	-	134,64
													340,68
7М	ВК	20	-20	НС	ПН	6	1	1,82	131,9	10%	5%	10%	164,84
		20	-20	ПЛ	-	13	1	1,53	339,9	-	-	-	339,87
													504,70
9М	Г	20	-20	НС	ПН	4	1	1,82	87,91	10%	5%	10%	109,89
		20	-20	ПТ		5	0,9	1,53	117,6				117,65
													227,54
8М	СП	20	-20	НС	ПН	5	1	1,82	109,9	10%	5%	10%	137,36
		20	-20	НС	З	3,2	1	1,82	70,33	5%	10%	10%	87,91
		20	-20	ПС	ПН	4,5	1	0,52	346,2	5%	10%	10%	432,69
		20	-20	ПТ		19,2	1	1,53	502				501,96
		20	-20	ПС	З	2,25	1	0,52	173,1	5%	10%	10%	216,35
													1376,27
13М	ЗС	20	-20	НС	З	4,5	0,9	1,82	89,01	5%	10%	0%	102,36
		20	-20	НС	ПД	7	0,9	1,82	138,5	0%	0%	0%	138,46
		20	-20	ПТ		40	1	1,53	1046	0%	0%	0%	1045,75

Номер приміщення	Призначення приміщення	Температура внутрішнього повітря	Температура зовнішнього повітря	Назва огороження	Орієнтація огороження	Площа огороження	Додатковий коефіцієнт	Термічний опір огороження	Основні тепловтрати	Надбавки до тепловтрат			Загальні тепловтрати
										на орієнтацію	на обдуваємість вітром	на інфільтрацію	
		20	-20	ПС	З	22,5	1	0,52	1731	5%	10%	10%	2163,46
		20	-20	ПС	ПД	3	1	0,52	230,8	0%	0%	10%	253,85
										-	-	-	0,00
													3703,88
11М	Г	20	-20	НС	ПД	3	0,9	1,82	59,34	-	-	-	59,34
		20	-20	ПТ	-	2,4	1	1,53	62,75	-	-	-	62,75
										-	-	-	0,00
													122,09
10М	СП	20	-20	НС	ПД	7,5	1	1,82	164,8	0%	0%	0%	164,84
		20	-20	ПС	ПД	2	1	0,52	153,8	0%	0%	0%	153,85
		20	-20	ПТ	-	14,2	1,53	2,21	393,2	-	-	-	393,23
													711,91
2М	СП	20	-20	НС	ПД	22	1	1,82	483,5	0%	0%	0%	483,52
		20	-20	ПС	ПД	7	1	0,52	538,5	0%	0%	0%	538,46
		20	-20	ПТ		37,5	1	1,53	980,4				980,39
		20	-20	НС	СХ	5	1	1,82	109,9	5%	10%		126,37
		20	-20	НС	З	5	1	1,82	109,9	5%	10%		126,37
													2255,12
1М	Хол	20	-20	НС	ПД	7	1	1,82	153,8	0%	0%	0%	153,85
		20	-20	НС	З	5	1	1,82	109,9	5%	10%	0%	126,37
		20	-20	НС	СХ	12	1	1,82	263,7	5%	10%	0%	303,30
		20	-20	ПС	ПД	3	1	0,52	230,8	0%	0%	0%	230,77
		20	-20	ПС	З	1,5	1	0,52	115,4	5%	10%	0%	132,69
		20	-20	ПЛ	-	45	1	1,53	1176	-	-	-	1176,47
													41562

Розрахунок теплопритоків до будівлі можна визначити із формули [11]:

$$Q^{прит} = Q_{матер} + Q_{обор} + Q_{нобут} + Q_{люд} + Q_{с.рад} + Q_{ел}$$

$$Q_{матер} = Q_{обор} = Q_{с.рад} = Q_{нобут} = 0;$$

$$Q_{люд} = K_{тр} \cdot K_{од} \cdot (2,5 + 0,3 \cdot \sqrt{V_{св}}) \cdot (35 - t_{св}) = 1,07 \cdot 0,5 \cdot (2,5 + 0,3 \cdot \sqrt{0,1}) \cdot (35 - 20) = 25,3$$

$$\sum Q_{люд} = 68 \cdot 25,3 = 1724,8 Вт$$

$$Q_{ел} = \alpha \cdot M_{л} \cdot N = 2280 Вт$$

де $\alpha = 0,7$;

$M_{\text{л}}=60$ Вт – потужність однієї лампи;

$N=54$ – кількість ламп.

Величина теплопритоків:

$$Q^{\text{прит}}=1724,8+2280=4004,8 \text{ Вт}$$

Тепер можна розрахувати кількість теплоти, яку повинна внести система опалення

Таблиця 2.2

Баланс теплоти системи опалення котеджу

№ прим.	Втрати				Надходження					Недостача тепла, $Q_{\text{со}}$
	$Q_{\text{ог}}$	$Q_{\text{інф}}$	$Q_{\text{інш}}$	$Q_{\Sigma \text{втр}}$	$Q_{\text{п п}}$	$Q_{\text{ел ос}}$	$Q_{\text{л}}$	$Q_{\text{інш}}$	$Q_{\Sigma \text{над}}$	
101	39311	2310		41621		2280	1724,8		4004,8	37616,2
102	28612	235,3		28847		2280	1724,8		4004,8	24842,5
103	22386	1817,4		24203		4560	1724,8		6284,8	17918,6
Всього										80377,3

$$Q^{\text{с.о.}} = Q_{\text{потерь}} - Q_{\text{притоков}} = 41621 - 4004,8 = 37616,2 \text{ Вт}$$

2.4. Визначення питомої витрати теплоти на опалення котеджу

Після розрахунку загальних тепловтрат котеджу, знаходиться їхня питома теплова характеристика ($\text{Вт} / \text{м}^3 \cdot ^\circ \text{C}$), яка показує витрату теплоти на опалення 1 м^3 будівлі при розрахунковій різниці температур 1 градус.

$$q_0 = \frac{Q_{\Sigma}}{\alpha \cdot V_{\text{н}} \cdot (t'_{\text{в}} - t_{\text{н}})},$$

де $V_{\text{н}}$ - об'єм будівлі, м^3 ;

$t'_{\text{в}}$ - середня температура опалювальних приміщень;

α - коефіцієнт, що враховує кліматичні умови;

$$q_0 = \frac{37763}{0,9 \cdot 4076 \cdot (20 - (-20))} = 0,257$$

Отримані значення порівняємо із середнім показником для аналогічних будівель:

$$q_0^{розр} = 0,257 \leq q_0^{маб} = 0,49 - \text{умова вірна.}$$

2.5. Гідравлічний розрахунок системи опалення. Вибір обладнання системи

Виконаємо гідравлічний розрахунок двотрубною системи водяного опалення з верхнім розведенням і попутним рухом води. Температура води в подавальній тепловій мережі $t_1 = 80^\circ\text{C}$, в зворотній – $t_0 = 70^\circ\text{C}$. Теплові навантаження, довжини розрахункових ділянок наведені на кресленні.

Гідравлічний розрахунок проводимо за методикою по питомим втратам тиску.

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

Вибираємо головне циркуляційне кільце (ГЦК), що проходить через нагрівальний прилад стояка 1, як найбільш навантажений, оскільки система опалювання виконана з попутним рухом води.

Розрахунковий циркуляційний тиск для ГЦК визначають за формулою:

$$\Delta p_p = gh(\rho_o - \rho_e) \text{ Па,}$$

де $h = 0,57 \text{ м}$ – відстань від центру розрахункового приладу до центра насосу в котельній;

ρ_o, ρ_r – густина води при відповідних температурах, кг/м^3 ;

Δp_p – тиск, що з'являється при охолодженні води в теплопроводах.

$$\Delta p_p = 9,81 \cdot 0,57 \cdot (977,81 - 961,22) = 93 \text{ Па.}$$

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

$$G = \frac{3,6Q_{д\acute{и}л}}{c(t_n - t_k)}, \text{ кг/год.},$$

де $Q_{д\acute{и}л}$ – теплове навантаження ділянки, Вт;

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

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

Результати розрахунків по всіх ділянках записуємо до табл. 2.2 за прийнятою формою.

Після визначення витрат води по ділянках $G_{д\acute{и}л}$ з урахуванням $R_{ср}$ [11] встановлюємо фактичні питомі втрати тиску на тертя R , діаметри труб d та швидкості руху води w . На ділянках з малими втратами тиску можуть бути значні розбіжності величин $R_{ср}$ та R . Втрати тиску на тертя по всій довжині ділянки записують у табл. 2.3.

Динамічний опір розраховують за формулою:

$$\Delta p_{дин} = \rho w^2 / 2$$

де ρ – густина води при відповідній температурі, кг/м³.

Розраховуємо втрати тиску в місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi \Delta p_{дин}, \text{ Па}$$

Результати розрахунку записуємо у таблицю 2.3.

Результати гідравлічного розрахунку теплопроводів системи водяного опалення

№ діл.	$Q_{\text{діл.}}$, Вт	$l_{\text{діл.}}$, м	$G_{\text{діл.}}$, кг/год.	d ,	w ,	R ,	Rl ,	$\Sigma \xi$	Z ,	$(Rl+Z)$
1	3490	21,5	124,788	50	0,052	1	21,5	0,65	0,8385	22,3385
2	3490	4,7	124,788	50	0,052	1	4,7	0,35	0,4515	5,1515
3	3490	6	124,788	40	0,045	1	6	0,4	0,36	6,36
4	3490	6	124,788	40	0,045	1	6	0,4	0,36	6,36
5	3490	12	124,788	32	0,041	1	12	0,55	0,44	12,44
6	3482	6	124,502	32	0,041	1	6	0,55	0,44	6,44
7	3482	6	124,502	32	0,041	1	6	0,55	0,44	6,44
8	3482	6	124,502	32	0,041	1	6	0,55	0,44	6,44
9	3482	6	124,502	25	0,057	2,4	14,4	0,85	1,275	15,675
10	3482	6	124,502	25	0,057	2,4	14,4	0,85	1,275	15,675
11	3482	5,3	124,502	20	0,097	10	53	9,15	41,175	94,175
12	3482	5,9	124,502	20	0,097	10	59	3,8	17,1	76,1
13	3482	6	124,502	25	0,057	2,4	14,4	1,7	2,55	16,95
14	3482	6	124,502	25	0,057	2,4	14,4	1,7	2,55	16,95
15	3482	6	124,502	32	0,041	1	6	1,2	0,96	6,96
16	3482	6	124,502	32	0,041	1	6	1,2	0,96	6,96
17	3482	6	124,502	32	0,041	1	6	1,2	0,96	6,96
18	3490	11,8	124,788	32	0,041	1	11,8	1,2	0,96	12,76
19	3490	6	124,788	40	0,045	1	6	0,85	0,765	6,765
20	3490	6	124,788	40	0,045	1	6	0,85	0,765	6,765
21	3490	5,3	124,788	50	0,052	1	5,3	1	1,29	6,59
22	3490	21,5	124,788	50	0,052	1	21,5	1	1,29	22,79
$\Sigma(Rl+Z) = 384,045$										

В якості опалювальних приладів вибрані регістри з 4-х горизонтальних гладких труб діаметром 100 мм. Розрахунок поверхні нагріву регістрів приведений у табл. 2.4.

