

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова

**Ю. О. Шаповалов, І. В. Калініченко,
Г. О. Кобалава**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до виконання курсового проєкту з дисципліни
«Проектування систем теплоенергетичних установок»
з галузі знань 14 «Електрична інженерія»
спеціальності 144 «Теплоенергетика»
освітньо-професійної програми «Теплоенергетика»**

Рекомендовано Методичною радою НУК



ВИДАВНИЦТВО
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
ІМ. АДМІРАЛА МАКАРОВА

2025

УДК 620.9(076)

Ш24

Автори:

Ю. О. Шаповалов, канд. техн. наук, доцент кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики, гарант ОП «Теплоенергетика» НУК;

І. В. Калініченко, канд. техн. наук, доцент кафедри теплотехніки ХННІ НУК;

Г. О. Кобалава, канд. техн. наук, доцент, завідувач кафедри теплотехніки ХННІ НУК

Рецензент

О. К. Чередніченко, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетики

Рекомендовано Методичною радою НУК

Шаповалов Ю. О.

Ш24

Методичні вказівки до виконання курсового проєкту з дисципліни «Проектування систем теплоенергетичних установок» з галузі знань 14 «Електрична інженерія» спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» / Ю. О. Шаповалов, І. В. Калініченко, Г. О. Кобалава. – Миколаїв : НУК, 2025. – 121 с.

Методичні вказівки охоплюють весь навчальний матеріал з даної дисципліни. Викладено методичні положення щодо написання та оформлення курсового проєкту, розкрито зміст основних елементів та етапів його написання.

Значна увага приділяється освоєнню понять про призначення системи розподілу енергетичних і матеріальних носіїв, її склад, схеми окремих складових загальної системи – систем, які обслуговують установки, що виробляють різні види енергії, та систем, які обслуговують об'єкти промислової та муніципальної енергетики.

Призначені для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти.

УДК 620.9(076)

© Ю. О. Шаповалов, І. В. Калініченко,
Г. О. Кобалава, 2025

© Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова, 2025

ВСТУП

Курсовий проєкт з навчальної дисципліни *«Проектування систем теплоенергетичних установок»* розрахована на здобувачів вищої освіти другого (магістерського) рівня освіти освітньо-професійної програми «Теплоенергетика». При виконанні курсового проєкту здобувач опановує методи та прийоми розрахунку та підбору теплоенергетичного обладнання з використанням спеціалізованих ліцензійних програмних засобів, ґрунтуючись на знання з електричної інженерії, набуває навичок роботи з нормативно-технічною та довідковою літературою.

Терміни видачі й виконання завдань на курсовий проєкт встановлюються відповідно до чинного робочого навчального плану спеціальності. При виконанні курсового проєкту розрахунки теплоенергетичного обладнання та схем необхідно вести послідовно й супроводжувати відповідними поясненнями.

Рисунки повинні задовольняти вимоги ДСТУ, позначення й індекси параметрів схем і режимів теплоенергетичного обладнання – відповідати чинній нормативно-технічній документації.

Обчислення потрібно організувати так, щоб була мінімальна витрата часу на них і найменша кількість помилок, можна було легко й швидко відшукати допущені помилки. Точність розрахунку можна вважати задовільною до третьої значущої цифри після коми. Для прискорення розрахунків і зменшення кількості помилок рекомендуються всі результати розрахунку записувати у вигляді таблиць.

1. ЗМІСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ ТА ОСНОВНІ ВИМОГИ ЩОДО ЙОГО ОФОРМЛЕННЯ

Основні вимоги до оформлення курсового проєкту

Індивідуальним завданням для здобувачів вищої освіти є курсовий проєкт (3 кредити), який складається з розрахунково-пояснювальної записки (30–40 аркушів формату А4), та графічного матеріалу на 2–3 аркушах (форматів А1-А2). Тема та зміст курсового проєкту пов'язані зі стислим аналізом систем теплопостачання, газопостачання, водопостачання та каналізації, які розробляє здобувач вищої освіти, а також обладнання, що входить у дану систему (теплообмінники, вентилятори, калорифери тощо).

Метою виконання курсового проєкту є закріплення набутих навичок та їхнє практичне застосування, засвоєння знань про призначення систем, їхнього складу, схеми окремих складових загальної системи – систем, які обслуговують установки, що виробляють різні види енергії, та систем, які обслуговують об'єкти промислової та муніципальної енергетики.

Курсовий проєкт повинен бути представлений пояснювальною запискою, яка подається на аркушах формату А4 і містить оформлений згідно зі стандартом титульний аркуш, формулювання завдання на курсовий проєкт, постановку задачі, виконання вказаних розділів, список використаних джерел.

Графічна частина складається максимум з трьох креслень, назви яких описуються в табл. 1.1. Також склад курсового проєкту наведений у табл. 1.1.

Основою для курсового проєкту слугує лекційний матеріал, ДБНУ, ДСТУ, літературні джерела, посібник для самостійної роботи, Internet-ресурси та ін.

Пояснювальна записка та графічна частини курсового проєкту виконуються згідно з вимогами ЄСКД та іншими нормативними документами.

В процесі виконання курсового проєкту здобувачі повинні показати, що вміють правильно застосувати знання, отримані при вивченні курсу «Проектування систем теплоенергетичних установок».

Таблиця 1.1 – Зміст, обсяг розрахунково-пояснювальної роботи та розподіл балів, що зараховуються здобувачу вищої освіти за курсову роботу (3 кредити)

Найменування змістового модуля	Обсяг кредитів	Сума залікових балів	Зміст етапів курсової роботи	Термін виконання, тижднів	Розподіл навчального навантаження, годин	Джерело інформації
1	2	3	4	5	6	7
1. Опис об'єкту проєктування, вимоги нормативних документів до проєктування. Мета проєктування	0,30	7...12	1. Призначення, загальна характеристика та опис об'єкта і складових частин, для яких проєктуються системи. Загальні відомості про виробництво, його параметри	II	5	[1, 2, 3, 7, 8, 9, 10, 13, 17, 18]
			2. Перелік та короткий опис всіх систем, що забезпечують роботу об'єкта	III	5	
			3. Вимоги ДБН України до систем, що проєктуються. Опис систем, їх розміщення. Вибір та обґрунтування основних параметрів. Матеріали систем	IV	5	
2. Підбір та розрахунок основного та допоміжного обладнання теплоенергетичних установок	1,5	30...50	1. Визначення продуктивності нагнітачів, діаметрів трубопроводів, необхідної арматури, фасонних частин, шляхових з'єднань. Гідравлічний розрахунок систем. Визначення розрахункових характеристик нагнітачів та систем	VII	10	[10, 15, 18, 20]

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
3. Графічна частина	1,00	17...28	2. Підбір основного обладнання систем за каталогами й довідниками та їх опис (нагнітачі, труби, арматура, фасонні частини, ізоляція, шляхові з'єднання, опори)	VIII	10	
			3. Розрахунок трубопроводів систем на міцність і компенсацію теплових деформацій	IX	10	
			4. Розрахунок теплових втрат та необхідної товщини ізоляції трубопроводів систем	X	10	[16, 17]
			5. Вибір, конструктивне виконання, розрахунок елемента системи	XI	10	
			1. Схема об'єкта і систем, що проєктуються, специфікація (1 лист формату A1)	XII	5	[1, 2, 3, 6, 10,]
4. Захист курсової роботи	0,20	6...10	2. Аксонометричні схеми систем. Розміри, споживачі, арматура, фасонні частини. Основні характеристики систем (1 лист формату A1)	XIII	10	[1, 2, 3, 13, 17, 18]
			3. Збірне креслення елемента системи (1 лист формату A2 або A3)	XIV	5	[1, 2, 3, 8, 9, 10]
				XV	5	–
Всього	3,00	60...100			90	

Усі сторінки повинні мати наскрізну нумерацію, починаючи з титульного аркуша і до останньої сторінки. На титульному аркуші номер не ставиться.

Умовні позначення на рисунках і текст повинні відповідати діючим вимогам, кутовий штамп на рисунках не ставиться.

Обчислення розташовуються в наступному порядку: найменування розрахункованої величини, загальна формула, числові значення величин, остаточний результат. Усі таблиці повинні бути пронумеровані і мати заголовки. Розмірності величин у записці повинні відповідати вимогам Міжнародної системи одиниць СІ.

Список літератури складається в алфавітному порядку. У списку літератури вказується прізвище та ініціали автора, повна назва роботи, місто, видавництво, рік видання і загальна кількість сторінок. Посилання на використовувану літературу розташовують у прямих дужках, де вказується порядковий номер роботи у списку літератури.

Курсовий проєкт виконується за час самостійної роботи студентів частково під керівництвом викладача. Виконання курсового проєкту є обов'язковим. Після захисту курсового проєкту здобувач вищої освіти має право здавати іспит з дисципліни «Проектування систем теплоенергетичних установок».

2. ОПИС ОБ'ЄКТА ПРОЄКТУВАННЯ, ВИМОГИ НОРМАТИВНИХ ДОКУМЕНТІВ ДО ПРОЄКТУВАННЯ. МЕТА ПРОЄКТУВАННЯ

2.1 Класифікація систем розподілу енергетичних або матеріальних носіїв

Системи теплопостачання класифікуються за такими *основними ознаками*: вид теплоносія, потужність, вид джерела теплоти.

I. Залежно від *виду теплоносія*.

Теплоносієм називається середовище, що передає теплоту від джерела теплоти до нагрівальних приладів систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання.

У сучасних умовах теплопостачання споживачів забезпечується зазвичай такими теплоносіями:

- 1) гарячим повітрям;
- 2) гарячою водою;
- 3) водяною парою;
- 4) за допомогою електроенергії.

У нашій країні для міст і житлових районів як теплоносіїв використовують воду.

На промислових площадках у промислових районах для систем теплопостачання застосовують воду й пару. Пара в основному застосовується для технологічних потреб. Останнім часом існує тенденція застосування і на промислових об'єктах єдиного теплоносія – води, що використовується і при технологічних процесах. Застосування єдиного теплоносія

спрошує схему теплопостачання, веде до зменшення капітальних витрат і сприяє якісній та дешевій експлуатації.

Ефект передачі теплоти при застосуванні води полягає в тому, що вода, яка безупинно рухається від джерела теплоти по трубопроводах до нагрівальних приладів, охолоджується в останніх за рахунок контакту з відносно холодною їхньою поверхнею (знижує температуру) і тим самим передає частину теплоти повітрю приміщення в системах опалення.

У системах централізованого теплопостачання вибір теплоносія, як правило, слід робити у відповідності з ДБН В.2.5-67:2013 і діючими санітарними й протипожежними нормами. При цьому необхідно враховувати таке [1]:

1) для подачі теплоти в системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря перевага віддається гарячій воді, при якій надходження теплоти піддається центральному якісному регулюванню;

2) при роботі водяних систем у приміщеннях відсутній специфічний запах гарячого пилу і неприємні металеві шуми, властиві роботі парових систем при русі пароконденсатної суміші по трубопроводах. Таким чином, водяні системи поліпшують санітарно-гігієнічні умови і сприяють створенню в приміщеннях більш здорової і комфортної обстановки;

3) можливий радіус дії водяної системи (30...60 км від джерела теплоти до споживача) значно перевищує можливий радіус дії парової системи (до 6...15 км). Завдяки цій важливій перевазі теплопостачання при теплоносії – гарячій воді – може здійснюватися від джерела теплоти, розташованого далеко від споживачів, навіть за межею міста;

4) при використанні води як теплоносія відпадає важка задача зі збирання й повернення конденсату до джерела теплоти. Станція перекачування конденсату з конденсатними баками вимагає від споживачів теплоти досить великих приміщень. Повернення конденсату зв'язане з явищем вторинного пароутворення. Для використання теплоти вторинної

пари встановлюють спеціальні пароводяні підігрівачі, що утилізують теплоту пароконденсатної суміші. При відсутності цієї чи іншої можливості теплота вторинної пари втрачається;

5) вода має порівняно низьку температуру, а отже, і поверхні нагрівальних приладів не нагріваються надмірно;

6) існує можливість ступінчастого підігріву води на ТЕЦ, з використанням низьких тисків пари і збільшення в такий спосіб виробленої електричної енергії на тепловому споживанні;

7) відносна простота приєднання водяних систем опалення, вентиляції і гарячого водопостачання до теплових мереж;

8) великий термін служби водяних систем опалення, водопостачання і вентиляції в порівнянні з паровими, через більш інтенсивну корозію внутрішньої поверхні конденсатопроводів останньої.

Приймаючи до уваги сказане, незважаючи на деякі переваги пари як теплоносія, вона застосовується для систем теплопостачання й опалювальних систем значно рідше води і лише для тих приміщень, де немає довгострокового перебування людей.

«Будівельними нормами і правилами» парове опалення дозволяється застосовувати в торгових приміщеннях, лазнях, пральнях, кінотеатрах, у промислових будинках. У житлових будинках парові системи не застосовуються.

II. Залежно від *потужності джерела теплоти*, кількості *споживачів*, що приходить на одне джерело, і *взаємного розташування джерела і споживачів теплоти* системи теплопостачання розділяються на:

- 1) централізовані;
- 2) децентралізовані (місцеві).

Централізованими системи теплопостачання називаються в тому випадку, коли від одного джерела теплоти подається теплота для багатьох приміщень або будинків. Найпростішою

формою централізованого теплопостачання є система постачання теплотою одного будинку будь-якого об'єму від одного джерела теплоти. Як правило, такими системами називають системи опалення будинків, що одержують теплоту від котла, встановленого в підвалі будинку. Від цього котла може подаватися теплота для систем вентиляції і гарячого водопостачання цього будинку.

Місцевими (децентралізованими) називають системи теплопостачання, в яких три основні ланки об'єднані і знаходяться в одному приміщенні або в суміжних приміщеннях і застосовуються тільки в цивільних будинках невеликого об'єму або у невеликих допоміжних приміщеннях на промислових площадках, відокремлених від основних виробничих корпусів. Прикладом таких систем є печі, газове або електричне опалення. У цих випадках одержання теплоти і передача його повітрю приміщень об'єднані в одному пристрої і розташовані в опалювальних приміщеннях.

Децентралізоване теплопостачання характеризується такими ознаками:

- невеликою потужністю джерела теплоти (котельні теплопродуктивністю до 20 Гкал/год);
- невеликою кількістю споживачів, що використовують теплоту від одного джерела;
- близьким розташуванням джерела і споживачів теплоти, що в деяких випадках виключає необхідність прокладки зовнішніх теплових мереж.

Централізоване теплопостачання в порівнянні з децентралізованим має такі переваги:

- 1) економніше використання палива за рахунок вищих к.к.д. котлів з високою продуктивністю;
- 2) можливість використання низькосортного палива, наприклад, високозольних марок вугілля, шляхом застосування систем пилоприготування, що можливо тільки в великих котельнях, що працюють на пиловугільному паливі;

- 3) поліпшення екологічної обстановки:
- внаслідок віддалення джерел теплоти (котельних і ТЕЦ) від споживачів і локалізація спалювання палива далеко від житлових районів;
 - за рахунок можливості застосування ефективних і сучасних методів очищення, що можливо тільки у великих котельнях і ТЕЦ централізованого теплопостачання;
- 4) зниження питомих капітальних та експлуатаційних витрат на вироблення теплової енергії, що характерне при укрупненні джерел теплоти;
- 5) звільнення територій міст і підприємств від численних котельних;
- 6) розвантаження транспорту, в тому числі й трубопроводного, для доставки палива до джерел теплоти;
- 7) можливість комфортнішого забезпечення споживачів тепловою енергією за рахунок розміщення джерел теплоти поза будівлями і далеко від будівель, що споживають теплову енергію.

III. За видом джерела теплоти системи централізованого теплопостачання розділяють на *районне теплопостачання і теплофікацію*. При районному теплопостачанні джерелом теплоти служить районна котельня (теплопродуктивністю понад 20 Гкал/год, або понад 20...25 МВт), а при теплофікації – ТЕЦ (теплоелектроцентрально).

Теплоносії одержує теплоту з районної котельні (або ТЕЦ) і по зовнішнім трубопроводам, що мають назву теплові мережі, надходить у системи опалення і вентиляції промислових, громадських і житлових будинків. У нагрівальних приладах, розташованих усередині будинку, теплоносії віддає частину акумульованої в ньому теплоти і відводиться по спеціальних трубопроводах назад до джерела теплоти.

Теплофікація від районного теплопостачання відрізняється не тільки видом джерела теплоти, але й самим характером виробництва теплової енергії. Вона може бути

охарактеризована як централізоване теплопостачання на базі комбінованого виробництва теплової та електричної енергій.

Крім джерела теплоти, всі інші елементи в системах районного теплопостачання і теплофікації однакові. Однак, як правило, охоплення централізованим теплопостачанням, тобто кількість абонентів, що постачаються теплом, при теплофікації значно вище, ніж при районному теплопостачанні.

2.2 Опис об'єкта проєктування

У дипломному проєкті запроєктовані наступні системи життєзабезпечення: система водопостачання, система каналізації, система опалення, система вентиляції та система газопостачання.

Теплова схема дахової котельні розрахована на п'ять режимів:

1. Максимальний зимовий режим із температурою -20°C .
2. Із середньою температурою зовнішнього повітря найбільш холодного місяця -10°C .
3. Із середньою температурою зовнішнього повітря за опалювальний період -7°C .
4. З температурою зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка мережевої води -4°C .
5. Літній.

2.3 Приклад розрахунку об'єкта проєктування

Об'єктом проєктування є готель, який включає в себе дев'ять поверхів і підвал. Перший поверх і підвал надані під розважально-офісні приміщення, решта вісім поверхів – під

готельні номери. На кожному поверсі десять номерів – п'ять двомісних та п'ять одномісних. Кожен номер обладнаний санвузлом, який включає в себе унітаз, раковину та душеву кабінку. П'ятий та шостий поверхи вважаються номерами «люкс», де в кожному санвузлі передбачено ванну. Загальна висота об'єкта 27 метрів, площа всіх поверхів 3888 м², об'єм забудови 104976 м³. Максимальна кількість людей при максимальному заселенні готельних номерів та розважальних комплексів, а також з робочим персоналом складає 120 чоловік. Фасадна та тильна сторони готелю виконані зі скла, бокові сторони виконані із залізобетонних плит та ізольовані 50 мм прошарком пінопластової ізоляції.

За результатами розрахунків передбачена опалювальна установка, яка при кожному температурному режимі забезпечить температуру в приміщеннях + 20°C та подачу гарячої води на споживача із температурою + 60°C.

