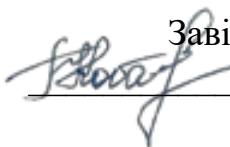


Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри теплотехніки
 к.т.н., доцент Г.О. Кобалава
« 10 » 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти **«бакалавр»**

на тему: **«Розробка системи теплопостачання двоповерхового**
житлового будинку загальною площею 1100 м²»

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

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Теплоенергетика»

(назва освітньо-професійної програми)

Артем ВАРДАНЯН 

(прізвище та ініціали)

Керівник **Юрій ШАПОВАЛОВ** 

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Вікторія КОРНІЄНКО** 

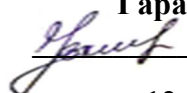
(прізвище та ініціали)

Херсон – 2025

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 **к.т.н., доц. В.С. Корнієнко**

« 12 » березня 2025 року

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

здобувача **Варданян Артем Вагаршакович, група 4247ст**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Розробка системи теплопостачання двоповерхового житлового будинку загальною площею 1100 м²»**

керівник роботи **Шаповалов Юрій Олександрович, к.т.н., професор**

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

затверджені розпорядженням директора ХННІ НУК від « 12 » березня 2025 року № 7

2. Термін подання студентом роботи « 10 » червня 2025 року.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ.

Розділ 1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання. Плани об'єкту та ескізи приміщень. Вибір та обґрунтування розрахункових параметрів. Вимоги ДБН України до систем. Мета кваліфікаційної роботи.

Розділ 2. Розробка системи водяного опалення.

2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу (заповнити таблиці)

2.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення

2.4. Складання теплового балансу приміщення. Визначення теплової потужності системи опалення

2.5. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень

2.6. обрання та обґрунтування типу системи опалювання та опалювальних приладів

2.7. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень (заповнити таблицю). Вибір зразка і кількості опалювальних приладів

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

2.9. Розрахунок головного циркуляційного кільця з ув'язкою двох-трьох паралельних циркуляційних кілець

2.10. Визначення ємності бака розширювача.

Розділ 3. Розрахунок джерела теплоти для теплопостачання об'єкту. Вибір типу і кількості котлів.

Розділ 4. Розробка конструктивного вузла.

4.1. Опис конструктивного вузла. Принципова схема, визначення початкових параметрів.

4.2. Розрахунки елемента: теплові, гідравлічні, на міцність та інші.

Розділ 5. Опис розробленої системи теплопостачання.

Розділ 6. Розробка заходів з охорони праці.

Висновки.

Список використаних літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. План-схема об'єкту на місцевості (з визначенням підводів теплоносіїв) (формат А1).

2. Аксонометрична схема системи опалення (формат А1).

3. Конструктивний вузол: водо водяний підігрівач / котел (формат А1).

4. Схема теплового пункту або блоку підготовки води (формат А1).

Примітка: обсяг розрахунків та креслень узгоджується з керівником.

Оформлення кваліфікаційної роботи здійснюється у відповідності з вимогами ЄСКД та ДСТУ.

Розрахунково-пояснювальна записка (60...80 сторінок тексту) повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

5. Дата видачі завдання « 12 » березня 2025 року.

Дата представлення на кафедру « 10 » червня 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдань у керівника	12 березня	виконано
2.	Вступ + розділ 1	до 30 березня	виконано
3.	Розділ 2 + план-схема об'єкту на місцевості	до 20 квітня	виконано
4.	Розділ 3 + аксонометрична схема системи опалення	до 10 травня	виконано
5.	Розділ 4 + конструктивний вузол: водо водяний підігрівач / котел / схема теплового пункту або блоку підготовки води	до 30 травня	виконано
6.	Розділ 5 + висновки	до 05 червня	виконано
7.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедру	до 11 червня	виконано

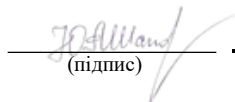
Здобувач


(підпис)

Артем ВАРДАНЯН

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Юрій ШАПОВАЛОВ

(прізвище та ініціали)

Анотація

Варданян А.В. «Розробка системи теплопостачання двоповерхового житлового будинку загальною площею 1100 м²».

У першому розділі представлена характеристика об'єкта, для якого проектується система опалення. Представлені характеристики будівельних матеріалів і вибір їх параметрів. Представлений план будівлі.

У другому розділі зроблено розрахунок теплопередачі огорожувальних конструкцій будівлі. Визначено основні втрати і теплопідведення. Складено тепловий баланс будівлі. Розраховані потужності і кількість опалювальних приладів. Розроблена аксонометрична схема опалення. Зроблено гідравлічний розрахунок системи опалення.

У третьому розділі зроблено розрахунок потужності системи гарячого водопостачання та потужності джерела теплоти.

У четвертому розділі зроблено розрахунок кожухотрубного теплообмінника. Зроблено розрахунок на міцність. Представлене креслення теплообмінника.

У п'ятому розділі розроблено схему теплового пункту. У шостому розділі розроблено заходи з охорони праці.

Ключові слова: система теплопостачання, теплопередача, опалювальні прилади, гаряче водопостачання, джерело теплоти.

Abstract

Vardanyan A.V. «Development of a heating system for a two-story residential building with a total area of 1100 m²».

The first section presents the characteristics of the object for which the heating system is designed. The characteristics of building materials and the choice of their parameters are presented. The building plan is presented.

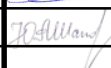
In the second section, the heat transfer of the building's enclosing structures is calculated. The main losses and heat supply are determined. The heat balance of the building is compiled. The capacities and number of heating devices are calculated. An axonometric heating diagram is developed. A hydraulic calculation of the heating system is made.

In the third section, the capacity of the hot water supply system and the capacity of the heat source are calculated.

In the fourth section, the calculation of the shell-and-tube heat exchanger is made. The strength calculation is made. The heat exchanger drawing is presented.

In the fifth section, a diagram of the heat point is developed. In the sixth section, labor protection measures are developed.

Keywords: heating system, heat transfer, heating devices, hot water supply, heat source.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						
					Розробка системи тепло- постачання двоповерхового житлового будинку загальною площею 1100 м ²			Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Варданян А.В.									
Керівник	Шаповалов Ю.О.									
								ХННІ НУК		

Зміст

Вступ.....	
1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання. Мета випускної бакалаврської роботи.....	
1.1 Характеристика об'єкта, для якого проектується система водяного опалення. Вибір і обґрунтування розрахункових параметрів	
2. Проектування системи водяного опалення	
2.1 Визначення величин опору теплопередачі огорожень приміщень.....	
2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу.....	
2.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення	
2.4. Складання теплового балансу будівлі. Визначення теплової потужності системи опалення	
2.5. Визначення питомої витрати теплоти на опалення приміщень	
2.6. Обрання та обґрунтування типу системи опалення та опалювальних пристроїв	
2.7. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір типу та кількості опалювальних приладів	
2.8 Розробка аксонометричної схеми опалення з нанесенням опалювальних приладів, стояків, магістральних трубопроводів та інших елементів системи.....	
2.9. Розрахунок головного циркуляційного кільця	
2.10 Розрахунок ємності розширювального баку	
3. Розрахунок теплової потужності джерела теплопостачання, вибір типу джерела теплопостачання	
3.1 Розрахунок потреб теплоти на гаряче водопостачання	
3.2 Розрахунок теплової потужності джерела теплопостачання об'єкту. Вибір типу та складу обладнання теплопостачання	
4. Розробка конструктивного вузла	
4.1 Розрахункова схема теплообмінного апарату	

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2	Проектування теплообмінного апарату
4.3	Розрахунки апарату
5.	Розробка елемента системи теплопостачання – теплового пункту
5.1	Короткий опис індивідуального теплового пункту
5.2	Індивідуальний пункт як об'єкт управління
5.3	Аналіз існуючих систем автоматизації
6.	Розробка заходів з охорони праці
6.1	Охорона праці при експлуатації ІТП
6.2	Організація технічного обслуговування інженерного обладнання будівельних мереж і систем
	Висновки
	Література

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Згідно з нормативними положеннями, опалення — це процес підтримання встановленої температури повітря в закритих приміщеннях з метою забезпечення комфортних умов для людей. Сучасні системи опалення відрізняються можливістю автоматичного регулювання температури на рівні окремого приміщення, що дозволяє враховувати індивідуальні потреби користувачів.

Функціонування системи опалення забезпечується комплексом технічних засобів, які відповідають за виробництво, транспортування та передачу тепла в приміщення. Керування системою, як правило, здійснюється автоматизованими пристроями, здатними підтримувати стабільну температуру незалежно від змін у зовнішньому середовищі. Окрім цього, автоматизація включає регулювання тиску та витрати теплоносія по всій мережі.

Системи водяного опалення мають широкий спектр варіантів реалізації, зумовлений різними умовами експлуатації та технічними характеристиками будівель. Раніше використовувані гравітаційні (самопливні) системи майже повністю втратили актуальність через наявність сучасного обладнання — малошумних насосів та незалежних джерел живлення, що значно ефективніші в експлуатації.

Необхідний мікроклімат у приміщеннях забезпечується завдяки роботі радіаторних терморегуляторів, які автоматично коригують подачу теплоносія в опалювальні прилади залежно від поточної температури повітря в кімнаті.

Основна мета опалювальних систем — утримання температурного режиму на нормативному рівні упродовж холодного періоду. У зимові місяці будівлі втрачають тепло через огорожувальні конструкції (стіни, дах, вікна, двері), і щоб компенсувати ці втрати, необхідне додаткове джерело тепла.

Отримання теплової енергії зазвичай відбувається шляхом згоряння палива в опалювальних установках, таких як котли чи печі, від яких тепло далі розподіляється по приміщеннях.

За способом отримання теплової енергії системи поділяються на:

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- місцеві, де нагрів відбувається безпосередньо в обігріваному приміщенні (наприклад, пічне або електричне опалення);
- централізовані, в яких джерело тепла (котельня чи ТЕЦ) розташоване окремо, а теплоносій передається по трубопроводах до споживачів.

Місцеве опалення забезпечується автономними приладами (печі, електрообігрівачі, газові конвектори), що дозволяє обігрівати одну або кілька кімнат. Такий варіант часто застосовується в індивідуальному житловому секторі.

Централізоване теплозабезпечення характерне для міських умов, коли тепло виробляється в централізованих установках і передається на великі відстані до житлових і громадських будівель.

Теплові навантаження мають виражену добову нерівномірність: споживання тепла зменшується вночі й досягає піку у вечірні години. Це вимагає ефективного регулювання потужності систем та гнучкого керування подачею тепла. На споживання теплової енергії впливають різноманітні чинники: схема підключення гарячого водопостачання, житлові умови мешканців, наявність ванн, звички тощо.

Теплофікація, особливо у великих містах, дозволяє ефективно забезпечувати великі обсяги теплових навантажень. Однак нині все частіше впроваджуються альтернативні підходи: перехід до індивідуального або групового теплозабезпечення, що знижує експлуатаційні витрати та підвищує надійність систем.

Для якісного та безперебійного функціонування систем тепlopостачання необхідна злагоджена взаємодія всіх її складових: джерел тепла, теплових мереж та кінцевих споживачів. Дотримання єдиних технічних вимог і правил експлуатації є обов'язковим для всіх учасників процесу.

Під час проєктування систем теплозабезпечення конкретного населеного пункту враховуються такі фактори, як щільність забудови, види будівель, кліматичні умови, споживчі навантаження тощо.

Основною метою впровадження або модернізації системи опалення є створення комфортних умов для перебування людей у приміщеннях, зокрема в

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дошкільних закладах, з дотриманням відповідних санітарно-гігієнічних норм температурного режиму.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання. Мета випускної бакалаврської роботи

1.1 Характеристика об'єкта, для якого проектується система водяного опалення. Вибір і обґрунтування розрахункових параметрів

Метою випускної бакалаврської роботи є розробка водяної системи опалення для житлового будинку. Будівля двоповерхова з підвалом.

Вихідними даними для розробки системи опалення є будівельні креслення, з яких можна зробити висновок про склад огорожувальних конструкцій.

Стіни будівлі представлено глиняною цеглою $\delta_{цег} = 250$ мм; $\lambda_{цг} = 0,81$ Вт/(м·°C). Стіни заштукатурені всередині та зовні цементно-піщаним розчином по сталевій оцинкованій сітці $\delta_{шт1} = 0,01$ м, $\lambda_{шт1} = 0,93$ Вт/(м·°C), $\delta_{шт2} = 0,01$ м, $\lambda_{шт2} = 0,93$ Вт/(м·°C) та утеплені прошивними плитами мінеральної вати $\delta_{ут} = 0,16$ м, $\lambda_{ут1} = 0,064$ Вт/(м·°C).

Підлога першого поверху складається із шару залізобетонних панелей $\delta_{зб} = 0,22$ м, $\lambda_{зб} = 1,75$ Вт/(м·°C); шару гравію керамзитового $\delta_{гр} = 0,24$ м, $\lambda_{гр} = 0,18$ Вт/(м·°C); повітряного прошарку $\delta_{нов} = 0,02$ м, $\lambda_{нов} = 0,021$ Вт/(м·°C); рейки підлогової $\delta_p = 0,03$ м, $\lambda_p = 0,155$ Вт/(м·°C).

Горищне перекриття виконано із залізобетонних панелей $\delta_{зб} = 0,22$ м, $\lambda_{зб} = 1,75$ Вт/(м·°C), на які нанесено шар матеріалу $\delta_m = 0,01$ м, $\lambda_m = 0,15$ Вт/(м·°C); шар керамзитового гравію $\delta_{гр} = 0,45$ м, $\lambda_{гр} = 0,18$ Вт/(м·°C). Цементна стяжка $\delta_{цем} = 0,02$ м, $\lambda_{цем} = 0,65$ Вт/(м·°C).

Проектування системи опалення, а також креслення виконані у відповідності з діючими нормами і правилами на проектування: БНіП 2.04.05-91 «Отопление, вентиляция и кондиционирование»; Справочное пособие к СНиП 2.08.02-89.

Теплоносієм для системи опалення служить гаряча вода з параметрами $T_{гар} = 95$ °C, $T_{звор} = 70$ °C від теплового пункту, розташованого в підвалі.

Перепад тиску в тепловій мережі - 75 кПа.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температурні параметри теплоносія в тепловій мережі - 95/70 °С

Розрахункові параметри зовнішнього повітря в зимовий період: –26 °С.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря в приміщеннях прийняті відповідно з довідковим посібником з проектування дитячих дошкільних установ і БНіП 2.04.05-91, та представлені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 - Розрахункові параметри внутрішнього повітря

Назва приміщення	Температура внутрішнього повітря $t_{в}, ^\circ\text{C}$
Житлова кімната	20
Кухня	18
Коридор	16
Вбиральня	16
Ванна	25
Під'їзд	16

Мета випускної бакалаврської роботи. Розробити систему водяного опалення двоповерхового жилого будинку, визначити тип опалювальних приладів та кількість секцій опалювальних приладів; побудувати аксонометричну схему опалення, гідравлічний розрахунок системи та визначення джерела теплопостачання, перевірка опалювальної системи на працездатність; визначити потреби на гаряче водопостачання, розробка системи ГВП, підігрівача ГВП.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 01	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 Проектування системи водяного опалення

2.1 Визначення величин опору теплопередачі огорожень приміщень

Необхідний термічний опір теплопередачі R_0^H , (м²·°C)/Вт:

$$R_0^H = \frac{(t_{\text{п}} - t_3) \cdot n}{\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t^H}$$

де $t_{\text{п}}$ – температура повітря некутових, житлових кімнат квартир, °C;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період року, приймається в залежності від теплової інерційності огорожі. При визначенні R_0^H на початку розрахунку рекомендується приймати зовнішню стіну умовно великої інерційності, горищне перекриття – малої;

n – поправочний коефіцієнт до розрахункової різниці температур ($t_{\text{п}} - t_3$). Його значення для зовнішніх стін слід прийняти рівним 1,0; для горищного перекриття – 0,9 для підвального перекриття – 0,6;

$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт теплопереходу від внутрішнього повітря до поверхні огорожі, що приймається для гладких поверхонь рівним 8,7 Вт/(м²·°C);

Δt^H – нормований температурний перепад між температурою повітря в приміщенні і на внутрішній поверхні огороження; приймається за [6], для зовнішніх стін – 4 °C; для горищного перекриття – 3 °C перекриття над підвалом – 2 °C.

Термічний опір багат шарового огороження:

$$R = \frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}}$$

де α_3 – коефіцієнт теплопередачі для зимових умов зовнішньої поверхні огорожувальних конструкцій; приймається для зовнішньої стіни - 20 Вт/(м²·°C); для горищного перекриття - 12 Вт/(м²·°C); для підвального перекриття - 17 Вт/(м²·°C);

δ_i - товщина i -го шару огорожувальних конструкції, м;

λ_i - коефіцієнт теплопровідності i -го шару огорожувальної конструкції,

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вт/(м · К);

α_e - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій, $\alpha_e = 8,7$ Вт/(м²·°С).