Таблиця 2.4

Розрахунок поверхні нагріву реєстру з 4-х горизонтальних гладких труб $\varnothing 100\text{мм}$

№ приміщення	Теплова потужність, $Q_{\text{co}}, \text{Вт}$	Температура повітря в приміщенні, $t_{\text{вн}}, ^\circ\text{C}$	Температура теплоносія на вході $t_{\text{в}}, ^\circ\text{C}$	Температура теплоносія на виході $t_{\text{вих}}, ^\circ\text{C}$	Температурний напір $\Delta t_{\text{cr}}, ^\circ\text{C}$	Витрата теплоносія, $G_{\text{пр}}, \text{кг/год.}$	Розрахункова густина теплового потоку приладу $q_{\text{пр}}, \text{Вт/м}^2$	Поправочний коефіцієнт		Тепловіддача теплопроводів, $Q_{\text{тр}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{спож}} - 0,9 Q_{\text{тр}}, \text{Вт}$	Розрахункова поверхня нагріву 1 м гладкої труби реєстру, м^2	Розрахункова площа прибору $F_{\text{розр}}, \text{м}^2$	Довжина реєстру, $l, \text{м}$	Розрахункова кількість секцій, n
								β_1	β_2						
101	37616,2	7	95	70	75,5	180	267,409	1,02	1	519,2	37148	0,462	8,8	3	4
102	24842,5	7	95	70	75,5	108	267,408	1,02	1	519,2	24375	0,462	5,4	3	4
103	17918,6	7	95	70	75,5	108	267,409	1,02	1	519,2	17451	0,462	5,4	3	4

Порівнюємо суми втрат тиску по головному циркуляційному кільцю $\Sigma(Rl + Z)_{\text{ГЦК}} = 384,045$ Па зі значенням $\Delta p_p = 93$ Па. Розрахункові втрати по ГЦК перевищують можливий природний циркуляційний тиск. Тому для забезпечення циркуляції води у системі опалення необхідно прийняти схему з примусовою циркуляцією води. Це забезпечується мережними насосами, що встановлені в центральній котельній заводу. Для надійної роботи системи опалення необхідний тиск води 400 Па.

На кожній ділянці визначають види місцевих опорів, складають табл. 2.5, куди записують значення коефіцієнтів місцевих опорів ξ , чисельні значення яких визначають [1].

Таблиця 2.5

Коефіцієнти місцевих опорів

№ діл	d, мм	Попередній розрахунок	
		Місцевий опір	Коефіцієнт місцевого опору
1	50	Відвід 90° Трійник прохідний	0,3 0,35 $\Sigma \xi = 0,65$
2	50	Трійник прохідний	0,35 $\Sigma \xi = 0,35$
3	40	Трійник прохідний	0,40 $\Sigma \xi = 0,40$
4	40	Трійник прохідний	0,40 $\Sigma \xi = 0,40$
5	32	Трійник прохідний	0,55 $\Sigma \xi = 0,55$
6	32	Трійник прохідний	0,55 $\Sigma \xi = 0,55$
7	32	Трійник прохідний	0,55 $\Sigma \xi = 0,55$
8	32	Трійник прохідний	0,55 $\Sigma \xi = 0,55$
9	25	Трійник прохідний	0,85 $\Sigma \xi = 0,85$
10	25	Трійник прохідний	0,85 $\Sigma \xi = 0,85$

№ діл	$d, \text{мм}$	Попередній розрахунок	
		Місцевий опір	Коефіцієнт місцевого опору
11	20	Відвід 90° Трійник прохідний Раптове розширення Раптове звуження Клапан спускний	0,6 1,35 3 1,5 2,7 $\Sigma \xi = 9,15$
12	20	Відвід 90° Трійник на відвід	0,6 3,20 $\Sigma \xi = 3,8$
13	25	Трійник на відвід	1,70 $\Sigma \xi = 1,70$
14	25	Трійник на відвід	1,70 $\Sigma \xi = 1,70$
15	32	Трійник на відвід	1,20 $\Sigma \xi = 1,20$
16	32	Трійник на відвід	1,20 $\Sigma \xi = 1,20$
17	32	Трійник на відвід	1,20 $\Sigma \xi = 1,20$
18	32	Трійник на відвід	1,20 $\Sigma \xi = 1,20$
19	40	Трійник на відвід	0,85 $\Sigma \xi = 0,85$
20	40	Трійник на відвід	0,85 $\Sigma \xi = 0,85$
21	50	Відвід 90° Трійник на відвід	0,3 0,70 $\Sigma \xi = 1$
22	50	Відвід 90° Трійник на відвід	0,3 0,70 $\Sigma \xi = 1$
			$\Sigma \xi = 30,55$

2.6. Розробка розширювального баку

Так як система опалення ізольована від атмосфери, внутрішній гідравлічний тиск у замкненій заповненій водою системі при підвищенні температури і розширенні води підвищується і може перевищити межу міцності окремих її елементів. Тому в систему опалення вводиться розширювальний бак, тобто він призначений для попередження підвищення тиску в системі опалення, що виникає за рахунок розширення теплоносія при його нагріванні.[3]

Розширювальні баки можуть бути двох типів: відкриті і закриті. Відкритий розширювальний бак через ряд недоліків (громіздкість конструкції, необхідність встановлення його в найвищій точці системи опалення та ризик виникнення корозії опалювальних пристроїв в наслідок потрапляння повітря в систему) на сьогодні майже не застосовуються. Тому в проектованій системі опалення перевага віддається розширювальному баку закритого типу. В ньому відсутні всі недоліки відкритих баків, єдина вимога при встановленні – це наявність манометру і захисного клапану, для того щоб запобігти появі надлишкового тиску в системі опалення.

Розширювальний бак закритого типу має такі переваги:

- теплоносій не контактує з повітрям, що зменшує корозію в системі;
- встановлюється в опалювальному приміщенні, що зменшує загальні тепловтрати;
- система опалення герметична, що виключає втрати теплоносія на випаровування;
- підвищує економічність системи опалення;
- незалежність від місця встановлення в системі;
- спрощує умови експлуатації і підвищує надійність системи.

Мембранний розширювальний бак встановлюють поряд з котлом і підключають до зворотного трубопроводу перед всмоктувальним патрубком циркуляційного насоса, щоб запобігти закипанню теплоносія.

Особливу увагу слід приділити кріпленню бака, так як в процесі роботи його маса значно збільшується.

Конструкція мембранного розширювального баку представляє собою металічний корпус, який може бути плоского або балонного типу, внутрішній об'єм якого герметично розділений гумовою мембраною. В одній площині знаходиться газ або повітря, стиснутий до певного початкового тиску, який вказується в паспорті, за рахунок чого в невідключеному стані весь об'єм розширювального баку буде зайнятий повітрям. В одній частині розширювального баку розміщений штуцер для приєднання до системи опалення, в другій частині – ніпель для вимірювання тиску газу і для з'єднання насоса при підкачці. Перед пуском системи, тиск зарядки газу необхідно встановити рівним статичному тиску системи опалення. Розраховується з розрахунку 1 бар на 10 м водяного стовпа знаходиться вище розширювального бака. При підвищенні температури в системі опалення вода починає надходити у водяну камеру розширювального бака, збільшуючи тиск в повітряній порожнині бака до тиску в системі опалення.

Основним елементом закритого розширювального бака є мембрана. Мембрана може бути діафрагмового і балонного типу. Діафрагмові мембрани є незамінними і, як правило, використовуються в розширювальних баках малого об'єму. Мембрана балонного типу може бути замінена в разі виходу її з ладу. Так само перевагою розширювального бака з мембраною балонного типу є те, що вода не стикається з корпусом бака, а знаходиться всередині мембрани, що збільшує термін служби бака.

Вибір та розрахунок розширювального бака

Для підбору бака необхідні такі вихідні дані:

- максимальна робоча температура води;
- загальний обсяг води в системі;
- максимальний робочий тиск (тиск спрацювання запобіжних клапанів);
- статична висота (висота від місця розташування бака до вищої точки системи);
- теплове навантаження системи.

Об'єм розширювального баку:

$$V=(V_L \cdot E)/D$$

де $V_L=1803$ л – загальний об'єм води в системі за попередніми розрахунками;

E – коефіцієнт розширення рідини (4% приблизно для водяних систем опалення з максимальною температурою теплоносія до 95°C);

D – ефективність мембранного розширювального баку.

Ефективність мембранного розширювального баку визначається за формулою:

$$D=(P_V-P_S)/(P_V+1)$$

де $P_V=2$ бар – максимальний робочий тиск системи опалення (розрахунковий тиск запобіжного клапану дорівнює максимальному робочому тиску);

$P_S = 1,5$ бар – тиск зарядки мембранного розширювального баку (повинен дорівнювати статичному тиску системи опалення (0,5 бар на 5 м).

$$D=(2,5-1,5)/(2+1)=0,17.$$

Тоді

$$V=105 \cdot 0,04/0,17=24,7 \text{ л.}$$

Виходячи з розрахунків, обираємо розширювальний бак EXTRAVAREM 25L об'ємом 25л, максимальний робочий тиск 6 бар, максимальна температура в системі 120°C, максимальна температура мембрани 65 °C.

Розширювальний бак приєднується до зворотного контуру, тому що температура там найнижча і навантаження на мембрану буде мінімальним. У найвищій точці трубопроводу розширення слід встановити повітряний кран в трубопроводі.

При введенні в експлуатацію необхідно перевірити ще раз попередній тиск газу в розширювальному баку. За необхідності його можна знизити шляхом відкриття запобіжного повітряного клапана або підвищити, підкачавши азот або повітря в бак.

Висновки за розділом:

Розроблено двотрубну систему водяного опалення з поверховим горизонтальним розведенням трубопроводів, що забезпечує стабільний гідравлічний режим. Виконано розрахунок термічного опору багатошарових огорожувальних конструкцій та визначено загальні тепловтрати будівлі з урахуванням орієнтації за сторонами світу, обдуваності вітром та інфільтрації повітря.

Як опалювальні прилади обрано алюмінієві секційні радіатори, а для компенсації температурних розширень теплоносія розраховано розширювальний бак.

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1. Визначення необхідних параметрів повітрообміну та вибір схеми системи вентиляції

Система вентиляції у будівлі природна. Витяжна система здійснюється через канали в перегородках. Приплив здійснюється у житлові приміщення через нещільність вікон. У будівлі дотримано балансу витяжки і притоку.

Для житлових приміщень приплив визначається як 3 площі підлоги. Для ванної та туалетної кімнати по 25 м³/год., для кухні – 90 м³/год. (прийнята чотирьохкомфорочна газова плита) [7]. Для комор повітрообмін відповідає зміні одного об'єму приміщення за годину, тобто одна кратність.