Система опалення запроектована лежачово-стоякового типу. За результатами розрахунків тепловитрат приміщень підібрані сталеві панельні радіатори ELBA. На кожному з них передбачений повітровідвідний кран і термостатична голівка, за допомогою якої можна регулювати температуру в приміщенні.

Система водопостачання запроектована у відповідності з ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід і каналізація будівель», ДБН В.2.2-9:2018 «Громадські будівлі і споруди». Водопостачання будівлі передбачене від міської мережі водопроводу. Облік витрати води здійснюється водомірним вузлом з імпульсним виходом, встановленим на введенні. У будівлі розроблений об'єднаний господарський-протипожежний водопровід. Витрата води складає 2,52 л/с. Для підвищення натиску в системі об'єднаного водопроводу проектується установка підвищення тиску [2, 3].

Гаряче водопостачання передбачене з котельні. Система гарячого водопостачання запроектована з верхньою розводкою

і циркуляційним трубопроводом. На стояках гарячого водопостачання встановлюються рушникосушарки у ванних кімнатах. Трубопроводи холодної і гарячої води запроєктовані із сталевих водогазопроводних оцинкованих труб.

Побутові і виробничі стічні води роздільними випусками відводяться в зовнішню мережу каналізації. Внутрішня каналізація запроєктована з пластмасових каналізаційних труб. Введення водопроводу і випуск каналізації виконуються у водонепроникних каналах з ухилом у бік контрольного колодязя, оскільки ґрунти 2 типу просядочності. Магістральні трубопроводи холодної і гарячої води та стояки ізолюються поліетиленовою ізоляцією. Виробництво робіт вести відповідно до ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід і каналізація будівель». Приєднання миття до каналізаційної мережі передбачається з розривом струменя не менше 20 мм від верху приймальної воронки. Ущільнення введення водопроводу і випусків каналізації виконати згідно комплексу 7373-3. Перетин пластмасового трубопроводу з фундаментом будівлі передбачається в пластмасовому футлярі [2].

2.4 Перелік теплоенергетичного обладнання і систем, параметри та робочі характеристики енергоносіїв

Курсовий проєкт виконується відповідно до ДБН В.2.5-77:2014 «Котельні» та НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» (був замінений на не діючий ДНАОП 0.00-1.26-96 «Правила пристрою і безпечної експлуатації парових з тиском пари не більш за 0,07 МПа водогрійних котлів і водопідігрівачів з температурою нагріву води не вище 115 °С») [4, 5].

Проєктована котельня призначена для теплопостачання і гарячого водопостачання готелю з розважально-офісними приміщеннями. Система опалення готелю вибрана закрита,

двохтрубна. Теплоносії системи опалення – вода з параметрами 95...70°C. Паливо – природний газ з нижньою теплою згоряння 8030 ккал/м³.

Як джерело тепла передбачена опалювальна установка на базі дахових модулів ВПМ «КОЛВІ-192».

До складу устаткування котельні входять:

- ВПМ «КОЛВІ-192» – 3 шт.;
- підігрівач сирі води КОЛВІ В31-60 – 1 шт.;
- бак акумулятор ВС-200 Т – 1 шт.;
- вакуумний деаератор 400 л – 1 шт.;
- бак з деаерованою водою 300 л – 1 шт.;
- фільтр сирі води – 1 шт.;
- циркуляційний насос системи опалення «WILO»

ІЛ 40/140-2,2/2 – 2 шт.;

- циркуляційний насос ГВП «WILO» TOPS 50/4 – 2 шт.;
- рециркуляційний насос ГВП «WILO» TOPZ 25/6 –

1 шт.

Забір повітря на горіння здійснюється безпосередньо з котельної зали. Котли забезпечені пристроєм для регулювання температури теплоносія в нічний час. Видалення димових газів здійснюється за рахунок природної тяги через теплоізовані димарі з товстої листової сталі 0,7 мм перетином 685 × 110 мм.

Примусова циркуляція теплоносія в системі опалення здійснюється за рахунок насосів ІЛ 40/140-2,2/2 (два паралельно розташованих насоси, один з яких є робочим, другий – резервний). У разі виходу з ладу одного насоса автоматично вмикається другий. Насоси працюють по черзі для забезпечення однакового часу напрацювання. В установці передбачене автоматичне регулювання температури теплоносія в системі опалення в залежності від температури зовнішнього повітря.

Система опалення прийнята закрыта. В системі підтримується постійний тиск 2,0...2,5 бар. Незначні коливання тиску,

а також теплові розширення компенсуються за допомогою бака з деаерованою водою ємністю 300 літрів, який підключений до зворотного трубопроводу системи опалення. Надлишок тиску в системі опалення скидається в каналізацію з допомогою пружинних запобіжних клапанів, що входять до складу модулів. У разі падіння тиску нижче 2,0 бар, система опалення підживлюється підготовленою водою автоматично за допомогою насоса HDWJ 201 EM, який включається при падінні тиску в системі опалення нижче 2,0 бар. Параметри налаштування насоса: тиск включення – 2,0 бар, тиск виключення – 2,5 бар.

Для гарячого водопостачання передбачений пластинчастий теплообмінний апарат з продуктивністю 5900 л/год. Для демпфування температурних нерівностей гарячої води і для її акумуляції передбачений ємнісний теплообмінник ємністю 200 л. Максимальна температура гарячої води + 60 °С. Температура гарячої води задається термостатом, вбудованим в ємнісний теплообмінник.

Модульна котельня працює під спостереженням постійного обслуговуючого персоналу.

2.5 Приклад формулювання мети проєктування

Метою даного курсового проєкту є забезпечення багатоповерхового готелю на 80 номерів з розважально-офісними приміщеннями та даховою котельнею наступними системами життєзабезпечення:

- системою опалення;
- системою холодного водопостачання;
- системою гарячого водопостачання;
- системою вентиляції;
- системою каналізації.

Дахова котельня повинна бути запроєктована на газі із приготуванням гарячої води в котельні. Температура теплоносія

системи опалення повинна бути $T_1 = 95^\circ\text{C}$, $T_2 = 70^\circ\text{C}$. В період максимального заселення необхідно забезпечити готель гарячою водою температурою з температурою $T_3 = 60^\circ\text{C}$.

Система опалення повинна бути розрахована на температуру в номерах готелю, холах та сходових маршах $+ 20^\circ\text{C}$, в інших технічних приміщеннях $+ 18^\circ\text{C}$.

3. ПІДБІР І РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО ТА ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

3.1 Проєктування системи опалення

Опалення – це штучний обігрів приміщення, який застосовують для компенсації тепловтрат і підтримання температури повітря на бажаному рівні. Відмінністю сучасного опалення є автоматичне підтримання (регулювання) у приміщенні температури повітря на індивідуальному рівні з метою забезпечення теплового комфорту [6].

Опалення здійснюють комплексом технічних засобів, який називають системою опалення. До її складу входять засоби для отримання, транспортування і передачі теплоти в усі приміщення, що обігріваються. Система опалення обслуговується, як правило, комплексом автоматизованої системи управління. Автоматизована система управління підтримує задану температуру повітря у приміщенні незалежно від коливань параметрів оточуючого середовища (атмосферних умов).

Класифікація систем водяного опалення надто розгалужена, що пов'язано з багатоваріантністю принципів схем, технічних і функціональних характеристик, які залежать як від технічних можливостей цих систем, так і від об'єктів застосування.

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

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

Застосування дахових котелень та підземне будівництво призвело до проектування систем з двома магістральними трубопроводами, розташованими вище опалювальних приладів. Такі системи називають з верхньою розводкою магістралей. При прокладанні їх нижче опалювальних приладів – з нижньою. При проміжному прокладанні та при розташуванні одного з них вище, а другого нижче опалювальних приладів – із змішаною розводкою (раніше ці системи називали з верхньою розводкою). Необхідність такої класифікації пов'язана також з різним впливом природного (гравітаційного) тиску на роботу систем.

Окрему групу становлять панельно-променеві системи. Найбільш широко застосовують підлогове опалення та його різновид – теплу підлогу, де використовують теплоносій з температурою нижче 60°C.

Приведене значення орієнтовне і потребує уточнення при застосуванні обладнання того чи іншого виробника. Окрім того, така градація пов'язана з тим, що автоматика сучасних індивідуальних котлів відслідковує чотири контури теплоспоживання за максимальними температурами: для басейну, гарячого водопостачання, підлогової та основної систем опалення. Високотемпературні системи традиційно використовуються за їх призначенням.

Гравітаційні системи проєктують при техніко-економічному обґрунтуванні. Наявність малопотужних малошумних насосів та автономних джерел електропостачання робить їх використання недоцільним.

Різні підходи при гідравлічному розрахунку насосних систем – з або без урахування гравітаційного тиску розмежували їх.

Одним з основних елементів сучасних систем опалення є терморегулятор, який автоматично підтримує задану температуру повітря в приміщенні за рахунок кількісного регулювання теплоносія, що надходить в опалювальний прилад. При певних перепадах тиску на терморегуляторі може виникнути шум. Тому при проєктуванні необхідно забезпечити перепади, при яких рівень шуму не перевищить допустимих значень за ДБН. В.2.2-28:2010 «Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення» [7].

При цьому для різних терморегуляторів і певних положень їх настройки допустимий перепад тиску приймає всілякі значення. Практичний досвід свідчить, що цей перепад повинен бути меншим від приблизно 25 кПа.

Якщо він перевищує указаний рівень, що встановлюється аналізом характеристики насоса при мінімальній допустимій для теплообмінника котла витраті теплоносія або мінімальній його витраті при кількісному регулюванні, необхідно застосовувати автоматичні засоби стабілізації перепаду тиску.

Робота терморегуляторів базується на кількісному регулюванні, тобто змінному гідравлічному режимі. Таке регулювання найкраще забезпечується при використанні насосів, значно гірше – водоструминних елеваторів з регульованим перерізом сопла, не забезпечується нерегульованими елеваторами. Застосування останніх у системах опалення з терморегуляторами є неефективним. При використанні терморегуляторів рекомендується застосовувати герметичні циркуляційні насоси опалення; в об'єктах з тепловою потужністю системи 50 кВт та вище – насоси з регульованою кількістю обертів або постійною кількістю обертів, але в останньому випадку необхідно забезпечити автоматичне підтримання перепаду

тиску між головними магістралями, наприклад, установкою байпасу між ними з автоматичним регуляційно-обвідним клапаном.

Опалювальні прилади призначені для передачі теплоти від теплоносія до повітря та огорожуючих конструкцій приміщення, в якому вони встановлені.

До опалювальних приладів висувають ряд вимог, за якими їх класифікують, аналізують ступінь досконалості та проводять порівняння.

Санітарно-гігієнічні вимоги. Опалювальні прилади повинні мати за можливістю більш низьку температуру корпусу для забезпечення непригорання пилу, зменшення нейтралізації нестійких іонів з негативним зарядом, безпеки користування (запобігання опіків), зниження швидкості руху повітря і відповідно швидкості руху пиловидних частинок; мати найменшу площу для зменшення відкладання пилу; мати вільний доступ для видалення пилу з корпусу та з огорожуючих конструкцій за ним.

Економічні. Опалювальні прилади повинні мати найменші приведені витрати на виготовлення, монтаж, експлуатацію, найменшу витрату металу, найменшу питому вартість, віднесену до 1 м² площі поверхні або до 1 кВт теплового потоку.

Архітектурно-будівельні. Зовнішній вигляд (форма, розміри, фарбування) опалювальних приладів повинен відповідати інтер'єру приміщення, а їх об'єм, віднесений до одиниці теплового потоку, бути якнайменшим.

Виробничо-монтажні. Повинна забезпечуватись максимальна механізація робіт при виробництві та монтажу опалювальних приладів. Опалювальні прилади повинні мати достатню механічну міцність.

Експлуатаційні. Опалювальні прилади повинні пропорційно реагувати на автоматичну керованість їх тепловіддачею; забезпечувати авторитет теплоти у приміщенні; бути довговічними, температуростійкими.

Теплотехнічні. Опалювальні прилади повинні забезпечити найбільшу щільність питомого теплового потоку, віднесеному на одиницю площі.

Побутові. Опалювальні прилади можуть мати додаткове обладнання для задоволення потреб споживача – дзеркала, вішалки, зволожувачі повітря тощо.

За переважним видом тепловіддачі всі опалювальні прилади розділяють на три групи, а саме [6]:

- радіаційні, що передають випромінюванням не менше 50 % сумарного теплового потоку. До них відносять сталеві бетонні опалювальні панелі та випромінювачі;

- конвентивно-радіаційні, що передають конвекцією від 50 до 75 % сумарного теплового потоку. В цю групу включають секційні та панельні радіатори, підлогові та стінові опалювальні панелі, гладкотрубні опалювальні прилади;

- конвективні передають конвекцією понад 75 % загального теплового потоку. До них включають конвектори та ребристі труби.

За матеріалом опалювальні прилади розділяють на металеві (чавунні, сталеві, алюмінієві, мідні тощо), біметалеві (оміднені, сталєво-алюмінієві, мідно-алюмінієві тощо, причому першим словом позначають метал, що контактує з водою), неметалеві (керамічні, пластмасово-бетонні) та комбіновані (металево-керамічні, металево-бетонні тощо).

За висотою вертикальні опалювальні прилади розрізняють на високі (висотою понад 650 мм), середні (від 400 до 650 мм), низькі (від 200 до 400 мм) та плінтусні (до 200 мм).

За будівельною глибиною – малої (до 120 мм), середньої (від 120 до 200 мм) та великої глибини (понад 200 мм).

За величиною теплової інерції виділяють опалювальні прилади малої теплової інерції, які мають малу масу металу, малу водомісткість, високий коефіцієнт теплопровідності (конвектори, листові штамповані радіатори) і великої теплової інерції, відповідно з великою масою металу або бетону,

великою водомісткістю, низьким коефіцієнтом теплопровідності (чавунні радіатори, підлогові і т. п. опалювальні панелі).

При техніко-економічному обґрунтуванні вибору опалювальних приладів особливу увагу слід приділяти їх інерційності. Від неї в сучасних системах опалення з терморегуляторами залежать показники економічної ефективності та санітарної гігієнічності. Якщо терморегулятор перекриє подачу теплоносія (нічний режим, черговий режим, вплив інсоляції), – опалювальний прилад деякий час буде віддавати теплоту в приміщення, оскільки не має можливості миттєвої зупинки (охолодження) або виведення на менший рівень теплової потужності.

Чим більша маса опалювального приладу і маса води в ньому, а також чим менший коефіцієнт теплопровідності матеріалу, з якого він виготовлений, тим більша кількість непродуктивної (зайвої) теплоти буде передана приміщенню. При зворотному процесі – для прогрівання значної маси опалювального приладу і води в ньому необхідний значний термін часу до забезпечення теплового комфорту.

Вибір опалювальних приладів. Різні типи опалювальних приладів мають властиві їм переваги і недоліки, оцінку впливу яких здійснюють техніко-економічним порівнянням. В усіх випадках при використанні терморегуляторів перевагу надають малоінерційним опалювальним приладам.

Сталеві радіатори мають загальні для радіаторів переваги. Відрізняються від чавунних меншою металосмістю ($0,55 \dots 0,6 \text{ Вт/(кг}\cdot\text{K)}$), вдвічі меншою водомісткістю, більше відповідають інтер'єру приміщення. Однопанельні конструкції легше очищаються від пилу, більш технологічні у виробництві і при монтажу, малоінерційні, а отже, легше піддаються автоматичному керуванню теплової потужності. Мають невелику будівельну глибину. Основним недоліком є зазнавання внутрішньої корозії, оскільки товщина

стілки приблизно 1,2...1,5 мм. Застосування таких приладів обмежується замкненими системами опалення, системами із спеціально підготовленою (деаерованою) водою, котеджними системами, де легко забезпечити високу якість теплоносія.

3.2 Приклад розрахунку теплового балансу типової кімнати готелю

Огороджуючі конструкції

Розрахункові параметри кімнати № 1, м:

Стіна..... 3×8 м;

Вікно..... $5,1 \times 3$ м;

Підлога..... $5,1 \times 8$ м.

Характеристика огороджуючих конструкцій готелю:

Стіна:

- шлакопінобетон $\delta = 0,25$ м; $\lambda = 0,47$ Вт/м $\cdot$ °С;
- розчин цементно-піщаний $\delta = 0,01$ м; $\lambda = 0,93$ Вт/м $\cdot$ °С;
- штукатурка $\delta = 0,02$ м; $\lambda = 1,2$ Вт/м $\cdot$ °С.

Вікно:

- бетон $\delta = 0,1$ м; $\lambda = 1,86$ Вт/м $\cdot$ °С;
- картон $\delta = 0,01$ м; $\lambda = 0,18$ Вт/м $\cdot$ °С;
- лінолеум на тканинній основі $\delta = 0,005$ м;
 $\lambda = 0,35$ Вт/м $\cdot$ °С.

Стеля:

- дерево (дуб) $\delta = 0,02$ м; $\lambda = 0,23$ Вт/м $\cdot$ °С;
- керамзит $\delta = 0,2$ м; $\lambda = 0,47$ Вт/м $\cdot$ °С;
- шифер $\delta = 0,005$ м; $\lambda = 0,81$ Вт/м $\cdot$ °С.

Двері:

- дерево (дуб) $\delta = 0,05$ м; $\lambda = 0,23$ Вт/м $\cdot$ °С.

Вихідні дані [1]:

Температура навколишнього середовища $t_n^6 = -20^\circ\text{C}$;

Швидкість вітру $v = 10 \text{ м/с}$;

Середня температура повітря всередині приміщення $t_b = +20^\circ\text{C}$;

Швидкість руху повітря в приміщення $v = 0,15 \text{ м/с}$;

Температура над стелею $t_{\text{стел}} = -20^\circ\text{C}$;

Температура під підлогою $t_{\text{підл}} = 2^\circ\text{C}$.

Для визначення необхідної потужності системи опалення проводиться розрахунок теплового балансу готелю, Вт:

$$Q_{\text{co}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{інф}} - Q_{\text{поб}} - Q_{\text{люд}} - Q_{\text{ел}},$$

де Q_{co} – необхідна потужність системи опалення для обігріву приміщень готелю, Вт;

$Q_{\text{огр}}$ – витрати теплоти через огорожувальні конструкції (стіни, стеля, підлога), Вт;

$Q_{\text{інф}}$ – витрати теплоти на нагрівання поступаючого у приміщення повітря через нещільності віконних прорізів, двері і т. п., а також повітря, спрямованого системою вентиляції без попереднього прогріву, Вт;

$Q_{\text{поб}}$ – надходження теплоти в приміщення від побутових тепловиділень, Вт;

$Q_{\text{люд}}$ – надходження теплоти в приміщення від людей, Вт;

$Q_{\text{ел}}$ – надходження теплоти в приміщення від штучного освітлення та електричного обладнання, Вт.