Визначення коефіцієнта теплопередачі k , Вт/(м²·°С):

$$k = \frac{1}{R}$$

Зовнішня стіна: силікатна цегла $\delta_{цег} = 250$ мм; $\lambda_{цг} = 0,81$ Вт/(м·°С). Стіни заштукатурені всередині та зовні цементно-піщаним розчином $\delta_{шт1} = 0,01$ м, $\lambda_{шт1} = 0,93$ Вт/(м·°С), $\delta_{шт2} = 0,01$ м, $\lambda_{шт2} = 0,93$ Вт/(м·°С), утеплювач мін.вата $\delta_{ут2} = 0,16$ м, $\lambda_{ут2} = 0,064$ Вт/(м·°С)

$$R_{стїни}^H = \frac{(18 - (-26)) \cdot 1}{8,7 \cdot 4} = 1,24 (\text{м}^2 \cdot \text{°С}) / \text{Вт}$$

$$R_{стїни} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{цег}}{\lambda_{цг}} + \frac{\delta_{шт1}}{\lambda_{шт1}} + \frac{\delta_{ут}}{\lambda_{ут}} + \frac{\delta_{шт2}}{\lambda_{шт2}} + \frac{1}{\alpha_H}$$

$$R_{стїни} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,25}{0,81} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,16}{0,064} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{1}{23} = 2,97 (\text{м}^2 \cdot \text{°С}) / \text{Вт}$$

$$R_{стїни} > R_{стїни}^H$$

$$k_{CT} = \frac{1}{R_{стїни}} = \frac{1}{2,97} = 0,334 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{°С}).$$

Вікна - дерев'яні подвійні склопакети. За даними виробника коефіцієнт $k = 1,627$ Вт/(м²·°С)

Стеля: залізобетонна плита $\delta_{зб} = 0,22$ м, $\lambda_{зб} = 1,75$ Вт/(м·°С), на які нанесено шар матеріалу $\delta_m = 0,01$ м, $\lambda_m = 0,15$ Вт/(м·°С); шар керамзитового гравію $\delta_{гр} = 0,45$ м, $\lambda_{гр} = 0,18$ Вт/(м·°С). Цементна стяжка $\delta_{цем} = 0,02$ м, $\lambda_{цем} = 0,65$ Вт/(м·°С).

$$R_{стелі}^H = \frac{(18 - (-2)) \cdot 0,9}{8,7 \cdot 3} = 1,52 (\text{м}^2 \cdot \text{°С}) / \text{Вт}$$

$$R_{стелі} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} + \frac{\delta_{гр}}{\lambda_{гр}} + \frac{\delta_{цем}}{\lambda_{цем}} + \frac{1}{\alpha_H}$$

$$R_{стелі} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,75} + \frac{0,01}{0,15} + \frac{0,45}{0,18} + \frac{0,02}{0,65} + \frac{1}{12} = 3,86 (\text{м}^2 \cdot \text{°С}) / \text{Вт}$$

$$R_{стелі} > R_{стелі}^H$$

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$k_{\text{стелі}} = \frac{1}{R_{\text{стелі}}} = \frac{1}{3,86} = 0,259 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Перекрыття: плита залізобетонна $\delta_{зб} = 0,22 \text{ м}$, $\lambda_{зб} = 1,75 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; шар керамзитового гравію $\delta_{гр} = 0,24 \text{ м}$, $\lambda_{гр} = 0,18 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; повітряний прошарок $\delta_{пов} = 0,02 \text{ м}$, $\lambda_{пов} = 0,021 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$; рейка підлогова $\delta_p = 0,03 \text{ м}$, $\lambda_p = 0,155 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$:

$$R_{\text{пер}}^H = \frac{(18 - (-26)) \cdot 0,6}{8,7 \cdot 2} = 1,52 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$R_{\text{пер}} = \frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_{зб}}{\lambda_{зб}} + \frac{\delta_{гр}}{\lambda_{гр}} + \frac{\delta_{пов}}{\lambda_{пов}} + \frac{\delta_p}{\lambda_p} + \frac{1}{\alpha_B}$$

$$R_{\text{пер}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,22}{1,75} + \frac{0,24}{0,18} + \frac{0,02}{0,021} + \frac{0,03}{0,155} + \frac{1}{17} = 3,86 (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

$$R_{\text{пер}} > R_{\text{пер}}^H$$

$$k_{\text{пер}} = \frac{1}{R_{\text{пер}}} = \frac{1}{3,86} = 0,259 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

2.2 Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу

Розрахункові теплові втрати Q_{Σ} , кВт, повинні розраховуватися за формулою:

$$Q_{\Sigma} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{інф}},$$

де $Q_{\text{огр}}$ - тепловий потік, кВт, через огорожувальні конструкції;

$Q_{\text{інф}}$ - втрати теплоти, кВт, на нагрівання вентиляційного повітря.

Ці величини розраховуються для кожного опалювального приміщення.[8]

Тепловий потік $Q_{\text{огр}}$, Вт, розраховується для кожного елементу захисної конструкції за формулою:

$$Q_{\text{огр}} = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_B - t_H) \cdot \left(1 + \sum \beta\right) \cdot n,$$

де A - розрахункова площа огорожувальної конструкції, м^2 ;

R - опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$, яке має визначатися за БНіП II-3-79** з урахуванням встановлених нормативів мінімального термічного опору огорожень;

t_B - розрахункова температура внутрішнього повітря, $^\circ\text{C}$, приймається згідно з вимогами норм проектування будівель різного призначення;

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_H - розрахункова температура зовнішнього повітря, °С, приймається за даними додатка 8 Змін № 1 БНіП 2.04.05-91, або температура суміжного приміщення, якщо його температура більш ніж на 3 °С відрізняється від температури приміщення, для якого розраховуються тепловтрати;

n - коефіцієнт, що приймається в залежності від положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря й визначається за БНіП II-3-79 **;

$\sum \beta$ - додаткові втрати теплоти в частках від основних втрат, що враховуються:

а) для зовнішніх вертикальних і похилих огорожень, орієнтованих на напрями, звідки в січні дме вітер зі швидкістю, що перевищує 4,5 м/с з повторюваністю не менше 15 % згідно БНіП 2 01.01-82, у розмірі 0,05 при швидкості вітру до 5 м/с і в розмірі 0,1 при швидкості 5 м/с і більше.

б) для зовнішніх вертикальних і похилих огорожень багатопверхових будівель в розмірі 0,2 для першого і другого поверхів; 0,15 - для третього; 0,1 - для четвертого поверху будівель з кількістю поверхів 16 і більше; для 10...15 - поверхових будівель додаткові втрати слід враховувати в розмірі 0,1 для першого і другого поверхів і 0,05 - для третього поверху;

β_1 - додаткові втрати теплоти по відношенню до сторін світу:

Півн, Сх, Півн-Сх, Пів-Зах = 10% - $\beta_1 = 0,1$

Зах, Півд-Сх = 5% - $\beta_1 = 0,05$

Півд, Півд-Зах = 0% - $\beta_1 = 0$

β_2 - додаткові втрати теплоти на продувність приміщень з двома зовнішніми стінами і більш. У житлових приміщеннях t_{θ} збільшується на 2 °С, в інших приміщеннях добавка приймається рівною 5% ($\beta_2 = 0,05$).

β_3 - додаткові втрати теплоти на розрахункову температуру зовнішнього повітря. Приймається для що не обігріваються підлог першого поверху над холодними підпілля при $t_H = -40$ °С і нижче в розмірі 5%.

β_4 - додаткові втрати теплоти на підігрів вливається холодного повітря, через зовнішні двері, що не обігріваються повітряно-тепловими завісами.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зовнішньої стіни приміщення №101 розраховуємо втрати теплоти:

$$Q_{\text{огр}} = \frac{1}{R} \cdot A \cdot (t_B - t_H) \cdot \left(1 + \sum \beta\right) \cdot n = \frac{1}{2,97} \cdot 12,1 \cdot (20 - (-26)) \cdot (1 + 0,1) \cdot 1 = 205 \text{ Вт.}$$

Коефіцієнт теплопередачі для підлоги даного приміщення було визначено у підрозділі 2.1 і він складає 0,259 Вт/(м²·К).

У підрозділі 2.1 було визначено також опори та коефіцієнти теплопередачі для:

зовнішньої стіни: $R_{\text{стін}} = 2,97 \text{ (м}^2 \cdot \text{К) / Вт}$, $k_{0 \text{ ст}} = 0,334 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$;

вікон: $k_{\text{вік}} = 1,627 \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}$

Для розрахунків коефіцієнт n дорівнює 1, для перекриття - 0,6. Далі результати розрахунків втрат теплоти через огороження записуємо у табл. 2.1 для одного приміщення і продовжуємо її для усіх приміщень споруди з детальними розрахунками тепловитрат через огороження кожного з них.

Таблиця 2.1 Результати розрахунків теплових втрат через огороження

№ приміщення	Найменування приміщення	Температура $t_{в}, ^\circ\text{C}$	Характеристика огороження				$(t_{в}-t_{н})*n$	Основні теплові втрати $Q_{\text{осн}}, \text{Вт}$	Додаткові втрати		$1 + \sum \beta_i$	Повні теплові втрати $Q_{\text{втр}}, \text{Вт}$
			Найменування	Орієнтація	$A, \text{м}^2$	K_o			β_1	β_2		
1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Перший поверх												
101	ЖК (У)	20	НС	3х	21,9	0,334	46	336	0,05		1,05	353
		20	ВК	3х	3	1,627	46	225	0,05		1,05	236
		20	НС	Півн	12,1	0,334	46	186	0,1		1,1	205
		20	ПЛ		15,6	0,259	27,6	111			1	111
Всього на приміщення 101												905

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
102	ЖК	18	НС	Півн	11,5	0,334	44	169	0,1		1,1	186
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПЛ		12,2	0,259	26,4	84			1	84
Всього на приміщення 102												507
103	ЖК	18	НС	Півн	11,5	0,334	44	169	0,1		1,1	186
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПЛ		12,2	0,259	26,4	84			1	84
Всього на приміщення 103												507
104	ЖК	18	НС	Півн	11,3	0,334	44	166	0,1		1,1	183
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПЛ		12	0,259	26,4	82			1	82
Всього на приміщення 104												502
105	ЖК	18	НС	Півн	11,3	0,334	44	166	0,1		1,1	183
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПЛ		12	0,259	26,4	82			1	82
Всього на приміщення 105												502
106	ЖК	18	НС	Півн	11,5	0,334	44	169	0,1		1,1	186
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПЛ		12,2	0,259	26,4	84			1	84
Всього на приміщення 106												507
107	ЖК	18	НС	Півн	11,5	0,334	44	169	0,1		1,1	186
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПЛ		12,2	0,259	26,4	84			1	84
Всього на приміщення 107												507
		20	НС	Сх	21,9	0,334	46	336	0,1		1,1	370
		20	ВК	Сх	3	1,627	46	225	0,1		1,1	248
		20	НС	Півн	12,1	0,334	46	186	0,1		1,1	205
		20	ПЛ		15,6	0,259	27,6	111			1	111

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Всього на приміщення 108												934
109	ЖК (У)	20	НС	Сх	21,9	0,334	46	336	0,1		1,1	370
		20	ВК	Сх	3	1,627	46	225	0,1		1,1	248
		20	НС	Півд	12,1	0,334	46	186			1	186
		20	ПЛ		15,6	0,259	27,6	111			1	111
Всього на приміщення 109												915
110	КХ	18	НС	Півд	11,5	0,334	44	169			1	169
		18	ВК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПЛ		9,16	0,259	26,4	63			1	63
Всього на приміщення 110												393
111	ЖК	18	НС	Півд	11,5	0,334	44	169			1	169
		18	ВК	Півд	3	1,627	44	215			1	215
		18	ПЛ		17	0,259	26,4	116			1	116
Всього на приміщення 111												500
112	ЖК	18	НС	Півд	11,5	0,334	44	169			1	169
		18	ВК	Півд	3	1,627	44	215			1	215
		18	ПЛ		13,8	0,259	26,4	94			1	94
Всього на приміщення 112												478
113	КХ	18	НС	Півд	11,3	0,334	44	166			1	166
		18	ВК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПЛ		13,5	0,259	26,4	93			1	93
Всього на приміщення 113												420
114	КХ	18	НС	Півд	11,3	0,334	44	166			1	166
		18	ВК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПЛ		13,5	0,259	26,4	93			1	93
Всього на приміщення 114												420
115	ЖК	18	НС	Півд	11,5	0,334	44	169			1	169
		18	ВК	Півд	3	1,627	44	215			1	215

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
		18	ПЛ		13,8	0,259	26,4	94			1	94
Всього на приміщення 115												478
116	ЖК	18	НС	Півд	11,5	0,334	44	169			1	169
		18	ВК	Півд	3	1,627	44	215			1	215
		18	ПЛ		17	0,259	26,4	116			1	116
Всього на приміщення 116												500
117	КХ	18	НС	Півд	11,5	0,334	44	169			1	169
		18	ВК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПЛ		9,16	0,259	26,4	63			1	63
Всього на приміщення 117												393
118	ЖК (У)	20	НС	Зах	21,9	0,334	46	336	0,05		1,05	353
		20	ВК	Зах	3	1,627	46	225	0,05		1,05	236
		20	НС	Півд	12,1	0,334	46	186			1	186
		20	ПЛ		15,6	0,259	27,6	111			1	111
Всього на приміщення 118												886
Другий поверх												
201	ЖК (У)	20	НС	Зах	18,9	0,334	46	291	0,05		1,05	306
		20	ВК	Заз	3	1,627	46	225	0,05		1,05	236
		20	НС	Півн	10,5	0,334	46	161	0,1		1,1	177
		20	ПТ		15,6	0,259	41,4	167			1	167
Всього на приміщення 201												886
202	ЖК	18	НС	Півн	9,92	0,334	44	146	0,1		1,1	161
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПТ		12,2	0,259	39,6	125			1	125
Всього на приміщення 202												523
203	ЖК	18	НС	Півн	9,92	0,334	44	146	0,1		1,1	161
		18	ВК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПТ		12,2	0,259	39,6	125			1	125

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02

Арк.

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Всього на приміщення 203												523
204	ЖК	18	НС	Півн	9,76	0,334	44	143	0,1		1,1	157
		18	БК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПТ		12	0,259	39,6	123			1	123
Всього на приміщення 204												517
205	ЖК	18	НС	Півн	9,76	0,334	44	143	0,1		1,1	157
		18	БК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПТ		12	0,259	39,6	123			1	123
Всього на приміщення 205												517
206	ЖК	18	НС	Півн	9,92	0,334	44	146	0,1		1,1	161
		18	БК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПТ		12,2	0,259	39,6	125			1	125
Всього на приміщення 206												523
207	ЖК	18	НС	Півн	9,92	0,334	44	146	0,1		1,1	161
		18	БК	Півн	3	1,627	44	215	0,1		1,1	237
		18	ПТ		12,2	0,259	39,6	125			1	125
Всього на приміщення 207												523
208	ЖК (У)	20	НС	Сх	18,9	0,334	46	291	0,1		1,1	320
		20	БК	Сх	3	1,627	46	225	0,1		1,1	248
		20	НС	Півн	10,5	0,334	46	161	0,1		1,1	177
		20	ПТ		15,6	0,259	41,4	167			1	167
Всього на приміщення 208												912
209	ЖК (У)	20	НС	Сх	18,9	0,334	46	291	0,1		1,1	320
		20	БК	Сх	3	1,627	46	225	0,1		1,1	248
		20	НС	Півд	10,5	0,334	46	161			1	161
		20	ПТ		15,6	0,259	41,4	167			1	167
Всього на приміщення 209												896

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
210	КХ	18	НС	Півд	9,92	0,334	44	146			1	146
		18	БК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПТ		9,16	0,259	39,6	94			1	94
Всього на приміщення 210												401
211	ЖК	18	НС	Півд	9,92	0,334	44	146			1	146
		18	БК	Півд	3	1,627	44	215			1	215
		18	ПТ		17	0,259	39,6	174			1	174
Всього на приміщення 211												535
212	ЖК	18	НС	Півд	9,92	0,334	44	146			1	146
		18	БК	Півд	3	1,627	44	215			1	215
		18	ПТ		13,8	0,259	39,6	141			1	141
Всього на приміщення 212												502
213	КХ	18	НС	Півд	9,76	0,334	44	143			1	143
		18	БК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПТ		13,5	0,259	39,6	139			1	139
Всього на приміщення 213												443
214	КХ	18	НС	Півд	9,76	0,334	44	143			1	143
		18	БК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПТ		13,5	0,259	39,6	139			1	139
Всього на приміщення 214												443
215	ЖК	18	НС	Півд	9,92	0,334	44	146			1	146
		18	БК	Півд	3	1,627	44	215			1	215
		18	ПТ		13,8	0,259	39,6	141			1	141
Всього на приміщення 215												502
216	ЖК	18	НС	Півд	9,92	0,334	44	146			1	146
		18	БК	Півд	3	1,627	44	215			1	215
			18	ПТ		17	0,259	39,6	174			1

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Всього на приміщення 216												535
217	КХ	18	НС	Півд	9,92	0,334	44	146			1	146
		18	ВК	Півд	2,25	1,627	44	161			1	161
		18	ПТ		9,16	0,259	39,6	94			1	94
Всього на приміщення 217												401
218	ЖК (У)	20	НС	Зах	18,9	0,334	46	291	0,05		1,05	306
		20	ВК	Зах	3	1,627	46	225	0,05		1,05	236
		20	НС	Півд	10,5	0,334	46	161			1	161
		20	ПТ		15,6	0,259	41,4	167			1	167
Всього на приміщення 218												870
Під'їзд А												
А	ЛК	16	НС	Півн	20,5	0,334	42	288	0,1		1,1	317
		16	ВК	Півн	2,25	1,627	42	154	0,1		1,1	169
		16	ДН	Півн	2,64	2,3	42	255	0,1	3,1	4,15	1058
		16	НСзІ		4,65	0,48	42	94			1	94
		16	ВС		26,5	0,334	25,2	223			1	223
		16	ОД	-	1,6	2,9	25,2	117			1	117
		16	ПЛІ		1,55	0,48	42	31			1	31
		16	ПЛІІ		6,2	0,23	42	60			1	60
		16	ПЛІІІ		6,2	0,12	42	31			1	31
		16	ПЛІV		3,05	0,07	42	9			1	9
		16	ПТ		16	0,259	37,8	157			1	157
		16	Люк		1	4,6	37,8	174			1	174
Всього на приміщення А												2440

Продовження табл. 2.1

1	2	3	4	5	7	8	9	10	11	12	13	14
Під'їзд Б												
Б	ЛК	16	НС	Півн	20,5	0,334	42	288	0,1		1,1	317
		16	ВК	Півн	2,25	1,627	42	154	0,1		1,1	169
		16	ДН	Півн	2,64	2,3	42	255	0,1	3,1	4,15	1058
		16	НСзІ		4,65	0,48	42	94			1	94
		16	ВС		26,5	0,334	25,2	223			1	223
		16	ОД	-	1,6	2,9	25,2	117			1	117
		16	ПЛІ		1,55	0,48	42	31			1	31
		16	ПЛІІ		6,2	0,23	42	60			1	60
		16	ПЛІІІ		6,2	0,12	42	31			1	31
		16	ПЛІV		3,05	0,07	42	9			1	9
		16	ПТ		16	0,259	37,8	157			1	157
		16	Люк		1	4,6	37,8	174			1	174
Всього на приміщення Б												2440
Загалом по будівлі												25586

Теплові втрати на підігрів повітря, що інфільтрується у приміщення, визначаємо за методикою, наведеною у БНіП 2.04.05-91 за формулою:

$$Q_{\text{IH}\Phi} = 0,28 \sum G_{\text{IH}\Phi} c(t_{\text{BH}} - t_{\text{H}}^{\text{B}}) \cdot k$$

де $G_{\text{інф}}$ – витрати повітря, що інфільтрується через конструкції, кг/с;

c – теплоємність повітря (приймається $c = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$);

k – коефіцієнт, приймаємо значення 0,7...1,0 залежно від умов проходження теплового потоку у приміщенні.