Повітрообмін визначено для кожного приміщення. Результати занесено до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Визначення повітрообміну у приміщенні

№ прим.	Найменування приміщення	t _{вр} , °C	A _{пл} , м ²	V, м ³	к	L', м ³ /год·м ²	L _{прит} , м ³ /год	L _{вит} , м ³ /год
1	2	3	4	5	6	7	8	9
СК1	сходова клітка	16	33,75	573,75				
СК2	сходова клітка	16	33,75	573,75				
101	житлова кімната	21	13,50	37,8		3	50	
102	санвузол	19	2,25	6,3				25
103	кухня	18	11,25	31,5				
104	ванна	21	20,25	56,7		3	70	
105	ванна	19	13,50	37,8				90
106	коридор	24	4,50	12,6				25
107	кухня	24	4,50	12,6				25
108	житлова кімната	18	11,25	31,5				
109	санвузол	19	13,50	37,8				90
110	житлова кімната	21	20,25	56,7		3	70	
111	житлова кімната	19	2,25	6,3				25
112	коридор	21	13,50	37,8		3	50	

№ прим.	Найменування приміщення	t _{вр} °C	A _{пл} , м²	V, м³	к	L', м³/год·м²	L _{прит} , м³/год	L _{вит} , м³/год
113	суміщений санвузол	21	20,25	56,7		3	70	
114	кухня	18	6,75	18,9				
115	кухня	24	4,50	12,6				50
116	суміщений санвузол	19	9,00	25,2				90
117	коридор	19	13,50	37,8				90
118	житлова кімната	24	6,75	18,9				50
119	кухня	18	6,75	18,9				
120	житлова кімната	21	20,25	56,7		3	70	
121	санвузол	19	20,25	56,7				90
122	ванна	21	13,50	37,8		3	50	
123	коридор	19	1,35	3,78				25
124	житлова кімната	24	6,30	17,64				25
125	житлова кімната	18	13,50	37,8				
126	житлова кімната	21	20,25	56,7		3	70	
127	житлова кімната	21	13,50	37,8		3	50	
128	житлова кімната	21	20,25	56,7		3	70	
129	кухня	21	20,25	56,7		3	70	
130	коридор	21	27,00	75,6		3	90	
131	санвузол	19	13,50	37,8				90
132	ванна	18	27,00	75,6				
133	ванна	19	1,35	3,78				25
134	кухня	24	3,45	9,66				25
135	ванна	24	3,45	9,66				25
136	кухня	19	1,35	3,78				25
137	ванна	21	13,50	37,8		3	50	
138	ванна	18	12,60	35,28				
139	коридор	21	27,00	75,6		3	90	
140	кухня	19	20,25	56,7				90
141	житлова кімната	16	2,25	6,3	1	6,3		10
142	санвузол	18	4,50	12,6				
201	житлова кімната	21	13,50	37,8		3	50	
202	житлова кімната	19	2,25	6,3				25
203	коридор	18	11,25	31,5				
204	суміщений санвузол	21	20,25	56,7		3	70	
205	кухня	19	13,50	37,8				90
206	кухня	24	4,50	12,6				25
207	суміщений санвузол	24	4,50	12,6				25
208	коридор	18	11,25	31,5				
209	житлова кімната	19	13,50	37,8				90
210	кухня	21	20,25	56,7		3	70	
211	житлова кімната	19	2,25	6,3				25
212	санвузол	21	13,50	37,8		3	50	

№ прим.	Найменування приміщення	t _{вр} °C	A _{пл} , м²	V, м³	к	L', м³/год·м²	L _{прит} , м³/год	L _{вит} , м³/год
213	ванна	21	20,25	56,7		3	70	
214	коридор	18	6,75	18,9				
215	житлова кімната	24	4,50	12,6				50
216	житлова кімната	19	9,00	25,2				90
217	житлова кімната	19	13,50	37,8				90
218	житлова кімната	24	6,75	18,9				50
219	житлова кімната	18	6,75	18,9				
220	кухня	21	20,25	56,7		3	70	
221	коридор	19	20,25	56,7				90
222	санвузол	21	13,50	37,8		3	50	
223	ванна	19	1,35	3,78				25
224	ванна	24	6,30	17,64				25
225	кухня	18	13,50	37,8				
226	ванна	21	20,25	56,7		3	70	
227	ванна	21	13,50	37,8		3	50	
228	коридор	21	20,25	56,7		3	70	
229	кухня	21	20,25	56,7		3	70	
230	житлова кімната	21	27,00	75,6		3	90	
231	санвузол	19	13,50	37,8				90
232	житлова кімната	18	27,00	75,6				
223	житлова кімната	19	1,35	3,78				25
234	коридор	24	3,45	9,66				25
235	суміщений санвузол	24	3,45	9,66				25
236	санвузол	19	1,35	3,78				25
237	коридор	21	13,50	37,8		3	50	
238	житлова кімната	18	12,60	35,28				
239	кухня	21	27,00	75,6		3	90	
240	ванна	19	20,25	56,7				90
241	ванна	16	2,25	6,3	1	6,3		10
242	коридор	18	4,50	12,6				
501	кухня	21	13,50	37,8		3	50	
502	житлова кімната	19	2,25	6,3				25
503	санвузол	18	11,25	31,5				
504	житлова кімната	21	20,25	56,7		3	70	
505	житлова кімната	19	13,50	37,8				90
506	коридор	24	4,50	12,6				25
507	суміщений санвузол	24	4,50	12,6				25
508	кухня	18	11,25	31,5				
509	кухня	19	13,50	37,8				90
510	суміщений санвузол	21	20,25	56,7		3	70	
511	коридор	19	2,25	6,3				25
512	житлова кімната	21	13,50	37,8		3	50	
513	кухня	21	20,25	56,7		3	70	

№ прим.	Найменування приміщення	t _{вр} °С	A _{пл} , м ²	V, м ³	к	L', м ³ /год·м ²	L _{прит} , м ³ /год	L _{вит} , м ³ /год
514	житлова кімната	18	6,75	18,9				
515	санвузол	24	4,50	12,6				50
516	ванна	19	9,00	25,2				90
517	коридор	19	13,50	37,8				90
518	житлова кімната	24	6,75	18,9				50
519	житлова кімната	18	6,75	18,9				
520	житлова кімната	21	20,25	56,7		3	70	
521	житлова кімната	19	20,25	56,7				90
522	житлова кімната	21	13,50	37,8		3	50	
523	кухня	19	1,35	3,78				25
524	коридор	24	6,30	17,64				25
525	санвузол	18	13,50	37,8				
526	коридор	21	20,25	56,7		3	70	
527	житлова кімната	21	13,50	37,8		3	50	
528	кухня	21	20,25	56,7		3	70	
529	ванна	21	20,25	56,7		3	70	
530	ванна	21	27,00	75,6		3	90	
531	коридор	19	13,50	37,8				90
532	кухня	18	27,00	75,6				
533	санвузол	19	1,35	3,78				25
534	ванна	24	3,45	9,66				25
535	ванна	24	3,45	9,66				25
536	санвузол	19	1,35	3,78				25
537	житлова кімната	21	13,50	37,8		3	50	
538	коридор	18	12,60	35,28				
539	житлова кімната	21	27,00	75,6		3	90	
540	кухня	19	20,25	56,7				90
541	комора	16	2,25	6,3	1	6,3		10
542	коридор	18	4,50	12,6				

3.2. Аеродинамічний розрахунок системи природної витяжної вентиляції

Для кожного поверху розраховується природний перепад тиску за формулою [7]:

$$\Delta P_E^i = h_i \cdot g \cdot (\rho_H^{+5} + \rho_B^t), \text{ Па,}$$

де h_i - різниця відміток гирла витяжної шахти і середини вентиляційної решітки поверху, що розраховується, м;

$g = 9,81 \text{ м/с}^2$ - прискорення вільного падіння;

ρ_H^{+5}, ρ_B^t - відповідно щільність зовнішнього та внутрішнього повітря, кг/м^3

за формулою:

$$\rho = \frac{353}{273 - t}, \text{ кг/м}^3$$

Визначення орієнтовних площ перерізу каналів на кожній розрахунковій ділянці системи вентиляції:

$$f_{op} = \frac{L_{yч}}{3600 \cdot \omega_{op}}, \text{ м}^2$$

де L_{dil} – витрати повітря на даній ділянці, $\text{м}^3/\text{год}$;

ω_{op} – орієнтовна швидкість руху повітря, м/с ;

Визначення фактичної швидкості руху повітря на кожній ділянці:

$$\omega_{yч} = \frac{L_{yч}}{3600 \cdot f_{yч}}, \text{ м/с}$$

За отриманими значеннями $d_{екв}$ і $\omega_{yч}$ визначаються питомі втрати тиску тертя кожному ділянці R за номограмою [7];

Визначення загальних втрат тиску на тертя на ділянках:

$$\Delta P_{тр} = R \cdot l_{yч} \cdot \beta,$$

де l_{dil} – довжина розрахункової ділянки, м;

β – коефіцієнт шорсткості;

Визначення втрат тиску у місцевих опорах [7]:

$$Z = \Sigma \xi \cdot \frac{\omega_{yч}^2}{2} \cdot \rho_{\theta}^t,$$

де $\Sigma \xi$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів каналів окремих ділянках;

Потім підсумовують втрати тиску і пов'язують з перепадом з запасом 5...10%.

Приклад розрахунку:

Система ВЕ1, ділянка 1.

Перепад тиску:

$$\Delta P_E^1 = 15.85 \cdot 9.81 \cdot (1.27 - 1.208) = 9.5 \text{ Па}$$

Орієнтовна площа перерізу каналу на ділянці:

$$f_{op} = \frac{25}{3600 \cdot 0.6} = 0.012 \text{ м}^2$$

Площа перерізу каналу $f_{yc} = 0.02 \text{ м}^2$, розміри перерізу каналу 0,14x0,14 м.

Визначення фактичної швидкості руху повітря на кожній ділянці:

$$\omega_{yc} = \frac{25}{3600 \cdot 0.02} = 0.1 \text{ м/с.}$$

$d_{екв}=140$ мм, знаходимо $R = 0.02 \text{ Па/м}$, підбираємо коефіцієнт шорсткості $\beta = 1.4$.

Визначення загальних втрат тиску на тертя на ділянках:

$$\Delta P_{тр} = 5.8 \cdot 0.02 \cdot 1.4 = 0.145 \text{ Па}$$

Визначення втрат тиску у місцевих опорах:

$$Z = 5 \cdot \frac{0.1^2}{2} \cdot 1.2 = 0.034 \text{ Па}$$

Визначення загальних втрат тиску на ділянці:

$$R \cdot l_{yc} \cdot \beta + Z = 0.145 + 0.034 = 0.2 \text{ Па}$$

Визначення загальних втрат на ділянках:

$$\sum R \cdot l_{yc} \cdot \beta + Z = 6.4 \text{ Па}$$

Далі втрати ділянок підсумовуються та перевіряється умова:

$$\frac{\Delta P_e - \sum (R \cdot l + Z)_e}{\Delta P_e} \cdot 100\% \leq 10\%$$

Перевірка умови

$$\frac{9.5 - 6.4}{9.5} \cdot 100\% = 32.3\% > 10\%$$

Умова не виконується. Отже, потрібне зменшення перерізу за допомогою шибера.