Основні тепловитрати приміщень складаються з витрат теплоти через зовнішні огорожувальні конструкції, визначаються за формулою, Вт:

$$Q_{\text{огр}} = \frac{F_i}{R_0} (t_b - t_n^6) \cdot (1 + \sum \beta) \cdot n,$$

де F_i – розрахункова площа огорожувальних конструкцій приміщення (стіни, стеля, підлога, двері, вікна), м^2 ;

R_0 – опір теплопередачі огорожувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$;

$t_{\text{в}}$ – розрахункова температура повітря приміщення, $^\circ\text{C}$;

$t_{\text{н}}^6$ – розрахункова температура навколишнього середовища для холодного періоду року;

β – додаткові втрати теплоти в частках від основних втрат;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря, $n = 1,0$.

Термічний опір багатошарового огородження:

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

де $\alpha_{\text{н}}$ – коефіцієнт теплопередачі для зимових умов зовнішньої поверхні огорожувальної поверхні, $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [8];

$\alpha_{\text{в}}$ – коефіцієнт теплопередачі внутрішньої поверхні огорожувальної поверхні: $\alpha_{\text{в}} = 8,7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$ [8].

Для стін:

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{23} + \frac{0,25}{0,47} + \frac{0,01}{0,93} + \frac{0,02}{1,2} + \frac{1}{8,7} = 0,7178 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Для вікон:

$$R_{\text{вікн}} = 0,34 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Для підлоги:

$$R_{\text{підл}} = \frac{1}{23} + \frac{0,1}{1,86} + \frac{0,01}{0,18} + \frac{0,005}{0,35} + \frac{1}{8,7} = 0,282 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}.$$

Для стелі:

$$R_{\text{стелі}} = \frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,23} + \frac{0,2}{0,47} + \frac{0,005}{0,81} + \frac{1}{8,7} = 0,677 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт.}$$

Для дверей:

$$R_{\text{дверь}} = \frac{1}{23} + \frac{0,05}{0,23} + \frac{1}{8,7} = 0,3758 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C) / Вт.}$$

Кімната № 1:

Тепловтрати через стіну, вікна, підлогу:

$$\text{для стіни А: } Q_{\text{огр}} = \frac{24}{0,7178} (20 - (-20)) \cdot (1 + 0) \cdot 1 = 1350 \text{ Вт,}$$

$$\text{для вікна: } Q_{\text{огр}} = \frac{15,3}{0,34} (20 - (-20)) \cdot (1 + 0) \cdot 1 = 1800 \text{ Вт,}$$

$$\text{для підлоги: } Q_{\text{огр}} = \frac{21,07}{0,282} (20 - 2) \cdot (1 + 0) \cdot 1 = 2600 \text{ Вт,}$$

$$\text{для стелі: } Q_{\text{огр}} = \frac{21,07}{0,677} (20 - (-20)) \cdot (1 + 0) \cdot 1 = 1250 \text{ Вт.}$$

Тепловитрати на нагрівання інфільтруючого повітря:

$$Q_{\text{інф}} = 0,04 \cdot \sum Q_{\text{огр}} = 0,04 \cdot 2317,476 = 92,69902 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки від побутових тепловиділень:

$$Q_{\text{поб}} = 21 \cdot F_{\text{підлоги}} = 21 \cdot 21,07 = 442,47 \text{ Вт,}$$

де $F_{\text{підлоги}} = 21,07 \text{ м}^2$ – площа підлоги кімнати А.

Теплопритоки від людей:

$$\begin{aligned} Q_{\text{люд}} &= \beta_{\text{и}} \cdot \beta_{\text{од}} (2,5 + 10,3 \sqrt{v_{\text{в}}}) \cdot (35 - t_{\text{в}}) = \\ &= 1,07 \cdot 0,66 \cdot (2,5 + 10,3 \sqrt{0,15}) \cdot (35 - 20) = 68,74 \text{ Вт} \end{aligned}$$

де β_u – коефіцієнт, що враховує інтенсивність роботи, яку виконує людина, $\beta_u = 1,07$;

$\beta_{од}$ – коефіцієнт, що враховує теплозахисні властивості одягу, $\beta_{од} = 0,66$;

v_b – рухомість повітря в приміщенні, $v_b = 0,15$ м/с;

t_b – температура внутрішнього повітря, $t_b = 20^\circ\text{C}$.

$$Q'_{\text{люд}} = Q_{\text{люд}} \cdot n = 68,74 \cdot 3 = 206 \text{ кВт},$$

де n – кількість людей, що знаходяться в кімнаті А, $n = 3$.

Теплопритоки від штучного освітлення та електричного обладнання:

$$Q_{\text{ел}} = k \cdot N_{\text{ел}} = 0,5 \cdot 100 = 50 \text{ Вт},$$

де k – коефіцієнт, що враховує фактичну затрачену потужність, роботи електрообладнання, $k = 0,5$;

$N_{\text{ел}}$ – потужність освітлювальних приладів, Вт, $N_{\text{ел}} = 100$ Вт.

Сумарні тепловтрати через стіну, вікна, підлогу для кімнати № 1 1-го поверху: $\sum Q_{\text{огр}} = 4400 \text{ Вт}$.

Сумарні тепловтрати через стіну та вікна, для кімнати № 1 типового поверху: $\sum Q_{\text{огр}} = 3400 \text{ Вт}$.

Сумарні тепловтрати через стіну, вікна, та стелю для кімнати № 1 9-го поверху: $\sum Q_{\text{огр}} = 5750 \text{ Вт}$.

Всі значення розрахунку теплового балансу заносимо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення проведеного розрахунку теплового балансу

№ поверху	К 1 кВт	К 2 кВт	К 3 кВт	К 4 кВт	К 5 кВт	К 6 кВт	К 7 кВт	К 8 кВт	К 9 кВт	К 10 кВт	Сх. 1 кВт	Сх. 2 кВт	Сума, кВт
1-й	4,4	2,3	2,3	2,3	4,4	3,2	2,7	1,8	1,8	1,8	2,3	2,5	31,80
2-й	3,4	1,8	1,8	1,8	3,4	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,3	25,30
3-й	3,4	1,8	1,8	1,8	3,4	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,3	25,30
4-й	3,4	1,8	1,8	1,8	3,4	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,3	25,30
5-й	3,4	1,8	1,8	1,8	3,4	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,3	25,30
6-й	3,4	1,8	1,8	1,8	3,4	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,3	25,30
7-й	3,4	1,8	1,8	1,8	3,4	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,3	25,30
8-й	3,4	1,8	1,8	1,8	3,4	2,5	2	1,5	1,5	1,5	1,8	2,3	25,30
9-й	5,7	3,5	3,5	3,5	5,7	4,6	3,4	2,9	2,9	2,9	3,5	3,1	45,35
Σ													254,2

3.3 Розрахунок теплової схеми дахової котельної

Всі вихідні дані для розрахунку наведено в табл. 3.2 та 3.3.

Таблиця 3.2 – Максимальні витрати теплоти, МВт

Навантаження	Позначення	Значення
Опалення житлових та громадських будівель	$Q_{o.b}^{ж+гр}$	0,254
ГВП житлових та громадських будівель	$Q_{г.в.сер}^{ж+гр}$	0,06
Літній період*	$Q_{г.в.сер}^{(ж+гр)л}$	0,04
Технологічне навантаження	Q_t	
Сумарне навантаження споживачів	ΣQ	0,31

Таблиця 3.3 – Режими роботи котельної

I режим	максимальний зимовий при $t_{p.o.}$	-20 °C
II режим	із середньої температури найбільш холодного місяця $t_{сер.х.м}$	-10 °C
III режим	із середньої температури зовнішнього повітря за опалювальний період $t_{сер.о.}$	-7 °C
IV режим	з температури зовнішнього повітря в точці зламу температурного графіка мережевої води $t_{в.зл.}$	-4 °C
V режим	літній	

Результати розрахунків теплової схеми зведені в табл. 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків теплової схеми

Найменування величини	Розрахункові режими				
	I	II	III	IV	V
1	2	3	4	5	6
1. Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення	1	0,76	0,69	0,62	
2. Сумарний відпуск теплоти на опалення, МВт	0,25	0,19	0,17	0,15	
3. Сумарний відпуск теплоти на ГВП зимовий період, МВт	0,06	0,05	0,04	0,04	
літній період, МВт					0,04
4. Температура мережевої води на виході з котельної за температурним графіком 90/75 °C	95	79	75	70	
5. Температура зворотної мережевої води після опалення за температурним графіком 90/75 °C	70	60	57	54	
6. Розрахункова витрата мережевої води на опалення, кг/с	2,4	2,4	2,4	2,4	0,6
7. Вирата води на ГВП для споживачів, кг/с	0,27	0,21	0,19	0,17	0,21
8. Розрахункова витрата мережевої води на виході з котельної, кг/с	2,4	2,4	2,4	2,4	0,6

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
9. Витрати води для підживлення на заповнення витікань у тепловій мережі (для режимів I–IV), кг/с	0,36	0,28	0,25	0,23	
літній період, кг/с					0,23
10. Витрата зворотної мережевої води на вході в котельню, кг/с	2,02	2,10	2,13	2,16	0,38
11. Витрата теплоти на підігрів води у вакуумному деаераторі, МВт	26676	20325	18419	16514	18689
12. Витрата сирової води, що надходить на хімічну очистку, кг/с	0,11	0,09	0,08	0,07	0,026
13. Витрати теплоти на підігрів сирової води, МВт	9477	7221	6544	5867	2187
14. Витрати теплоти на підігрів хімічно очищеної води що надходить у деаератор води для підживлення, МВт	93366	71136	64467	57798	65411
15. Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, МВт	0,44	0,34	0,31	0,27	
літній період, МВт					0,13
16. Потрібна кількість працюючих водогрійних котлів, шт	3	2	2	2	1
17. Завантаження водогрійних котлів, %	77	88	79	59	66
18. Витрати води, що пропускається через усі водогрійні котли, кг/с	4,3	2,8	2,8	2,8	1,8
19. Кількість відключених водогрійних котлів, шт.	0	1	1	1	2
20. Температура мережевої води на вході у водогрійні котли, °С	70	66	69	72	78
21. Температура мережевої води на виході з водогрійних котлів, °С	95	95	95	95	95
22. Витрати нагрівальної води на вакуумний деаератор, кг/с	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05

Продовження таблиці 3.4

1	2	3	4	5	6
23. Випар з вакуумного деаератора, кг/с	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
24. Вирата води на виході з вакуумного деаератора (продуктивність деаератора), кг/с	0,70	0,53	0,48	0,43	0,49
25. Витрата деаерованої води на підживлення теплової мережі, кг/с	0,43	0,33	0,30	0,27	0,28
29. Витрата деаерованої води в баки-акумулятори, кг/с	0,27	0,21	0,19	0,17	0,21
30. Вирата води на ГВП, яка повертається в котельню (циркуляційний трубопровід), кг/с	0,07	0,05	0,05	0,04	0,05
26. Витрата нагрівальної води на підігрівач хімічищеної та сирої води, кг/с	0,26	0,20	0,18	0,16	0,17
27. Витрата від водогрійних котлів у теплову мережу, кг/с	3,96	2,56	2,57	2,58	1,58
28. Сумарна витрата води перед насосами, кг/с	2,71	2,63	2,61	2,58	0,83
29. Температура води перед насосами мережевої води, °С	66,19	59,30	56,91	54,35	29,70
30. Температура нагрівальної води після підігрівача хімічно очищеної води, кг/с	8,75	8,75	8,75	8,75	3,07
31. Витрата води на рециркуляцію, кг/с (I-режим)	1,58				
Витрата води на рециркуляцію, кг/с (II–V режими)		0,56	0,88	1,17	1,34
32. Витрата води через регульований перепуск, кг/с	0	1,04	1,28	1,48	0,24
33. Дійсна витрата води на виході з котельної, кг/с	2,38	3,04	2,96	2,88	0,48
34. Непогодженість балансу, %	0	1,25	2,43	2,13	1,8

За результатами розрахунків вибрана опалювальна установка на базі дахових модулів – ВПМ «КОЛВІ»-192. Загальна теплова потужність – 576 кВт. Як опалювальні пристрої для даного об'єкта приймаються сталі радіатори МС-140-АО з автоматичними радіаторними терморегуляторами. Основною теплотехнічною задачею терморегулятора є керування тепловим потоком опалювального приладу, а основною санітарно-гігієнічною – забезпечення теплового комфорту в приміщенні.

4. ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ, ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ, ПІДБІР ПРОМИСЛОВИХ ЗРАЗКІВ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ РІЗНИХ ОБ'ЄКТІВ

4.1 Проєктування системи газопостачання

4.1.1 Розробка принципової схеми та опис системи газопостачання

Проєктування систем газопостачання слід виконувати згідно із затвердженими схемами газопостачання України, областей, районів, міст, селищ та сіл, які повинні розроблятися на основі схем і проєктів, генеральних планів населених пунктів з урахуванням розвитку їх на перспективу та згідно з вимогами ДБН В.2.5-20-2018 [9].

Системи та об'єкти газопостачання належить проєктувати з урахуванням максимальної індустріалізації будівельно-монтажних робіт шляхом застосування збірно-блокових, стандартних і типових елементів та деталей, виготовлених на заводах або в заготівельних майстернях.

Системи газопостачання населених пунктів і окремих споживачів газу повинні забезпечувати надійне та безпечне газопостачання, а також можливість оперативного відключення відгалужень до відособлених мікрорайонів, підприємств, споживачів та відключення ділянок закільцьованих газопроводів з тиском газу понад 0,005 МПа.

При проектуванні систем газопостачання, крім вимог цих Норм, належить керуватися вимогами НПАОП 0.00-1.76-15, «Правила безпеки систем газопостачання», НПАОП 0.00-1.81-18 «Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском», НАПБ А.01.001-2014 «Правил пожежної безпеки в газовій промисловості України» [5, 10, 11].

Місця введення газопроводів у житлових будинках повинні передбачатися в нежилі приміщення, доступні для обслуговування газопроводів. В існуючих житлових будинках, що належать громадянам на правах приватної власності, допускається вводи газопроводів здійснювати в житлові приміщення, де установлені опалювальні прилади, за умови установки додаткових вимикаючих пристроїв зовні будинків. Вводи газопроводів у громадські будинки слід передбачати безпосередньо в приміщення, де установлені газові прилади, або в коридори. Розміщення вимикаючих пристроїв на цих газопроводах слід передбачати ззовні будинків, в місцях, доступних для обслуговування.

Ввідні газопроводи не повинні проходити через фундаменти та під фундаментами будинків. Не допускається ввід газопроводів у підвали, ліфтові приміщення, вентиляційні камери та шахти, приміщення для збору сміття, трансформаторних підстанцій, розподільчих пристроїв, машинні відділення, складські приміщення, приміщення, що за вибухопожежною небезпечністю відносяться до категорій А і Б.

Глибину прокладки газопроводів слід приймати для сталевих газопроводів не менше 0,8 м до верху газопроводів або футлярів. Допускається приймати глибину прокладки до 0,6 м у місцях, де виключається рух транспорту. При прокладанні по ораних та зрошувальних землях рекомендується глибину прокладки приймати не менше 1 м до верху газопроводів.

4.1.2 Приклад розрахунку системи газопостачання

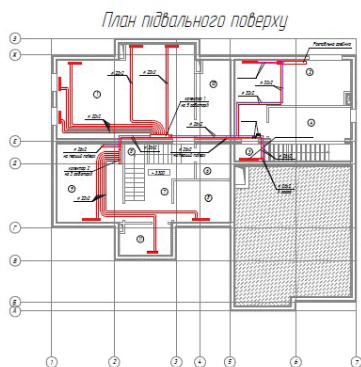
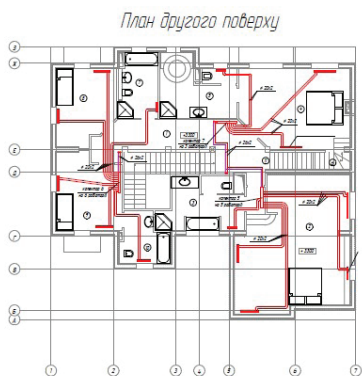
Будинок, для якого робиться проєкт системи газопостачання, а в подальшому водопостачання та каналізації (системи життєзабезпечення), розташований у місті Миколаєві. Будівля двоповерхова, має підвальні приміщення. Будинок розрахований на постійне проживання п'яти членів сім'ї та 2–4 гостей. Загальна площа котеджу 680 м².

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

Будинок має залізобетонний фундамент, стіни складаються з чотирьох шарів: газобетон, розчин цемент-пісок, цементна штукатурка, утеплювач – мінеральна вата. Металеві ворота в гаражі розміром 2800 × 3000 мм, метало-пластикові вікна мають розміри 1750 × 1600 мм, вхідні двері 900 × 2100 мм. Розрахункова температура у приміщеннях визначаємо за ДБН В.2.2-15:2019 [12]. Температура зовнішнього повітря визначається як середня температура найбільш холодної п'ятиденки за 8 самих холодних зим за останні 50 років. План першого, другого та підвального поверхів котеджу зображено на рис. 4.1.

Аксонетричну схему газопостачання зображено на рис. 4.2.

Температура газу, що виходить із газорозподільних станцій магістральних газопроводів (далі ГРС) при подачі в підземні газопроводи, повинна бути не нижче мінус 10 °С, а при подачі в наземні та надземні газопроводи – не нижче розрахункової температури зовнішнього повітря для району будівництва.