Розраховуємо втрати теплоти на нагрів повітря, що інфільтрується через зовнішні поверхні огороження по формулі

$$\sum G_{\text{in}\phi} = \frac{0,21 \sum \Delta p_1^{0,67} A_1}{R_1} + \frac{\sum \Delta p_2^{0,5} A_2}{R_2}$$

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

A_1 та R_1 – відповідно площа, m^2 та опір проникненню повітря (R_1), $m^2 \cdot год/кг$.

Розраховуємо втрати при інфільтрації повітря в приміщенні №101:

$$\sum G_{\text{інф}} = \frac{0,21 \cdot 17,89^{0,67} \cdot 3}{0,4} = 11,05 \text{ кг/год}$$

Втрати теплоти:

$$Q_{\text{інф}} = 0,28 \sum G_{\text{інф}} c (t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^B) \cdot k = 0,28 \cdot 11,05 \cdot 1 \cdot (20 - (-26)) \cdot 0,8 = 114 \text{ Вт.}$$

Аналогічно розраховуємо сумарні втрати тепла на підігрів повітря, що інфільтрується для кожного приміщення і заносимо в таблицю 2.2.

2.3 Визначення надходжень теплоти у приміщення

Надходження теплоти в приміщення складається з побутових втрат та втрат від людей:

$$Q_{\text{над}} = Q_{\text{л}} + Q_{\text{ел ос}}$$

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

$$Q_{\text{л}} = 1 \cdot 0,05 \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{0,1}) \cdot (35 - 20) \cdot 2 = 6 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ел}} = N_{\text{ел}} \cdot k_i$$

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

$v_{\text{в}}$ – рухомість повітря в приміщенні, m/c ;

$t_{\text{вн}}$ – температура в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$;

n_i – кількість людей у приміщенні;

$N_{\text{ел}}$ – потужність приладів освітлення, Вт . [2]

Розрахуємо для прикладу надходження тепла в приміщення – № 101.

Згідно з довідником приймаємо: $k = 0,45$.

Розраховуємо для приміщення №101:

Оскільки це житлова будівля, то враховуємо тільки побутові втрати:

$$Q_{\text{ел}} = 0,15 \cdot 3 \cdot 6 \cdot 60 = 150 \text{ Вт}$$

Розраховуємо надходження тепла для кожного приміщення і заносимо в

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

табл. 2.2.

Таблиця 2.2 Баланс теплоти системи опалення будівлі

Номер приміщення	Втрати, Вт			Надходження, Вт			Q _{с.о}
	Q _{ог}	Q _{інф}	Q _{втр}	Q _{ел.ос}	Q _л	Q _{над,}	
101	905	114	1019	150	6	156	863
102	507	107	614	116	6	122	492
103	507	107	614	116	6	122	492
104	502	107	609	114	6	120	489
105	502	107	609	114	6	120	489
106	507	107	614	116	6	122	492
107	507	107	614	116	6	122	492
108	934	114	1048	150	6	156	892
109	915	114	1029	150	6	156	873
110	393	80	473	86	6	92	381
111	500	107	607	164	6	170	437
112	478	107	585	132	6	138	447
113	420	80	500	129	6	135	365
114	420	80	500	129	6	135	365
115	478	107	585	139	6	138	447
116	500	107	607	164	6	170	437
117	393	80	473	86	6	92	381
118	886	114	1000	150	6	156	844
201	886	97	983	150	6	156	827
202	523	91	614	116	6	122	492
203	523	91	614	116	6	122	492
204	517	91	608	114	6	120	488
205	517	91	608	114	6	120	488

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 2.2

Номер приміщення	Втрати, Вт			Надходження, Вт			Q _{с.о}
	Q _{ог}	Q _{інф}	Q _{втр}	Q _{ел.ос}	Q _л	Q _{над,}	
206	523	91	614	116	6	122	492
207	523	91	614	116	6	122	492
208	912	97	1009	150	6	156	853
209	896	97	993	150	6	156	837
210	401	69	470	86	6	92	378
211	535	91	626	164	6	170	456
212	502	91	593	132	6	138	455
213	443	69	512	129	6	135	377
214	443	69	512	129	6	135	377
215	502	91	593	132	6	138	455
216	535	91	626	164	6	170	456
217	401	69	470	86	6	92	378
218	870	97	967	150	6	156	811
А	2440	65	2505	0	6	0	2505
Б	2440	65	2505	0	6	0	2505
Всього			29136	4844			24292

2.4 Складання теплового балансу будівлі. Визначення теплової потужності системи опалення

Баланс теплоти в приміщеннях при заданих умовах експлуатації є співставленням втрат і надходжень теплоти у приміщення.

Нестача теплоти компенсується системою опалення, тобто потужність системи опалення визначається як

$$Q_{с.о} = Q_{втр} - Q_{над},$$

де $Q_{втр} = Q_{ог} + Q_{інф} + Q_{м} + Q_{ін}$ – втрати теплоти, кВт;

$Q_{ог}, Q_{інф}, Q_{м}, Q_{ін}$ – втрати теплоти через зовнішні огороження, на підігрів з

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

інфільтрацією повітря, матеріалів та транспорту, іншими втратами відповідно, кВт;

$Q_{\text{над}} = Q_{\text{п п}} + Q_{\text{ел ос}} + Q_{\text{ел об}} + Q_{\text{пр об}} + Q_{\text{л}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{с р}}$ – надходження теплоти в приміщеннях, кВт;

$Q_{\text{п п}}$, $Q_{\text{ел ос}}$, $Q_{\text{ел об}}$, $Q_{\text{пр об}}$, $Q_{\text{л}}$, $Q_{\text{м}}$, $Q_{\text{с р}}$ – надходження теплоти від побутових приборів, електричного освітлення, електрообладнання, промислового обладнання, людей, матеріалів, сонячної радіації відповідно, кВт [1, 7]

Отже за результатами розрахунків, наведеними в табл. 2.2, теплова потужність системи опалення становить:

$$Q_{\text{с.о}} = 29136 - 4844 = 24292 \text{ Вт.}$$

2.5 Визначення питомої витрати теплоти на опалення приміщень

Питомі витрати теплоти на опалення споруд визначаються за формулою:

$$q = \frac{Q_{\text{с.о}}}{V_{\text{зов}}(t_{\text{вн}} - t_{\text{н}}^{\text{Б}})}$$

де $V_{\text{зов}}$ – зовнішній об'єм споруди, м³;

$t_{\text{вн}}$ – середня температура у приміщеннях споруди, °С.

Для будівлі, що проектується питома витрата теплоти з урахуванням коефіцієнту k_q складає:

$$q = \frac{24292}{2734 \cdot (18 - (-26))} = 0,202 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{К}$$

Це значення порівнюємо зі значенням $q_{\text{пит}}$ для житлових будівель. Розраховане значення задовольняє вимогам $q < q_{\text{пит}}$.

2.6 Обрання та обґрунтування типу системи опалення та опалювальних пристроїв

Дана будівля проектується, як двоповерховий житловий будинок.

Опалення центральне водяне з параметрами $t_2 = 95^\circ\text{C}$, $t_o = 70^\circ\text{C}$.

Джерелом тепла служить центральна тепломережа, від котельні, що розташована неподалік, з теплоносієм – перегріта вода з параметрами $t_1 = 125^\circ\text{C}$,

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_2 = 70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для зниження температури гарячої води на вході встановлюється елеватор.

Згідно зі БНіП 2.04.05-91*У для опалення будівлі з кількістю поверхів до трьох включно рекомендується застосувати двотрубну систему опалення з верхнім розведенням подавальної магістралі.

Магістральні розвідні трубопроводи розташовані в підвальному приміщенні.

В якості нагрівальних приладів встановлюємо чавунні радіатори М-140-108. Радіатори встановлено біля світлового прорізу без ніші під підвіконням на відстані від верху приладу до низу підвіконної дошки 40 мм. Згідно з вимогами БНіП опалювальні прилади оснащені термостатичними клапанами з термоголовою фірми Herz (Німеччина). Гідравлічна ув'язка приладів здійснюється термостатами в радіаторах.

2.7 Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір типу та кількості опалювальних приладів

Опалювальні прилади системи опалення розміщують біля зовнішніх стін, переважно під вікнами, так як в результаті зменшуються холодні струми повітря поблизу вікон. В якості опалювальних приладів прийняті чавунні секційні радіатори типу МС-140-108.

Площа поверхні опалювальних приладів A_p вимірюють в даний час тільки в м^2 . Для розрахунку A_p передусім необхідно визначити величину теплового потоку опалювального приладу, обумовленого його поверхневою щільністю, тобто значенням теплового потоку q_{np} , переданого від теплоносія в навколишнє середовище через 1 м^2 площі поверхні приладу. Густина теплового потоку приладів, будучи добутком коефіцієнта теплопередачі на температурний напір, залежить від тих же факторів, що і коефіцієнт теплопередачі. Тому на практиці для спрощення розрахунків визначають з урахуванням усіх факторів відразу густина теплового потоку опалювального приладу q_{np} .

Розрахункова поверхня нагріву опалювального приладу A_p , визначається за формулою:

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$A_p = \frac{Q_{OP}}{q_{OP}}$$

$$q_{OP} = q_{НОМ} \cdot \left(\frac{\Delta t_{CP}}{70} \right)^{1+n} \cdot \left(\frac{G_{OP}}{360} \right)^p \cdot \beta_1$$

де Q_{OP} – теплове навантаження опалювального приладу, Вт,;

q_{OP} – поверхнева щільність теплового потоку приладу, Вт/м²;

Δt_{CP} – температурний напір, °C;

$q_{НОМ}$ – номінальна щільність теплового потоку приладу, Вт/м²; для МС-140 приймаємо 758 Вт/м²;

G_{OP} – відносна витрата теплоносія через опалювальний прилад для двотрубних систем опалення розраховується за формулою:

$$G_{OP} = \frac{0,86 \cdot Q_{П}}{(t_{BX} - t_{ВИХ})}$$

n, p – експериментальні показники, що враховують вплив типу опалювального приладу, напрямку руху і кількості що проходить води;

β_1 – коефіцієнт, що враховує напрямку руху і кількість що проходить води;

$$\Delta t_{CP} = \frac{t_{BX} + t_{ВИХ}}{2} - t_{BH}$$

де $t_{BX}, t_{ВИХ}$ – температура води на вході і виході з приладу, °C;

Розрахункове число секцій в опалювальному приладі N_p визначається за формулою:

$$N_p = \frac{A_p \cdot \beta_2 \cdot \beta_3}{F_C}$$

де A_C – поверхня нагріву однієї секції радіатора МС-140, 0,224 м²

β – коефіцієнт, що враховує спосіб установки приладу;

β_2 – коефіцієнт, що враховує число секцій в приладі;

Розрахуємо поверхню нагріву і визначимо кількість секцій нагрівальних приладів з чавунних радіаторів МС 140 – 108 в приміщенні №101.

$$G_{OP} = \frac{0,86 \cdot 431,5}{(95 - 70)} = 14,83 \text{ кг/год}$$

$$\Delta t_{CP} = \frac{95 + 7}{2} - 20 = 62,5^\circ\text{C}$$

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$q_{оп} = 758 \cdot \left(\frac{62,5}{70}\right)^{1+0,3} \cdot \left(\frac{14,83}{360}\right)^{0,02p} \cdot 1 = 567 \text{ Вт/м}^2$$

$$F_p = \frac{431,5}{567} = 0,635 \text{ м}^2$$

$$\beta_2 = \frac{1}{(0,92 + \frac{0,16}{0,635})} = 0,885$$

$$N_p = \frac{0,24 \cdot 0,88 \cdot 1}{0,24} = 2,81 \approx 3$$

Тобто встановлюємо два радіатора по 3 секції.

В процесі визначення необхідної площі поверхні опалювальних приладів вихідні та отримані дані по всіх приміщеннях об'єкту заносимо до табл. 2.3.

Таблиця 2.3 Вибір опалювальних приладів будівлі

№	Q _{оп} , Вт	t _в , °С	t _{вх} , °С	t _{вых} , °С	Δt, °С	G _{оп} , кг/год	q _{оп} , Вт/м ²	F _p , м ² .	β ₂	N _p , шт.	N _{уст} , шт.
101	431,5	20	95	70	62,5	14,83	567	0,761	0,885	2,81	3
102	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
103	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
104	489	18	95	70	64,5	16,81	594	0,823	0,897	3,08	4
105	489	18	95	70	64,5	16,81	594	0,823	0,897	3,08	4
106	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
107	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
108	446	20	95	70	62,5	15,33	568	0,785	0,89	2,91	3
109	436,5	20	95	70	62,5	15	567	0,77	0,887	2,85	3
110	381	18	95	70	64,5	13,09	589	0,647	0,857	2,31	3
111	437	18	95	70	64,5	15,02	592	0,738	0,88	2,71	3
112	447	18	95	70	64,5	15,36	592	0,755	0,883	2,78	3
113	365	18	95	70	64,5	12,54	588	0,621	0,849	2,2	3
114	365	18	95	70	64,5	12,54	588	0,621	0,849	2,2	3
115	447	18	95	70	64,5	15,36	592	0,755	0,883	2,78	3

Продовження табл. 2.3

№	Q _{оп} , Вт	t _в , °C	t _{вх} , °C	t _{вых} , °C	Δt, °C	G _{оп} , кг/год	q _{оп} , Вт/м²	A _p , м².	β ₂	N _p , шт.	N _{уст} , шт.
116	437	18	95	70	64,5	15,02	592	0,738	0,88	2,71	3
117	381	18	95	70	64,5	13,09	589	0,647	0,857	2,31	3
118	422	20	95	70	62,5	14,5	567	0,744	0,881	2,73	3
201	413,5	20	95	70	62,5	14,21	567	0,729	0,878	2,67	3
202	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
203	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
204	488	18	95	70	64,5	16,77	594	0,822	0,897	3,07	4
205	488	18	95	70	64,5	16,77	594	0,822	0,897	3,07	4
206	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
207	492	18	95	70	64,5	16,91	594	0,828	0,898	3,1	4
208	426,5	20	95	70	62,5	14,66	567	0,752	0,883	2,77	3
209	418,5	20	95	70	62,5	14,38	567	0,738	0,88	2,71	3
210	378	18	95	70	64,5	12,99	589	0,642	0,855	2,29	3
211	456	18	95	70	64,5	15,67	592	0,77	0,887	2,85	3
212	455	18	95	70	64,5	15,64	592	0,769	0,886	2,84	3
213	377	18	95	70	64,5	12,96	589	0,64	0,855	2,28	3
214	377	18	95	70	64,5	12,96	589	0,64	0,855	2,28	3
215	455	18	95	70	64,5	15,64	592	0,769	0,886	2,84	3
216	456	18	95	70	64,5	15,67	592	0,77	0,887	2,85	3
217	378	18	95	70	64,5	12,99	589	0,642	0,855	2,29	3
218	405,5	20	95	70	62,5	13,94	566	0,716	0,875	2,61	3

2.8 Розробка аксонометричної схеми опалення з нанесенням опалювальних приладів, стояків, магістральних трубопроводів та інших елементів системи

Проект системи опалення розроблено з урахуванням необхідності компенсації теплових втрат, що виникають через зовнішні конструктивні

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

елементи будівлі, такі як стіни, покрівля та віконні прорізи. Втрати тепла, спричинені проникненням повітря через отвори, не включались у розрахунки, оскільки в будинку запроєктована припливна вентиляційна система з попереднім підігрівом зовнішнього повітря до необхідного рівня.

У якості системи теплопостачання передбачено двотрубну горизонтальну схему з однонаправленим рухом теплоносія. Розподільчі магістралі прокладено у підвалі будівлі. Нагрівальними елементами обрано чавунні секційні радіатори моделі MC-140-108. Всі опалювальні прилади обладнані термостатичними клапанами з термоголівками від компанії Herz (Австрія), що відповідає вимогам чинних будівельних нормативів. Таке технічне рішення дає змогу автоматично підтримувати задану температуру в приміщеннях, регулюючи витрати теплоносія через радіатор.

Для балансування витрат теплоносія між різними гілками системи на зворотних трубопроводах у кінцевих ділянках встановлені регулювальні балансувальні клапани типу Штремакс-GR (виробник - Herz). Ці пристрої забезпечують точне гідравлічне налаштування, контроль параметрів та можливість часткового зливу теплоносія без потреби повного спорожнення всієї системи.

На початку кожної гілки встановлені кульові крани для відключення ділянки при необхідності проведення обслуговування або ремонту. Для ручного стравлювання повітря з радіаторів передбачено встановлення повітровипускних клапанів (типу крана Маєвського).

Монтаж трубопроводів виконано з використанням сталевих водогазопровідних труб відповідно до стандарту ДСТУ 3262-75. На аксонометричній схемі вказано умовні діаметри труб. Для зменшення тепловтрат усі подаючі магістралі, прокладені в підвальних приміщеннях, мають теплоізоляційне покриття.

2.9 Розрахунок головного циркуляційного кільця

Існує кілька способів гідравлічного розрахунку, основними з яких є:

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- за питомими лінійним втрат тиску;
- за характеристиками гідравлічного опору.

Обидва способи отримали широке застосування, як у вітчизняній, так і в зарубіжній практиці проектування. Єдиного підходу у поданні гідравлічних характеристик виробниками елементів систем опалення немає.

Розрахунок ведеться за методом питомих лінійних втрат тиску. Головне (велике) циркуляційне кільце вибираємо від гідроелеватора через опалювальний прилад першого поверху стояка 5, мале - від гідроелеватора через опалювальний прилад першого поверху стояка 3.

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

$$G_{dil} = \frac{3,6Q_{dil}}{c \cdot (t_z - t_o)} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2, \text{ кг/год},$$

де Q_{dil} – теплове навантаження ділянки, Вт;

$c = 4,19$ кДж/(кг °С) – 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 відповідно [4]. Результати розрахунків заносимо в таблицю 2.4.