Розрахунок інших ділянок виконано аналогічно, результати занесені до таблиці 3.2.

Висновки за розділом:

Запроєктовано систему природної витяжної вентиляції через канали в кухнях та санвузлах відповідно до вимог ДБН В 2.5-67:2013.

Визначено необхідні параметри повітрообміну для кожного приміщення та проведено аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи, що дозволяє підтримувати санітарно-гігієнічні умови та комфортний мікроклімат у котеджі.

Таблиця 3.2

Аеродинамічний розрахунок систем витяжної вентиляції

№ діл.	L діл м³/год	ℓ діл, м	Розміри, м	d, м	fділ, м	ωділ, м/с	R, Па/м	R·ℓділ·β, Па	hω, Па	Σξ	Z, Па	R·ℓділ·β+Z, Па	Прим.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
BE1													
1	25	5,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,145	0,007	5,0	0,034	0,2	шибер
2	50	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,245	0,345	1,15	0,397	0,6	
3	75	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,063	0,15	0,525	0,776	1,15	0,892	1,4	
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,3	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,2	1,062	0,579	2,50	1,449	2,5	
											Втрати	6,4	
											Тиск	9,5	
											Нев'язка, %	32,3	
6	25	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5	0,034	0,1	шибер
2	50	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,245	0,345	1,15	0,396	0,6	
3	75	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,063	0,15	0,525	0,776	1,15	0,892	1,4	
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,3	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,2	1,062	0,579	2,50	1,448	2,5	
											Втрати	6,3	
											Тиск	7,8	
											Нев'язка, %	18,6	
7	25	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,00	0,034	0,1	
3	75	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,063	0,15	0,525	0,776	1,15	0,892	1,4	
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,3	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,2	1,062	0,579	2,50	1,448	2,5	

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
											Втрати	5,7	
											Тиск	6,1	
											Нев'язка, %	6,9	
8	25	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,30	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,20	1,062	0,579	2,5	1,448	2,5	
											Втрати	4,3	
											Тиск	4,4	
											Нев'язка, %	3,8	
9	25	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,005	0,007	5,0	0,034	0,0	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,20	1,062	0,579	2,5	1,448	2,5	
											Втрати	2,6	
											Тиск	2,7	
											Нев'язка, %	4,0	
BE2													
1	25	5,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,145	0,007	5,0	0,034	0,2	шибер
2	50	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,245	0,345	1,15	0,397	0,6	
3	75	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,063	0,15	0,525	0,776	1,15	0,892	1,4	
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,30	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,20	1,062	0,579	2,5	1,449	2,5	
											Втрати	6,4	
											Тиск	12,6	
											Нев'язка, %	49,2	

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
6	25	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
2	50	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,245	0,345	1,15	0,396	0,6	
3	75	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,063	0,15	0,525	0,776	1,15	0,892	1,4	
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,30	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,20	1,062	0,579	2,5	1,448	2,5	
											Втрати	6,3	
											Тиск	10,4	
											Нев'язка, %	39,0	
7	25	3,0	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
3	75	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,063	0,15	0,525	0,776	1,15	0,892	1,4	
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,30	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,20	1,062	0,579	2,5	1,448	2,5	
											Втрати	5,7	
											Тиск	8,2	
											Нев'язка, %	30,2	
8	25	3,0	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
4	100	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,30	0,075	1,379	1,15	1,586	1,7	
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,20	1,062	0,579	2,5	1,448	2,5	
											Втрати	4,3	
											Тиск	5,9	
											Нев'язка, %	27,9	
9	25	0,20	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,005	0,007	5,0	0,034	0,0	шибер
5	125	4,25	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,919	0,20	1,062	0,579	2,5	1,448	2,5	
											Втрати	2,6	
											Тиск	3,5	
											Нев'язка, %	28,1	

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
ВЕЗ													
1	90	11,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,21	2,940	0,007	3,0	0,021	3,0	шибер
2	180	0,20	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,230	0,72	0,180	0,036	1,15	0,042	0,2	
3	450	4,25	0,14 × 0,40	0,21	0,06	0,610	0,33	1,753	0,256	3,3	0,843	2,6	
											Втрати	5,8	
											Тиск	9,3	
											Нев'язка, %	38,2	
4	90	8,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,21	2,153	0,007	3	0,021	2,2	шибер
2	180	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,230	0,72	0,18	0,036	1,15	0,041	0,2	
3	450	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	0,610	0,33	1,753125	0,256	3,3	0,843	2,6	
											Втрати	5,0	
											Тиск	7,6	
											Нев'язка, %	33,9	
5	90	5,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,21	1,523	0,007	3	0,021	1,5	шибер
3	450	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	0,610	0,33	1,753	0,256	3,3	0,843	2,6	
											Втрати	4,1	
											Тиск	6,0	
											Нев'язка, %	31,0	
6	90	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,21	0,788	0,007	3	0,021	0,8	шибер
7	180	0,2	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,230	0,14	0,035	0,036	1,15	0,042	0,1	
3	450	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	0,610	0,33	1,753	0,256	3,3	0,843	2,6	
											Втрати	3,5	
											Тиск	4,4	
											Нев'язка, %	21,8	
8	90	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,04	0,010	0,007	3	0,021	0,0	
7	180	0,2	0,14 × 0,27	0,18	0,04	0,230	0,14	0,035	0,036	1,15	0,041	0,1	
3	450	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	0,610	0,33	1,753	0,256	3,3	0,843	2,6	
											Втрати	2,7	
											Тиск	2,8	
											Нев'язка, %	2,6	

BE9													
1	50	5,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,07	0,508	0,007	5,0	0,034	0,5	шибер
2	100	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,25	0,875	1,379	1,15	1,586	2,5	
3	150	2,8	0,14 × 0,27	0,18	0,04	1,102	0,1	0,350	0,834	1,15	0,960	1,3	
4	200	0,2	0,14 × 0,27	0,18	0,04	1,470	0,17	0,043	1,483	1,15	1,706	1,7	
5	250	4,25	0,14 × 0,40	0,21	0,06	1,240	0,11	0,584	1,056	2,5	2,640	3,2	
											Втрати	9,3	
											Тиск	12,6	
											Нев'язка, %	26,5	
6	50	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
2	100	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	1,417	0,25	0,875	1,379	1,15	1,586	2,5	
3	150	2,8	0,14 × 0,27	0,18	0,04	1,102	0,10	0,350	0,834	1,15	0,959	1,3	
4	200	0,2	0,14 × 0,27	0,18	0,04	1,470	0,17	0,0425	1,483	1,15	1,706	1,7	
5	250	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	1,240	0,11	0,584	1,056	2,5	2,640	3,2	
											Втрати	8,9	
											Тиск	10,4	
											Нев'язка, %	14,9	
7	50	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
3	150	2,8	0,14 × 0,27	0,18	0,04	1,102	0,10	0,350	0,834	1,15	0,959	1,3	
4	200	0,2	0,14 × 0,27	0,18	0,04	1,470	0,17	0,0425	1,483	1,15	1,706	1,7	
5	250	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	1,240	0,11	0,584	1,056	2,5	2,640	3,2	
											Втрати	6,4	
											Тиск	8,2	
											Нев'язка, %	21,7	
8	50	3,0	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
4	200	0,2	0,14 × 0,27	0,18	0,04	1,470	0,17	0,0425	1,483	1,15	1,706	1,7	
5	250	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	1,240	0,11	0,584	1,056	2,5	2,640	3,2	
											Втрати	5,1	
											Тиск	5,9	
											Нев'язка, %	14,4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
9	50	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,005	0,007	5	0,034	0,0	
5	250	4,25	0,14 × 0,4	0,21	0,06	1,240	0,11	0,584	1,056	2,5	2,640	3,2	
											Втрати	3,3	
											Тиск	3,5	
											Нев'язка,%	8,0	
BE20													
1	10	5,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,003	0,022	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
2	20	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,283	0,01	0,035	0,055	1,15	0,063	0,1	
3	30	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,425	0,03	0,105	0,124	1,15	0,143	0,2	
4	40	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,567	0,05	0,013	0,221	1,15	0,254	0,3	
5	50	4,25	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,372	0,345	2,5	0,862	1,2	
											Втрати	1,9	
											Тиск	7,5	
											Нев'язка,%	74,7	
6	10	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
2	20	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,283	0,01	0,035	0,055	1,15	0,063	0,1	
3	30	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,425	0,03	0,105	0,124	1,15	0,142	0,2	
4	40	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,567	0,05	0,0125	0,221	1,15	0,253	0,3	
5	50	4,25	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,371	0,345	2,5	0,862	1,2	
											Втрати	2,0	
											Тиск	6,2	
											Нев'язка,%	68,4	
7	10	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
3	30	2,8	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,425	0,03	0,105	0,124	1,15	0,142	0,2	
4	40	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,567	0,05	0,0125	0,221	1,15	0,253	0,3	
5	50	4,25	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,371	0,345	2,5	0,862	1,2	
											Втрати	1,9	
											Тиск	4,9	
											Нев'язка,%	61,8	

Продовження табл. 3.2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
8	10	3	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,075	0,007	5,0	0,034	0,1	шибер
4	40	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,567	0,05	0,0125	0,221	1,15	0,253	0,3	
5	50	4,25	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,371	0,345	2,5	0,862	1,2	
											Втрати	1,6	
											Тиск	3,5	
											Нев'язка, %	54,4	
9	10	0,2	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,100	0,02	0,005	0,007	5,0	0,034	0,0	шибер
5	50	4,25	0,14 × 0,14	0,14	0,02	0,709	0,07	0,371	0,345	2,5	0,862	1,2	
											Втрати	1,3	
											Тиск	2,1	
											Нев'язка, %	39,6	

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1. Визначення розрахункових витрат гарячої води

Максимальна секундна витрата води на розрахунковій ділянці мережі гарячого водопостачання:

$$q^h = 5 \cdot q_0^h \cdot \alpha,$$

де q_0^h - секундна витрата води, величина якого згідно [14] приймається рівною 0,2л/с;

α - коефіцієнт, що визначається [6] в залежності від загальної кількості приладів N помножених на довжину розрахункової ділянки мережі та ймовірність її дії P .

Ймовірність дії санітарно-технічних приладів у корпусі P визначається за формулою:

$$P = \frac{q_{hr,u}^h \cdot U}{q_o^h \cdot N \cdot 3600},$$

де $q_{hr,u}^h$ - витрата гарячої води одним споживачем, л/год., за годину найбільшого водоспоживання, $q_{hr,u}^h = 4,4$ л/год.;

$U = 10$ чел. – кількість споживачів;

$N = 12$ – кількість водорозбірних приладів.

$$P = \frac{4,4 \cdot 12}{0,2 \cdot 10 \cdot 3600} = 0,0074$$

$\alpha = 0,54$; $q^h = 5 \cdot 0,2 \cdot 0,54 = 0,54$ л/с.