Векторная причина		
	конфликт	после
1	после войны	1
2	после войны	2
3	после войны	3
4	после войны	4
5	после войны	5
6	после войны	6
7	после войны	7
8	после войны	8
9	после войны	9
10	после войны	10
11	после войны	11
12	после войны	12
13	после войны	13
14	после войны	14
15	после войны	15
16	после войны	16
17	после войны	17
18	после войны	18
19	после войны	19
20	после войны	20
21	после войны	21
22	после войны	22
23	после войны	23
24	после войны	24
25	после войны	25
26	после войны	26
27	после войны	27
28	после войны	28
29	после войны	29
30	после войны	30
31	после войны	31
32	после войны	32
33	после войны	33
34	после войны	34
35	после войны	35
36	после войны	36
37	после войны	37
38	после войны	38
39	после войны	39
40	после войны	40
41	после войны	41
42	после войны	42
43	после войны	43
44	после войны	44
45	после войны	45
46	после войны	46
47	после войны	47
48	после войны	48
49	после войны	49
50	после войны	50
51	после войны	51
52	после войны	52
53	после войны	53
54	после войны	54
55	после войны	55
56	после войны	56
57	после войны	57
58	после войны	58
59	после войны	59
60	после войны	60
61	после войны	61
62	после войны	62
63	после войны	63
64	после войны	64
65	после войны	65
66	после войны	66
67	после войны	67
68	после войны	68
69	после войны	69
70	после войны	70
71	после войны	71
72	после войны	72
73	после войны	73
74	после войны	74
75	после войны	75
76	после войны	76
77	после войны	77
78	после войны	78
79	после войны	79
80	после войны	80
81	после войны	81
82	после войны	82
83	после войны	83
84	после войны	84
85	после войны	85
86	после войны	86
87	после войны	87
88	после войны	88
89	после войны	89
90	после войны	90
91	после войны	91
92	после войны	92
93	после войны	93
94	после войны	94
95	после войны	95
96	после войны	96
97	после войны	97
98	после войны	98
99	после войны	99
100	после войны	100

Рисунок 4.1 – План першого, другого та підвального поверхів котеджу

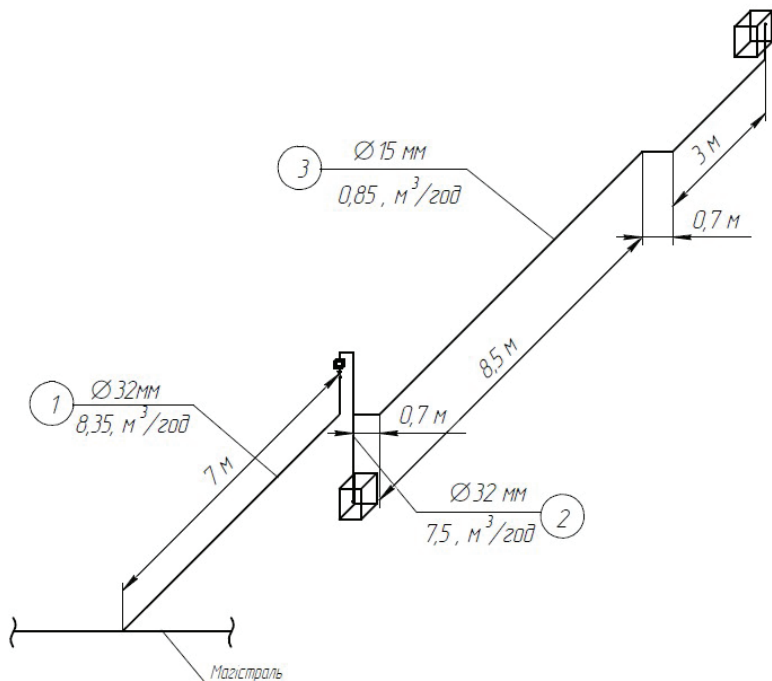


Рисунок 4.2 – Аксонометрична схема газопостачання

Допускається використання газу тиском до 0,6 МПа включно в котельнях, розташованих у прибудовах до виробничих будинків. Тиск газу перед побутовими газовими приладами слід приймати у відповідності з паспортними даними приладів.

Річні витрати газу для житлових будинків, підприємств побутового обслуговування населення, громадського харчування з виробництва хліба і кондитерських виробів, а також для установ охорони здоров'я слід визначати за нормами витрат теплоти.

Гідравлічний розрахунок системи газопостачання

Виконуємо гідравлічний розрахунок для системи газопостачання.

А. Визначити площу будинку і кухні. Прийняти висоту поверху.

Площа будинку – 680 м²; площа кухні – 26,7 м²; висота поверху – 3,3 м.

Б. Визначити сумарну витрату газу.

Для громадських та житлових будинків загальна витрата газу визначається як сума витрат газу газовими приладами, які знаходяться в будинку.

Витрата газу 4-комфорної плити з духовою шафою – 0,85 м³/год, витрата газу на газовий котел Viessmann Vitogas 050 потужністю 96 кВт складає 7,5 м³/год.

$Q_{\text{сум}} = 0,85 + 7,5 = 8,35$ м³/год, враховуючи, що в будинку лише по одному газовому приладу даного типу.

I ділянка

А. Визначити діаметр газопроводу:

$$d_1 = 0,0362 \sqrt{\frac{Q(273+t)}{PV}} = 0,0362 \sqrt{\frac{8,35 \cdot (273+0)}{0,1032 \cdot 3,1}} = 3,09 \text{ см},$$

де $Q_1 = 8,35$ м³/год – сумарна витрата газу, при температурі 0°C і тиску 0,1013 МПа;

$V = 3,1$ м/с – швидкість газу;

$t = 0^\circ\text{C}$ – температура газу;

$P = 0,1032$ МПа – середній тиск газу на розрахунковій ділянці.

Уточнений діаметр складає $d = 3,2$ см, перерахована швидкість газу складає 3,1 м/с.

Б. Режим течії газу:

$$Re_l = 0,0354 \cdot Q/dv = 0,0354 \cdot 8,35/3,2 \cdot 14,3 \cdot 10^{-6} = 6460 - \\ \text{турбулентний режим,}$$

де $v = 14,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості газу.

Падіння тиску, Па:

$$H_1 = 69(n/d + 1922dv/Q)^{0,25} \cdot Q^2/d^5 \cdot \rho l,$$

де $\rho = 0,7 \text{ кг/м}^3$ – густина газу, при температурі 0°C і тиску $0,1013 \text{ МПа}$;

$n = 0,01$ – еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні сталевих труб;

l – розрахункова довжина трубопроводу постійного діаметра, м.

Для зовнішніх надземних та внутрішніх газопроводів розрахункова довжина газопроводів визначається за формулою, м:

$$l = l_1 + \Sigma \xi \cdot l_d,$$

де $l_1 = 7$ – фактична довжина газопроводу, м;

$\Sigma \xi = 5,8$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів: трійник – 1,5; лічильник з фільтром – 2,5; клапан – 1,5; поворот – 0,3;

l_d – еквівалентна довжина прямолінійної ділянки газопроводу, м, втрати тиску на якому дорівнюють втраті тиску в місцевому опорі із значенням коефіцієнта.

Еквівалентна довжина газопроводу для турбулентного режиму

$$l_d = d/69(n/d + 1922dv/Q)^{0,25} = \\ = 3,2/69 \cdot (0,01/3,2 + 1922 \cdot 3,2 \cdot 14,3 \cdot 10^{-6}/8,35)^{0,25} = 0,85 \text{ м};$$

тоді:

$$l = 7 + 5,8 \cdot 0,85 = 11,93 \text{ м};$$

$$H_1 = 69 \cdot (0,01/3,2 + 1922 \cdot (0,0000143 \cdot 3,2)/8,35)^{0,25} \times \\ \times 8,35^2/3,2^5 \cdot 0,7 \cdot 0,85 = 40,9 \text{ Па}.$$

Визначимо гідростатичний напір:

$$H_g = \pm 9,81h (\rho_k - \rho),$$

де h – різниця відміток.

$$H_g = \pm 9,81 \cdot 0(1,293 - 0,7) = 0 \text{ Па}; \quad H_{g1} = 40,9 \text{ Па}.$$

II ділянка

А. Визначити діаметр газопроводу:

$$d_2 = 0,0362 \cdot \sqrt{\frac{Q(273+t)}{PV}} = 0,0362 \cdot \sqrt{\frac{7,5(273+0)}{0,1013 \cdot 3,1}} = 2,9 \text{ см},$$

де $Q_2 = 7,5 \text{ м}^3/\text{год}$ – сумарна витрата газу, при температурі 0°C і тиску $0,10132 \text{ МПа}$;

$V = 3,1 \text{ м/с}$ – швидкість газу;

$t = 0^\circ\text{C}$ – температура газу;

$P = 0,1032 \text{ МПа}$ – середній тиск газу на розрахунковій ділянці.

Уточнений діаметр складає $d = 3,2 \text{ см}$, перерахована швидкість газу складає $3,1 \text{ м/с}$.

Б. Режим течії газу:

$$R_{e2} = 0,0354 \cdot Q/dv = 0,0354 \cdot 7,5/3,2 \cdot 14,3 \cdot 10^{-6} = 5802 - \\ \text{турбулентний режим},$$

де $v = 14,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості газу.

В. Падіння тиску, Па:

$$H_2 = 69(n/d + 1922dv/Q)^{0,25} \cdot Q^2/d^5 \cdot \rho l,$$

де $\rho = 0,7 \text{ кг/м}^3$ – густина газу, при температурі 0°C і тиску $0,1013 \text{ МПа}$;

$n = 0,01$ – еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні сталевих труб;

l – розрахункова довжина трубопроводу постійного діаметра, м.

Для зовнішніх надземних і внутрішніх газопроводів розрахункова довжина газопроводів визначається за формулою, м:

$$l = l_2 + \Sigma \xi \cdot l_d,$$

де $l_2 = 2$ – фактична довжина газопроводу, м;

$\Sigma \xi = 1,8$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів: трійник – $1,5$; поворот – $0,3$;

l_d – еквівалентна довжина прямолінійної ділянки газопроводу, м, втрати тиску на якому дорівнюють втрати тиску в місцевому опорі із значенням коефіцієнта.

Еквівалентна довжина газопроводу для турбулентного режиму:

$$\begin{aligned} l_d &= d/69 \cdot (n/d + 1922dv/Q)^{0,25} = \\ &= 3,2/69 \cdot (0,01/3,2 + 1922 \cdot 3,2 \cdot 14,3 \cdot 10^{-6}/7,5)^{0,25} = 0,83 \text{ м}; \end{aligned}$$

тоді:

$$l = 2 + 1,8 \cdot 0,83 = 3,5 \text{ м};$$

$$\begin{aligned} H_2 &= 69 \cdot (0,01/3,2 + 1922 \cdot (0,0000143 \cdot 3,2/8,35))^{0,25} \cdot 7,5^2/3,2^5 \times \\ &\times 0,7 \cdot 0,83 = 33,7 \text{ Па}. \end{aligned}$$

Г. Визначимо гідростатичний напір:

$$H_g = \pm 9,81h \cdot (\rho_k - \rho),$$

де h – різниця відміток.

$$H_g = -9,81 \cdot 1,5(1,293 - 0,7) = -8,73 \text{ Па}; \quad H_g = -87,3 \text{ Па}.$$

III ділянка

А. Визначити діаметр газопроводу:

$$d_3 = 0,0362 \cdot \sqrt{\frac{Q(273+t)}{PV}} = 0,0362 \cdot \sqrt{\frac{0,85(273+0)}{0,1013 \cdot 3,1}} = 1,06 \text{ см},$$

де $Q_3 = 0,85 \text{ м}^3/\text{год}$ – сумарна витрата газу, при температурі 0°C і тиску $0,10132 \text{ МПа}$;

$V = 3,1 \text{ м/с}$ – швидкість газу;

$t = 0^\circ\text{C}$ – температура газу;

$P = 0,1032 \text{ МПа}$ – середній тиск газу на розрахунковій ділянці.

Уточнений діаметр складає $d = 1,5 \text{ см}$, перерахована швидкість газу складає $3,1 \text{ м/с}$.

Б. Режим течії газу:

$$Re_3 = 0,0354 \cdot Q/dv = 0,0354 \cdot 0,85/1,5 \cdot 14,3 \cdot 10^{-6} = 1403 -$$

критичний режим,

де $v = 14,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ – коефіцієнт кінематичної в'язкості газу.

В. Падіння тиску, Па:

$$H_3 = 0,512(Q^{2,333}/d^{5,333} v^{0,333})\rho l,$$

де $\rho = 0,7 \text{ кг/м}^3$ – густина газу, при температурі 0°C і тиску $0,1013 \text{ МПа}$;

$n = 0,01$ – еквівалентна абсолютна шорсткість внутрішньої поверхні сталевих труб;

l – розрахункова довжина трубопроводу постійного діаметра, м.

Для зовнішніх надземних та внутрішніх газопроводів розрахункова довжина газопроводів визначається за формулою, м:

$$l = l_3 + \Sigma \xi \cdot l_d,$$

де $l_3 = 13,9$ – фактична довжина газопроводу, м;

$\Sigma \xi = 3$ – сума коефіцієнтів місцевих опорів: трійник – 1,5; поворот – 0,3;

l_d – еквівалентна довжина прямолінійної ділянки газопроводу, м, втрати тиску на якому дорівнюють втратам тиску в місцевому опорі із значенням коефіцієнта.

Еквівалентна довжина газопроводу для турбулентного режиму:

$$\begin{aligned} l_d &= 12,15 \cdot (d^{1,333} \cdot v^{0,333} / Q^{0,333}) = \\ &= 2,15 \cdot (1,5^{1,333} \cdot 14,3^{0,333} / 0,85^{0,333}) = 0,54 \text{ м}; \end{aligned}$$

тоді:

$$l = 13,9 + 3 \cdot 0,54 = 15,52 \text{ м};$$

$$H_3 = 0,512 \cdot (0,85^{2,333} / 1,5^{5,333} \cdot 14,3^{0,333}) 0,7 \cdot 15,52 = 10,6 \text{ Па}.$$

Г. Визначимо гідростатичний напір за формулою, Па:

$$H_g = \pm 9,81 \cdot h(\rho_k - \rho),$$

де h – різниця відміток.

$$H_{g3} = 9,81 \cdot 0,7(1,293 - 0,7) = 4,07 \text{ Па}; \quad H_{g3} = 40,9 \text{ Па}.$$

Д. Визначимо сумарний напір:

$$\Sigma H = H_{g1} + H_{g3} = 40,9 + 40,7 = 81,6 \text{ Па}.$$

Перевірка працездатності:

$$H \geq \Sigma H, \text{ Па}.$$

Для забудови розподіл розрахункових втрат допускається приймати в газопроводах – вводах та внутрішніх газопроводах $H = 300$ Па.

4.2 Проєктування системи холодного водопостачання

4.2.1 Вимоги ДБНУ до системи холодного водопостачання

Якість холодної і гарячої води, що подається на господарсько-питні потреби, повинна відповідати ДБН В.2.5-74:2013. Якість води, що подається на виробничі потреби, визначається технологічними вимогами [13].

Вибір системи внутрішнього водопроводу слід проводити залежно від техніко-економічної доцільності, санітарно-гігієнічних і протипожежних вимог, а також з урахуванням прийнятої системи зовнішнього водопроводу і вимог технології виробництва.

В будівлях (спорудах) залежно від їх призначення належить передбачати наступні системи внутрішніх водопроводів: господарсько-питні; протипожежні; виробничі (одну або декілька).

Систему протипожежного водопроводу в будівлях (спорудах), що мають системи господарсько-питного або виробничого водопроводу, слід, як правило, об'єднувати з однією з них.

При проєктуванні треба передбачати заходи щодо зниження непродуктивних витрат води і зниження шуму.

Системи внутрішніх водопроводів холодної води слід приймати: тупиковими, якщо допускається перерва подачі води і при кількості пожежних кранів до 12; кільцевими або із закільцьованими введеннями при двох тупикових

трубопроводах з відгалуженнями до споживачів від кожного з них для забезпечення безперервної подачі води.

На введеннях водопроводу необхідно передбачати установку зворотних клапанів, якщо на внутрішній водопровідній мережі встановлюється декілька введень, що мають вимірювальні пристрої і сполучених між собою трубопроводами всередині будівлі.

В окремих випадках, коли вимірювальні пристрої не передбачаються, зворотні клапани встановлювати не слід.

Прокладку розвідних мереж внутрішнього водопроводу в житлових і суспільних будівлях слід передбачати в підполлю, підвалах, технічних поверхах і на горищах, а у разі відсутності горищ – на першому поверсі в підпільних каналах спільно з трубопроводами опалювання або під підлогою з пристроєм з'ємного фріза, а також по конструкціях будівель, по яких допускається відкрита прокладка трубопроводів, або під стелею верхнього поверху. Прокладку стояків і розводки внутрішнього водопроводу слід передбачати в шахтах, відкрито – по стінах душових, кухонь та інших приміщень.

Приховану прокладку трубопроводів слід передбачати для приміщень, до обробки яких пред'являються підвищені вимоги, і для всіх систем з пластмасових труб (окрім тих, що розташовуються в санітарних вузлах).

Трубопровідну, водорозбірну і змішувальну арматуру для систем господарсько-питного водопроводу слід встановлювати на робочий тиск 0,6 МПа (6 кгс/см²); арматуру для окремих протипожежних систем і господарсько-протипожежного водопроводу – на робочий тиск не більше 1,0 МПа (10 кгс/см²); арматуру для окремих виробничих систем водопроводу – на робочий тиск, що приймається за технологічними вимогами.

Конструкція водорозбірної і запірної арматури повинна забезпечувати плавне закриття і відкриття потоку води.

Засувки (затвори) необхідно встановлювати на трубах діаметром 50 мм і більш.

Установку запірної арматури на внутрішніх водопровідних мережах належить передбачати: на кожному введенні; на кільцевій розводящій мережі для забезпечення можливості виключення на ремонт її окремих ділянок (не більше ніж півкільця); на кільцевій мережі виробничого водопроводу холодної води з розрахунку забезпечення двосторонньої подачі води до агрегатів, що не допускають перерви в подачі води; у підстави пожежних стояків з числом пожежних кранів 5 і більше; у підстави стояків господарсько-питної або виробничої сіті в будівлях заввишки 3 поверхи і більше; на відгалуженнях, живлячі 5 водорозбірних крапок і більш; на відгалуженнях від магістральних ліній водопроводу; на відгалуженнях в кожному квартиру або номер у готелі, на підведеннях до змиваючих бачків, змиваючих кранів і водонагрівальних колонок, на відгалуженнях до групових душових і умивальників; у підстав подаючих і циркуляційних стояків у будівлях і спорудах заввишки 3 поверхи і більше; на відгалуженнях трубопроводу до секційних вузлів; перед зовнішніми поливальними кранами; перед приладами, апаратами й агрегатами спеціального призначення (виробничими, лікувальними та ін.) у разі потреби.

4.2.2 Розробка принципової схеми та опис системи водопостачання

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

У разі подачі води з системи на зовнішню пожежога-сінню проєктування трубопроводів, будівель, що прокладаються зовні, належить виконувати відповідно до ДБН В.2.5-64-2012 [2].