Розрахунковий циркуляційний тиск для головного циркуляційного кільця знаходимо за формулою:

$$\Delta p_p = \Delta p_H + E \Delta p_E, \text{ Па}$$

де $\Delta p_H = 10 \div 12$ кПа – циркуляційний тиск створюване насосом,

Δp_E – циркуляційний тиск в наслідок охолодження теплоносія в приладах опалення і трубопроводах, Па

$$\Delta p_E = \frac{\beta g}{Q_{ст}} (t_z - t_o) \sum^N (Q_{пi} h_i),$$

де β - середній приріст щільності при зниженні температури на 1 °С;

$Q_{ст}$ - теплове навантаження стояка, Вт;

$t_z - t_o$ - розрахункова різниця температури теплоносія в системі, °С,

$Q_{пi}$ - теплове навантаження і-го приладу, Вт

h_i - вертикальна відстань між умовними центрами охолодження і нагрівання

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

і-го приладу в стояку, м

$$\Delta p_E = \frac{0,6 \cdot 9,8}{2209} (95 - 70)(1163 \cdot 4,6 + 1046 \cdot 1,6) = 467 \text{ Па}$$

$$\Delta p_p = 10000 + 0,4 \cdot 467 = 10187 \text{Па}$$

Діаметр труб вибирають виходячи з розрахункового циркуляційного тиску.

Для цього в циркуляційному кільці системи визначають R_{cp} за формулою:

$$R_{cp} = \frac{(1-k)\Delta p_p}{\Sigma l}, \text{Па/м}$$

де k – коефіцієнт, що враховує частку місцевих втрат тиску в системі,

 Δp_p - розрахунковий циркуляційний тиск системи, Па

$\sum l$ – загальна довжина послідовних ділянок, що становлять розрахункове циркуляційне кільце, м

$$R_{cp} = \frac{(1-0,35)10187}{70.4} = 94 \text{Па/м}$$

Нев'язка втрат тисків в циркуляційних кільцях не повинна перевищувати 15%, у разі неможливості дотриматись умови зміною діаметрів встановлюють дросельну діафрагму. Результати розрахунків усіх кілець зведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 Результати гідравлічного розрахунку системи опалення

№ участка	Наантаження Q,Вт	Витрати води G, кг/год	Довжина l, м	Попередній розрахунок				Остаточний розрахунок			
				d, мм	Швидкість v, м/с	Питомі втрати тиску P _y , Па/м	Повні втрати тиску P, Па	d, мм	Швидкість v, м/с	Питомі втрати тиску P _y , Па/м	Повні втрати тиску P, Па
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	24292	835,6448	10,4	25	0,39	190	1976	25	0,39	190	1976
2	14335	493,124	2,55	20	0,38	200	510	20	0,38	200	510
3	7195	247,508	3	15	0,4	250	750	20	0,19	65	195
4	5234	180,0496	6,2	15	0,28	180	1116	20	0,15	45	279
5	2729	93,8776	2,2	15	0,13	40	88	15	0,13	40	88
6	1745	60,028	1	15	0,09	19	19	15	0,09	19	19

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
7	872,5	30,014	3	15	0,04	3,5	10,5	15	0,04	3,5	10,5
8	872,5	30,014	3,7	15	0,04	7	25,9	15	0,04	7	25,9
9	446	15,3424	0,5	15	0,02	3	1,5	15	0,02	3	1,5
10	446	15,3424	1,5	15	0,02	3	4,5	15	0,02	3	4,5
11	872,5	30,014	1,3	15	0,04	7	9,1	15	0,04	7	9,1
12	872,5	30,014	2,8	15	0,04	3,5	9,8	15	0,04	3,5	9,8
13	1745	60,028	3	15	0,09	19	57	15	0,09	19	57
14	2729	93,8776	5,5	15	0,13	40	220	15	0,13	40	220
15	5234	180,0496	3,5	15	0,28	180	630	20	0,15	45	157,5
16	7195	247,508	3,5	15	0,4	250	875	20	0,19	65	227,5
17	14335	493,124	4,3	20	0,38	200	860	20	0,38	200	860
18	24292	835,6448	2	25	0,39	190	380	25	0,39	190	380
Всего, м			59,95	Всего, Па			7542	Всего, Па			5030
19	872,5	30,014	3,8	15	0,04	7	26,6				
20	446,0	15,3424	3,7	10	0,025	5	18,5				

2.10 Розрахунок ємності розширювального баку

Розширювальний бак призначено для компенсації коливань витрат води у системі опалення. Корисна місткість розширювального бака визначається за формулою

$$V_{p.6.} = \alpha \cdot \Delta t \cdot V_c,$$

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

Δt – зміни температури води у системі опалення;

V_c – об'єм води, що заповнює систему опалення [9].

При параметрах теплоносія 95/70 °C та температурі водопровідної води при пуску системи в експлуатацію 5 °C

$$\Delta t = \frac{(95+70)}{2} - 5 = 77,5^{\circ}\text{C}.$$

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єм води у системі визначається за її розрахунковою тепловою потужністю, яка рівна розрахунковій тепловтраті будівлі.

$$V_{p.б.} = 0,0006 \cdot 77,5 \cdot 800 = 37,2\text{л}$$

Розміри додаткового розширювального баку та діаметри труб визначаємо за [1, табл. II.11, с. 130]: 8Е010 $V_c = 250\text{л}$.

Розміри: $D = 1080\text{ мм}$, $H = 1000\text{ мм}$;

Діаметри труб, які приєднуються: $d_1 = 25\text{ мм}$, $d_2 = 50\text{ мм}$ $d_3 = 32\text{ мм}$.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 02	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3 Розрахунок теплової потужності джерела теплопостачання, вибір типу джерела теплопостачання

3.1 Розрахунок потреб теплоти на гаряче водопостачання

Годинні витрати теплової енергії на гаряче водопостачання визначаються за формулою, наведеною у нормативному документі «Методика розрахунку норм витрат теплової енергії на обігрів житлових та виробничих будівель»:

$$Q_{з.в.} = c_v \cdot k_n \cdot m_{cn} \cdot q_{зв} \cdot \rho_v \cdot (t_z - t_o),$$

де c_v – питома теплоємність води, кДж/(кг К);

k_n – коефіцієнт годинної нерівномірності споживання гарячої води $k_n = 1$;

m_{cn} – розрахункова кількість споживачів;

$q_{зв.}$ – норма споживання гарячої води, л/год., дорівнює 115 л/доб.;

t_z – розрахункова температура гарячої води, °С;

t_o – температура води в мережі холодного водопроводу (приймаємо + 5 °С);

$$Q_{з.в.} = \frac{4,19 \cdot 1 \cdot 42 \cdot 115 \cdot 0,978 \cdot (70 - 5)}{86400} = 14,9 \text{ кВт.}$$

По годинних витратах теплової енергії на гаряче водопостачання та кількості годин роботи у даному календарному відрізку часу визначаються загальні витрати теплової енергії на гаряче водопостачання.

3.2 Розрахунок теплової потужності джерела теплопостачання об'єкту. Вибір типу та складу обладнання теплопостачання

Теплова потужність джерела теплопостачання визначається за формулою:

$$Q_{джер} = k_{зап} (Q_{с о} + Q_{вент} + Q_{ГВП} + Q_{вироб}),$$

де $k_{зап}$ – коефіцієнт запасу теплової потужності, дорівнює 1,1 згідно [7];

$Q_{с о}$, $Q_{вент}$, $Q_{ГВП}$, $Q_{вироб}$ – теплові потужності систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, виробництва відповідно, які залежать від призначення об'єкту теплопостачання, кВт.

Чисельні значення складових теплової потужності визначаються за

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

допомогою попередніх розрахунків або можуть бути прийняті у відсотках від $Q_{c.o.}$.

Запроектована система водяного опалення підключається до теплової мережі за залежною схемою із застосуванням елеваторного вузла, який виконує функцію зниження температури теплоносія у прямій лінії шляхом підмішування охолодженої води із зворотного трубопроводу.

Елеватор функціонує як струминний насос: потік гарячої води з тепломережі, проходячи через спеціальне каліброване сопло, потрапляє до змішувальної камери з великою швидкістю. Це створює зону зниженого тиску навколо струменя, що сприяє втягуванню холоднішої води із зворотного трубопроводу. У результаті відбувається змішування двох потоків — гарячого і охолодженого — для досягнення заданої температури в системі опалення.

Далі змішаний потік проходить через горловину елеватора, де швидкість зменшується в порівнянні з соплом, а при русі по дифузору, завдяки збільшенню перерізу, відбувається подальше зниження швидкості та підвищення тиску. Такий процес забезпечує рух теплоносія по системі без додаткових насосів, однак ефективність елеватора (його ККД) є досить низькою.

Гідравлічний перепад тиску в системі опалення, що працює через елеватор, зазвичай у 5–10 разів менший за перепад тиску в точці підключення до теплової мережі. Як правило, для правильної роботи системи приймається тиск у межах 10–15 кПа.

Коефіцієнт змішування в елеваторі визначається за формулою:

$$U = \frac{t_{ex} - t_u}{t_e - t_0}$$

Визначивши коефіцієнт змішання, слід підрахувати приведену витрату води в системи опалення, за формулою:

$$G_{CO} = 0,86 \cdot \frac{Q_{CO}}{t_e - t_0},$$

Обчисливши приведену витрату теплоносія і знаючи коефіцієнт змішання, за [1, рис. 8] визначають номер елеватора і діаметр сопла.

Діаметр горловини водоструминного елеватора d_e , см, обчислюють за формулою:

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$d_z = 87,4 \sqrt{\frac{G_{co}}{1000 \cdot \sqrt{\Delta P_{co}}}}$$

де ΔP_{co} – тиск елеватора

Тиск, що створюється елеватором знаходиться за формулою

$$\Delta P_{co} = \frac{0,714 \cdot \Delta P_{TC}}{(1 + u)^2}$$

де ΔP_{TC} - перепад тиску в системі, $\Delta P_{TC} = 75\,000$ Па.

Між діаметром горловини і діаметром сопла мається приблизна залежність:

$$d_c = \frac{d_z}{1 + U}$$

$$Q_{джер} = 1,1 \cdot (24,3 + 14,9) = 43,12 \text{ кВт.}$$

Температура прямої лінії теплоносія центральної системи опалення:

$$t_1 = 125 \text{ }^\circ\text{C.}$$

Температура води, на вході в систему опалення $t_z = 95 \text{ }^\circ\text{C.}$

Температура води у зворотному трубопроводі $t_o = 70 \text{ }^\circ\text{C.}$

$$U = \frac{125 - 95}{95 - 70} = 1,2$$

$$G_{co} = 0,86 \cdot \frac{24300}{95 - 70} = 836$$

$$\Delta P_{co} = \frac{0,714 \cdot 75000}{(1 + 1,2)^2} = 11064 \text{ Па}$$

$$d_z = 87,4 \sqrt{\frac{836}{1000 \cdot \sqrt{11064}}} = 7,8 \text{ мм}$$

$$d_c = \frac{10}{1 + 1,2} = 4,5 \text{ мм.}$$

Підбираємо серійний гідроелеватор №1, у якого $d_z = 15$ мм, $d_c = 4,5$ мм.

Для забезпечення коректного обліку спожитої теплової енергії необхідно встановити новий теплотічильник, який враховуватиме тепло, що споживається всією будівлею, включаючи спроектовану надбудову. Це дозволить отримати повну та достовірну інформацію про обсяг споживання тепла об'єктом, що є необхідною умовою для прозорих розрахунків з теплопостачальною організацією.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сучасний теплотічильник є комплексом сертифікованих засобів вимірювальної техніки, до складу якого входять:

- температурні перетворювачі (датчики температури),
- датчики тиску (перетворювачі надлишкового тиску),
- витратоміри (датчики витрати теплоносія),
- теплообчислювач (обчислювальний блок).

Такий прилад забезпечує широкий спектр функцій:

Вимірювання та облік:

- визначення поточних значень основних параметрів теплоносія (температури, тиску, витрати);
- розрахунок спожитої теплової енергії за масою або об'ємом теплоносія;
- облік кількості переданої теплоти з урахуванням дійсного режиму роботи системи.

Реєстрація та архівація:

- автоматичне збереження результатів вимірювань у внутрішній пам'яті;
- формування архівів за різні періоди (година, доба, місяць), що дозволяє здійснювати аналіз споживання у динаміці.

Індикація та інтерфейс:

- відображення поточних і архівних параметрів на цифровому дисплеї;
- зручний інтерфейс для локального або дистанційного доступу до даних.

Контроль та діагностика:

- автоматичне виявлення відмов у роботі елементів теплотічильника;
- сигналізація про аварійні або нестандартні режими роботи системи теплопостачання (перевищення тиску, температури, зникнення потоку тощо);
- фіксація подій у журналі подій для технічного аналізу.

Передача даних:

- можливість інтеграції з автоматизованими системами обліку та управління (АСОЕ), диспетчерськими системами через стандартні протоколи зв'язку (M-Bus, Modbus, RS-485, Ethernet тощо);
- дистанційна передача показників для зручності обслуговування та

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

централізованого контролю.

Захист інформації:

- надійний захист архівних і конфігураційних даних від несанкціонованого доступу або зміни;
- доступ до налаштувань тільки для уповноважених осіб за допомогою паролів або апаратних ключів.

Установка сучасного теплोलічильника є не лише вимогою нормативних документів, але й дієвим інструментом підвищення ефективності використання теплової енергії, зменшення витрат на опалення та забезпечення прозорості взаємовідносин із теплопостачальною організацією.

Зазвичай розрахункові показники споживання теплової енергії суттєво перевищують фактичні. Це пов'язано з тим, що теплопостачальні організації, формуючи теплові навантаження, часто закладають завищені значення, включаючи тепловтрати в мережах і додаткові витрати, які згодом перекладаються на споживача. Установка сучасного теплोलічильника дає змогу уникнути таких ситуацій, забезпечуючи точний облік реального споживання тепла.

Основною перевагою впровадження вузла комерційного обліку теплової енергії є можливість здійснювати фінансові розрахунки з теплопостачальною організацією виключно за фактичним споживанням теплової енергії, що фіксується теплोलічильником. Окрім цього, сучасні системи обліку тепла надають низку важливих функцій:

- точний облік теплової енергії та контроль гідравлічного режиму роботи тепломереж;
- оперативне виявлення і локалізація аварійних або нештатних ситуацій у роботі системи опалення;
- отримання достовірної інформації у режимі реального часу про обсяги спожитих енергоресурсів та контроль їх ефективного використання;
- збереження, обробка та документування параметрів теплоносія, зокрема обсягу (маси), температури, тиску та кількості переданої теплоти;

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– формування бази для енергетичного планування, прогнозування навантажень та прийняття рішень щодо оптимізації енерговитрат.

Упровадження систем комерційного обліку споживання теплової енергії є актуальним завданням для підприємств, житлових комплексів та бюджетних установ. Використання теплолічильників забезпечує реалістичну картину споживання та дозволяє впроваджувати енергозберігаючі заходи.

Підбір теплолічильника виконується відповідно до технічних вимог теплопостачальної організації та чинних нормативно-правових документів. При цьому беруться до уваги:

- тип та схема приєднання до мережі;
- склад вузла обліку;
- допустимий рівень похибки вимірювання;
- можливості архівування та тривалість зберігання даних;
- динамічний діапазон витратоміра;
- наявність каналів збору та передачі інформації в автоматизовані системи обліку.

Для цілей комерційного обліку дозволяється використовувати лише сертифіковані теплолічильники, внесені до Державного реєстру засобів вимірювальної техніки України. Згідно з чинними нормативами, не допускається застосування приладів обліку, витратоміри яких мають динамічний діапазон менше ніж 1:10.

Розрахунок лічильника тепла полягає у виборі типорозміру витратоміра. Діаметр витратоміра лічильника тепла повинен вибиратися виходячи з його витратних характеристик:

Q_{min} – мінімальна витрата, м³/год.;

Q_t – перехідна витрата, м³/год.;

Q_n – номінальний витрата, м³/год.;

Q_{max} – максимально допустима витрата, м³/год.

Рекомендується підбирати витратоміри лічильників тепла таким чином, щоб розрахункова витрата потрапляла в діапазон від Q_t до Q_n , а для витратомірів

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

другого класу для яких не вказано значення Q_t в діапазон витрат від Q_{min} до Q_n .

При виборі теплолічильника важливо враховувати можливі коливання витрати теплоносія, які можуть виникати внаслідок роботи регулювальної арматури, а також нестабільного температурного чи гідравлічного режиму у тепломережі. У зв'язку з цим витрата теплоносія через лічильник може як зменшуватись, так і перевищувати розрахункові значення.

Нормативні документи рекомендують добирати теплолічильник за номінальною витратою Q_n таким чином, щоб вона була найближчою, але більшою за розрахункову витрату. Такий підхід дає змогу уникнути перевантаження лічильника у випадках, коли фактична витрата перевищує проєктну — ситуація, що досить часто виникає в умовах реальної експлуатації теплових систем.

Для проєктованої системи необхідно застосовувати теплолічильники, здатні забезпечити точне вимірювання у широкому діапазоні витрат теплоносія. Зокрема, облік має бути можливим як при витратах, що в 1,5 раза перевищують розрахункову, так і при витратах, зменшених у 3 рази від розрахункового значення. Вибір теплолічильника з подібними характеристиками забезпечить надійну роботу обліку при змінному навантаженні та дозволить системі гнучко реагувати на зміну теплових потреб без втрати точності вимірювань.

Для підбору лічильника необхідно визначити витрату тепла через лічильник. Розрахунок витрати теплоносія відбувається за наступною формулою:

$$G_{np} = \frac{3,6 \cdot Q_{co}}{4,19 \cdot (t_1 - t_2)}$$

де Q_{co} – теплова потужність системи, Вт;

$t_1 = 95$ °С – температура теплоносія на вході в систему, °С;

$t_2 = 70$ °С – температура теплоносія на виході з системи, °С;

4,19 – питома теплоємність води, кДж/(кг·К).

$$G_{np} = \frac{3,6 \cdot 24300}{4,19 \cdot (95 - 70)} = 835 \text{ кг/год (0,84 м}^3\text{/год.)}$$

За розрахованим значенням витрати обираємо лічильник фірми Danfoss марки Sonometer 2000 Infocal 3 з такими характеристиками:

$D_N = 25$ мм – номінальний діаметр.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$Q_n = 7,0 \text{ м}^3/\text{год}$ – номінальна витрата теплоносія.

$Q_{min} = 0,150 \text{ м}^3/\text{год}$ – мінімальна витрата теплоносія.

$dP = 0,10 \text{ кПа}$ – втрати напору на витратомірі при розрахунковій витраті теплоносія.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 03	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 Розробка конструктивного вузла

4.1 Розрахункова схема теплообмінного апарату

Виходячи з розрахованого у попередніх пунктах теплового навантаження теплообмінника, можна зробити висновок, що розглянута система відповідає другому варіанту приєднання. У разі послідовної схеми витрата мережної води дорівнює лише її витраті на опалення, а теплове навантаження гарячого водопостачання компенсується за рахунок часткового охолодження мережної води, яка надходить до системи опалення.