Максимальна часова витрата води:

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot q_{o,hr}^h \cdot \alpha_{hr},$$

де $q_{o,hr}^h$ - годинна витрата води водорозбірним приладом, л/год., прийнята по [4], $q_{o,hr}^h = 270$ л/год.;

α_{hr} - коефіцієнт, який визначається згідно [4] в залежності від загального числа приладів N, що обслуговуються проектною системою, помноженого на ймовірність їх використання P_{hr} .

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot P \cdot q_o^h}{q_{o,hr}^h}$$

$$P_{hr} = \frac{3600 \cdot 0,0074 \cdot 0,2}{270} = 0,02$$

$$P_{hr} \cdot N = 0,02 \cdot 10 = 0,2$$

$$q_{hr}^h = 0,005 \cdot 270 \cdot 0,2 = 0,27 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Середня часова витрата гарячої води за період (добу) найбільшого водоспоживання:

$$q_t^h = \frac{q_u^h \cdot U}{1000 \cdot T},$$

де q_u^h - норма витрати гарячої води в літрах, одним споживачем на добу найбільшого водоспоживання [4], $q_u^h = 11$ л/добу;

$U = 10$ чол.;

$T = 16$ год.

$$q_t^h = \frac{11 \cdot 10}{1000 \cdot 16} = 0,007 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Таблиця 4.1

Норми витрати води споживачами

Водоспоживач	Витрати води			
	q_o^h , л/с	$q_{hr,u}^h$, л/год.	$q_{o,hr}^h$, л/год.	q_u^h , л/добу
Житловий будинок	0,1	4,4	60	11

4.2. Визначення розрахункових теплових потоків на потреби ГВП

Середньочасовий тепловий потік за добу найбільшого водоспоживання:

$$Q_T^h = 1,16 \cdot q_T^h \cdot (55 - t^c) + Q^{ht}$$

Максимальний тепловий потік протягом години максимального теплового споживання:

$$Q_{hr}^h = 1,16 \cdot q_{hr}^h \cdot (55 - t^c) + Q^{ht},$$

де t^c - температура холодної води в водопровідній мережі (при відсутності даних її слід приймати рівною 5°C);

Q^{ht} - тепловтрати трубопроводами системи гарячого водопостачання.

$$Q^{ht} = K^t \cdot Q_T^h$$

Таблиця 4.2

Значення K^t залежно від типу системи ГВП і ступеня ізоляції стояків

Тип системи гарячого водопостачання	Значення K^t	
	За наявності зовнішньої розподільної мережі ГВП від ЦТП	Без зовнішніх розподільних мереж ГВП
Без сушарок для рушників з ізольованими стояками	0,15	0,1
З сушарками для рушників з ізольованими стояками	0,25	0,2
З сушарками для рушників і неізольованими стояками	0,35	0,3

$$Q_t^h = 1,16 \cdot 0,007 \cdot (55 - 5) + 0,15 \cdot Q_t^h;$$

$$Q_t^h = \frac{1,16 \cdot 0,007 \cdot (55 - 5)}{1 - 0,15} = 0,48 \text{ кВт};$$

$$Q^{ht} = 0,15 \cdot 0,48 = 0,072 \text{ кВт}$$

$$Q_{t,m}^h = 1,16 \cdot 1,17 \cdot 10 + 0,072 = 13,6 \text{ кВт}.$$

4.3. Розробка регенеративного теплообмінника

4.3.1. Загальні відомості про регенеративні теплообмінні апарати

Системи обробки повітря можливо оснащувати наступними пристроями утилізації теплоти повітря, що видаляється:

- пластинчастий рекуперативний теплообмінник,
- роторний регенеративний теплоутилізатор,
- теплоутилізатор із проміжним теплоносієм,
- теплоутилізатор на базі теплових трубок.

Регенеративним називається теплообмінник, в якому одна і та ж поверхня по черзі омивається то гарячим, то холодним теплоносіями. При зіткненні з гарячим теплоносієм стінка акумулює теплоту, а потім віддає її до холодного теплоносія. Для задовільної роботи теплообмінника його робочі стінки повинні володіти значною теплоємністю.

В рекуперативних теплообмінниках теплоносії омивають стінку з двох сторін і обмінюються при цьому теплотою. Процес теплообміну протікає безперервно і має зазвичай стаціонарний характер. Стінка, яка омивається з обох сторін теплоносіями, називається робочою поверхнею теплообмінника.

Рекуперативні теплообмінники поділяють в залежності від напрямку руху теплоносіїв. Якщо теплоносії рухаються паралельно в одному напрямку, теплообмінник називають прямоточним, а при протилежному напрямку руху - протитечійним. В теплообміннику з перехресним струмом теплоносії рухаються у взаємно перпендикулярних напрямках, при цьому можливий одноразовий і багаторазовий перехресний струм. Зустрічаються і більш складні схеми руху теплоносіїв.

Пластинчастий рекуперативний теплообмінник

Рекуператор - теплообмінник поверхневого типу, який використовує теплоту із стороннього джерела, скажімо, вихлопних газів двигуна. У рекуператорі теплообмін здійснюється безперервним чином через стінку, яка

розділяє теплоносії. На відміну від регенератора, траси потоків теплоносіїв у рекуператорі не змінюються. Рекуператори розрізняють за схемою відносного руху теплоносіїв - протиточні, прямоточні та ін.; за конструкцією - трубчасті, пластинчасті, ребристі та ін.; за призначенням - із підігріванням повітря, газу, рідин, із випаровуванням, конденсатори тощо.

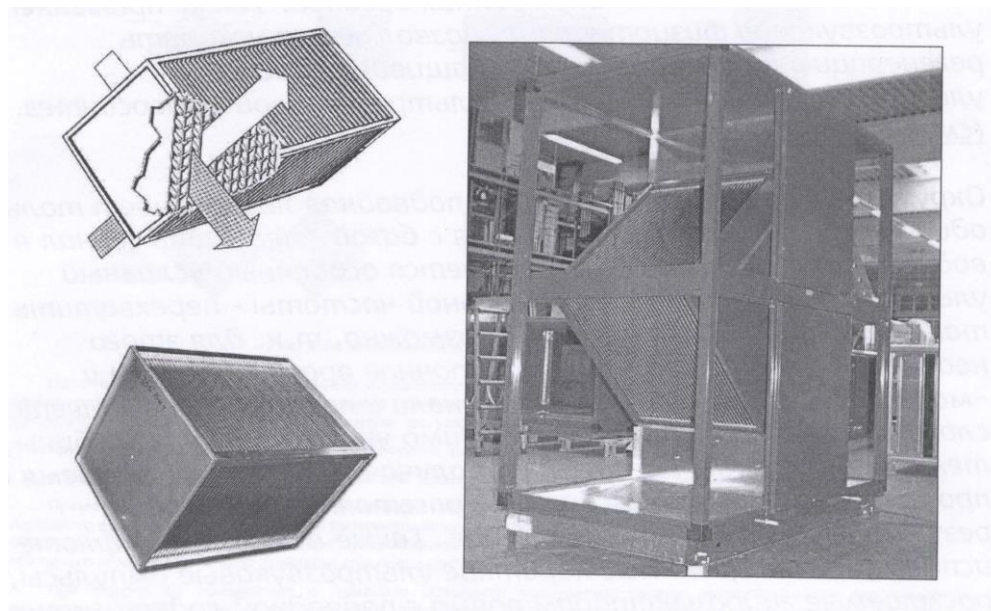


Рис. 4.1. Схема та вид пластинчастого рекуператора

Пластинчасті теплообмінники збирають із гладких пластин або між гладкими пластинами встановлюються хвилясті пластини. Пластинчастий рекуператор виконується у вигляді окремого модулю (рис. 4.1), який за замовленням може комплектуватися каплеуловлювачем і пристроєм відводу конденсату.

Випускаються теплообмінники спеціального призначення й виконання:

- гігієнічне виконання — застосовується додаткова герметизація; рекомендується підтримувати з боку припливного повітря більший тиск, чим з боку що видаляється; пластини й рама у теплообмінника покриті епоксидною смолою;

- для кухонь — теплообмінники із гладкими пластинами з дотриманням необхідної відстані між пластинами для подовження періоду експлуатації між чищеннями й полегшення очищення;

- для плавальних басейнів – для захисту алюмінієвої поверхні від впливу хлоровмісного повітря пластини покриваються шаром епоксидної смоли.

Схеми установки модулів наведені на рис.4.2. Горизонтальна установка рекомендується тільки до бічної довжини 1500 мм. При більших розмірах не гарантується відвід конденсату. Варто враховувати, що горизонтальні моделі в прямокутному виконанні відрізняються від таких же моделей у вертикальному виконанні.

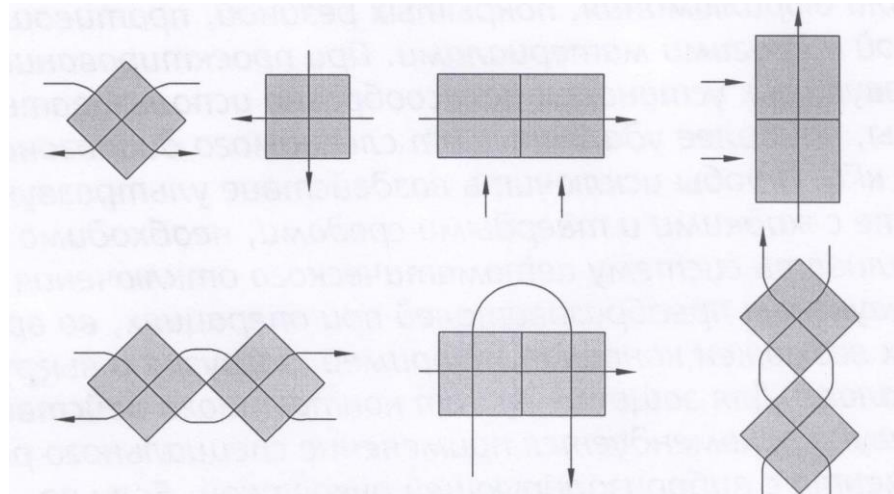


Рис. 4.2. Компонування модулів теплоутилізаторів

Перепад тисків між припливним і видаляємим повітрям не повинен перевищувати максимально припустимого значення 1250 Па.

При перепаді тиску повітря 750 Па перетікання повітря становить менше 0,1%. Максимальна припустима температура при зазначених значеннях перепаду тиску – 130 °С.

Застосування одноступінчастих пластинчастих теплообмінників з перехресним током при температурі зовнішнього повітря нижче -10°C і витяжного повітря нижче $+20^{\circ}\text{C}$ з відносною вологістю від 20 до 40% може привести до обморожування теплообмінника. У цьому випадку передбачається захист за допомогою обвідного повітряного каналу (байпаса) або попереднім підігрівом повітря.

При захисті від обмерзання за допомогою обвідного повітряного каналу встановлюється здвоєний повітряний клапан, що періодично пропускає частину

зовнішнього повітря повз утилізатора при обмерзанні теплообмінника (рис. 4.3). Повітряний клапан управляється датчиком перепаду тиску повітря на утилізаторі.