У будівлях, обладнаних внутрішнім господарсько-питним або виробничим водопроводом, необхідно передбачати систему внутрішньої каналізації.

При проєктуванні слід передбачати вживання прогресивних технічних рішень і методів робіт: механізацію трудомістких робіт, автоматизацію технологічних процесів і максимальну індустріалізацію будівельно-монтажних робіт за рахунок вживання збірних конструкцій, стандартних і типових виробів і деталей, що виготовляються на заводах і в заготівельних майстернях.

Якість води, що подається на господарсько-питні потреби, повинна відповідати вимогам ДСанПіН 2.2.4-171-10 [14].

4.2.3 Приклад розрахунку системи водопостачання

Аксонетрична схема водопостачання наведена на рис. 4.3.

Мінімальний вільний напір в мережі водопроводу населеного пункту при максимальному господарсько-питному водоспоживанні на введенні в будівлю над поверхнею землі повинен прийматися при одноповерховій забудові не менше 10м-коду, при більшій поверховості на кожен поверх слід додавати 4 м.

Максимальний вільний натиск в мережі об'єднаного водопроводу не повинен перевищувати 60 м.

Водоводи і водопровідні мережі належить проєктувати з ухилом не менше 0,001 у напрямку до випуску; при плоскому рельєфі місцевості ухил допускається зменшувати до 0,0005.

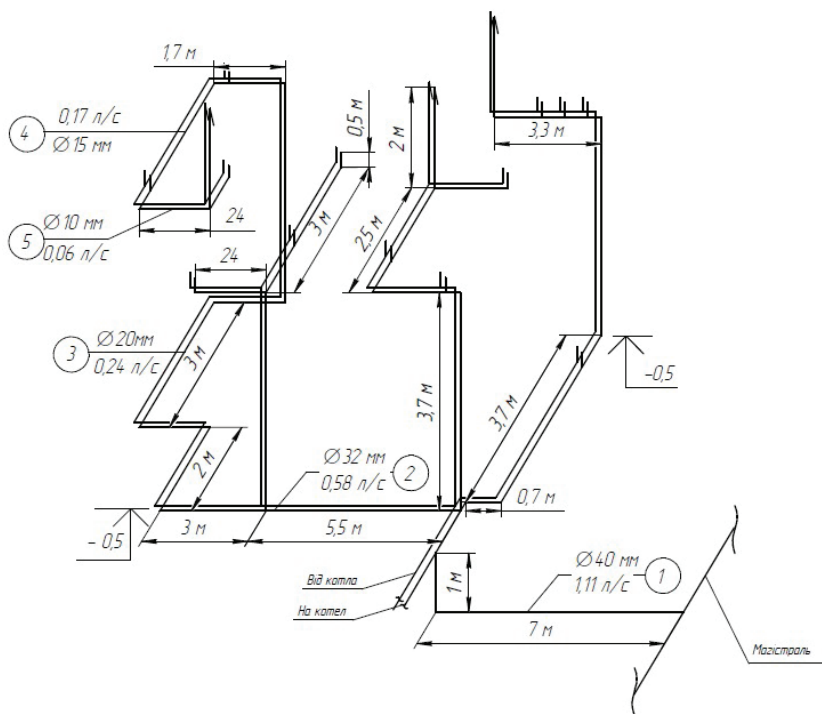


Рисунок 4.3 – Аксонометрична схема водопостачання

Глибина заставляння труб, вважаючи до низу, має бути на 0,5 м-кодів більше розрахункової глибини проникнення в ґрунт нульової температури. При прокладці трубопроводів у зоні негативних температур матеріал труб і елементів стикових з'єднань повинен задовольняти вимогам морозостійкості.

Виконуємо гідравлічний розрахунок для системи водопостачання [15].

Кількість споживачів у будинку:

- кухня – мийка;
- гостьовий санвузол – умивальник, унітаз;

- господарський санвузол – ванна, душова кабінка, умивальник, унітаз;
- санвузол № 1 – душова кабінка, умивальник, унітаз;
- санвузол № 2 – ванна, душова кабінка, умивальник, унітаз;
- санвузол № 3 – ванна, умивальник, унітаз.

Вибираємо найбільш віддалену гілку магістралі і розбиваємо на 5 ділянок.

I ділянка

Вибираємо найвищу точку трубопроводу:

Душова кабінка $l = 2 \text{ м.}$

Визначаємо максимальний напір у системі:

$$H_{\max} = 60 \text{ м вод. ст.}$$

Визначаємо мінімальний напір у системі:

$$H_{\min} = 10 + 4(n - 1) = 10 + 4 \cdot (2 - 1) = 14 \text{ м вод. ст.}$$

де n – кількість поверхів будинку.

Визначаємо витрати води споживачами:

умивальник	0,1 л/с;
унітаз	0,1 л/с;
душова кабіна	0,12 л/с;
ванна	0,22 л/с;
мийка	0,12 л/с;
котел	0,08 л/с.

Визначаємо максимальні витрати води:

$$\Sigma q_{\max}^0 = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,12 \cdot 3 + 0,22 \cdot 3 + 0,12 + 0,08 = 2,22 \text{ л/с.}$$

Визначаємо розрахункову витрату води:

$$q_{\text{розр}} = 0,5 \cdot \Sigma q_{\max}^0 = 0,5 \cdot 2,22 = 1,11 \text{ л/с.}$$

Приймаємо швидкість води в трубопроводі: $V = 1$ м/с.
Визначити площу перетину трубопроводу:

$$q_{\text{розр}} = S \cdot \rho \cdot v,$$
$$S = q_{\text{розр}} / (\rho \cdot v),$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000$ кг/м³;
 v – швидкість води у трубопроводі, м/с;
 $q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

$$S = 1,11/1000 \cdot 1 = 0,00111 \text{ м}^2.$$

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4,$$
$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00111}{3,14}} = 3,76 \cdot 10^{-2} \text{ м},$$

де S – площа перетину трубопроводу. З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 40$ мм.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi \cdot D^2/4 = 3,14 \cdot 0,04^2/4 = 0,00126,$$

уточнюємо $V = q_{\text{розр}}/S\rho \cdot 1000 = 1,11/0,00126 \cdot 1000 = 0,88$ м/с.

Визначаємо гідравлічний напір для самої високої ділянки:
 $H_{\text{гідр}} = 1$ м.

Визначаємо втрати напору в місцевих опорах:

Клапан запірний	3,5;
Поворот 900	0,3;
Четверник	1,8;
Лічильник	1,0;
Фільтр	1,5.

$$\Sigma \xi = 3,5 + 1 + 1,8 + 1,5 + 0,3 = 8,1.$$

Визначаємо загальну довжину трубопроводу: $l = 8$ м.

Визначаємо фактичну довжину трубопроводу, м:

$$l_{\text{факт}} = l \cdot (1,10 \dots 1,25 \%).$$

Так як досить великі втрати напору в місцевих опорах приймаємо 25 %.

$$l_{\text{факт}} = 8 \cdot 1,25 = 10 \text{ м.}$$

Визначаємо питомі втрати тиску води на 1 м довжини трубопроводу за номограмою або таблицею: $i = 59,3$ мм вод. ст. = 0,059 м вод. ст.

Визначаємо сумарні втрати тиску води на розрахунковій ділянці:

$$H = i \cdot l_{\text{факт}} = 0,059 \cdot 10 = 0,59 \text{ м,}$$
$$H_{\Sigma} = H + H_{\text{гидр}} = 0,59 + 1 = 1,59 \text{ м.}$$

II ділянка

Визначаємо витрати води споживачами:

умивальник	0,1 л/с;
унітаз	0,1 л/с;
душова кабіна	0,12 л/с;
ванна	0,22 л/с.

Визначаємо максимальні витрати води:

$$\Sigma q_{\text{max}}^0 = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,12 + 0,22 \cdot 2 = 1,16 \text{ л/с.}$$

Визначаємо розрахункову витрату води:

$$q_{\text{розр}} = 0,5 \cdot \Sigma q_{\text{max}}^0 = 0,5 \cdot 1,16 = 0,58 \text{ л/с.}$$

Приймаємо швидкість води в трубопроводі: $v = 1$ м/с.

Визначити площу перетину трубопроводу:

$$q_{\text{розр}} = S \cdot \rho \cdot v,$$
$$S = q_{\text{розр}} / \rho v,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;
 v – швидкість води у трубопроводі, м/с;
 $q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

$$S = 0,58/1000 \times 1 = 0,00058 \text{ м}^2.$$

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4,$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00058}{3,14}} = 2,72 \times 10^{-2} \text{ м},$$

де S – площа перетину трубопроводу. З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 32 \text{ мм}$.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot \times 0,0322^2/4 = 0,0008,$$

тоді: $v = q_{\text{розр}} / S\rho = 0,58/0,0008 \cdot 1000 = 0,73 \text{ м/с}$.

Визначаємо гідравлічний напір для самої високої ділянки:
 $H_{\text{гідр}} = 0 \text{ м}$.

Визначаємо втрати напору в місцевих опорах:

Четверник 1,8;

$$\sum \xi = 1,8 \times 2 = 3,6.$$

Визначаємо загальну довжину трубопроводу: $l = 5,5 \text{ м}$.

Визначаємо фактичну довжину трубопроводу

$$l_{\text{факт}} = l \cdot (1,10 \dots 1,25 \%).$$

Так як досить великі втрати напору в місцевих опорах приймаємо 25 %.

$$l_{\text{факт}} = 5,5 \times 1,25 = 6,9 \text{ м}.$$

Визначаємо питомі втрати тиску води на 1 м довжини трубопроводу за номограмою або таблицею: $i = 32,2$ мм вод. ст. = $0,032$ м вод. ст.

Визначаємо сумарні втрати тиску води на розрахунковій ділянці:

$$H = i \cdot l_{\text{факт}} = 0,032 \cdot 5,5 = 0,18 \text{ м.}$$
$$H_{\Sigma} = H + H_{\text{гидр}} = 0,18 + = 0,18 \text{ м.}$$

III ділянка

Визначаємо витрати води споживачами:

умивальник	0,1 л/с,
унітаз	0,1 л/с,
душова кабіна	0,12 л/с,
ванна	0,22 л/с.

Визначаємо максимальні витрати води:

$$\Sigma q_{\text{max}}^0 = 0,1 + 0,1 + 0,12 + 0,22 = 0,54 \text{ л/с.}$$

Визначаємо розрахункову витрату води:

$$q_{\text{розр}} = 0,5 \cdot \Sigma q_{\text{max}}^0 = 0,5 \times 0,54 = 0,27 \text{ л/с.}$$

Приймаємо швидкість води в трубопроводі: $v = 1$ м/с.

Визначити площу перетину трубопроводу:

$$q_{\text{розр}} = S \cdot \rho \cdot v,$$
$$S = q_{\text{розр}} / \rho v,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000$ кг/м³;

v – швидкість води у трубопроводі, м/с;

$q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

$$S = 0,27/1000 \times 1 = 0,00027 \text{ м}^2.$$

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4,$$

Визначаємо сумарні втрати тиску води на розрахунковій ділянці:

$$H = i l_{\text{факт}} = 0,132 \cdot 17,5 = 2,3 \text{ м.}$$
$$H_{\Sigma} = H + H_{\text{гідр}} = 2,31 + 4,7 = 7 \text{ м.}$$

IV ділянка

Визначаємо витрати води споживачами:

ванна $0,22 \text{ л/с};$

душова кабіна $0,12 \text{ л/с.}$

Визначаємо максимальні витрати води:

$$\Sigma q_{\text{max}}^0 = 0,12 + 0,22 = 0,34 \text{ л/с.}$$

Визначаємо розрахункову витрату води:

$$q_{\text{розр}} = 0,5 \cdot \Sigma q_{\text{max}}^0 = 0,5 \times 0,34 = 0,17 \text{ л/с.}$$

Приймаємо швидкість води в трубопроводі: $v = 1 \text{ м/с.}$

Визначити площу перетину трубопроводу:

$$q_{\text{розр}} = S \rho v,$$
$$S = q_{\text{розр}} / \rho v,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

v – швидкість води у трубопроводі, м/с ;

$q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с .

$$S = 0,17/1000 \times 1 = 0,00017 \text{ м}^2.$$

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4,$$
$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00017}{3,14}} = 1,47 \cdot 10^{-2} \text{ м,}$$

де S – площа перетину трубопроводу.

З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 15$ мм.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \times 0,0152/4 = 0,000177 \text{ м}^2,$$

уточнюємо $v = q_{\text{розр}} / S_p \times 1000 = 0,17/0,000177 \times 1000 = 0,96$ м/с.

Визначаємо гідравлічний напір для найвищої ділянки:

$$H_{\text{гидр}} = 1 + 3,7 = 4,7 \text{ м.}$$

Визначаємо втрати напору в місцевих опорах:

Поворот 900 0,3;

Трійник 1,5;

$$\Sigma \xi = 1,5 + 0,3 + 1,5 = 3,3.$$

Визначаємо загальну довжину трубопроводу: $l = 3$ м.

Визначаємо фактичну довжину трубопроводу:

$$l_{\text{факт}} = l (1,10 \dots 1,25 \%).$$

Так як досить великі втрати напору в місцевих опорах приймаємо 25 %.

$$l_{\text{факт}} = 3 \times 1,25 = 3,75 \text{ м.}$$

Визначаємо питомі втрати тиску води на 1 м довжини трубопроводу за номограмою або таблицею: $i = 275$ мм вод. ст. = 0,275 м вод. ст.

Визначаємо сумарні втрати тиску води на розрахунковій ділянці:

$$H = i l_{\text{факт}} = 0,275 \times 3,75 = 1,03 \text{ м.}$$

V ділянка

Визначаємо витрати води споживачами:

душова кабіна 0,12 л/с.

Визначаємо максимальні витрати води: $\sum q^0_{\max} = 0,12$ л/с.
Визначаємо розрахункову витрату води:

$$q_{\text{розр}} = 0,5 \cdot \sum q^0_{\max} = 0,5 \times 0,12 = 0,06 \text{ л/с.}$$

Приймаємо швидкість води в трубопроводі: $v = 1$ м/с.
Визначити площу перетину трубопроводу:

$$q_{\text{розр}} = S\rho v;$$
$$S = q_{\text{розр}} / \rho v,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000$ кг/м³;
 v – швидкість води у трубопроводі, м/с;
 $q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

$$S = 0,06/1000 \cdot 1 = 0,00006 \text{ м}^2.$$

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4;$$
$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,00006}{3,14}} = 0,88 \cdot 10^{-2} \text{ м,}$$

де S – площа перетину трубопроводу, м².

З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 10$ мм.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot 0,01^2/4 = 0,000079 \text{ м}^2.$$

Уточнюємо: $v = q_{\text{розр}} / S\rho \cdot 1000 = 0,06 / 0,000079 \cdot 1000 = 0,76$ м/с.

Визначаємо гідравлічний напір для найвищої ділянки:

$$H_{\text{гідр}} = 1 + 3,7 + 2 = 6,7 \text{ м.}$$

Визначаємо втрати напору в місцевих опорах:

Поворот 900 0,3;

Трійник 1,5;

$$\Sigma \xi = 1,5 + 0,3 + 0,3 = 2,1.$$

Визначаємо загальну довжину трубопроводу: $l = 3,7$ м.

Визначаємо фактичну довжину трубопроводу:

$$l_{\text{факт}} = l \cdot (1,10 \dots 1,25 \%).$$

Так як досить великі втрати напору в місцевих опорах приймаємо 25 %.

$$l_{\text{факт}} = 3,7 \cdot 1,25 = 4,63 \text{ м.}$$

Визначаємо питомі втрати тиску води на 1 м довжини трубопроводу за номограмою або таблицею: $i = 138$ мм вод. ст. = $0,138$ м вод. ст.

Визначаємо сумарні втрати тиску води на розрахунковій ділянці:

$$H = i \cdot l_{\text{факт}} = 0,138 \cdot 4,63 = 0,64 \text{ м;}$$

$$H_{\Sigma} = H + H_{\text{гидр}} = 0,64 + 2 = 2,64 \text{ м.}$$

Визначаємо вільні напори приладів на розрахунковій ділянці:

вільний напір – душова кабінка зі змішувачем – $H_f = 3$ м вод. ст.

Перевіряємо працездатність системи водопостачання:

$$H_{\text{мін}} > \Sigma H = 1,59 + 0,18 + 1,03 + 2,64 + 7 = 12,44 \text{ м.}$$

Перевірка виконується, отже, система працездатна.

4.3 Проектування системи каналізації

4.3.1 Розробка принципової схеми та опис системи каналізації

Внутрішня каналізація – система трубопроводів і пристроїв в об'ємі, обмеженому зовнішніми поверхнями огорожувальних конструкцій і випусками до першого оглядового колодязя, яка забезпечує відведення стічних вод від санітарно-технічних приборів і технологічного обладнання і при необхідності локальними очисними спорудженнями, а також дощових і талих вод у мережу каналізації відповідного призначення населеного пункту чи промислового підприємства.

Ділянки каналізаційної мережі слід прокладати прямо-лінійно. Змінювати напрямок прокладки каналізаційного трубопроводу і приєднувати прилади слід з допомогою з'єднувальних деталей.

Прокладку внутрішніх каналізаційних мереж необхідно передбачати відкрито – в підпіллях, підвалах, цехах, підсобних і допоміжних приміщеннях, коридорах, технічних поверхах і в спеціальних приміщеннях, призначених для розміщення мереж, з кріпленням до конструкцій будинків (стін, колон, стель, ферм та ін.), а також на спеціальних опорах.

Розташування мереж на генеральних планах, а також мінімальні відстані в плані і при перетинах від зовнішньої поверхні труб до споруджень і інженерних комунікацій повинні прийматися у відповідності з розділом ДБН В.2.5-64:2012 на проектування генеральних планів [2, 16, 17].

Надземна і наземна прокладка каналізаційних трубопроводів на території населених місць не дозволяється.

Найменшу глибину закладання каналізаційних трубопроводів необхідно приймати на підставі досліду експлуатації мереж в даному районі. При відсутності даних експлуатації

мінімальну глибину закладення лотка трубопроводу допускається приймати: для труб діаметром до 500 мм на 0,3 м; для труб більшого діаметру на 0,5 м менше найбільшої глибини проникнення в ґрунт нульової температури, але не менше 0,7 м до верха труби, рахує від відміток планування. Найменші глибини закладення колекторів з постійною витратою стічних вод необхідно визначати теплотехнічним і статичним розрахунками.