Стабільна температура водопровідної води в системі гарячого водопостачання (на рівні 55–65 °С) підтримується регулятором прямої дії (РПД), який регулює витрату гріючої мережної води через підігрівач. У разі паралельного приєднання витрата мережної води дорівнює сумі витрат на опалення та гаряче водопостачання.

У системах опалення з ізолюваним приєднанням за допомогою водяного теплообмінника циркуляція забезпечується окремим циркуляційним насосом. Гідравлічний режим такої системи не залежить від режиму теплової мережі. Це дозволяє зняти обмеження на максимальний п'єзометричний напір у зворотній лінії тепломережі (0,6 МПа або 60 м водяного стовпа), що, у свою чергу, підвищує гнучкість і надійність теплопостачання.

Підживлення ізолюваної системи здійснюється під тиском з трубопроводів теплової мережі. Статичний режим підтримується за рахунок рівня води в закритій розширювальній ємності системи опалення.

Контроль параметрів теплоносія здійснюється за допомогою температурних і тискових датчиків, а також витратомірів.

У розглянутій системі теплопостачання, при приєднанні до теплової мережі систем гарячого водопостачання з циркуляційним трубопроводом, передбачено встановлення циркуляційних і підвищувально-циркуляційних насосів.

Розрахункова схема для даного теплообмінника представлена на рис. 4.1.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

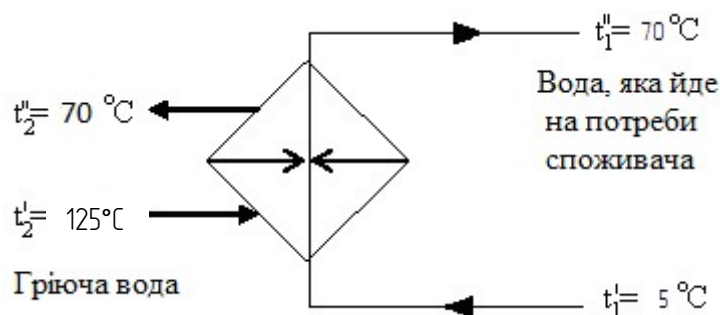


Рисунок 4.1 Розрахункова схема теплообмінного апарату

4.2 Проектування теплообмінного апарату

Кожухотрубні, або кожухотрубчасті, теплообмінники призначені для обміну тепловою енергією між двома потоками, що взаємодіють один з одним. Вони відносяться до широко поширеного виду серед багатьох представлених на сьогоднішній день аналогічних пристроїв. З'явилося це обладнання на початку ХХ століття. Його введення в експлуатацію пов'язане з необхідністю встановлення в ІТП високопродуктивних апаратів, які б здійснювали теплообмін, витримуючи при цьому високий тиск в системі.

Нині кожухотрубні теплообмінники активно використовують у різних промислових сферах (хімічна, нафтова), а й у повсякденних побутових умовах, наприклад, у галузях ЖКГ.

Кожухотрубний теплообмінник забезпечує:

- нагрівання, охолодження або встановлення рівноваги між температурами двох середовищ;
- можливість обміну тепловою енергією між двома середовищами, що перебувають у різному агрегатному стані (рідинами, газами, парогазами);
- можливість зміни фізичного стану речовини.

Пристрій може виконувати функції підігрівача, випарника, конденсатора.

Переваги:

- надійність, міцність, відносно низька вартість;
- зручні для монтажу форми;

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- значна площа теплообміну при компактних габаритах;
- робота з речовинами у різних агрегатних станах;
- механічна стійкість до гідравлічних ударів;
- можливість використання у забруднених середовищах.

У цього агрегату, виготовленого повністю з металу, один основний недолік - значна маса.

Стандартна конструкція кожухотрубного теплообмінника складається з:

- 1) трубного металевго пучка;
- 2) кожуха;
- 3) колектора;
- 4) вхідних та вихідних патрубків з фланцями;
- 5) перегородок;
- 6) ущільнювальних елементів;
- 7) трубних пластин.

Теплообмінник - апарат, що має багато модифікацій, що дозволяють вибрати відповідний під задані умови виробництва тип.

Залежно від способу кріплення трубних пучків до ґрат або дошки поділяють:

- закріплені за допомогою розвальцювання (найпоширеніший і зручний для експлуатації спосіб);
- приварні (використовують, коли теплоносій подається під високим тиском);
- з сальниковим пристроєм (найдорожчий і складний спосіб кріплення, що дозволяє усунути температурні деформації та спрощує процес розбирання та чищення);
- з фланцевим з'єднанням;
- запаяні.

Залежно від розташування труб виготовляють горизонтально орієнтовані та вертикальні теплообмінники. Вертикальні простіші в експлуатації, займають менший простір.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За способом організації процесу кожухотрубні теплообмінники бувають безперервної та періодичної дії.

Кожухотрубний теплообмінник має корпус (кожух) циліндричної форми, всередині якого знаходиться пучок труб, зафіксованих на трубних перемичках (решітках). Зовні камера оснащена входними та вихідними отворами, а також відвідним каналом (для дренажу рідини з міжтрубного простору).

Принцип роботи даного обладнання ґрунтується на передачі теплової енергії від одного середовища до іншого по стінках трубного пучка. Один теплоносіїв циркулює всередині труб, а інший – надходить і перебуває під тиском у міжтрубному відсіку. При цьому вони можуть бути абсолютно різного агрегатного стану: рідина, газ чи пара. Коефіцієнт теплообміну між ними залежить від швидкості циркуляції речовин пристрою. У свою чергу на швидкість руху потоків впливає кількість трубок, розташованих всередині циліндричної ємності.

Металеві матеріали для виготовлення теплообмінників вибираються в залежності від вимог щодо стійкості до агресивних середовищ, температурних режимів та тиску теплоносіїв. Апарати виготовляють із матеріалів груп М3 – М24.

Найчастіше для виготовлення кожуха застосовується товстолистовий метал (товщина більше 4 мм), решітки виготовляють з того ж металу, але товщиною вже значно більшою – від 20 мм. Матеріальне виконання трубного пучка – метал, що має високу теплопровідність.

Теплообмінні агрегати мають своє специфічне маркування, при розшифруванні якого можна отримати основну інформацію для ідентифікації типу апарату. Маркування кожухотрубчастого агрегату включає 3 літери і числа, з обов'язковим зазначенням технічних умов, згідно з якими він виготовлений.

Приклад маркування: Теплообмінник із компенсатором 219 ТКГ-1,9-М11/32-5-2 ТУ 3612-024-00220302-02, де:

Перша буква означає тип пристрою теплообміну:

- 1) універсальні – Т;
- 2) конденсатори - К;

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 3) випарники - І;
- 4) холодильники – Х.

Друга буква говорить про конструктивну особливість апарату:

- 1) Н – з нерухомими трубними ґратами;
- 2) К – з температурним компенсатором;
- 3) П - з плаваючою головою;
- 4) У – із трубами U-подібної форми.

Остання буква свідчить про просторове положення теплообмінника:

- 1) В – вертикальний;
- 2) Г – горизонтальний.

Числові позначення свідчать про: 219 – діаметр кожуха в мм, 1,9 – умовний тиск у МПа, М11 – матеріальне виконання, 32 – діаметр теплообмінних труб у мм, 5 – довжину труб у м, 2 – двоходовий по трубному простору.

Сучасні теплообмінні пристрої зустрічаються кількох видів та розмірів. Їхній діаметр може бути в діапазоні 160-3000 мм. У довжину пристрій може досягати 10000 мм.

Залежно від конструктивних особливостей теплообмінних пристроїв бувають оснащені:

- вбудованими ґратами з нерухомими трубками (виготовлені у вигляді труби);
- температурний компенсатор;
- плаваючою головою;
- U-подібні трубки.

Серед варіантів обладнання для теплообміну трапляються також елементні, двотрубні (за принципом «труба в трубі») та комбіновані системи (оснащені компенсатором та вбудованою плаваючою головою).

Незважаючи на високі габарити та велику площу для монтажу пристрою, основними перевагами кожухотрубного теплообмінника є:

- практичність та довговічність, що обумовлено зносостійкістю механізмів;
- широкий діапазон робочих температурних режимів;

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

– стійкість обладнання до гідравлічних ударів, чого немає в інших системах;

– безпека та зручність при експлуатації. Завдяки простій конструкції систему теплообміну легко чистити. Конструкція дозволяє легко виконувати ремонт або планове сервісне обслуговування;

– можливість працювати навіть у найекстримальніших умовах експлуатації;

– здатність працювати навіть із агресивним середовищем.

Область застосування кожухотрубчастих теплообмінників велика. Вони відіграють велику роль у нафтохімічній, хімічній та газовій промисловостях. Найчастіше теплоносія має високі показники передачі температури, тому теплообмінники використовують у сфері теплоенергетики.

Апарати використовуються у складі інженерних мереж ЖКГ, теплових пунктах для обігріву будинків та забезпечення гарячою водою. Також кожухотрубчасті апарати теплообміну знайшли застосування у харчовій галузі.

В основному по трубному простору пускають компонент більш агресивної дії, з більш забрудненим середовищем або під високим тиском. У багатоходових агрегатах забороняється пропускати середовище трубним простором, якщо в процесі теплообміну вона змінює свій агрегатний стан.

Найчастіше потоки прямують назустріч один одному (протитоком). Теплоносії входить у теплообмінник у напрямку руху процесу, тобто таким чином, щоб відбувалася природна конвекція.

Для підвищення потужності застосовують ребра зовнішніх поверхонь труб. Такий спосіб застосовують, коли середовище має невисоке значення тепловіддачі.

Ефективність кожухотрубного теплообмінника можна підвищити за рахунок збільшення швидкості потоків та зміни ступеня їхньої турбулізації, для цього встановлюються спеціальні перегородки.

На промислових підприємствах допускається використання системи стандартних агрегатів одного типу та однієї серії. Також для забезпечення заданого температурного режиму проводять модернізацію пристрою, яка може включати: зміна положення поперечних перегородок міжтрубного простору, а

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

також зміна їх розміру та форми, встановлення поздовжніх перегородок, ребра труб.

Через сильні навантаження з боку теплоносіїв та інтенсивної експлуатації дані апарати відносять до схильних до надмірного зносу та пошкоджень. Агресивні рідини, що не пройшли попередні етапи фільтрації та очищення, закупорюють трубний простір, перешкоджаючи вільному переміщенню рідини. Найчастіше ремонту піддаються трубні пучки.

Незважаючи на необхідність проведення міжсезонних ремонтів, теплообмінні апарати відносять до пристроїв із високим показником терміну експлуатації. Для забезпечення цього параметра необхідно проводити планове технічне обслуговування, яке включає:

- механічне чищення трубок та кожухотрубного простору;
- промивання під високим тиском.

При проведенні профілактичних і ремонтних робіт слід бути обережними, адже будь-яке втручання в конструкцію може порушити рівень тепловіддачі, а, отже, призвести до несанкціонованої зупинки процесу.

Залежно від запланованої сфери застосування, вибирають моделі з жорстким, напівжорстким, нежорстким кожухом, вертикального або горизонтального розташування, одно-або багатогодові. Конфігурація апарату, його довжина, кількість трубок зумовлюють:

- швидкість переміщення середовища;
- енергоефективність;
- коефіцієнт теплопередачі

Метали для виготовлення апаратів вибираються, залежно від характеристик робочих середовищ, з якими вони контактуватимуть. При конструюванні нових модифікацій розробники намагалися усунути основний недолік цього агрегату – фізичне розширення чи звуження сталевих елементів під час транспортування холодних та гарячих середовищ. Серійно випускають кожухотрубчасті теплообмінники наведених нижче видів.

З температурними компенсаторами на корпусі

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ця конструкція характерна для теплообмінників, призначених для роботи при невисоких тисках та високих температурах. Температурні лінійні деформації кожуха врівноважуються за допомогою компенсаторів – сальникових, лінзових.

Система з плаваючою головкою

У конструкції такого агрегату є головка, що плаває, жорстко не пов'язана з кожухом. Служить для з'єднання трубок. При температурному впливі середовища змінюється довжина трубок, викликаючи вільне переміщення головки всередині корпусу. Така конструкція забезпечує відсутність деформацій кожуха та рівномірний розподіл напруг. Вона застосовується в технологічних процесах, що не передбачають сильного забруднення трубок, або при можливості їх простого очищення.

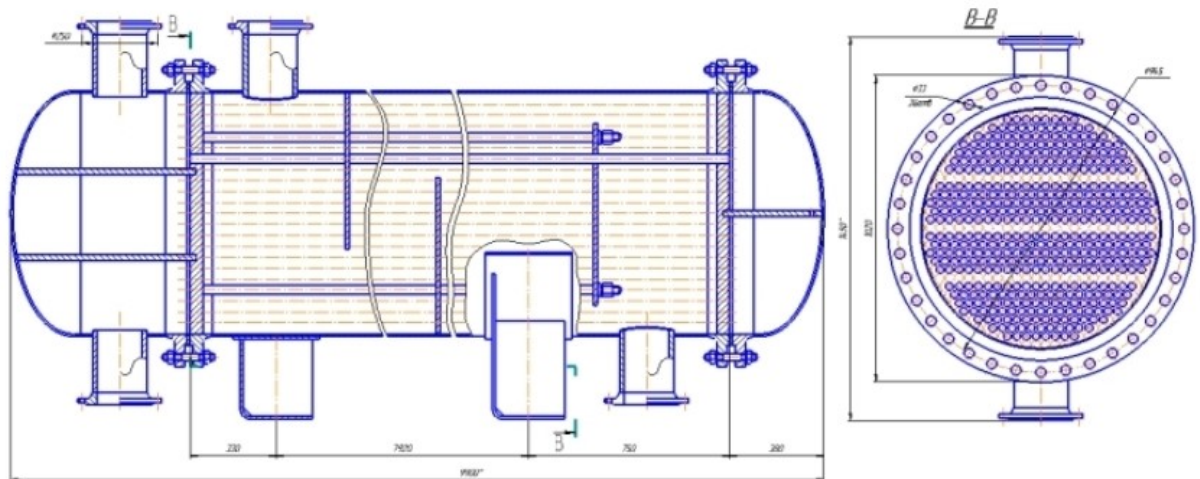


Рисунок 4.2 Система з плаваючою головкою

Для забезпечення ефективної роботи всіх кожухотрубних теплообмінників, що особливо функціонують у контакті із забрудненими середовищами, необхідне виконання профілактичних заходів. Вони полягають в акуратному очищенні внутрішньої поверхні трубок з винятком ймовірності їх пошкодження та у своєчасному усуненні протікання.

4.3 Розрахунки апарату

Усі розрахунки ведуться за методикою, наведеною у [15] та [14].

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для зручності та більшої наочності результати розрахунків занесемо до табл. 4.1, 4.2, 4.3.

Таблиця 4.1 Результати теплових розрахунків

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Температура холодної води на вході в підігрівач	T_1^{ex}	К (°С)	За умовою	278 (5)
Температура холодної води на виході	$T_1^{вих}$	К (°С)	-	343 (70)
Тиск води на вході в підігрівач	P_1	Па	-	120000
Теплова потужність	$Q_{то}$	кВт	-	14,9
Кількість ходів	Z_1	-	-	5
Температура гарячої води на виході	$T_2^{вих}$	К (°С)	-	373 (100)
Температура гарячої води на вході	T_2^{ex}	К (°С)	-	388 (125)
Кількість ходів	Z_2	-	-	2
Середня температура	T_1	К	$T_1 = \frac{T_1^{ex} + T_1^{вих}}{2}$	310,5 (37,5)
Густина води	ρ_1	кг/м ³	За табл. властивості води на лінії насичення	992,95
Коефіцієнт теплопровідності води	λ_1	Вт/(м К)	-	0,6306
Коефіцієнт кінематичної в'язкості води	ν_1	м ² /с	-	$7,02 \cdot 10^{-7}$
Ізобарна теплоємність	C_{p1}	кДж/(кг К)	-	4,175

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Середня температура гарячої води	T_2	К	$T_2 = \frac{T_2^{ex} + T_2^{вих}}{2}$	370,5 (97,5)
Густина води	ρ_2	кг/м ³	За табл. властивості води на лінії насичення	958,4
Коефіцієнт теплопровідності води	λ_2	Вт/ (м·К)	-	0,683
Коефіцієнт кінематичної в'язкості води	ν_2	м ² /с	-	$2,95 \cdot 10^{-7}$
Питома теплоємність води	C_{p2}	кДж/ (кг·К)	-	4,22
Тиск гарячої води	P_2	МПа	Приймаємо з таблиць властивості води для температури T_2	0,22
Температура стінки	$T_{ст}$	К	$T_{ст} = \frac{T_1 + T_2}{2}$	333 (60)
Коефіцієнт теплопровідності матеріалу стінки трубок	$\lambda_{ст}$	Вт/ (м·К)	Приймаємо нержавіючу сталь X18H10T	30
Зовнішній діаметр (прийнято)	d_3	мм	-	10
Товщина стінки (прийнято)	$d_{ст}$	мм	-	1,5
Внутрішній діаметр	$d_{вн}$	мм	$d_{вн} = d_3 - 2 \cdot d_{ст}$	7
Середній діаметр	d_{cp}	мм	$d_{cp} = \frac{d_{вн} + d_3}{2}$	8,5
Компонування труб у пучках теплообмінників				
Крок між трубами в пучку	S_t	мм	$S_t = 1,6 d_3$	16
Витрата холодної води	G_1	кг/с	$G_1 = \frac{Q_{mo}}{C_1 \cdot (T_1^{вих} - T_1^{ex})}$	0,055
Витрата гарячої води	G_2	кг/с	$G_2 = \frac{Q_{mo}}{C_2 \cdot (T_2^{ex} - T_2^{вих})}$	0,14