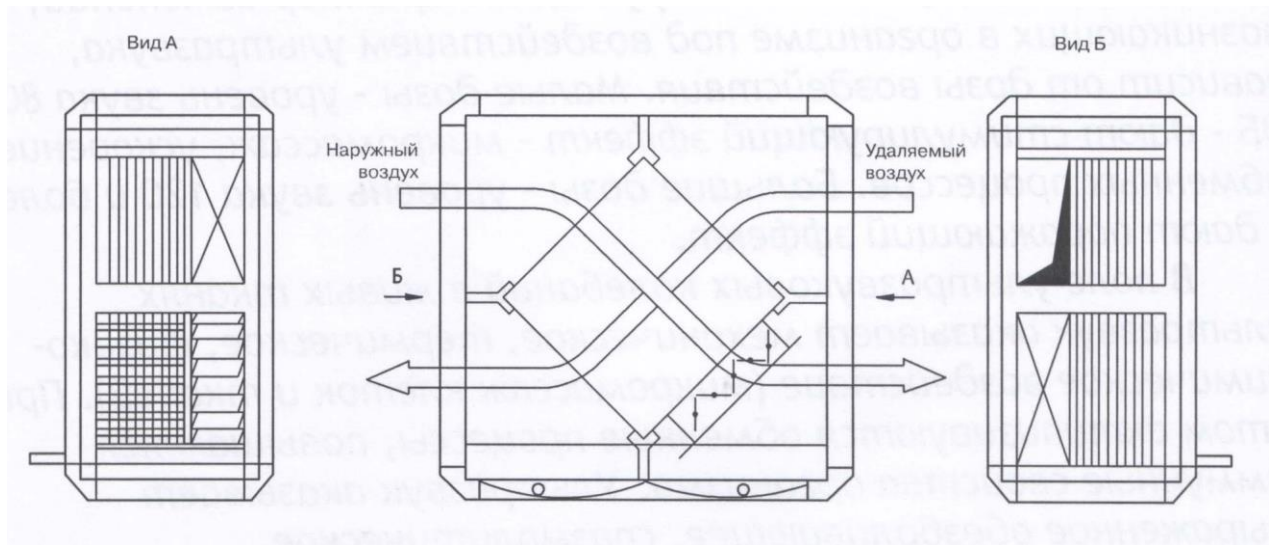
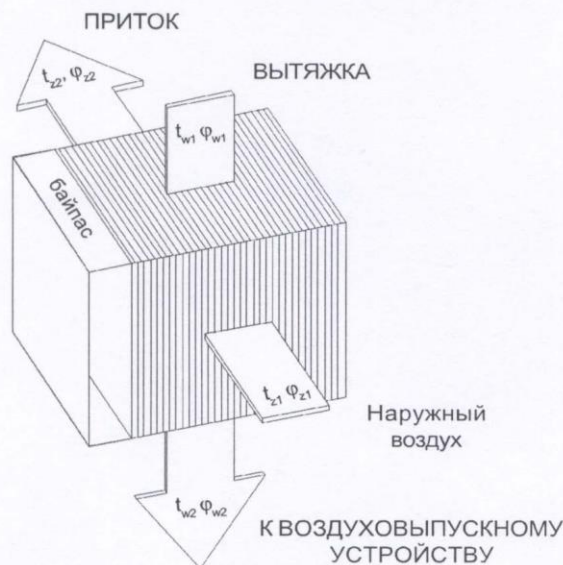


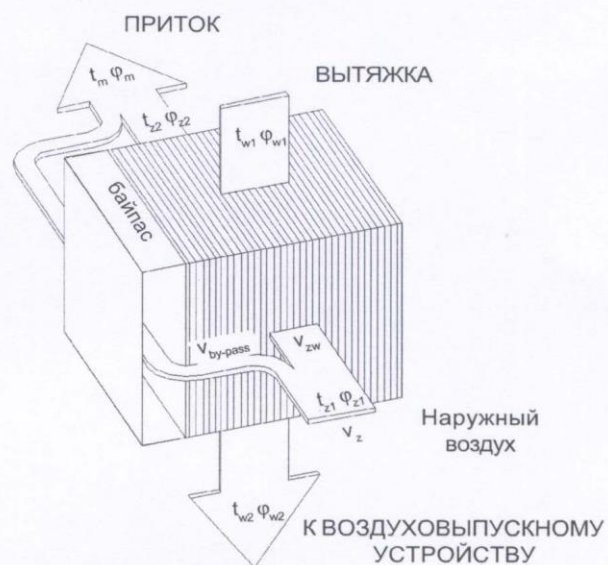
Рис. 4.3. Пластинчасті рекуператори з обвідним повітряним каналом і регулювальним клапаном

Одним зі способів протидії цьому є застосування автоматичної схеми, що управляє байпасом залежно від температури витяжного повітря за теплоутилізатором t_{w2} . Схема підбирає ступінь відкриття байпасної обхідної лінії, так, щоб температура t_{w2} не впала нижче граничного значення. Через теплообмінник протікає лише частина зовнішнього повітря, у той же час інша частина проходить через байпас. Температура, що досягається, тоді рівняється температурі змішування обох потоків t_m за теплоутилізатором. При необхідності застосування нагрівача при розрахунку необхідної потужності, як початкову температуру потрібно приймати t_m (рис. 4.4).

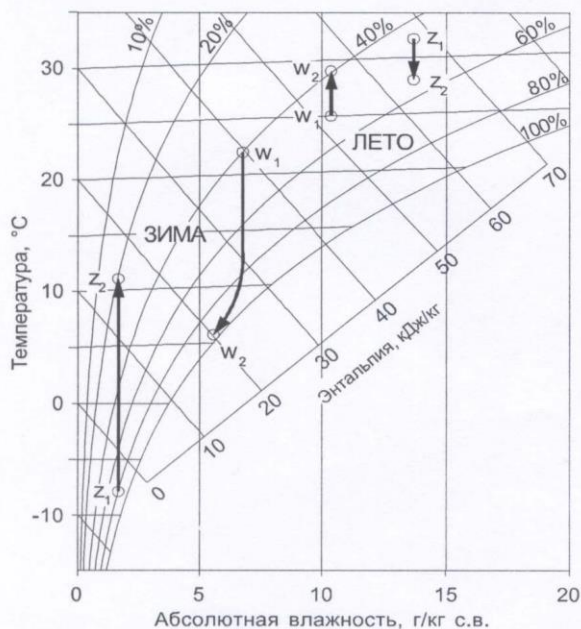
Работа в условиях без обмерзания



Работа в условиях обмерзания



Процесс на I-d диаграмме, без обмерзания



Процесс на I-d диаграмме, без обмерзания

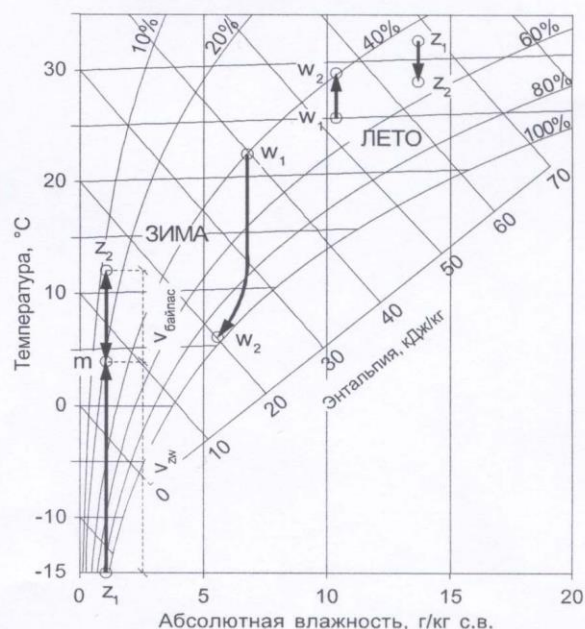


Рис. 4.4. Байпасування і процеси на I-d діаграмі

Основні показники пластинчастих теплоутилізаторів:

- витрата припливного повітря – від 300 м³/год. до 70000 м³/год.;
- тепла ефективність може досягати 80%.

Роторний регенеративний теплоутилізатор

Роторні рекуператори (роторні теплообмінники) відносяться до класу регенеративних теплообмінників. Найбільш широке застосування дані апарати отримали в системах припливно-витяжної вентиляції. У роторному теплообміннику передача тепла від гарячого газу до холодного здійснюється через обертовий циліндричний ротор, що складається з пакету тонких металевих пластин. Гарячий газ нагріває пластини, після чого вони переміщуються в потік холодного газу, тим самим передаючи йому тепло (рис. 4.5). Якщо система працює на обігрів, то витяжне повітря віддає теплоту тому сектору ротора, через який він проходить. Коли цей сектор, що нагрівся, ротора попадає в потік холодного припливного повітря, припливне повітря нагрівається, а ротор, відповідно, охолоджується. Якщо система працює на охолодження, то теплота передається від теплого припливного холодному витяжному повітрю. В ентальпійних роторах додатково здійснюється передача вологи.

Основні переваги таких теплоутилізаторів у порівнянні з іншими – можливість керування процесом переносу теплоти при зміні числа обертів, ефект самоочищення, незначні розміри й високий ступінь ефективності.

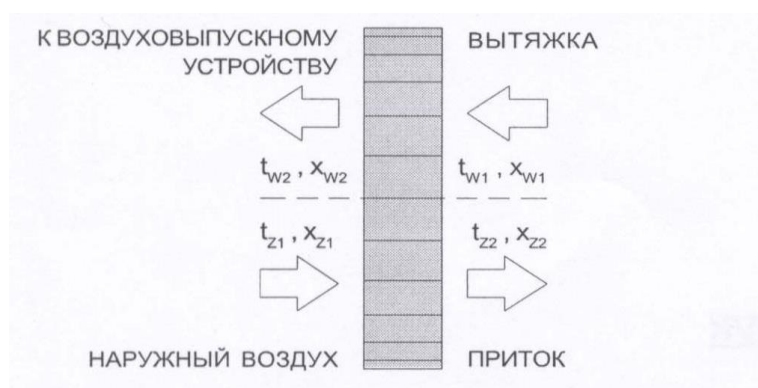


Рис.4.5. Принципова схема роторного регенеративного теплообмінника

Теплоутилізатор складається зі сталевого корпусу для приєднання повітропроводів і обертового алюмінієвого ротора, що приводиться в рух мотор-редуктором через ремінну передачу. Ротор виготовлений із чередуємих плоских і гофрованих алюмінієвих стрічок, що дозволяє одержати канали в поперечному

напрямку для проходу повітря. Обертаючись зі швидкістю 10 об/хв. ротор, поперемінно обмивається видаляємим повітрям, що (нагрівається) і припливним повітрям (охолоджується).

Продуктивність регенеративного теплообмінника можна змінювати за допомогою регулювання швидкості обертання ротора (рис 4.6).