4.3.2 Приклад розрахунку системи каналізації

АксонOMETрична схема каналізації наведена на рис. 4.4.

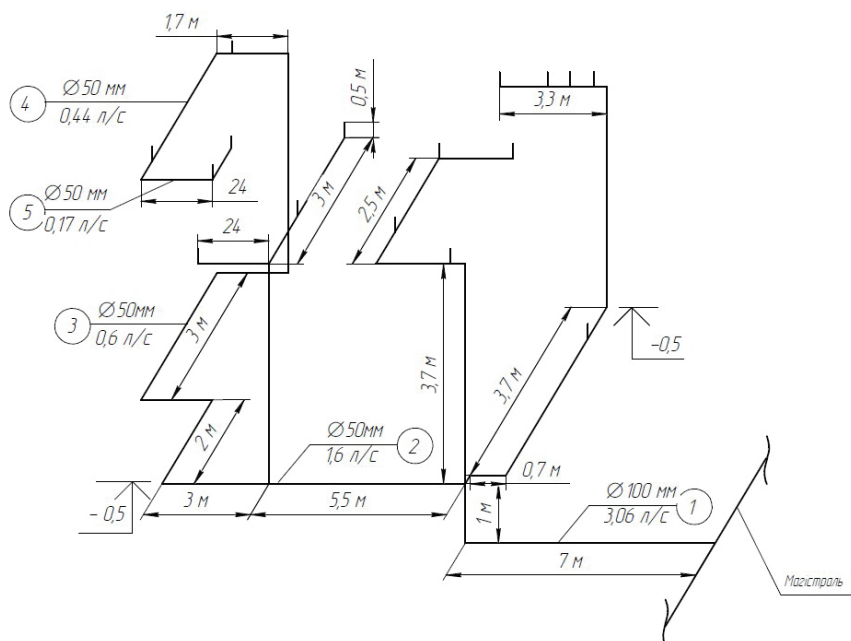


Рисунок 4.4 – АксонOMETрична схема каналізації

Швидкість руху рідини повинна бути не менше 0,7 м/с, а наповнення трубопроводів – не менше 0,3 м/с.

У тих випадках, коли виконати умову ($V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$) не є можливим через недостатню величину витрати побутових стічних вод, безрахункові ділянки трубопроводів діаметром 40...50 мм слід прокладати з нахилом 0,03 м, а діаметром 85 і 100 мм – з нахилом 0,02 м.

При укладці трубопроводів в агресивних середовищах повинні застосовуватися труби, стійкі проти корозії.

Сталеві трубопроводи повинні бути покриті зовні антикорозійною ізоляцією. На ділянках можливої електрокорозії необхідно передбачати катодний захист трубопроводів.

Виконуємо гідравлічний розрахунок для каналізаційних мереж [18].

І ділянка

Розрахунок каналізаційних трубопроводів слід виконувати: позначають швидкість руху рідини V , м/с, і наповнення H/d таким чином, щоб була виконана умова $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$, де $K = 0,5$ – для трубопроводів із пластмасових і скляних труб; $K = 0,6$ – для трубопроводів із інших матеріалів.

Максимальна витрата холодної води:

$$q_{\text{мах хол}}^0 = 0,1 \cdot 5 + 0,1 \cdot 5 + 0,12 \cdot 3 + 0,22 \cdot 3 + 0,12 + 0,08 = 2,22 \text{ л/с.}$$

Витрата гарячої води $q_{\text{мах гар}}^0 = 0,84 \text{ л/с.}$

Сумарна витрата води:

$$\Sigma q = q_{\text{мах хол}}^0 + q_{\text{мах гар}}^0 = 2,22 + 0,84 = 3,06 \text{ л/с.}$$

Нахил трубопроводів приймаємо 0,10 м.

Швидкість руху рідини приймаємо $V = 0,4 \text{ м/с.}$

Визначаємо площу перетину трубопроводу:

$$q = S \cdot \rho \cdot v;$$

$$S = q/\rho \cdot v = 3,06/1000 \cdot 0,4 = 0,0077 \text{ м}^2,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

v – швидкість води у трубопроводі, м/с;

$q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4;$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0077}{3,14}} = 9,9 \cdot 10^{-2} \text{ м},$$

де S – площа перетину трубопроводу, м².

З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 100 \text{ мм}$.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot 0,12^2/4 = 0,0079 \text{ м}^2,$$

уточнюємо: $v = q/S\rho = 3,06/0,0079 \cdot 1000 = 0,39 \text{ м/с}$.

За номограмою (рис. 4.5) визначаємо $H/d = 0,8$.

Перевіримо виконання умови $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$,

$$0,4 \cdot \sqrt{0,8} = 0,36 \leq 0,5.$$

У тих випадках, коли умова ($V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$) не виконується через недостатню величину витрати побутових стічних вод, на ділянці трубопроводів діаметром 85 і 100 мм слід прокласти з нахилом 0,02.

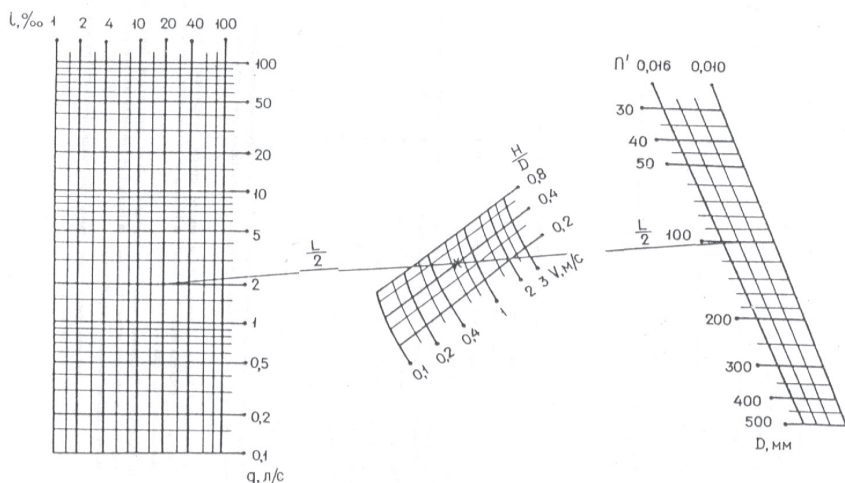


Рисунок 4.5 – Номограма для гідравлічного розрахунку каналізаційних трубопроводів

II ділянка

Розрахунок каналізаційних трубопроводів слід виконувати: позначають швидкість руху рідини V , м/с, і наповнення

H/d таким чином, щоб була виконана умова $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$, де

$K = 0,5$ – для трубопроводів із пластмасових і скляних труб;

$K = 0,6$ – для трубопроводів з інших матеріалів.

Максимальна витрата холодної води:

$$q_{\max \text{ хол}}^0 = 0,1 \cdot 3 + 0,1 \cdot 3 + 0,12 + 0,22 \cdot 2 = 1,16 \text{ л/с.}$$

Витрата гарячої води: $q_{\max \text{ гар}}^0 = 0,44 \text{ л/с.}$

Сумарна витрата води:

$$\Sigma q = q_{\max \text{ хол}}^0 + q_{\max \text{ гар}}^0 = 1,16 + 0,44 = 1,6 \text{ л/с.}$$

Нахил трубопроводів приймаємо: 0,10 м.

Швидкість руху рідини приймаємо: $V = 0,9$ м/с.

Визначаємо площу перетину трубопроводу, м²:

$$q = S\rho v;$$

$$S = q/\rho v,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000$ кг/м³;

v – швидкість води у трубопроводі, м/с;

$q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

$$S = 1,6/1000 \cdot 0,9 = 0,0018 \text{ м}^2.$$

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4;$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0018}{3,14}} = 4,8 \cdot 10^{-2} \text{ м},$$

де S – площа перетину трубопроводу, м².

З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 50$ мм.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot 0,052^2/4 = 0,00196 \text{ м}^2,$$

уточнюємо: $v = q/S\rho = 1,6/0,00196 \cdot 1000 = 0,82$ м/с.

За номограмою (рис. 4.5) визначаємо $H/d = 0,9$.

Перевіримо виконання умови $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$,

$$0,9 \cdot \sqrt{0,9} = 1,05 \geq 0,5.$$

Перевірка виконується, отже, система працездатна.

III ділянка

Розрахунок каналізаційних трубопроводів слід виконувати: позначають швидкість руху рідини V , м/с, і наповнення

H/d таким чином, щоб була виконана умова $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$, де

$K = 0,5$ – для трубопроводів із пластмасових і скляних труб;

$K = 0,6$ – для трубопроводів з інших матеріалів.

Максимальна витрата холодної води:

$$q_{\max \text{ хол}}^0 = 0,1 + 0,12 + 0,22 = 0,44 \text{ л/с.}$$

Витрата гарячої води: $q_{\max \text{ гар}}^0 = 0,16 \text{ л/с.}$

Сумарна витрата води:

$$\sum q = q_{\max \text{ хол}}^0 + q_{\max \text{ гар}}^0 = 0,44 + 0,16 = 0,6 \text{ л/с.}$$

Нахил трубопроводів приймаємо: $0,10 \text{ м.}$

Швидкість руху рідини приймаємо: $V = 0,5 \text{ м/с.}$

Визначаємо площу перетину трубопроводу:

$$S = q / \rho v = 0,6 / 1000 \cdot 0,5 = 0,0012 \text{ м}^2,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

v – швидкість води у трубопроводі, м/с;

$q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2 / 4;$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0012}{3,14}} = 3,9 \cdot 10^{-2} \text{ м,}$$

де S – площа перетину трубопроводу, м^2 .

З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 50 \text{ мм.}$

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot 0,052^2/4 = 0,00196 \text{ м}^2,$$

уточнюємо: $v = q/S_p = 0,6/0,00196 \cdot 1000 = 0,31 \text{ м/с}$.

За номограмою (рис. 4.5) визначаємо $H/d = 0,8$.

Перевіримо виконання умови $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$,

$$0,5 \cdot \sqrt{0,8} = 0,44 \geq 0,5.$$

У тих випадках, коли умова ($V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$) не виконується через недостатню величину витрати побутових стічних вод, на ділянці трубопроводів діаметром 40...50 мм слід прокласти з нахилом 0,03.

IV ділянка

Розрахунок каналізаційних трубопроводів слід виконувати так: позначають швидкість руху рідини V , м/с, і наповнення H/d таким чином, щоб була виконана умова $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$, де

$K = 0,5$ – для трубопроводів із пластмасових і скляних труб;

$K = 0,6$ – для трубопроводів із інших матеріалів.

Максимальна витрата холодної води:

$$q_{\text{мах хол}}^0 = 0,12 + 0,22 = 0,32 \text{ л/с}.$$

Витрата гарячої води: $q_{\text{мах гар}}^0 = 0,12 \text{ л/с}$.

Сумарна витрата води:

$$\sum q = q_{\text{мах хол}}^0 + q_{\text{мах гар}}^0 = 0,32 + 0,12 = 0,44 \text{ л/с}.$$

Нахил трубопроводів приймаємо: 0,10 м.

Швидкість руху рідини приймаємо: $V = 0,4 \text{ м/с}$.

Визначаємо площу перетину трубопроводу:

$$S = q/\rho v = 0,44/1000 \cdot 0,4 = 0,0011 \text{ м}^2,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$;

v – швидкість води у трубопроводі, м/с;

$q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2/4;$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0018}{3,14}} = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ м},$$

де S – площа перетину трубопроводу, м².

З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 50 \text{ мм}$.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot 0,052^2/4 = 0,00196 \text{ м}^2,$$

уточнюємо: $v = q/S\rho = 0,44/0,00196 \cdot 1000 = 0,25 \text{ м/с}$.

За номограмою (рис. 4.5) визначаємо $H/d = 0,7$.

Перевіримо виконання умови $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$:

$$0,4 \cdot \sqrt{0,7} = 0,34 \geq 0,5.$$

У тих випадках, коли умова ($V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$) не виконується через недостатню величину витрати побутових стічних вод, на ділянці трубопроводів діаметром 40...50 мм слід прокласти з нахилом 0,03.

V ділянка

Розрахунок каналізаційних трубопроводів слід виконувати так: позначають швидкість руху рідини V , м/с, і наповнення

H/d таким чином, щоб була виконана умова $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$, де

$K = 0,5$ – для трубопроводів із пластмасових і скляних труб;

$K = 0,6$ – для трубопроводів із інших матеріалів.

Максимальна витрата холодної води: $q^0_{\text{max хол}} = 0,12$ л/с.

Витрата гарячої води: $q^0_{\text{max гар}} = 0,05$ л/с.

Сумарна витрата води:

$$\sum q = q^0_{\text{max хол}} + q^0_{\text{max гар}} = 0,05 + 0,12 = 0,17 \text{ л/с.}$$

Нахил трубопроводів приймаємо 0,10 м.

Швидкість руху рідини приймаємо: $V = 0,2$ м/с.

Визначаємо площу перетину трубопроводу:

$$q = S \rho v;$$

$$S = q / \rho v = 0,17 / 1000 \cdot 0,2 = 0,0009 \text{ м}^2,$$

де ρ – густина води, $\rho = 1000$ кг/м³;

v – швидкість води у трубопроводі, м/с;

$q_{\text{розр}}$ – розрахункова витрата води, л/с.

Визначаємо внутрішній діаметр труби:

$$S = \pi D^2 / 4;$$

$$D = \sqrt{\frac{4S}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0009}{3,14}} = 3,39 \cdot 10^{-2} \text{ м,}$$

де S – площа перетину трубопроводу, м².

З ряду стандартних діаметрів приймаємо діаметр трубопроводу: $d_y = 50$ мм.

Уточнюємо швидкість руху води:

$$S = \pi D^2/4 = 3,14 \cdot 0,052^2/4 = 0,00196 \text{ м}^2.$$

Уточнюємо: $v = q/S_p = 0,17/0,00196 \cdot 1000 = 0,15 \text{ м/с}$.

За номограмою визначаємо: $H/d = 0,46$.

Перевіримо виконання умови $V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$:

$$0,2 \cdot \sqrt{0,46} = 0,16 \geq 0,5.$$

У тих випадках, коли умова ($V \sqrt{\frac{H}{d}} \geq K$) не виконується через недостатню величину витрати побутових стічних вод, на ділянці трубопроводів діаметром 40...50 мм слід прокласти з нахилом 0,03.

4.4 Проектування системи вентиляції

4.4.1 Загальні вимоги до системи вентиляції

Повітря як чинник життєдіяльності людини слід розглядати, з одного боку, як середовище, яке вдихується людиною, а з іншого боку – як середовище, що оточує людину. Поверхня людського організму знаходиться в постійному контакті з навколишнім середовищем. Тому роль повітря полягає в забезпеченні людини киснем при диханні і видаленні вологи з організму людини при видиханні, а також у забезпеченні процесів тепло- і масообміну поверхні людини з навколишнім середовищем.

Вентиляція – природний або штучний повітрообмін у приміщеннях, що забезпечує створення повітряного середовища відповідно до санітарно-гігієнічних і технологічних вимог.

Система вентиляції – сукупність устаткування, призначена для вентиляції приміщень.

Основними параметрами повітря, що впливають на життєдіяльність людини, її самопочуття і працездатність у системах вентиляції і кондиціонування повітря, які представляють комплекс пристроїв для створення і підтримки заданих кондицій повітряного середовища в приміщеннях, а саме: температури і вологості, чистоти, іноді газового складу, тиску і швидкості руху, а крім того, заданого рівня шуму в обслуговуваних приміщеннях. Велику роль у створенні належних умов і підвищенні продуктивності праці відіграють системи вентиляції і кондиціонування повітря. Важливо не тільки правильно спроектувати і змонтувати системи, але і багато в чому ефективність роботи залежить від якості їх регулювання і наладки. Крім того, досвід налагоджувальних робіт дозволяє виявити найбільш раціональні вирішення схем і конструкцій устаткування систем вентиляції і кондиціонування повітря. Для успішної роботи систем у процесі експлуатації потрібна підтримка на заданому рівні значень різних параметрів, будь то температура в приміщенні або витрата повітря через повітророзподільні пристрої, необхідно застосовувати під час наладки та експлуатації різні методи і прилади для визначення параметрів [6].

Існує різна регулююча апаратура, призначення якої полягає в тому, щоб поточне значення заданої регульованої величини зрештою залишалось на рівні, максимально близькому до заданого значення. Щоб виконати цю умову, необхідно мати в своєму розпорядженні вимірювальну апаратуру.

Вентиляція забезпечує в приміщенні заданий склад повітря, його температуру, вологість, рухливість відповідно до вимог.

Мікроклімат приміщення характеризується температурою внутрішнього повітря, температурою внутрішніх поверхонь

огороджуючих конструкцій, відносно вологістю повітря і швидкістю руху або рухливістю повітря в приміщенні. При цьому хімічний склад повітря повинен відповідати встановленим нормам. Поєднання вказаних параметрів, що забезпечує якнайкраще самопочуття і якнайкращу працездатність людини, називають комфортними умовами.

Класифікація вентиляційних систем

Вентиляційні системи бувають витяжні і припливні. За допомогою витяжних систем з приміщення видаляють перегріте забруднене повітря, викидаючи його в атмосферу. Замість видаленого повітря подають таку ж кількість чистого повітря, що роблять за допомогою систем притоку.

У тому випадку, коли застосовують тільки витяжну систему, чисте повітря поступає в приміщення з сусідніх кімнат і зовні. Приплив повітря пояснюється тим, що витяжні системи, видаливши з приміщення частину повітря, створюють у ньому трохи знижений тиск. У приміщення зі зниженим тиском спрямовується повітря через вікна, двері та щілини. Якщо в теплу пору року такий неорганізований приплив допустимий, то в холодний час повітря, що поступає, сильно знижуватиме температуру у вентильованій будівлі. Тому в холодну пору року застосовувати тільки витяжну вентиляцію не можна.

У тому випадку, коли застосовують тільки систему припливу, в приміщенні створюється підвищений тиск повітря. Повітря під дією цього тиску спрямовується через двері, отвори, нещільність і щілини назовні. Саме тому на об'єктах встановлюють витяжно-припливні вентиляційні системи, які видаляють і подають однакову кількість повітря.

Залежно від способу переміщення забрудненого повітря і подачі чистого системи вентиляції бувають природні і механічні. При природній системі вентиляції повітря переміщається без участі машин і механізмів. У механічних системах

вентиляції повітря переміщується за допомогою вентиляторів, що приводяться в дію електродвигунами.