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Водяний еквівалент для холодної води	W_1	кВт/К	$W_1 = G_1 \cdot C_1$	0,23
Водяний еквівалент для холодної води	W_2	кВт/К	$W_2 = G_2 \cdot C_2$	0,588
Мінімальний водяний еквівалент	$W_{\min}$	кВт/К	$\min(W_1; W_2)$	0,23
Максимальний водяний еквівалент	$W_{\max}$	кВт/К	$\max(W_1; W_2)$	0,588
Зміна температури холодної води	ΔT_1	К	$\Delta T_1 = T_1^{\text{вх}} - T_1^{\text{вх}}$	65
Зміна температури гарячої води	ΔT_2	К	$\Delta T_2 = T_2^{\text{вх}} - T_2^{\text{вх}}$	25
Мінімальна зміна температур	$\Delta T_{\min}$	К	$\min(\Delta T_1; \Delta T_2)$	25
Допоміжні функції:	A	-	$A = \frac{W_{\max}}{W_{\min}}$	2,56
	R	-	$R = \frac{W_{\min}}{W_{\max}}$	0,39
	P	-	$P = \frac{\Delta T_{\min}}{T_2^{\text{вх}} - T_1^{\text{вх}}}$	0,25
	p_e	-	-	0,95
	z_t	-	$z_t = \sqrt{(A + 1)^2 - 4 \cdot p_e \cdot A}$	2,95
Середній температурний перепад	$\Delta t_{\text{ср}}$	К	$\Delta t_{\text{ср}} = \frac{z_t \cdot P \cdot R \cdot (T_2^{\text{вх}} - T_1^{\text{вх}})}{\ln \left[\frac{2 - P \cdot R \cdot ((A + 1) - z_t)}{2 - P \cdot R \cdot ((A + 1) + z_t)} \right]}$	71,7
Швидкість гарячого теплоносія	w_2	м/с	приймаємо	0,7
Кількість трубок у пучку, необхідних для проходу води (в одному ході теплоносія)	n_{1x}	-	$n_{1x} = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot w_2 \cdot \pi \cdot \frac{d_{\text{вн}}^2}{4}}$	7
Кількість трубок у	$n_{\text{тр}}$	-	$n_{\text{тр}} = z_2 \cdot n_{1x}$	14

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
теплообміннику				
Кількість трубок в одному ряді	n_{1p}	-	При коридорному компонуванні труб	4
Кількість рядів	n_p	-	Приймаємо	4
Кількість отворів у трубній дошці	n_0	-	$n_0 = n_{1p} \cdot n_p$	16
Кількість трубок з урахуванням центрального стержня	$n_{тр}$	-	$n_{mp} = n_0 - 1$	15
Уточнюємо швидкість гарячого потоку	w_2	м/с	$w_2 = \frac{G_2}{\rho_2 \cdot n_{mp} \cdot \pi \cdot \frac{d_{вн}^2}{4}}$	0,65

Діаметр корпусу

Приймаємо коефіцієнт заповнення трубної дошки	$\eta_{тр}$	-	Приймаємо (0,7...0,95)	0,8
Діаметр гнізда трубок	D	мм	$D = 1,05 \cdot s_t \cdot \sqrt{\frac{n_0}{\eta_{mp}}}$	75

Внутрішній діаметр корпусу повинний бути більше $D + d_3 = 135$ мм на величину конструктивного зазору (60...180 мм)

Зовнішній діаметр кожуха приймаємо	D_3	мм	-	135
Товщина стінки	$\delta_{ст}$	мм	-	4,5
Внутрішній діаметр корпусу	D_0	мм	-	126

Приймаємо вальцьований кожух з вуглецевої сталі

Визначення коефіцієнту тепловіддачі води, що тече в середині трубок

Число Рейнольдса для гарячого теплоносія	Re_2	-	$Re_2 = \frac{d_{вн} \cdot w_2}{\nu_2}$	12466
--	--------	---	---	-------

Оскільки $Re > 10000$, то режим течії теплоносія турбулентний

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Число Прандтля при температурі теплоносія	Pr_2	-	За таблицею властивості води на лінії насичення	1,75
Число Нусельта для турбулентного режиму	Nu_2	-	$Nu_2 = 0,021 \cdot Re_2^{0,8} \cdot Pr_2^{0,43}$	55,83
Коефіцієнт тепловіддачі від гарячого теплоносія до стінки	α_2	Вт/ (м ² ·К)	$\alpha_2 = \frac{Nu_2 \cdot \lambda_2}{d_{вн}}$	5344
Швидкість води, що обтікає труби	w_1	м/с	Приймаємо у попередньому наближенні	0,1
Число Рейнольда для холодного теплоносія	Re_1	-	$Re_1 = \frac{d_{вн} \cdot w_1}{\nu_1}$	997
Число Прандтля для холодного потоку	Pr_1	-	За таблицею властивості води на лінії насичення	4,31
Число Прандтля при температурі стінки	$Pr_{ст}$	-	-	2,93
Коефіцієнт, що залежить від кроку пучка:	ε_s	-	$\varepsilon_s = \left(\frac{S_t}{d_3}\right)^{0,166}$	0,951
Коефіцієнт, що враховує турбулізацію потоку перед і-м рядом труб:				
для першого ряду	ε_{n1}	-	для коридорного розташування труб	0,6
для другого ряду	ε_{n2}	-	-	0,9
для третього і наступного рядів	ε_{n3}	-	-	1,0
Число Нуссельта для третього і кожного наступного ряду труб	Nu_1^3	-	$Nu_1 = 0,26 \cdot Re_1^{0,65} \cdot Pr_1^{0,33} \times \left(\frac{Pr_1}{Pr_{cm}}\right)^{0,25} \cdot \varepsilon_n \cdot \varepsilon_s$	39,19

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
для другого ряду	Nu_1^2	-	-	35,27
для першого ряду	Nu_1^1	-	-	23,52
Коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні пучка труб:				
для третього і наступного рядів	α_1^3	Вт/ (м ² ·К)	$\alpha_1 = \frac{Nu_1 \cdot \lambda_1}{d_3}$	2473
для другого ряду	α_1^2	Вт/ (м ² ·К)	-	2226
для першого ряду	α_1^1	Вт/ (м ² ·К)	-	1484
Середній коефіцієнт тепловіддачі при поперечному обтіканні пучка труб	α_{1cp}	Вт/ (м ² ·К)	$\alpha_{1cp} = \frac{\sum_i \alpha_1^i}{n_p}$	2164
Коефіцієнт тепловіддачі, приведений до зовнішньої поверхні	k_{TA}	Вт/ (м ² ·К)	$\frac{1}{\frac{1}{\alpha_2} + \frac{d_{\text{вн}}}{2\lambda_{\text{ст}}} \cdot \ln\left(\frac{d_3}{d_{\text{вн}}}\right) + \frac{d}{\alpha_1 \cdot d_3}}$	1812,7
Необхідна поверхня теплообміну	$F_{\text{то}}$	м ²	$F_{\text{то}} = \frac{Q_{\text{то}}}{k_{\text{то}} \cdot \Delta t_{\text{cp}}}$	0,115
Поверхня теплообміну, що приходить на одну трубку	$F_{\text{то1}}$	м ²	$F_{\text{то1}} = \frac{F_{\text{то}}}{n_{\text{mp}}}$	0,008
Довжина трубки	$L_{\text{тр}}$	м	$L_{\text{тр}} = \frac{F_{\text{то}}}{\pi \cdot d_{\text{вн}}}$	0,34
Довжина трубки між перегородками	L	м	$L = \frac{L_{\text{тр}}}{Z_1}$	0,069
Перевірка швидкості води при обтіканні трубного пучка				
Площа перетину для проходу води між трубками	S_1	м ²	$S_1 = L \cdot (s_t - d_3) \cdot (n_{1p} - 1)$	0,0012
Уточнення швидкості води, що обтікає	w_{1np}	м/с	$w_{1np} = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot S_1}$	0,097

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Розбіжність	δ	%	$\delta = \frac{(w_{1np} - w_1)}{w_1}$	3
$\delta < 5\%$ – отже розрахунок швидкості виконано вірно і немає необхідності робити другу ітерацію				
Температура стінки	$T_{ст}$	К	$\frac{d_{вн} \cdot \alpha_2 \cdot T_2 + d_3 \cdot \alpha_{1cp} \cdot T_1}{d_{вн} \cdot \alpha_2 + d_3 \cdot \alpha_{1cp}}$	339
Швидкість води в підводячих та відводячих патрубках	$w_{2п}$	м/с	Приймаємо за [21, дод.9]	1
Діаметр патрубка для підводу і відводу води гарячої води	$d_{2п}$	м	$d_{2n} = \sqrt{\frac{G_2}{w_{2n} \cdot \rho_2 \cdot \frac{\pi}{4}}}$	0,014
Діаметр патрубка для підводу і відводу води холодної води	$d_{1п}$	м	$d_{1n} = \sqrt{\frac{G_1}{w_{1n} \cdot \rho_1 \cdot \frac{\pi}{4}}}$	0,027
Підбираємо для патрубка холодної води трубу 220 x 7 мм				
Підбираємо для патрубка гарячої води трубу 120 x 5 мм				

Виконуємо гідравлічний розрахунок теплообмінного апарату на основі даних отриманих у тепловому розрахунку [13]. Метою гідравлічного розрахунку є визначення втрат тиску та напору при подоланні теплоносієм місцевих опорів.

Таблиця 4.2 Гідравлічний розрахунок

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Коефіцієнт опору тертю при русі води в трубах	$\xi_{тр2}$	-	$\xi_{mp2} = \frac{0,3164}{\sqrt[4]{Re_2}}$	0,03
Втрати на тертя при русі води в трубах	$\Delta P_{тр2}$	Па	$\Delta P_{mp2} = \xi_{mp2} \cdot \frac{L_{mp}}{d_{вн}} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w^2}{2}$	299,14
Коефіцієнт опору при вході і виході води з труб	$\xi_{вх2}$	-	Приймаємо за [21]	1

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Втрати при вході і виході води з труб	$\Delta P_{\text{вх}2}$	Па	$\Delta P_{\text{вх}2} = \xi_{\text{вх}2} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w^2}{2}$	205,3
Коефіцієнт опору в патрубках входу і виходу води	$\xi_{\text{пт}2}$	-	-	1
Втрати тиску в патрубках входу і виходу води	$\Delta P_{\text{пт}2}$	Па	$\Delta P_{\text{пт}2} = \xi_{\text{пт}2} \cdot \frac{\rho_2 \cdot w_{2n}^2}{2}$	485,9
Сумарні втрати тиску при русі води	$\Delta P_{\Sigma 2}$	Па	$\Delta P_{\Sigma 2} = z_2 \cdot (\Delta P_{\text{вх}2} + \Delta P_{\text{вих}2} + \Delta P_{\text{мп}2}) + \Delta P_{\text{пт}2}$	2467
Відносна втрата тиску, %	δ	%	$\delta = \frac{\Delta P_{\Sigma 2}}{P_2^2} \cdot 100$	0,0067

Визначення втрат напору холодної води (рух у міжтрубному просторі)

Втрата напору на вході в міжтрубний простір і вихід з нього

Коефіцієнт опору при вході в пучок	$\xi_{\text{вх}1}$	-	Приймаємо за [21]	1,5
Втрата тиску на вході	$\Delta P_{\text{вх}1}$	Па	$\Delta P_{\text{вх}1} = \xi_{\text{вх}1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2}$	7,45
Коефіцієнт опору при виході з пучка	$\xi_{\text{вих}1}$	-	-	1
Втрата тиску на виході	$\Delta P_{\text{вих}1}$	Па	$\Delta P_{\text{вих}1} = \xi_{\text{вих}1} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2}$	4,97

Втрата напору при русі в міжтрубному просторі

Коефіцієнт опору на тертя в пучку	$\xi_{1\text{тр т}}$	-	$\xi_{1\text{тр т}} = (4 + 6.6n_{1p}) \times Re_1^{-0.28}$	4,4
Втрата тиску	$\Delta P_{1\text{тр т}}$	Па	$\Delta P_{1\text{тр т}} = \xi_{1\text{тр т}} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2}$	21,846
Місцевий опір	$\xi_{1\text{тр м}}$	-	$\xi_{1\text{тр м}} = 3n_{1p} \cdot Re_1^{-0.2}$	3,02
Втрата тиску	$\Delta P_{1\text{тр м}}$	Па	$\Delta P_{1\text{тр м}} = \xi_{1\text{тр м}} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_1^2}{2}$	15

Втрата напору при обтіканні перегородок

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Висота вікна в перегородці	$b_{\text{пер}}$	мм	$b_{\text{пер}} = \frac{D_0 - n_p \cdot s_t - d_3}{2}$	55,6
Центральний кут сегмента в перегородці	$\psi_{\text{пер}}$	град (рад)	$\psi_{\text{пер}} = 2 \cdot \arccos\left(\frac{\frac{D_0}{2} - b_{\text{пер}}}{\frac{D_0}{2}}\right)$	2,9
Площа вікна в перегородці (площа сегмента)	$F_{\text{пер}}$	м ²	$\frac{\left(\frac{D_0}{2}\right)^2}{2} \cdot (\psi_{\text{пер}} - \sin(\psi_{\text{пер}}))$	0,0057
Швидкість води при огинанні перегородок	w_{1p}	м/с	$w_{1p} = \frac{G_1}{\rho_1 \cdot F_{\text{пер}}}$	0,01
Коефіцієнт опору	$\xi_{1\text{пр}}$	-	Приймаємо за [1]	1,5
Втрата тиску	$\Delta P_{1\text{пр}}$	Па	$\Delta P_{1\text{пр}} = \left(\xi_{1\text{пр}} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_{1p}^2}{2}\right) \times$ $\times (z_1 - 1)$	0,145
Втрати при русі води в патрубках, вхідній та вихідній камерах				
Коефіцієнт опору в патрубках входу і виходу води	$\xi_{\text{пт1}}$	-	Приймаємо за [21]	1,5
Втрата тиску	$\Delta P_{\text{пт1}}$	Па	$\Delta P_{\text{пт1}} = \xi_{\text{пт1}} \cdot \frac{\rho_1 \cdot w_{1n}^2}{2}$	7,47
Сумарні втрати при русі води в міжтрубному просторі	$\Delta P_{\Sigma 2}$	Па	$\Delta P_{\Sigma 1} = \Delta P_{\text{вх1}} + \Delta P_{\text{вих1}} +$ $+ 2 \cdot \Delta P_{\text{нм1}} + z_1 (\Delta P_{1\text{пр м}} +$ $+ \Delta P_{1\text{пр м}}) + \Delta P_{1\text{пр}}$	99,2
Відносні втрати тиску	δ_2	%	$\delta = \frac{\Delta P_{\Sigma 2}}{P_1} \cdot 100\%$	0,003

Для перевірки правильності розрахунку геометричних параметрів корпусу апарату та патрубків підводу та відводу необхідно провести розрахунки міцності.

За результатами розрахунків на міцність можна зробити висновок про придатність використання підібраних елементів.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 4.3 Розрахунок на міцність

Назва величини	Позн.	Од. виміру	Розрахункова формула або спосіб визначення	Значення
Розрахунок корпусу				
Визначення допустимої напруги				
Границя міцності	σ_B	МПа	-	490
	k	-	-	2,6
Поправочний коефіцієнт	η_k	-	-	1
Допустиме напруження	$\sigma_{доп}$	МПа	$\sigma_{доп} = \frac{\sigma_B}{k} \eta_k$	189
Оскільки корпус виготовлений із труби, то величина збільшення складає $c = 1$ мм. При найбільшому мінусовому допуску 10 % $A = 0,11$				
Збільшення товщини корпусу	c	мм	$c = A \cdot (\delta_K - c)$	8,96
Розрахунковий коефіцієнт міцності	ϕ	-	$\phi = \min(\phi_{ЗВ}, \phi_{ЗВ.В})$	0,6
Максимальний тиск, що може витримати корпус	P_{max}	МПа	$P \frac{2 \cdot (\delta_K - c) \cdot \phi \cdot \sigma_{доп}}{D_0 + (\delta_K - c)}_{max}$	6,13
	ϕ_0	-	$\phi_0 = \frac{p_1 [D_0 + (\delta_K - c)]}{2 \cdot \phi \cdot \sigma_{доп} \cdot (\delta_K - c)}$	0,105
Найбільший припустимий діаметр неукріпленого отвору в корпусі	d_{max}	м	$d \left(\frac{1}{\phi_0} - 1 \right)_{max} \times \sqrt{(D_0 + \delta_K) \cdot (\delta_K - c)}$	1,201

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

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

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 04	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 Розробка елемента системи теплопостачання – теплового пункту

5.1 Короткий опис індивідуального теплового пункту

Індивідуальний тепловий пункт (ІТП) – установка, призначена передачі теплової енергії від теплової мережі до систем теплопостачання (опалення, ГВП, калорифери вентиляційних установок).

До завдань індивідуального теплового пункту входить перетворення теплоносія та регулювання його параметрів, раціональний розподіл теплоносія, захист систем споживання теплової енергії від небезпечного перевищення параметрів (тиску, температури) теплоносія, облік витрати тепла та самого теплоносія.

Відомі два основні способи підключення систем теплопостачання будівель до теплових мереж централізованого теплопостачання:

- підключення за залежною схемою;
- підключення за незалежною схемою.

Підключення за залежною схемою – найпоширеніше нині – передбачає надходження самої мережевої води в систему опалення та інші системи теплоспоживання будівлі. При цьому регулювання температури води, що надходить в систему опалення, здійснюється за рахунок змішування зі зворотною водою за рахунок зміни коефіцієнта підмішування. Незалежна схема підключення заснована на створенні власного (незалежного) водяного контуру опалення будівлі, який пов'язаний з контуром мережевої води котельні через теплообмінник, що забезпечує передачу тепла від мережної води, але що виключає проникнення самої мережі у внутрішні системи теплопостачання будівлі.

Тепловий пункт – це комплекс обладнання, призначеного для розподілу тепла, що надходить із теплової мережі, між споживачами відповідно до встановлених для них видів та параметрів теплоносія, розміщеного на певній території. Індивідуальні теплові пункти призначені для гарячого водопостачання

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

та теплопостачання систем опалення житлових виробничих та адміністративно-побутових будівель, тепличних господарств, будівельних майданчиків та тимчасового опалення об'єктів, що ремонтуються або зводяться.

Системи опалення будівель приєднують індивідуальний тепловий пункт до теплових мереж за допомогою змішувальних установок - елеваторів, які повинні бути безшумними, або через поверхневі теплообмінні апарати. Одним із основних елементів теплового пункту є елеватор, який застосовується для зниження температури мережної води до температури, допустимої в системі. До переваг елеваторів відноситься низька вартість, абсолютна надійність, відсутність витрат на експлуатацію та потреби в електроенергії. Недоліком елеватора є неможливість оперативної зміни коефіцієнта змішування, що призводить до осінньо-весняних перетопів, коли температура в тепловій мережі перевищує розрахункову для систем опалення на $30\div 40$ °С.