Рис. 4.6. Зміна тепловіддачі роторного регенеративного теплообмінника

Особливості теплоутилізаторів для різних виконань установок:

- гігієнічне виконання – стандартні обертові регенеративні теплоутилізатори не гарантують повного поділу припливного й витяжного повітря; у випадку використання необхідно передбачати продувну камеру;

- вибухобезпечне виконання – теплообмінники поставляються по запити; необхідно дотримувати умов монтажу електродвигуна; застосовуються вибухобезпечні електродвигуни, які регулюються за допомогою частотного перетворювача;

- виконання для басейнів – теплообмінники покриваються епоксидною смолою;

- для кухонь – обертові теплообмінники не застосовуються.

Конструктивні особливості, які необхідно враховувати при монтажі:

- ротори можуть монтуватися в будь-якому робочому положенні, при горизонтальному положенні зміцнюється опорна рама;

- рами не повинні нести навантаження підводящих каналів, подача повітря повинна подаватися перпендикулярно площини ротора;

- ротор повинен мати вільний доступ для проведення обслуговування.

Теплоутилізатор із проміжним теплоносієм

Теплоутилізатор із проміжним теплоносієм (циркуляційна система) складається із двох водовітряних теплообмінників, з'єднаних між собою замкнутою рециркуляційною системою (рис.4.7). Один теплообмінник перебуває в каналі припливного повітря, а другий – у каналі повітря, що видаляється. Проміжним теплоносієм (теплоносієм у рециркуляційній системі) служить розчин гліколю. Втрати тиску розчину гліколю в теплообміннику при розрахункових умовах приймається в інтервалі від 20 до 40 кПа.

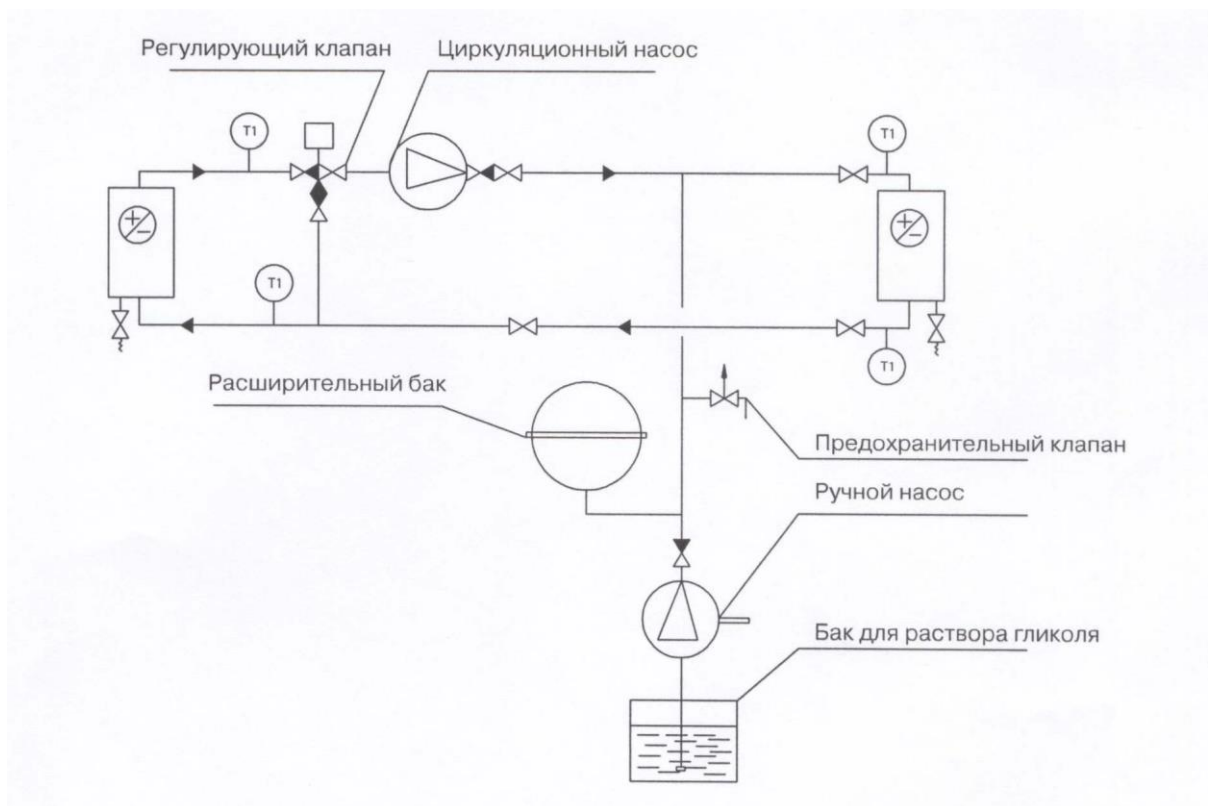


Рис. 4.7 Схема утилізації теплоти з використанням проміжного теплоносія

Гліколевий контур застосовується тоді, коли потрібен повний розділ потоків повітря припливного й що видаляється, або корди установки припливна й витяжна знаходяться в різних кімнатах. ККД що досягається гліколевим контуром становить від 45 до 55%

Особливості систем для різних виконань установок:

- гігієнічне виконання – ця система щонайкраще відповідає пропонованим вимогам, тому що потоки припливного й що видаляється повітря повністю розділені друг від друга;

- виконання для басейна – теплообмінник для каналу повітря, що видаляється, покривається епоксидною смолою.

Теплоутилізатори на базі теплових трубок

Теплові трубки являють собою пучок герметичних мідних труб з алюмінієвим оребрением, заповнених холодоагентом. Теплообмін здійснюється завдяки випару холодоагенту в тепловіддаючому середовищі й конденсації холодоагенту в середовищі, що приймає теплоту. Циркуляція проміжного теплоносія здійснюється під дією природної конвекції або сил капілярного тиску.

У робочому положенні теплові трубки закріплюються вертикально або з нахилом у розділовій перегородці, і кожна її сторона виступає в канали, по яких рухаються потоки, що мають різну температуру. При вертикальній установці канал повітря, що видаляється, перебуває знизу. Одна сторона трубки обмивається потоком з високою температурою й утворює зону відводу теплоти. Пари холодоагенту, що утворилися, переміщуються в зону низького тиску, що обмивається потоком з більш низькою температурою й утворює зону відводу теплоти. холодоагент, що сконденсувався в цій зоні, у вигляді рідини переміщується із зони конденсації в зону випару, де знову перетворюється в пару.

В установці з теплообмінником з теплових трубок повинні бути передбачені: каплеуловлювач, піддон для збору конденсату й обвідний канал (байпас).

4.3.2. Вибір типу регенератора для системи вентиляції

Більшість припливно-витяжних систем комплектуються роторним теплоутилізатором з гігроскопічною поверхнею. Це насамперед обумовлюється простими експлуатаційними умовами, високим енергетичним ККД та великими витратами повітря, яке обробляється у системі.

4.3.3. Розрахунок роторного рекуператора

Ефективність регенеративного теплообмінника, що обертається, в основному, визначається параметрами теплообмінної поверхні: розмірами і формою каналів для протікання повітря, матеріалом, з якого вона виготовлена і технологією виготовлення.

Як матеріал для виготовлення теплообмінної поверхні використовується алюміній, який має наступні теплофізичні характеристики: теплопровідність

$$\lambda_{\text{ст}} = 204 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}; \text{ густина } \rho_n = 2700 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}; \text{ теплоємність } C_{pn} = 0.920 \frac{\text{кДж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}.$$

Теплообмінник збирається з пластмасових стільникових пластин між якими встановлюються дистанційні проставки. Пакет пластин і проставок утворюють систему прямокутних і щілинних каналів.

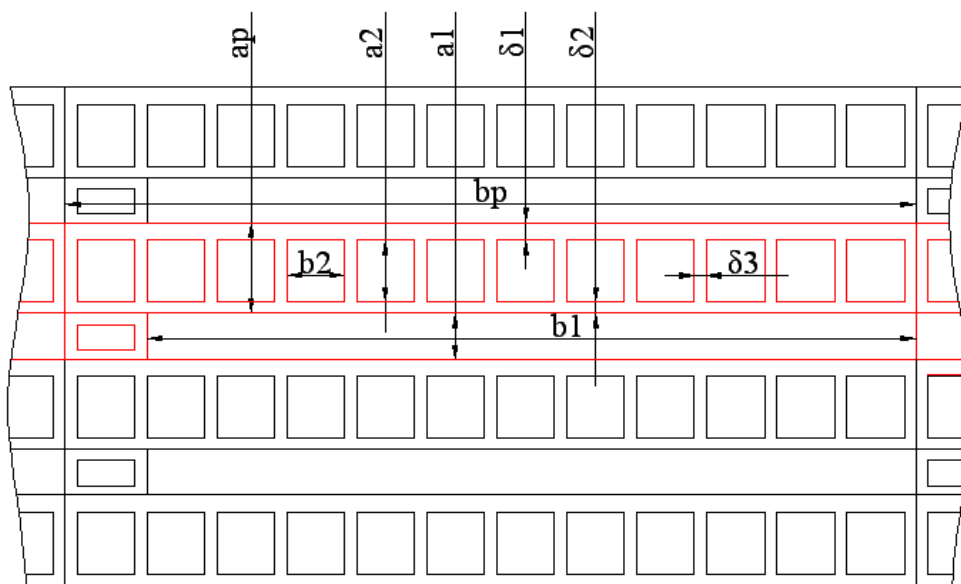


Рис.4.8. Поперечний перетин пакету теплопередаючого елемента

З рис. 4.8 видно, що канали теплопередаючого елемента мають регулярну структуру, що складається з каналів прямокутного перетину і щілинних каналів, що чергуються. Враховуючи це, можна виділити елемент структури, що формує сукупність каналів. Такий елемент на рис.4.8 виділений червоним кольором. До його складу входять канали прямокутної форми, стільникова пластина, проставка і щілинний канал.

Знаючи геометричні, теплообмінні і гідравлічні характеристики цього елемента можна розрахувати характеристики теплообмінника довільної форми. Приведемо геометричні характеристики виділеного елемента.