Залежно від способу організації повітрообміну вентиляція може бути загальнообмінною і місцевою.

Загальнообмінну вентиляцію передбачають у тих випадках, коли будь-які шкідливі речовини розповсюджуються за всім обсягом приміщення чи немає можливості уловити їх у місцях виділення.

Місцеву витяжну вентиляцію встановлюють тоді, коли потрібно видалити забруднене повітря безпосередньо від того місця, де воно утворюється. Якщо є можливість, слід застосовувати місцеву вентиляцію, оскільки вона економічно вигідніша, ніж загальнообмінна.

Місцеву вентиляцію притоку застосовують тоді, коли свіже повітря потрібне лише в певних місцях і якщо немає необхідності підтримувати заданий режим у всіх приміщеннях (наприклад, при малій кількості місць у приміщенні великої площі).

Змішану вентиляцію застосовують з економічних міркувань.

При дії будь-якого виду вентиляції в приміщенні відбувається зміна повітря. Відношення кількості повітря, що поступило, протягом години або його видалення до кількості повітря, що знаходиться в приміщенні, тобто до внутрішнього об'єму приміщення, називається кратністю повітрообміну.

Система механічної вентиляції притоку. Система складається з повітроприймного пристрою, камери притоку, мережі повітроводів і повіторозподільних пристроїв.

Повітроприймні пристрої, призначені для забору зовнішнього і внутрішнього повітря, виконують у вигляді отвору в стіні, або для цього використовують частину вікна. В більшості випадків споруджують спеціальні повітрозабірні

шахти, які можуть бути розташовані як усередині, так і зовні будівлі.

Місце огорожі повітря для систем приточувань вибирають таке, де повітря найменш забруднене.

Повітроприймний пристрій камери притоку обладнаний жалюзійною решіткою, що є сталевую рамою з горизонтально розташованими планками, – жалюзі. У каналі між жалюзійними решітками і камерою припливу встановлений утеплений клапан, який перекриває доступ зовнішнього повітря в приміщення, коли система не працює. Зовнішнє повітря, пройшовши жалюзійні решітки і утеплений клапан, потрапляє в камеру припливу, де піддається відповідній обробці.

Камера припливу складається з вентилятора, дифузора, розташованого за вентилятором, патрубків, повітронагрівачів, електродвигуна, обвідного каналу. Щоб очистити повітря від механічних домішок (пилу), в камері встановлюють фільтри. Для осушення або зволоження повітря в камері припливу вмонтовують спеціальні пристрої.

Повітря, що поступило в камеру через повітроприймний пристрій проходить через повітронагрівачі, в яких він нагрівається до потрібної температури. Нагріте повітря засмоктується вентилятором і через дифузор подається в мережу повітроводів, по яких прямує у вентилязовані приміщення. З повітроводу повітря подається в приміщення через розподільники повітря – насадки притоку різноманітної форми, які виготовляють з листової сталі. Розподільники повітря вибирають такої конструкції, щоб вони подавали повітря в потрібну зону. Для подачі повітря зверху вниз служать одно- і трьохдифузорні розподільники повітря. У певному напрямку повітря подається за допомогою розподільника повітря з рухомими жалюзійними решітками. Якщо в розподільнику повітря помістити поворотні лопатки, повітряний потік можна направляти під будь-яким кутом.

Конструктивне виконання пристроїв подачі й огорожі повітря може бути найрізноманітнішим:

- перфоровані і дротяні решітки;
- решітки в стінці балки, з горизонтальними пластинами;
- решітки в стінці балки, з вертикальними пластинами;
- решітки з подвійним напрямом повітря, горизонтальним і вертикальним;
- решітки з одним напрямом потоку повітря і регулюванням його витрати;
- решітки з подвійним напрямом повітря і регулюванням його витрати;
- решітний прогін з вертикальними або горизонтальними лопатками;
- сопла (круглі або прямокутні);
- пластинчасті розподільники повітря;
- розподільні конуси з круглим перетином;
- квадратні розподільники повітря;
- прямокутні розподільники повітря;
- щілисті розподільники;
- перфоровані пластини;
- розподільник повітря із завихренням повітряного потоку.

Запірні пристосування. Повітряні канали, як правило, закриваються жалюзійними заслінками. За допомогою останніх здійснюється регулювання об'ємних витрат повітря. Клапани, що відносяться сюди, мають механізоване управління і в разі потреби можуть узяти на себе функцію протипожежних клапанів.

Як і інші розподільні трубопроводи всередині будівлі, повітряні канали повинні бути забезпечені теплоізоляцією, щоб уникнути втрат тепла й утворення конденсату. Як теплоізоляційні матеріали використовують мати з мінералізованої шерсті.

4.4.2 Приклад розрахунку системи вентиляції

Розглянемо систему вентиляції 19-поверхового житлового будинку з офісними приміщеннями та паркінгом. Район забудови: місто Одеса. Будівля прямокутна з розмірами в осях 25×86 м з однією прибудованою криволінійною рампою в'їзду і виїзду. Висота будівлі 56 м, загальна площа будівлі 43,3 тис. м², об'єм будівлі 120400 м³. Склад приміщень на об'єкті: на 1-му поверсі будинку розташовані: продовольчий магазин з його технічними приміщеннями, магазин одягу, кафе, а також технічні приміщення. На 2-му поверсі розташовані офіси, а також допоміжні приміщення. З 3-го по 18-й поверхи розташована житлова частина. Квартири житлового комплексу діляться на 4-, 3- та 2-кімнатні. На 19-му поверсі розташоване опалювальне технічне горище. Захисні конструкції: зовнішні стіни – із цегли з ефективним утеплювачем. Заповнення світлових отворів – двокамерний склопакет у дерев'яних рамах. Двері – входні двері в будівлю прийняті подвійними з тамбуром.

Розрахунок повітрообміну у приміщеннях

Як приклад розглянемо 3 приміщення.

Торговельний зал продовольчого магазину.

А. Визначення тепловиділень від людей.

Приймаємо кількість людей, виходячи з площі торговельного залу на одну людину 5 м². Отримуємо 70 чоловік. Легка робота. За табл. 2.2 [6] за допомогою інтерполяції визначаємо тепловиділення від робітника при температурах робочої зони в різні періоди року:

у теплий період: при $t = 25,6^{\circ}\text{C}$:

– надходження явного тепла:

$$Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} N = 65 \cdot 70 = 4550 \text{ Вт},$$

де $q_{\text{я}}$ – кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною, Вт;

N – кількість чоловік, що працюють у приміщенні;

– надходження повного тепла:

$$Q_{\text{п}} = q_{\text{п}}N = 145 \cdot 70 = 10150 \text{ Вт},$$

де $q_{\text{я}}$ – кількість повної теплоти, що виділяється однією людиною, Вт;

N – кількість чоловік, що працюють у приміщенні;

– надходження прихованого тепла:

$$Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{п}} - Q_{\text{я}} = 10150 - 4550 = 5600 \text{ Вт}.$$

У холодний період і перехідний при $t = 16^{\circ}\text{C}$:

– надходження явного тепла: $Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} \cdot n = 120 \cdot 70 = 8400 \text{ Вт};$

– надходження повного тепла: $Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot n = 160 \cdot 70 = 11200 \text{ Вт};$

– надходження прихованого тепла: $Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{п}} - Q_{\text{я}} = 11200 - 8400 = 2800 \text{ Вт}.$

Б. Теплонадходження від штучного освітлення приймаємо у розмірі 25 Вт/м^2 площі підлоги:

$$Q_{\text{осв.}} = q_{\text{осв}} \cdot F = 25 \cdot 348 = 8700 \text{ Вт},$$

де F – площа приміщення, м^2 ;

$q_{\text{осв}}$ – питомі теплонадходження від люмінесцентних ламп $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{лк})$;

$\eta_{\text{осв}}$ – частка тепла, що надходить у приміщення;

В. Теплонадходження від сонячної радіації.

Розрахунок максимальної величини теплонадходження від сонячної радіації

Вихідні дані:

- заглиблення зовнішнього плетіння у площині фасаду

$$L_B = L_\Gamma = 0,2 \text{ м};$$

- сонцезахисні конструкції відсутні, тобто $\alpha = \epsilon = 0$;
- географічна широта $\varphi = 56^\circ\text{C}$.

Характеристики вікна:

Скління – подвійне в пластикових палітурках.

За табл. 2.4 [6] приймаємо:

- коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації

$$k_{\text{опр}} = 0,8;$$

- опір теплопередачі $R_0 = 0,52 \text{ м}^2\text{C}/\text{Вт}$;

- приведений коефіцієнт поглинання сонячної радіації

$$\rho_\Pi = 0,4.$$

За табл. 2.5 [6] приймаємо:

- коефіцієнт затінювання палітурками $\tau_2 = 0,6$.

За табл. 2.3 [6] визначаємо час максимального теплонадходження від сонячної радіації:

- для південного напрямку – період з 12 до 13.

За табл. 2.3 [6] для даних періодів значення прямої і розсіяної радіації, що пройшла через вертикальне скління, рівні відповідно:

$$q_n^e = 398 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad q_p^e = 92 \text{ Вт} / \text{м}^2.$$

За табл. 2.8 [6] знаходимо висоту й азимут сонця: $h = 54^\circ$, $A = 12^\circ$;

З урахуванням табл. 2.6 [6] визначаємо сонячний азимут скління: $A = 12^\circ$.

Визначаємо кут β між вертикальною площиною скління і проєкцією сонячного променя на вертикальну площину, перпендикулярну даній площині скління:

$$B = \arctg(\ctg h \cdot \cos A_{C.O}) = \arctg(\ctg 54 \cdot \cos 12) = 35,41,$$

де h – висота стояння сонця, м;

$A_{C.O}$ – сонячний азимут скління (для вертикальних затіняючих пристроїв).

Коефіцієнт інсоляції:

$$K_{\text{НС.В}} = (1 - L_{\Gamma} \cdot \ctg \beta - a/H) \times (1 - L_{\text{В}} \cdot \tg a_{C.O} - c/B) = \\ = (1 - 0,2 \times \ctg 35,41 - 0/2,8) \times (1 - 0,2 \cdot \tg 12/1,8) = 0,88,$$

де L_{Γ} , $L_{\text{В}}$ – розмір горизонтальних і вертикальних виступаючих елементів затінювання (відкоси, стаціонарні елементи фасаду), м;

a , c – відстань від горизонтального і вертикального елементів затінення до відкосу світлового отвору, м;

H , B – висота і ширина світлових отворів, м;

β – кут (для горизонтальних затіняючих пристроїв), град., між вертикальною площиною скління і проєкцією сонячного променя на вертикальну площину, перпендикулярну розглянутій площині скління.

Обчислюємо кути β_1 і γ_1 для визначення коефіцієнта опромінення $k_{\text{ОПР}}$:

$$B = \arctg(L_{\Gamma}/h + a) = \arctg(0,2/2,8) = 4,09;$$

$$\Gamma = \arctg(L_{\text{В}}/B + c) = \arctg(0,2/1,8) = 6,35.$$

За рис. 2.6 [6] визначаємо складові коефіцієнти опромінення $k_{\text{ОБЛ,В}}$ і $k_{\text{ОБЛ,Г}}$ від кутів β і γ :

$$k_{\text{ОПР}} = 0,99; \quad k_{\text{ВІД}} = 0,99; \quad k_{\text{ВІД}} = 0,92.$$

Знаходимо питомі теплонадходження від проникаючої радіації:

$$q_{\text{пр}} = (q_{\text{п}}^{\text{в}} \cdot k_{\text{опр}} + q_{\text{р}}^{\text{в}} \cdot k_{\text{вд}}) \cdot k_{\text{вд}} \cdot \tau_2, \text{ Вт/м}^2,$$

де $q_{\text{п}}$, $q_{\text{р}}$ – кількість теплоти відповідно прямої і розсіяної сонячної радіації, що надходить у приміщення кожну годину розрахункової доби через скління світлових отворів;
 $k_{\text{опр}}$ – коефіцієнт опромінення;
 $k_{\text{вд}}$ – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації через заповнення світлового потоку;
 τ_2 – коефіцієнт, що враховує затінення світлового прорізу палітурками;

$$q_{\text{пр}} = (398 \cdot 0,99 + 92 \cdot 0,99) \cdot 0,8 \cdot 0,6 = 208,75 \text{ Вт/м}^2.$$

За табл. 2.10 [6] знаходимо кількість теплоти сонячної радіації, що поступає на вертикальну поверхню:

$$S_{\text{в}} = 479 \text{ Вт/м}^2, D_{\text{в}} = 124 \text{ Вт/м}^2.$$

Коефіцієнт теплопередачі на зовнішній поверхні скління:

$$\alpha = 5,8 + 11,6\sqrt{0},$$

$$\alpha = 5,8 + 11,6\sqrt{4,9} = 17,4 \text{ Вт/(м}^2\text{°C)}.$$

Умовна температура зовнішнього середовища:

$$t_{\text{н.ум.}} = t_{\text{н.ср.}} + 0,5 \cdot A_{t_3} \cdot \beta_2 + \frac{S_{\text{в}} \cdot k_{\text{опр.}} + D_{\text{в}} \cdot k_{\text{вд.}}}{\alpha_{\text{н}}} \cdot \rho_{\text{п}} \cdot \tau_2, \text{ °C},$$

де $t_{\text{н.ср.}}$ – середня температура зовнішнього повітря найбільш жаркого місяця для вентиляції, °C;

A_{t_3} – добова амплітуда температури зовнішнього повітря, °C;

S , D – кількість теплоти відповідно прямої і розсіяної радіації, що надходить кожну годину розрахункової доби на вертикальну або горизонтальну поверхню, Вт;

α_H – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожень;

ρ_{Π} – приведений коефіцієнт поглинання сонячної радіації заповненням світлових прорізів;

$$t_{H.UM} = 23,6 + 0,5 \cdot 10,5 \cdot 0,794 + (479 \cdot 0,92 + 124 \cdot 0,99/17,4) \times \\ \times 0,4 \cdot 0,6 = 35,1 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Питомі теплонадходження, обумовлені теплопередачею:

$$q_{\Pi T} = \frac{t_{H.UM} - t_B}{R_o},$$

де R_o – опір теплопередачі заповнення світлових отворів, $\text{м}^2 \text{ }^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

$t_{H.UM}$ – умовна температура зовнішнього середовища;

$$q_{\Pi T} = (35,1 - 25,6)/0,56 = 17,1 \text{ Вт/м}^2.$$

Сумарні теплонадходження від сонячної радіації:

$$Q_{c.p.} = (q_{\Pi P} + q_{\Pi T}) \cdot A_{ок} = (208,75 + 17,08) \times 33,12 = 7480 \text{ Вт}.$$

Розрахунок повітряного балансу

Виходячи з площі торговельного залу продовольчого магазину, визначаємо кількість людей, що знаходяться в магазині:

- 5 м^2 на людину тимчасового перебування (покупця);
- 100 м^2 на одне робоче місце в продовольчому магазині.

За розрахунком отримуємо 70 чоловік відвідувачів і 3 продавці.

За нормами об'єму свіжого повітря, що подається, має бути:

- для тимчасового перебування 20 $\text{м}^3/\text{год}$;
- для постійного перебування 60 $\text{м}^3/\text{год}$.

Загальна кількість свіжого (зовнішнього) повітря:

$$\alpha_{\Pi OV} = 3 \times 60 + 20 \times 70 = 1580 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Обідня зала кафе

А. Визначення тепловиділень від людей.

Приймаємо в обідній залі 5 чоловік обслуговуючого персоналу і 50 відвідувачів. За табл. 2.2 [10] визначаємо тепловиділення від робітника при температурах робочої зони в різні періоди року:

у теплий період: при $t = 24^{\circ}\text{C}$:

– надходження явного тепла: $Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} \times n = 65 \times 50 + 70 \times 5 = 3600 \text{ Вт}$,

де $q_{\text{я}}$ – кількість явної теплоти, що виділяється однією людиною, Вт;

N – кількість людей, що працюють у приміщенні;

– надходження «п» повного тепла: $Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot n = 145 \cdot 50 + 200 \cdot 5 = 8250 \text{ Вт}$,

де $q_{\text{п}}$ – кількість повної теплоти, що виділяється однією людиною, Вт;

N – кількість людей, що працюють у приміщенні;

– надходження прихованого тепла: $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{п}} - Q_{\text{я}} = 8250 - 3600 = 4650 \text{ Вт}$.

У холодний період і перехідний при $t = 20^{\circ}\text{C}$:

– надходження явного тепла: $Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} \cdot n = 100 \cdot 50 + 105 \cdot 5 = 5525 \text{ Вт}$,

– надходження повного тепла: $Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot n = 150 \cdot 50 + 205 \cdot 5 = 8525 \text{ Вт}$,

– надходження прихованого тепла: $Q_{\text{прих}} = Q_{\text{п}} - Q_{\text{я}} = 8525 - 5525 = 3000 \text{ Вт}$.

Б. Теплонадходження від їжі:

$$Q = 2g \cdot c_{\text{сп}} \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) \cdot n / 3,6 \cdot t = 2 \cdot 0,85 \cdot 3,35 (70 - 40) \times \\ \times 50 / 3,6 \cdot 1 = 2373 \text{ Вт},$$

де g – середня маса всіх блюд, що приходяться на одного відвідувача, в розрахунках приймається $g = 0,85 \text{ кг}$;

c_{CP} – середня теплоємність їжі, в розрахунках приймається 3,35 кДж/(кг · с);

t_{H} – температура їжі, що поступає в обідню залу, 70 °С;

t_{K} – температура їжі у момент вживання, 40 °С;

n – число посадкових місць, 50;

t – тривалість вживання їжі одним відвідувачем; для ресторанів $t = 1$ год.

В. Теплонадходження від штучного освітлення приймаємо у розмірі 25 Вт/м² площі підлоги:

$$Q_{\text{осв}} = q_{\text{осв}} \cdot F \cdot \eta = 20 \cdot 175,2 \cdot 0,6 = 2101,9 \text{ Вт},$$

де F – площа приміщення, м²;

$q_{\text{осв}}$ – питомі теплонадходження від люмінесцентних ламп, Вт/(м²лк);

$\eta_{\text{осв}}$ – частка тепла, що поступає в приміщення.

Г. Теплонадходження від сонячної радіації: $Q = 3741$ Вт.