Елеватор водоструминний - це струменевий насос, дія якого заснована на захопленні речовини, що нагнітається струменем рідини. Область роботи якого: осінньо-весняні зразки опалювального графіка (для всіх будівель); зниження температури на опалення у нічний час та вихідні дні для адміністративно-громадських будівель.

Для компенсації зміни обсягу теплоносія внаслідок його нагрівання та охолодження в незалежно приєднаних до теплової мережі системах опалення та вентиляції передбачається встановлення розширювальних баків.

Нині замість традиційних відкритих розширювальних баків переважно застосовуються закриті мембранні розширювальні судини, у яких теплоносій не контактує з атмосферним повітрям і насичується киснем. Такі судини розташовуються, як правило, у тепловому пункті у нижній частині будівлі.

Об'єм бака визначається об'ємом води в системі теплопостачання та різницею температур охолодженого теплоносія при бездіяльності системи та нагрітого в розрахунковому режимі з урахуванням коефіцієнта об'ємного розширення води. Методики розрахунку з допоміжними таблицями зазвичай пропонують фірми – виробники мембранних розширювальних судин.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розширювальні судини приєднуються до трубопроводу вторинного контуру системи теплопостачання перед циркуляційним насосом.

Невеликі судини встановлюються безпосередньо на трубопроводі системи, а значного обсягу – на підлозі приміщення теплового пункту.

5.2 Індивідуальний пункт як об'єкт управління

Процес теплопостачання характеризується частими та значними перебудовами робочих режимів. Це пов'язано як з частими змінами зовнішніх факторів температури, так і з іншими факторами, наприклад, теплових втрат у тепломережах, інфільтрацією, ексфільтрацією.

Інша загальна особливість багатьох процесів, для яких обґрунтовано застосування автоматизованого управління - часті та сильні відшкодувальні дії, що призводять до економічних втрат.

Процес теплопостачання, що протікає в умовах значної невизначеності, піддається сильним і непередбачуваним впливам, основа яких – зовнішня температура, так і техніко-технологічні фактори.

Як об'єкт управління теплова мережа комплексу є складною динамічною системою з просторово-розподіленими елементами, що володіють різними теплогідравлічними властивостями, багато особливостей якої – властиві та іншим великим системам енергетики [7].

Серед загальних особливостей теплопостачального комплексу слід зазначити:

- безперервність у часі процесів виробництва, транспорту, розподілу та споживання теплової енергії;
- складність внутрішніх взаємозв'язків процесів опалення, гарячого водопостачання та вентиляції;
- інерційність теплових процесів теплопостачання;
- нестационарність процесів споживання теплової енергії та гарячого водопостачання, гідравлічного та теплового режимів теплопостачання;
- стохастичність характеру збурень;

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- просторову розподіленість елементів комплексу геодезичним за відмітками місцевості;
- підвищену чутливість теплоносія на ділянках та у вузлах теплової мережі до витоків води та аварій;
- високу щільність теплоносія, що вимагає додаткових витрат електроенергії на перекачування мережної води та створення тиску для заповнення нагрівальних елементів споживачів;
- наявність проблем при оцінці поточних значень техніко-економічних показників якості ведення процесу;
- ієрархічність структур управління за безпосередньої участі суб'єкта в контурі управління;
- високий рівень централізації управління з одночасною децентралізацією оперативного управління процесами теплопостачання;
- неповноту та недостатню достовірність інформації про параметри та режими комплексу.

Наступна особливість полягає в тому, що теплопостачальний комплекс характеризується невизначеністю:

- моделі об'єкта управління якої пов'язані з не стаціонарністю параметрів об'єкта;
- гідравлічна характеристика трубопроводів залежить від терміну служби;
- стан теплової ізоляції трубопроводу від її зволоженості,
- тепловтрати будівлі – від кліматичних даних та інфільтрації через дверні та віконні отвори, а також розосереджене розташування споживачів на території міста;
- зовнішніх коливань зі стохастичним характером кліматичного фактору та структурою споживаного навантаження, що залежить від часу доби, дня тижня тощо;
- критеріїв управління, пов'язаних із протиріччям між виробником та споживачем. Виробник зацікавлений відпустити максимум теплоти за мінімальних витрат, а споживач зацікавлений у задоволенні власних потреб. Його

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мета – задоволення власних потреб, причому для систем:

- опалення - температура в приміщенні 22-24 °С;
- вентиляції - повітря і температура 18-20 °С;
- гарячого водопостачання - температура 55-60 °С та необхідна витрата.

5.3 Аналіз існуючих систем автоматизації

Схема із збереженням існуючого елеватора та регулятора перепаду тиску перед ним.

Регулювання температури здійснюється зміною швидкості обертання двигуна насоса і відповідно зміною величини підмішування теплоносія із зворотного трубопроводу до трубопроводу подачі. Регулятор перепаду тиску підтримує постійність витрат у системі опалення.

Перевагами застосування цієї схеми є: можливість застосування температурного графіка якісного регулювання, підтримки сталості витрати теплоносія в системі опалення та, відповідно, отримання найбільшого економічного ефекту від застосування автоматизації. Економічний ефект від автоматизації теплових пунктів складається з кількох факторів:

- зняття недотопів або перетопів, що виникають через інерцію теплоджерела;
- "нічні" зниження температури, включаючи зниження у вихідні дні;
- усунення перетопів у перехідні періоди при температурах зовнішнього повітря вище точки зламу температурного графіка (для двотрубних систем теплопостачання);
- відсутність стійкого гідравлічного режиму в системі опалення може не лише зменшити економічний ефект від застосування енергозберігаючих технологій, а й зробити його негативним;
- можливість застосування одного циркуляційного насоса замість двох (елеватор є резервним насосом);
- економічна витрата електроенергії, бо енергетичний потенціал струменя теплоносія з теплової мережі використовується, а насос додає недостатній напір;
- малі витрати на монтажні роботи у разі, якщо тепловий пункт не монтуються

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знову, а реконструюється;

- відсутність потреби у резервному електроживленні;
- збереження циркуляції опалення при відключенні електроживлення, усуненні небезпеки перегріву системи.

Схема із збереженням встановленого раніше елеватора та регулюючим клапаном.

Ця схема відрізняється від попередньої тим, що замість регулятора перепаду тиску встановлено регулюючий клапан. Застосування даної схеми можливе за наявності регулятора опалення двох каналів регулювання. По одному каналу регулюється температура подачі, а з іншого – температура «обратки», тобто. непрямим способом підтримується сталість витрати.

Перевага даної схеми по відношенню до попередньої - можливість застосування дешевих регулюючих клапанів з малим моторесурсом, оскільки реакція системи (зміна температури у зворотному трубопроводі) настає не раніше ніж через 20-30 хвилин. Як регулюючий клапан, можливо, використовувати кульовий клапан з електроприводом [5].

Більш ніж 50-річний період експлуатації елеваторних систем опалення показує, що вони, безперечно, є одним з найбільш надійно працюючих [1] та дешевих елементів у комплексі обладнання систем централізованого теплопостачання. Вони прості по конструкції, не мають деталей, що швидко зношуються, не вимагає кваліфікованого обслуговування і можуть працювати багато років без ремонту. Тому відмовлятися від застосування елеваторів нині передчасно. У перспективі можливо буде доцільно застосовувати безшумні циркуляційні насоси, особливо в будинках з підвищеною поверховістю.

Однак поки не налагоджено серійне виробництво таких насосів і немає практичних даних про надійність їх експлуатації, елеватор є незамінним елементом теплопостачання.

З теорії водяних струменевих апаратів впливає, що характерною особливістю роботи елеватора є його здатність зберегти практично постійний коефіцієнт змішування. У літературі іноді ця властивість сприймається як суттєва

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

негативна властивість елеваторного вузла для його автоматизації. Тому робляться спроби створити нові, складніші конструкції елеваторів: з регульованим перерізом сопла, турбонасосними приставками, багатоелеваторні схеми тощо.

Автоматизувати можна будь-яку конвекторну або радіаторну систему опалення, яка підключена до теплових мереж через елеватор.

З метою підтримки комфортної температури в різних приміщеннях, опалювальна система поділяється на дві частини, що має місце у практиці будівництва великопанельних будівель, кожна з яких обслуговує один фасад та керується незалежно від іншої. Витрата теплоносія від тепломережі регулюється за інформацією, яка отримується від датчиків, розміщених у контрольних приміщеннях. У командному приладі сигнал порівнюється із заданим регульованим рівнем температури.

Залежно від знаку теплової нерівноваги об'єкта дається команда на виконавчий орган - соленоїдний вентиль, який враховує ці зміни. Подача тепла регулюється двопозиційно з дотриманням невеликої постійної базової витрати. Пропорційне регулювання витрати теплоносія, в силу неприпустимого розрегулювання, для елеваторних систем опалення непридатне. У проведеному письмовому опитуванні жителів експериментальних об'єктів було отримано понад 95% позитивних відгуків (нами задану внутрішню температуру 20-21 °С деякі жителі вважають недостатньою). За узагальненими даними спостережень гідравлічних та теплових режимів у місцевих опалювальних системах автоматизованих вузлів впливає, що кількість секцій у 5-поверхових великопанельних будинках, керованих від одного автоматизованого абонентського введення, не повинна перевищувати чотирьох. Двома автоматизованими абонентськими введеннями рекомендується обслуговувати 6-секційні та більше будівлі. Розрахунки та досвід експлуатації автоматизованих опалювальних систем переконливо показують необхідність по-фасадного регулювання. Встановлено, що сонячна радіація, швидкість та напрям вітру викликають суттєву нерівномірність теплопостачання окремими фасадами.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 05	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 Розробка заходів з охорони праці

Охорона праці є найважливішим аспектом будь-якої професійної діяльності, особливо у сфері експлуатації теплових пунктів. Оператори центральних теплових пунктів (ЦТП) та теплових пунктів (ТП) працюють з обладнанням, яке потребує суворого дотримання правил безпеки.

6.1 Охорона праці при експлуатації ІТП

1. Загальні вимоги до охорони праці.

1.1. До самостійної роботи в якості оператора ЦТП (ІТП), теплового пункту допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд і не мають протипоказань за станом здоров'я, пройшли навчання за спеціальністю, що мають І групу з електробезпеки, пройшли вступний і первинний на робочому місці інструктажі з охорони праці.

1.2. Не рідше одного разу на 6 місяців оператор ЦТП (ІТП), теплового пункту проходить повторний інструктаж на робочому місці з охорони праці, не рідше одного разу на рік чергову перевірку знань вимог охорони праці, періодичний медогляд відповідно до чинного законодавства РФ.

1.3. Оператор ЦТП (ІТП), теплового пункту, який своєчасно не пройшов відповідний інструктаж з охорони праці та щорічну перевірку знань з охорони праці, до роботи не допускається.

1.4. Оператор ЦТП (ІТП), теплового пункту з ознаками явного нездужання, у стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння на роботу не допускається.

1.5. Оператор ЦТП (ІТП), теплового пункту зобов'язаний:

- дотримуватися правил внутрішнього трудового розпорядку;
- дотримуватись вимог цієї інструкції, інструкції про заходи пожежної безпеки, інструкції з електробезпеки;
- дотримуватися правил особистої гігієни, перед їдою необхідно мити руки з милом;
- вміти надавати першу допомогу потерпілому, знати місце знаходження

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аптечки, а також вміти користуватися засобами пожежогасіння та знати місце їх знаходження;

- підтримувати порядок на робочому місці;
- знати місце розташування головного та запасних виходів та шляхи евакуації із зони виникнення пожежі чи аварії.

1.6. Забороняється самостійно включати пускорегулюючу та захисну апаратуру, відкривати електрошафи, не дозволяється відкривати клемні коробки електродвигунів.

1.7. Дотримуватись та виконувати протипожежні вимоги, не застосовувати без дозволу майстра легкозаймисті та горючі рідини (ЛЗР та ГР) у робочих приміщеннях, знати правила користування та застосування первинних засобів пожежогасіння.

1.8. Не включати та не зупиняти (крім аварійних випадків) насоси та інші механізми, робота на яких не доручалася та до роботи, на якій оператор не допущений.

1.9. Не захащувати та захащувати робочі місця та приміщення ЦТП (ІТП) сторонніми предметами.

1.10. Дотримуватись правил особистої гігієни, не мити руки в мастильноохолоджуючих рідинах (СОЖ), солярці, гасі та інших ЛЗР та ГР, не витирати руки обтиральними кінцями, які можуть бути забруднені металевою стружкою, тирсою.

1.11. У процесі роботи на оператора ЦТП (ІТП), теплового пункту можлива дія наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- рухомі та обертові частини виробничого обладнання;
- підвищена температура поверхонь обладнання;
- підвищена температура повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена вологість повітря;
- підвищена напруга в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- відсутність або нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- гострі кромки, шорсткість та задирки на поверхні заготовок інструментів та обладнання;
- розташування робочого місця на значній висоті щодо поверхні підлоги.

1.12. Оператор ЦТП (ІТП), теплового пункту повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту відповідно до чинних норм видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту (ЗІЗ).

1.13. Спеціальний одяг, спеціальне взуття та інші ЗІЗ, що видаються, повинні відповідати характеру та умовам роботи, забезпечувати безпеку праці, мати сертифікат відповідності.

1.14. Засоби індивідуального захисту, на які немає технічної документації, а також зі строком придатності, що минув, до застосування не допускаються.

1.15. Використовувати спецодяг та інші ЗІЗ для інших, ніж основна робота, цілей забороняється.

1.16. Приймати їжу слід лише у їдальнях, буфетах або спеціально відведених для цього кімнатах, які мають відповідне обладнання. Воду пити лише кип'ячену або бутильовану. Перед їжею необхідно ретельно вимити руки теплою водою із милом.

1.17. Оператор ЦТП (ІТП), теплового пункту сповіщає свого безпосереднього керівника про будь-яку ситуацію, яка загрожує життю та здоров'ю людей, про кожен нещасний випадок, що стався на виробництві, про погіршення стану свого здоров'я.

1.18. Курити дозволяється тільки у спеціально відведеному та обладнаному для цього місці.

1.19. Забороняється вживати в робочий час алкогольні напої, токсичні та наркотичні речовини, а також перебувати на робочому місці чи території підприємства у стані алкогольного, наркотичного чи токсичного сп'яніння.

1.20. За невиконання вимог безпеки, викладених у цій інструкції, залежно від характеру допущених порушень та їх наслідків, працівник несе дисциплінарну,

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

матеріальну чи кримінальну відповідальність згідно з чинним законодавством України.

2. Вимоги охорони праці перед початком роботи.

2.1. Одягти спецодяг та спецвзуття, підготувати засоби індивідуального захисту, перевірити їх справність. Переконатися, що спецодяг застебнутий і добре заправлений, немає вільно звисаючих кінців. Забороняється тримати в кишенях гострі предмети, що б'ються.

2.2. Ознайомитись з умовами роботи попередньої зміни.

2.3. Перевірити наявність та справність інструменту, сходів, риштування, захисної каски.

2.4. Перевірити міцність і надійність огороження прямиків, колодязів і люків, частин насосів, що обертаються.

2.5. Оглянути робоче місце, прибрати зайві предмети, що перешкоджають або заважають виконанню роботи. Звільнити проходи, перевірити освітленість робочого місця.

2.6. Перевірити виконання всіх вимог безпеки, які стосуються майбутньої роботи.

2.7. Про всі недоліки та несправності, виявлені під час перевірки та огляду, гуркотувальник зобов'язаний повідомити начальника зміни і до їх усунення до роботи не приступати.

3. Вимоги охорони праці під час роботи.

3.1. Виконувати лише ту роботу, якою пройшов навчання, інструктаж з охорони праці та до якої допущений працівником, відповідальним за безпечне виконання робіт.

3.2. Обходи ЦТП (ІТП) проводити суворо за затвердженим графіком та маршрутною карткою.

3.3. Обслуговування інженерних систем та обладнання ЦТП (ІТП) проводити у спецодязі, спецвзутті та захисній касці.

3.4. Обслуговування обладнання, трубопроводів і контрольно-вимірювальних приладів на висоті проводити з майданчиків з огорожами по периметру заввишки

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 м, що мають суцільну обшивку внизу настилу на висоту 0,15 м і додаткову планку, що огорожує, на висоті 0,5 м.

3.5. Підмазування окремих місць теплоізоляції та підфарбування трубопроводів на висоті вище 1 м проводити з риштування, що мають огорожі та щільний настил. При виконанні фарбувальних робіт забезпечити вентиляцію приміщення ЦТП (ІТП).

3.6. Інструмент на робочому місці повинен бути розташований так, щоб унеможливлувалася його скочування або падіння. Класти інструмент на перила огороження або неогорожений край майданчика лісів, риштування, а також поблизу відкритих люків, колодязів забороняється. Щоб запобігти падінню інструменту під час роботи на висоті, інструмент повинен знаходитись у спеціальному ящику або сумці. Не переносити робочий інструмент, особливо з гострими кінцями, у кишенях робочого одягу.

3.7. Під час роботи з інструментом ударної дії робітники повинні користуватися захисними окулярами для запобігання влученню в очі частинок, що відлітають.

3.8. При заміні пальців і шпильок, змащуванні підшипників насосів та електродвигунів, набиванні сальників на насосах, протирці електродвигунів і насосів, при підфарбуванні, зачищенні валів електродвигунів від іржі тощо, спочатку відключити електродвигун від електромережі вимикачем, вжити заходів, що перешкоджають. На органах керування електродвигуном вивісити плакат «Не вмикати! Працюють люди!». При цьому перемикач режимів роботи електродвигуна встановити в положення "Ручний".

3.9. Відключення кабелю живлення, очищення світильників, заміну ламп освітлення, що перегоріли, і запобіжників виробляє електротехнічний персонал з дотриманням вимог безпеки.

3.10. Затягування болтів фланцевих з'єднань та підтяжку сальників ущільнень арматури проводити повільно та рівномірно з діаметрально протилежних сторін, щоб уникнути створення перенапруги в деталях та їх пошкодження.

3.11. Забороняється знаходитися безпосередньо біля фланцевих з'єднань та

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

чавунної арматури довше, ніж це потрібно для зняття показань з приладів або проведення профілактичного ремонту обладнання.

3.12. Щоб уникнути зриву різблення, підтягування муфтою арматури і контрольно-вимірювальної апаратури (для усунення течі) слід проводити гайковими ключами, розмір яких повинен відповідати граням елементів, що підтягуються, дотримуючись при цьому особливої обережності. Застосування для цих цілей газових та інших ключів, а також важелів, що подовжують, не дозволяється.