Параметри щілинного каналу:

Ширина щілини $b_1 = 158,58 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Висота щілини $a_1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Довжина каналу $L_1 = 240 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Повний поперечний переріз щілини:

$$F_1 = a_1 \cdot b_1 = 4,292 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Периметр перетину щілини:

$$P_1 = 2 \cdot (a_1 + b_1) = 0,323 \text{ м}$$

Гідравлічний діаметр щілини:

$$d_1 = \frac{4 \cdot F_1}{P_1} = 5,310 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Площа поверхні теплообміну щілини:

$$F_{ct} = P_1 \cdot L_1 = 0,00776 \text{ м}^2$$

Об'єм щілини:

$$V_{11} = F_1 \cdot L_1 = 1,030 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Відношення висоти щілини до її ширини:

$$a_{a1} = \frac{a_1}{b_1} = 0,017$$

Параметри прямокутних каналів

Ширина каналу $b_2 = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Висота каналу $a_2 = 4,408 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Товщина стінки вгорі $\delta_1 = 0,384 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Товщина стінки внизу $\delta_2 = 0,358 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Товщина вертикальної перегородки (стінки) $\delta_3 = 0,276 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Кількість каналів $n=41$

Висота пластини з каналами $a_p = 5,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Ширина пластини з каналами:

$$b_p = n \cdot (b_2 + \delta_3) + \delta_3 = 0,167 \text{ м}$$

Поперечний перетин каналу:

$$F_{k_2} = b_2 \cdot a_2 = 1,675 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Повний поперечний переріз всіх каналів:

$$F_2 = F_{k_2} \cdot n = 6,868 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Периметр перетину каналу:

$$p_2 = 2 \cdot (b_2 + a_2) = 0,0164 \text{ м}$$

Гідравлічний діаметр каналу:

$$d_2 = \frac{4 \cdot F_{k_2}}{p_2} = 4,082 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Площа поверхні каналу:

$$F_k = p_2 \cdot L_1 = 3,940 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Повна поверхня теплообміну каналу:

$$F_p = F_k \cdot n = 0,162 \text{ м}^2$$

Об'єм каналу

$$V_{k_2} = F_{k_2} \cdot L_1 = 4,02 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм каналів:

$$V_k = V_{k_2} \cdot n = 1,648 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм займаний пластиною з каналами:

$$V_p = a_p \cdot b_p \cdot L_1 = 2,069 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Відношення ширини каналу до його висоти:

$$a_{a2} = \frac{b_2}{a_2} = 0,862$$

Об'єм матеріалу каналів насадки

Об'єм верхньої стінки:

$$v_{20} = b_p \cdot \delta_1 \cdot L_1 = 1,543 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Об'єм нижньої стінки:

$$v_{21} = b_p \cdot \delta_2 \cdot L_1 = 1,438 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Об'єм бічної стінки:

$$v_{22} = a_2 \cdot \delta_3 \cdot L_1 \cdot (n+1) = 1,226 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Об'єм стінок каналу:

$$v_{02} = v_{20} + v_{21} + v_{22} = 4,207 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Площа поперечного перетину проставки:

$$F_{pr} = (b_2 + 2 \cdot \delta_3) \cdot a_1 = 1,175 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Об'єм матеріалу проставки:

$$v_{pr} = F_{pr} \cdot L_1 = 2,82 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Об'єм матеріалу всієї поверхні:

$$v_{01} = v_{02} + v_{pr} = 4,489 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Геометричні характеристики поверхні теплообміну

Повна поверхня теплообміну:

$$F_t = F_p + F_{ct} = 0,239 \text{ м}^2$$

Об'єм порожнеч поверхні теплообміну:

$$V_{vp} = V_k + V_1 = 2,678 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Об'єм займаний поверхнею теплообміну:

$$V_{vt} = b_p \cdot (a_p + a_1) \cdot L_1 = 3,154 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Лобовий перетин поверхнею теплообміну:

$$F_{ls} = \frac{V_{vt}}{L_1} = 1,314 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Компактність поверхня теплообміну – відношення повної поверхні теплообміну до повного об'єму займаною поверхнею:

$$\beta = \frac{F_t}{V_{vt}} = 758,292 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^3}$$

Пористість поверхні теплообміну - відношення об'єму порожнеч поверхні теплообміну до повного об'єму займаною поверхнею:

$$p = \frac{V_{vp}}{V_{vt}} = 0,849$$

Гідравлічний діаметр поверхні теплообміну:

$$d_z = \frac{4 \cdot p}{\beta} = 4,480 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Площа прохідного поперечного перетину поверхні теплообміну:

$$F_c = F_1 + F_2 = 1,116 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Виходячи з розрахунку, для спроектованої установки підбираємо роторний рекуператор АСМ Airbox R13, який відповідає вимогам високого енергетичного ККД при розрахованому припливі повітря 3000 м³/год.

Характеристика рекуператора АСМ Airbox R13:

Профіль	A20
Діаметр ротора, м	0,96
Довжина боксу, м	0,67 / 1,5
Маса, кг	176

Висновки за розділом:

Розроблено систему гарячого водопостачання (ГВП), визначено розрахункові витрати води та необхідні теплові потоки для її підігріву. Для підвищення енергоефективності будівлі інтегровано роторний рекуператор, проведено його конструктивний та тепловий розрахунок. Використання рекуператора дозволяє суттєво знизити витрати енергії на нагрівання припливного повітря шляхом утилізації теплоти витяжного повітря.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Охорона праці та техніка безпеки при обслуговуванні систем тепlopостачання на об'єкті

5.1.1. Загальні положення та організаційні заходи

Забезпечення безпечних умов праці при обслуговуванні систем тепlopостачання котеджу базується на дотриманні вимог НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» та ПБЕЕ (Правила безпечної експлуатації електроустановок).

Основними організаційними заходами є:

Допуск до обслуговування газового та теплотехнічного обладнання осіб не молодше 18 років, які пройшли спеціальне навчання та мають відповідне посвідчення.

Проведення обов'язкових інструктажів (вступного, первинного на робочому місці, повторного раз на пів року).

Наявність затверджених інструкцій з експлуатації для кожного виду обладнання (котла, насосів, системи рекуперації).

5.1.2. Техніка безпеки при роботі з тепломеханічним обладнанням

Системи опалення та ГВП працюють з теплоносієм високої температури (до 95°C) та під тиском. Для запобігання травматизму необхідно:

Теплоізоляція: Усі зовнішні поверхні обладнання та трубопроводів з температурою вище +45°C повинні бути ізольовані негорючими матеріалами. Це не тільки знижує теплові втрати, але й захищає персонал від термічних опіків.

Контроль тиску: Система обов'язково оснащується манометрами та запобіжними клапанами. Спрацювання клапана має бути налаштоване на тиск, що не перевищує максимально допустимий для найслабшої ланки системи (як правило, 0,3 МПа для побутових систем).

Гідравлічні випробування: Щороку перед початком опалювального сезону проводиться опресування системи. Під час випробувань забороняється перебування сторонніх осіб поблизу вузлів під тиском.

5.1.3. Електробезпека при експлуатації систем автоматизації та обладнання

Оскільки система містить електричне обладнання (циркуляційні насоси, контролери, електродвигун рекуператора), існує ризик ураження струмом.

Заземлення: Усі металеві корпуси електрообладнання та металеві трубопроводи повинні мати надійне заземлення згідно з ПУЕ. Опір заземлювального пристрою не повинен перевищувати 4 Ом.

Захист (ПЗВ): Ланцюги живлення обладнання в приміщеннях з підвищеною вологістю (цокольний поверх, котельня) повинні бути захищені пристроями захисного відключення (диференційними реле).

Ступінь захисту: Електрообладнання повинно мати ступінь захисту оболонки не нижче IP44.

5.1.4. Пожежна безпека та безпека при роботі з газовим обладнанням

Приміщення котельні в котеджі є зоною підвищеної пожежної небезпеки.

Вентиляція: Для сталого горіння газу та запобігання накопиченню вибухонебезпечної суміші в котельні передбачається постійно діюча вентиляція з трикратним повітрообміном.

Газоаналізатори: Встановлення побутових сигналізаторів мікровитоків газу та оксиду вуглецю (чадного газу) з виводом сигналу на відсічний клапан є обов'язковою умовою безпеки.

Засоби гасіння: Приміщення комплектується вогнегасником типу ОВВ-5 або ОУ-3. Забороняється зберігання легкозаймистих речовин (пально-мастильних матеріалів, лаків, фарб) у безпосередній близькості до опалювальних приладів.

5.5.1. Вимоги до ергономіки та освітлення

Для зручного обслуговування вузлів керування (колекторів, запірної арматури) необхідно забезпечити вільний простір не менше 0,7–1,0 м перед обладнанням. Освітлення приміщень, де встановлено основне обладнання, має відповідати нормам ДБН В.2.5-28:2018 (не менше 150 лк для газових котелень), щоб забезпечити чітке зчитування показників приладів контролю.

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розроблено комплексну систему тепlopостачання котеджу житловою площею 250 м² у Миколаївській області. Розроблені принципові схеми систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання.

В ході виконання роботи проаналізовано об'єкт та визначено його теплотехнічні характеристики, що дозволило обґрунтувати вибір обладнання відповідно до кліматичної зони будівництва.

В роботі були враховані сучасні науково-технічні рішення в області проектування систем тепlopостачання. Вирішене питання ув'язки систем опалення та гарячого водопостачання. Розрахункові тепловтрати будівлі компенсуються сучасною водяною системою з параметрами 80/70°C. Система опалення запроектована двотрубна з верхнім розведенням і попутним рухом води. В якості нагрівальних приладів прийнято алюмінієві секційні радіатори. Виконаний гідравлічний розрахунок системи опалення. Підібране санітарно-технічне обладнання для систем. Вибраний та розрахований розширювальний бак для системи опалення.

Система вентиляції у котеджі природна. Витяжна система здійснюється через канали в перегородках. Приплив здійснюється у житлові приміщення через нещільність вікон. У будівлі дотримано баланс витяжки і припливу. Для забезпечення нормативного повітрообміну зроблені розрахунки повітрообміну у приміщеннях та аеродинамічний розрахунок системи природної витяжної вентиляції.

Розроблена система гарячого водопостачання. Розраховано роторний рекуператор, що дозволяє значно знизити експлуатаційні витрати на опалення за рахунок теплообміну між витяжним та припливним повітрям.

Окреслено заходи з охорони праці, виконання яких гарантує безпечну експлуатацію інженерних мереж та мінімізує ризики виникнення аварійних ситуацій.

Результати розрахунків та запропоновані технічні рішення повністю відповідають чинним нормам ДБН та технічному завданню.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель : навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: file:///C:/Users/ADMIN/Downloads/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf
2. Буд А. Ф., Колодяжний В. В. Розрахунок та проектування систем вентиляції та кондиціонування повітря. Київ : ТОВ «Вент-сервіс», 2014. 344 с.
3. Глушко Ю. Ю. Опалення : навч. посіб. 2019 рік. Автор-упорядник: Глушко Ю. Ю., над навчальним посібником працювали: Безпалько Н. О., Боброва Т. Б., Високос С.М., Гусев П.С., Заседателєв І. В., Лебедев 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
4. Гузик Д.В., Федяй Б.М. Сучасні системи вентиляції. – ПолтНТУ, 2017. – 312 с.
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

ресурс]. – 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 повітропроникності огорожувальних конструкцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56183

11. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі та споруди») : навч. посіб. Київ : Кондор, 2007. 244 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/Enin_2007_244.pdf

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

13. Слаутіна Т. Г., Кузнецова С.А. Проектування водяних систем опалення : навч. посіб. Миколаїв: НУК, 2009. 68 с.

14. Сашко В.О. Труби та арматура. Навчальний посібник. 2019 рік. Автори-упорядники: Сашко В.О., Терещенко Т.М. Над навчальним посібником також працювали: Безпалько 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. Теплотехнологічні процеси та установки (теплообмінні апарати) [Електронний ресурс] навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» кваліфікаційного рівня «бакалавр». / Укл. Шаповалов Ю. О., Соломонюк Д. М.: НУК. - Електронні текстові дані (1 файл: 7,5 Мбайт). Миколаїв : НУК, 2021. 67 с.

16. Теплообмінні апарати : навч. посіб. для студ. спеціальності 144 «Теплоенергетика» / 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.