3.13. Робота з насосними агрегатами дозволяється тільки після повної зупинки частин, що обертаються. Зупиняти ці частини руками забороняється.

3.14. Під час обслуговування працюючого обладнання не:

- протирати вологою ганчіркою електрообладнання;
- торкатися струмопровідних частин;
- здійснювати заміну манометрів під тиском;
- проводити підфарбування працюючого обладнання;
- застосовувати бензин для протирання вузлів та агрегатів;
- користуватися саморобними переносними світильниками.

3.15. При користуванні шлангом під час прибирання приміщення перевірити міцність кріплення шланга до штуцера трубопроводу та наконечника до шлангу. Уникати потрапляння води на електроустаткування.

3.16. Щоб уникнути виникнення пожежі, забороняється зберігати в ЦТП (ІТП) бензин, гас, олії та інші легкозаймисті матеріали.

3.17. У разі виявлення несправності обладнання негайно припинити роботу, а у разі виникнення будь-якої небезпеки, що загрожує здоров'ю та життю, залишити небезпечну зону та повідомити майстра.

3.18. При підйомі на висоту більше 1 м необхідно користуватися приставними сходами, драбинами-драбинами та підмостками. Не дозволяється користуватися для цього випадковими предметами (бочками, ящиками, стільцями, столами тощо).

3.19. Переносні ручні електричні світильники застосовувати на напругу не

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вище 42 В. В особливо несприятливих умовах, коли небезпека ураження електричним струмом посилюється тісністю, підвищеною вологістю, запиленістю, зіткненням з заземленими металевими поверхнями, застосовувати світильники напругою не вище 12 В або акумуляторні ліхтарі.

3.20. Брудний обтиральний матеріал із приміщення ЦТП (ІТП) прибирати щодня. Чистий і використаний обтиральний матеріал зберігати окремо в металевій тарі з кришками, що щільно закриваються.

3.21. Не допускається куріння, їда на робочому місці.

3.22. У разі поганого самопочуття припинити роботу, відключити обладнання, повідомити керівництво.

4. Вимоги охорони праці в аварійних ситуаціях.

4.1. При виявленні несправностей, що загрожують аварією чи нещасному випадку, роботу зупинити, обладнання знеструмити та повідомити безпосереднього керівника, далі діяти відповідно до отриманих вказівок.

4.2. В аварійних ситуаціях, пов'язаних із витіканням гарячої води, затопленням приміщення, сильним ширянням забороняється входити в приміщення ЦТП (ІТП) і вживати заходів щодо усунення аварії одному працівникові. У цих випадках, а також у разі несправностей обладнання, які можуть

4.3. При загорянні повідомити диспетчера, майстра, викликати пожежну команду за телефоном 101 або 112 і розпочати гасіння вогнища загоряння. Вимкнути діючі електроустановки. Для гасіння пожежі в електроустановках застосовувати вуглекислотні та порошкові вогнегасники (типу ОУ-2, ОПУ-2), сухий пісок, азбестові або грубошерсті тканини.

4.4. У разі нещасного випадку вивести/винести потерпілого з небезпечної зони, дотримуючись власної безпеки, надати йому першу допомогу, при необхідності викликати бригаду швидкої допомоги за телефоном 103 або 112, повідомити керівництво та по можливості зберегти обстановку для розслідування причин події.

4.5. При ураженні електричним струмом необхідно звільнити потерпілого від

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

дії струму, відключити електроустановку від джерела живлення. У разі неможливості відключення відтягнути потерпілого від струмопровідних частин за сухий одяг, відкинути дріт сухою дерев'яною палицею, дошкою або іншим ізоляційним матеріалом. Якщо поразка сталася на висоті — вжити заходів проти її падіння.

4.6. За відсутності у потерпілого дихання та пульсу необхідно викликати лікаря та приступити до штучного дихання способом «рот-в-рот» та до непрямого (зовнішнього) масажу серця. Штучне дихання та непрямий масаж серця робити до прибуття медичних працівників.

4.7. При опіку очей електричною дугою робити холодні примочки двовідсотковим розчином борної кислоти.

4.8. При опіках, отриманих від дії електричної дуги, робити холодні примочки двовідсотковим розчином борної кислоти.

4.9. При термічних опіках у разі відсутності пухирів (опік першого ступеня) обпалене місце промивають струменем чистої води та обробляють ділянку слабким рожевим кольором розчином марганцівки (спиртом, одеколоном). Накласти суху стерильну пов'язку.

4.10. При забитих місцях забезпечити спокій забій частині тіла, до забитого місця прикласти холод (лід, холодну воду, тканину, змочену водою). Не змащувати забите місце йодом, не розтирати його.

5. Вимоги охорони праці по закінченні роботи.

5.1. Прибрати робоче місце від відходів та сміття. Використану ганчірку скласти у відведене місце. Упорядкувати інструмент і прибрати на місце.

5.2. Зробити відповідні записи у оперативному журналі (відключення, несправності).

5.3. Доповісти безпосередньому керівнику про проблеми, що мали місце, і вжиті заходи.

5.4. Зняти спецодяг та засоби захисту, оглянути, упорядкувати та прибрати на місце. При необхідності здати в прання/ремонт.

5.5. Вимити обличчя та руки теплою водою з милом.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2 Організація технічного обслуговування інженерного обладнання будівельних мереж і систем

6.2.1 Загальні принципи технічного обслуговування

Технічне обслуговування та ремонт житлового фонду повинні організовуватись таким чином, щоб забезпечити надійну експлуатацію будівель протягом усього строку служби. Профілактичні заходи, регулярні перевірки та плановий ремонт мають зменшити ризик передчасного зносу обладнання.

Контроль технічного стану об'єктів здійснюється за допомогою сучасних засобів діагностики під час регулярних технічних оглядів, які проводяться згідно з чинними нормативними актами.

Розрізняють планові, часткові та позапланові обстеження, а також комплексні перевірки перед проведенням реконструкцій або капітального ремонту.

6.2.2 Система теплопостачання

Компоненти системи теплопостачання включають:

- котельні установки,
- мережі теплопроводів (зовнішні й внутрішньоквартальні),
- вузли управління (центральні та індивідуальні теплові пункти),
- системи опалення,
- гаряче водопостачання,
- вентиляційні системи з підігрівом повітря.

Кожен елемент має функціонувати у відповідності до встановлених нормативів з температури, тиску та обсягів подачі теплоносія, з урахуванням мінімальних тепловтрат.

Обслуговування таких систем повинно здійснюватися лише сертифікованим персоналом, який проходить атестацію не рідше одного разу на три роки (для ІТП та керівництва) і щороку — для решти працівників.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6.2.3 Опалення

Система центрального опалення у житлових будівлях повинна забезпечувати належний рівень комфорту мешканців, стабільно підтримуючи:

- задану температуру повітря у всіх опалювальних приміщеннях;
- температурні показники теплоносія на вході та виході системи відповідно до погодного графіка;
- тиск у трубопроводах на рівні, який не перевищує технічно допустимих норм для встановлених приладів.

Крім того, система має бути герметичною, без ознак витоків. У разі виявлення підтікання теплоносія, пошкоджень арматури чи несправностей кранів, обслуговуючий персонал зобов'язаний оперативно усунути ці недоліки. У приміщеннях, де порушено тепловий баланс, необхідно усунути самовільно встановлені радіатори або навпаки — додати відсутні прилади згідно з проектом.

Для систем із чавунними опалювальними приладами максимально допустимий робочий тиск становить 0,6 МПа. У разі використання інших матеріалів — допускається до 1 МПа.

Контроль за справністю опалювального обладнання здійснюють слюсарі-сантехніки. Вони відповідають не лише за ремонт, а й за запобігання перевитраті теплової енергії. У своїй роботі вони мають використовувати:

- журнал для обліку роботи системи опалення та ГВП,
- графік чергування персоналу,
- наочні матеріали (схеми стояків з позначенням номерів квартир, арматури, повітровідводів),
- інструкцію з експлуатації системи,
- телефонний довідник служб екстреного реагування.

Також у наявності мають бути: ремонтні інструменти, переносне освітлення, гігієнічні засоби, аптечка, стенд для зберігання ключів від технічних приміщень та журнал обліку видачі ключів, де фіксуються ПІБ працівника, час отримання та повернення.

Жителі та орендарі повинні вживати заходів для збереження тепла:

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ущільнювати вікна й двері, регулювати температуру за допомогою кранів на приладах. Інженерно-технічні працівники відповідають за моніторинг дотримання цих вимог.

Будь-яке самовільне втручання в систему опалення заборонено. У разі самовільного переобладнання, демонтажу або додавання приладів — відновлення проектного стану здійснюється за рахунок мешканців.

На початку кожного опалювального сезону персонал повинен перевірити розподіл теплоносія по системі. Нормальне функціонування визначається температурою води, що повертається, згідно з проектною або налагоджувальною документацією.

Графік технічного обслуговування має включати:

- гідравлічні випробування;
- очищення системи;
- пробний пуск;
- налаштування обладнання.

Усі несправності та роботи з їх усунення фіксуються у спеціальному журналі з зазначенням дати, характеру поломки та ПІБ виконавців. Ці дані враховуються під час підготовки системи до наступного опалювального періоду.

Перший запуск після промивання та опресування виконується при температурі теплоносія до 80–85 °С. Після видалення повітря перевіряється рівномірність прогріву опалювальних приладів.

Теплові випробування водонагрівачів проводять не рідше одного разу на п'ять років. Щомісячно перевіряються розподільчі трубопроводи, щотижнево — насоси, арматура, автоматика. Температурно-технічні параметри контролюються щодня. Повітря регулярно випускається, брудовики — промиваються.

Усі труби та радіатори повинні бути надійно закріплені з дотриманням ухилу. Прилади фарбуються масляною фарбою у два шари. В неопалюваних зонах труби обов'язково мають теплоізоляцію, яку слід перевіряти двічі на рік.

Подача тепла до системи регулюється автоматичними пристроями, встановленими згідно з проектом або рекомендаціями спеціалізованих

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

організацій. Вони потребують періодичного технічного обслуговування згідно з технічним паспортом або інструкцією виробника. При модернізації систем зазвичай впроваджується автоматичне фасадне регулювання.

6.2.4 Гаряче водопостачання

Подача гарячої води в житлові будинки має здійснюватися відповідно до встановлених нормативів щодо витрат. Якість води, яка подається через систему гарячого водопостачання, повинна відповідати вимогам, викладеним у ДБН В.2.5-64:2012.

Температура води в точках розбору (змішувачі, крани) не повинна бути нижчою за 60 °С у відкритих системах і не менш ніж 50 °С — у закритих. Для стабілізації температурного режиму в системі обов'язково повинно бути встановлено автоматичний терморегулятор. Температура води, що виходить з підігрівача, повинна забезпечувати потрібні параметри на виході, але не перевищувати 75 °С.

Інженерно-технічні працівники та обслуговуючий персонал повинні:

- ретельно ознайомитися з конструкцією системи за кресленнями та на місці;
- забезпечити її безперебійну та надійну роботу;
- оперативно усувати виявлені несправності.

Також вони зобов'язані проводити інструктаж мешканців щодо економного споживання гарячої води, своєчасного повідомлення про протікання або шум у трубах та контролювати дотримання цих порад.

Обслуговування та випробування систем

Водонагрівачі повинні проходити перевірку на герметичність під тиском водопровідної мережі або теплотраси. Гідравлічні випробування системи гарячого водопостачання мають проводитися щонайменше один раз на рік.

Після проведення ремонтних робіт обов'язковим є випробування системи на міцність при тиску, що становить 1,25 від робочого, але не вище 1 МПа і не менше 0,75 МПа.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ремонтні роботи мають виконуватись згідно з технічною документацією. Зазвичай використовуються оцинковані труби, а всі трубопроводи повинні прокладатися з ухилом не менше 0,002 у бік точок водозабору, без провисань. Кріплення, підвіски та опори мають забезпечувати вільне зміщення труб при зміні температури. Компенсатори встановлюються горизонтально.

Після завершення ремонту проводиться випробування за участю відповідального за безпеку експлуатації та оформлюється відповідний акт. Тиск у системі підтримується на рівні, що перевищує статичний на 0,05–0,07 МПа. Водонагрівачі разом з трубопроводами мають постійно залишатися заповненими водою.

Регулювальну арматуру (вентилі, засувки) слід відкривати та закривати не рідше двох разів на місяць для забезпечення її справності.

Контроль та профілактика

Огляди гарячого водопостачання мають проводитися за графіком, затвердженим головним інженером експлуатаційної організації. Всі результати заносяться до журналу технічного огляду.

Терморегулятори та пристрої контролю тиску перевіряються щомісяця. У разі частого потрапляння сторонніх частинок у систему, потрібно встановити фільтри.

Особливості експлуатації багатоповерхових будинків

У разі виникнення проблем із подачею гарячої води на верхні поверхи доцільно залучати фахівців проєктних або налагоджувальних організацій.

Для підвищення енергоефективності рекомендується використовувати сучасні теплоізоляційні матеріали на стояках.

Устаткування для водопідготовки повинне бути у справному стані та використовуватися відповідно до інструкцій виробника або рекомендацій проєктувальника.

6.2.5 Вентиляція

Природна і механічна вентиляція повинна відповідати вимогам по

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повітрообміну та температурному режиму. Важливо регулярно усувати засмічення, перевіряти роботу дросель-клапанів і дефлекторів, фарбувати шахти та перевіряти герметичність каналів.

При обслуговуванні теплих горищ, що служать частиною вентиляційних систем, дотримуються санітарних вимог: герметизація, наявність запірних елементів, регулярна дезінфекція (не рідше одного разу на три роки).

6.2.6 Водопровід і каналізація

Для підтримання працездатності систем водопостачання та водовідведення проводиться:

- регулярна профілактика (огляди, налагодження),
- планові ремонти,
- контроль і усунення гідроударів, витоків, засмічень, конденсату та шумів.

Системи з полімерних труб (ПВХ, ПНД тощо) повинні експлуатуватись згідно з технічними вимогами заводу-виробника та проектними документами. При недостатньому тиску використовуються насосні установки, при його коливаннях – регулятори тиску.

Контроль витрат здійснюється через водолічильники. Технічний персонал має проводити регулярні інструктажі для мешканців щодо правил користування сантехнічними системами.

6.2.7 Роль мешканців та відповідальність

Мешканці зобов'язані:

- своєчасно повідомляти про несправності,
- дотримуватись інструкцій щодо економії енергоносіїв і води,
- не виконувати самовільні перепланування чи змін у системах.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 06	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У межах кваліфікаційної роботи було виконано проектування системи водяного опалення для двоповерхового житлового будинку.

У запропонованій системі застосовано сучасне теплотехнічне обладнання, високоякісні матеріали та арматуру, вироблену провідними світовими компаніями. Завдяки використанню сучасної регулювальної арматури забезпечено можливість індивідуального налаштування температурного режиму у кожному приміщенні – шляхом регулювання рівня тепловіддачі конкретного опалювального приладу.

Технічне обслуговування спроектованої системи значно оптимізовано. Це досягнуто шляхом впровадження балансувальних клапанів, оснащених функцією зливу та пристроями для контролю параметрів теплоносія в реальному часі.

Розроблена система повністю відповідає чинним нормативним вимогам. При проектуванні були використані сучасні інженерні методики, зокрема ті, що спрямовані на підвищення енергоефективності та дотримання принципів теплозбереження.

Крім того, для організації гарячого водопостачання в будинку було передбачено використання теплообмінного апарата. Зокрема, був розроблений кожухотрубний теплообмінник, у якому здійснюється підігрів води за рахунок теплоносія високого тиску, що також використовується для опалення приміщень.

Під час інженерних розрахунків було визначено основні конструктивні параметри теплообмінника, що стали основою для побудови його складального креслення. Проведений гідравлічний аналіз дозволив оцінити втрати тиску теплоносіїв у трубному і міжтрубному просторах. Також було виконано розрахунок на міцність, який підтвердив, що корпус теплообмінника здатен витримати робочі навантаження без ризику пошкоджень у процесі експлуатації.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Література

1. Боженко, М.Ф. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти : навч. посіб./ М.Ф. Боженко, В.П. Сало. Київ : ІВЦ Вид-во «Політехніка», 2004. 192 с.
2. Пырков, В. В. Современные тепловые пункты. Автоматика и регулирование/ В.В. Пырков. Київ : ДП «Такісправи», 2007. 252 с.
3. Слаутіна, Т.Г. Проектування систем водяного опалення: навч. посібник / Т.Г. Слаутіна, С.А. Кузнецова. Миколаїв: Видавництво НУК, 2011. 68с.
4. Шаповалов, Ю.О. Методичні вказівки з виконання випускної бакалаврської зі спеціальності 6.050601 «Теплоенергетика»: метод. вказівки / Ю.О. Шаповалов, Т.Г. Слаутіна, М.М. Семенов, Д.М. Соломонюк. Миколаїв: Видавництво НУК, 2012. 34 с.
5. Шаповалов, Ю.О. Проектування теплообмінних апаратів теплотехнологічних установок : метод. вказ. /Ю.О. Шаповалов, Д.М. Соломонюк. Миколаїв : Видавництво НУК, 2009. 72с.
6. Прядко, М.О. Теплові мережі : навч. посібн. / М.О. Прядко, В.І. Павелко, С.М. Василенко. Київ : Алерта, 2005. 227 с.
7. Справочник по теплоснабжению и вентиляции: 4-е изд., перераб. и доп. / Щекин Р.В., Корневский С.М., Бем Г.Е. Киев : Будівельник, 1976. 416 с.
8. ДСТУ БА.2.4-1-95. Умовні позначення трубопроводів. Київ : Укрархбудінформ, 1996. 13 с.
9. ДСТУ БА. 2.4-8-95. Умовні позначення елементів санітарно-технічних систем. Київ : Укрархбудінформ, 1995. 15 с.
10. Теплова ізоляція будівель. ДБН В.2.6-31:2016.
11. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. ДБН В.2.6-31:2021.
12. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013.
13. Основні вимоги до будівель і споруд економія енергії. ДБН В.1.2-11:2008.
14. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-192:2013.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

15. Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013.

16. Методи визначення теплостійкості огорожувальних конструкцій. ДСТУ Б В.2.6-100:2010.

17. Методи визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. ДСТУ Б В.2.6-101:2010.

18. Щедролосєв О.В., Додонова Г.В., Мозговий А.М. Методичні вказівки для самостійної та індивідуальної роботи з дисципліни "Охорона праці в галузі" - Миколаїв : НУК, 2013.

					КР. 144. 4247ст. 01. 06. ПЗ. 00	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		