Розрахунок вологовиділень та значень тепловологісного відношення

а) від людей:

$$\begin{aligned} M_{\text{люод}} &= m_{\text{л}} \cdot n_{\text{л}} + m_{\text{ср}} \cdot n_{\text{ср}} = 50 \cdot 107 + 5 \cdot 176 = \\ &= 5350 + 880 = 6,23 \text{ кг/год}; \end{aligned}$$

б) від їжі, що охолоняє:

$$\begin{aligned} M &= K \cdot g \cdot c_{\text{CP}} \cdot (t_{\text{H}} - t_{\text{K}}) \cdot n / (\tau (2500 + 1,8 \cdot (t_{\text{H}} - t_{\text{K}}) / 2)) = \\ &= 0,34 \cdot 0,85 \cdot 3,35 \cdot (70 - 40) 50 / (1 \cdot (2500 + 1,8 (70 - 40) / 2)) = \\ &= 0,558 \text{ кг/год}. \end{aligned}$$

Всього в обідньому залі виділяється вологи

$$M_{\text{ТЗ}} = 6,23 + 0,558 = 6,788 \text{ кг/год}.$$

При цьому тепловологісне відношення дорівнює:

$$\varepsilon = 3,6 Q_{\text{т.з.п.}} / M_{\text{т.з.}} = 3,6 \cdot 12724,9 / 6,788 = 6750 \text{ кДж/кг.}$$

Розрахунок повітряного балансу

Температура, яка видаляється з верхньої зони повітря, визначається за формулою:

$$t_y = t_B + g_{\text{rad}} (H - 1,5) = 24 + 1,3 (4,1 - 2) = 26,7 \text{ }^{\circ}\text{C.}$$

Кількість повітря, яку необхідно видалити з верхньої зони зали:

$$\begin{aligned} L_{\text{о.б.}} &= (3,6 \cdot Q_{\text{о.б.р.}} \cdot L_p (I_B - I_{\Pi})) / (\rho \cdot (I_y - I_{\Pi})) = \\ &= (3,6 \cdot 14364 \cdot 1200 (51 - 45)) / (1,2 \cdot (55 - 45)) = 3590 \text{ м}^3/\text{год.} \end{aligned}$$

Ентальпія припливного повітря: $I_{\Pi} = 45 \text{ кДж/кг.}$

Ентальпія повітря, яке видаляється: $I_y = 55 \text{ кДж/кг.}$

Витрата припливного повітря в торговельний зал:

$$L_{\Pi} = L_y + L_p = 3590 + 1200 = 4790 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Гарячий цех

А. Визначення тепловиділень від людей. У гарячому цеху знаходяться 5 чоловік персоналу. Робота середньої важкості. За табл. 2.2 [6] за допомогою інтерполяції визначаємо тепловиділення від робітника при температурах робочої зони в різні періоди року.

У теплий період: при $t = 27^{\circ}\text{C}$:

– надходження явного тепла: $Q_y = q_y \cdot n = 70 \cdot 5 = 350 \text{ Вт,}$

де q_y – кількість явної теплоти тієї, що виділяється однією людиною, Вт;

N – кількість чоловік, що працюють у приміщенні;

– надходження повного тепла: $Q_{\Pi} = q_{\Pi} \cdot n = 200 \cdot 5 = 1000 \text{ Вт,}$

– надходження прихованого тепла: $Q_{\text{прих.}} = Q_{\Pi} - Q_y = 1000 - 350 = 650 \text{ Вт.}$

У холодний період і перехідний при $t = 22^{\circ}\text{C}$:

- надходження явного тепла: $Q_{\text{я}} = q_{\text{я}} \cdot n = 55 \cdot 5 = 275 \text{ Вт}$,
- надходження повного тепла: $Q_{\text{п}} = q_{\text{п}} \cdot n = 202 \cdot 5 = 1010 \text{ Вт}$,
- надходження прихованого тепла: $Q_{\text{прих.}} = Q_{\text{п}} - Q_{\text{я}} = 1010 - 275 = 735 \text{ Вт}$.

Б. Теплонадходження від штучного освітлення приймаємо у розмірі 25 Вт/м^2 площі підлоги:

$$Q_{\text{осв.}} = q_{\text{осв.}} \cdot F \cdot \eta = 25 \cdot 32 \cdot 0,7 = 560 \text{ Вт},$$

де F – площа приміщення, м^2 ;

$q_{\text{осв.}}$ – питомі теплонадходження від люмінесцентних ламп, $\text{Вт/(м}^2\text{лк)}$;

$\eta_{\text{осв.}}$ – частка тепла, що поступає в приміщення.

В. Теплонадходження від технологічного устаткування. У гарячому цеху встановлене секційне модульоване устаткування (табл. 4.1):

$$\begin{aligned} Q_{\text{ЕО}} &= 1000 \cdot k_{\text{О}} \cdot N_{\text{ОБ}} \cdot k_{\text{З}} \cdot (1K_{\text{УКР}}) = \\ &= 1000 \cdot 0,7 \cdot (4,0 \cdot 0,65 + 5,0 \cdot 0,5 + 7,5 \cdot 0,65 + \\ &+ 18,9 \cdot 0,5 + 2,5 \cdot 0,5 + 8,0 \cdot 0,5) \cdot (1 - 0,75) = 3656,6 \text{ Вт}. \end{aligned}$$

Таблиця 4.1 – Характеристики технологічного обладнання в гарячому цеху

Найменування обладнання	Потужність, кВт	Коефіцієнт завантаження	Витрата повітря	
			приток	витяжка
Плита	4	0,65	200	250
Сковорода	5	0,5	400	450
Фритюрниця	7,5	0,65	200	350
Варочний котел	18,9	0,3	400	550
Мармит з підігрівом	2,5	0,5	200	300
Жарильна шафа	8	0,5	200	400

Розрахунок повітряного балансу

У гарячому цеху витрата витяжного повітря визначається по сумі витрат повітря, що видаляється через витяжні відсіки локалізуючих пристроїв, від теплового модульованого устаткування $L_{\text{ЛУУ}}$, і приміщення $L_{\text{ВУ}}$, що видаляється з верхньої зони.

Визначаємо витрату $L_{\text{ЛУУ}}$:

$$L_{\text{ЛУУ}} = l_y \cdot n = 1 \cdot 250 + 1 \cdot 450 + 1 \cdot 350 + 550 + 300 + 400 = 2300 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Мінімально допустима витрата витяжного повітря з верхньої зони, відповідна двократному повітрообміну, дорівнює:

$$L_{\text{ОУ}} = 2 \cdot v = 2 \cdot 150 = 300 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Сумарна витрата витяжного повітря в гарячому цеху має бути не менше:

$$L_{\text{СУ}} = L_{\text{ЛУУ}} + L_{\text{ОУ}} = 2300 + 300 = 2600 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата з верхньої зони: $L_{\text{ОУ}} = 2600 - 2300 = 300 \text{ м}^3/\text{год.}$

Санітарна норма припливного зовнішнього повітря:

$$L_{\text{Н}} = 100n = 100 \cdot 5 = 500 \text{ м}^3/\text{год.},$$

де n – число працюючих у цеху.

Кількість повітря, що подається припливними системами, повинна складати не менше 60 % від загальної витрати повітря, що поступає в гарячий цех.

Мінімально допустимий рівень механічного припливу:

$$L_{\text{МП}}(\text{min}) = 0,6 \cdot L_{\text{ОУ}} = 0,6 \cdot 2600 = 1560 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Витрата припливного повітря, що подається через локалізуючі пристрої встановленого теплового модульованого устаткування, визначається

$$L_{\text{ЛУП}} = 200 + 400 + 200 + 400 + 200 + 200 = 1600 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Таким чином, через локалізуючі пристрої подається достатня кількість повітря, що задовольняє як санітарним нормам, так і нормам мінімального механічного припливу, тому загальнообмінного припливу не вимагає.

Витрата рециркуляційного, перетікаючого через відкриті отвори з обіднього залу повітря:

$$L_p = L_{cy} - L_{луп} = 2600 - 1600 = 1000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Аеродинамічний розрахунок повітроводів

Розрахунок проводиться на підставі [1].

Мета: визначення оптимальної конструкції і перетину повітроводів, втрат тиску в них з умовою того, що швидкість руху повітря не повинна виходити за межі рекомендованих значень.

У приміщеннях будівлі передбачаються повітроводи прямокутного перетину з оцинкованої тонколистової сталі по ДСТУ 8808:2018 «Профілі сталеві гнуті. Технічні умови» [20].

Порядок розрахунку.

Схема розбивається на ділянки. Ділянка – відрізок трубопроводу з постійною витратою. Задаючись швидкістю на розрахунковій ділянці, визначаються орієнтування площі перетину повітроводів $F_{роз}$:

$$F_{роз} = \frac{L}{3600 \cdot V}, \text{ м}^2,$$

де V – швидкість на розрахунковій ділянці, $\text{м}^2/\text{год.}$

За орієнтовною площею приймається діаметр d , мм.

Визначається дійсна швидкість руху повітря на ділянці:

$$V_d = \frac{L}{3600 \cdot F_{роз}}.$$

Після знаходження питомих втрат тиску на тертя R , Па/м², множачи R на довжину ділянки, визначаються втрати тиску на тертя на всій ділянці.

Визначаються втрати в місцевих опорах відповідно до даних глави 22 [1]:

$$Z = H_{\text{дпн}} \sum \xi,$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору.

Визначаються сумарні втрати тиску на ділянці $(Rl + Z) = \Delta P_{\text{д}}$.

Визначаються сумарні втрати тиску на напрямі $\sum (Rl + Z)_{\text{маг}} = \Delta P_{\text{маг}}$.

Аналогічним чином розраховуються відгалуження. Втрати тиску на незагальних паралельних ділянках основного напрямку і відгалужень $\Delta P_{\text{в}}$ і $\Delta P_{\text{маг}}$ повинні узгоджуватися з максимальною погрішністю $\leq 10 \%$.

Якщо нев'язка складає більше 10 %, то відповідно до табл. 22.48 [1] передбачається установка діафрагми. Розрахунки ведуться в табличній формі (див. таблицю). Аеродинамічний розрахунок повітроводів витяжної системи вентиляції аналогічний розрахунку припливної системи. Розрахунок виконаний у табличній формі (табл. 4.2).

Розрахунок проточного струменю. Підбір повітророзподільних пристроїв

Організація повітрообміну в приміщенні має бути запроєктована так, щоб забезпечити вимоги по граничному вмісту шкідливих речовин і норм метеорологічних умов у повітрі робочої (РЗ) або обслуговуваної (ОЗ) зони.

Проведемо розрахунки на прикладі офісного приміщення № 201.

Розмір офісу $10,5 \times 8,5$ м. Загальна кількість припливного повітря $L_0 = 360$ м³/год. Подача припливного повітря виробляється зверху вниз.

Таблиця 4.2 – Аеродинамічний розрахунок припливної сиситеми вентиляції

№ діл	витрата		довжина, м	V _p м/с	розміри повітроводів					n	κ	витрати тиску на тертя		P _а	Σζ	Z = ΣζK _{Рд}	ΔP, Па	ΣΔP, Па
	м³/г	м³/с			F, м²	A × B, мм	d _в , мм	V _ф м/с	R, Па/м			nkRI Па						
1	110	0,03	3,6	3	0,010	100 × 150	120,0	2,037	1	1	0,62	2,232	2,490	1,72	4,282	6,514	6,5	
2	220	0,06	4,2	3,5	0,017	100 × 150	120,0	4,074	1	1	2	8,4	9,959	0,3	2,988	11,388	17,8	
3	650	0,18	3	4	0,045	150 × 300	200,0	4,012	1	1	1,1	3,3	9,659	1,3	12,557	15,857	30,7	
4	1090	0,3	7,1	4,5	0,067	250 × 250	250,0	4,884	1	1	1,2	8,52	14,309	0,69	9,873	18,393	49	
5	1510	0,42	4,5	5	0,084	250 × 300	272,7	5,593	1	1	1,4	6,3	18,766	1,55	29,088	35,388	84,4	
6	3285	0,91	4,4	6	0,152	400 × 400	400,0	5,703	1	1	0,9	3,96	19,515	1,3	25,370	29,330	107,8	
7	3620	1,01	3	6,5	0,155	400 × 400	400,0	6,285	1	1	1	3	23,699	-	23,699	26,699	134,4	
8	4820	1,34	0,5	6,5	0,206	400 × 500	444,4	6,694	1	1	1,1	0,55	26,889	1,55	41,678	42,228	176,6	
9	5540	1,54	1,5	7	0,220	400 × 500	444,4	7,694	1	1	1,2	1,8	35,523	-	35,523	37,323	213,8	
10	5601	1,56	3,9	8	0,194	400 × 500	444,4	7,779	1	1	1,4	5,46	36,309	0,32	11,619	17,079	230,9	
11	90	0,03	0,8	3	0,008	100 × 150	120,0	1,667	1	1	0,4	0,320	1,667	1,4	2,333	2,653	2,65	
12	180	0,05	2,8	3	0,017	100 × 150	120,0	3,333	1	1	0,7	1,960	6,667	1,6	10,667	12,627	8,63	
13	360	0,1	10,2	3,5	0,029	150 × 250	187,5	2,703	1	1	0,7	7,140	4,383	4,42	19,372	26,512	32	
14	660	0,18	4,9	4	0,046	150 × 300	200,0	4,074	1	1	1	4,900	9,959	4,44	44,217	49,117	81,6	
15	1055	0,29	0,5	4	0,073	250 × 300	272,7	3,907	1	1	0,7	0,350	9,161	0,6	5,496	5,846	87,4	
16	1415	0,39	5,8	4,5	0,087	250 × 300	272,7	5,241	1	1	1,2	6,960	16,479	1,55	25,543	32,503	105,2	
17	1775	0,49	1	5	0,099	250 × 400	307,7	4,931	1	1	0,8	0,800	14,586	-	14,586	15,386	120,7	

Надлишкова температура припливного повітря $\Delta t = 10^\circ\text{C}$, нормована швидкість повітря $V_{\text{норм}} = 0,3 \text{ м/с}$.

Приймаємо до установки розподільник повітря типу 4АПР 300×300 , що створює віяловий струмінь, який настеляється на стелю. За табл. [6] для даної схеми $m = 2,2$, $n = 1,6$.

Визначаємо розрахункову довжину струменя:

$$X = 0,5 \cdot \sqrt{F_{0,3}} + h_{\text{пом}} - h_{0,3} = 9,1 \cdot 0,5 + 4,1 - 1,5 = 7,1 \text{ м.}$$

По розрахунковій витраті $L = 360 \text{ м}^3/\text{г}$ і $F_0 = 0,019$ визначуваний $V_0 = 1,5 \text{ м/с}$. Залежно від розрахункової довжини струменя і $F_0 = 0,019$ визначаємо співвідношення $\frac{x}{\sqrt{F}} = 55$.

Згідно з $m = 2,2$ та $\frac{x}{\sqrt{F}} = 55$, знаходимо: $V_x = 0,3 \text{ м/с}$.

Згідно з $\Delta t = 10^\circ\text{C}$ та $n = 1,6$ визначаємо $\Delta t_x = 0,6^\circ\text{C}$.

Визначаємо коефіцієнт стиснення $K_c = 0,9$ за табл. 2 [6] для нашої схеми.

Обчислюємо:

$$V_{\text{max}} = v_x \cdot k_c \cdot k_n = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 1,0 = 0,27 \text{ м/с,}$$

$$\Delta t_{\text{max}} = \Delta t_x / K_c \cdot k_n = 0,6 / 0,9 \cdot 1,0 = 0,7^\circ\text{C}.$$

Розраховані значення зіставляємо з нормованими:

$$V_{\text{max}} = 0,27 < V_{\text{норм}} = 0,3 \text{ м/с,}$$

$\Delta t_{\text{max}} = 0,7 < 1,0^\circ\text{C}$, отже, розрахункова схема зберігається.

Підбір обладнання системи вентиляції

Підбір повітроприймального блоку.

Повітроприймальні блоки (змішувачі) служать для прийому (змішування) повітря, що поступає в припливну установку. Всі клапани виконані за єдиною конструктивною схемою і складаються з корпусу і поворотних лопаток, єдиних по перетину для клапанів всіх типорозмірів. Підбір здійснюємо по вибраному типорозміру установки.

Повітряний клапан: УВК – 510 × 1050. Привід: LM24A-S,
 $M = 60$ кг.

Підбір блоку фільтрів.

У промислових будівлях для очищення повітря від пилу рекомендується застосовувати осередкові фільтри типу Фя. Осередкові фільтри встановлюють у спеціальних панелях, що забезпечують їх знімання і повторну установку при регенерації.

Індекс: ФяУБ-1; клас: G3; ефект = 80 %.

Вибір вентилятора.

Осьовий вентилятор ВО-14-320-7 використовується для подачі великих об'ємів повітря в системах з низькими аеродинамічними опорами.

Характеристика вентилятора ВО-14-320-7:

Подача 5000 м³/год;

Потужність 370 Вт;

ККД 71 %;

Маса 26,5 кг;

Камера проміжна (масогабаритні показники):

$L = 465$ мм, $B \times H \times L = 1340 \times 850 \times 465$ мм;

$M = 60$ кг.

Корпус виготовляється з оцинкованого сталевих листа, має синтетичне покриття. Фланці для кріплення виготовлені з оцинкованої сталі із захисним покриттям.

5. РОЗРОБКА ТА СКЛАДАННЯ СХЕМИ ДЛЯ ВИБРАНОЇ СИСТЕМИ

5.1 Характеристика схем приєднання споживачів до теплопостачання

Системи теплопостачання, у яких як теплоносіїв застосовується гаряча вода, можуть працювати за різними схемами приєднання споживачів. Основні схеми теплопостачання, які застосовуються на практиці, розділяються за такими ознаками [17, 19].

1. *За способом приєднання місцевих систем гарячого водопостачання, що забезпечують санітарно-побутові й технологічні потреби:*

- а) закриті схеми;
- б) відкриті схеми.

2. *За способом приєднання місцевих систем опалення, вентиляції і кондиціонування повітря:*

- а) залежні схеми;
- б) незалежні схеми.

У закритій схемі теплопостачання теплоносіїв використовується тільки для транспортування теплоти. Теплоносіїв не витрачається і не відбирається з мережі (не враховуючи нормованих втрат – витоків та аварійних випадків).

У відкритій схемі теплопостачання теплоносіїв (тобто гаряча вода) служить не тільки для транспортування теплоти, але також відбирається з мережі споживачами для гарячого

водопостачання санітарно-побутових і технологічних потреб виробництва.

На рис. 5.1 схематично зображені закрыта і відкрита схеми теплопостачання (при закритій або відкритій схемах приєднання споживачів).

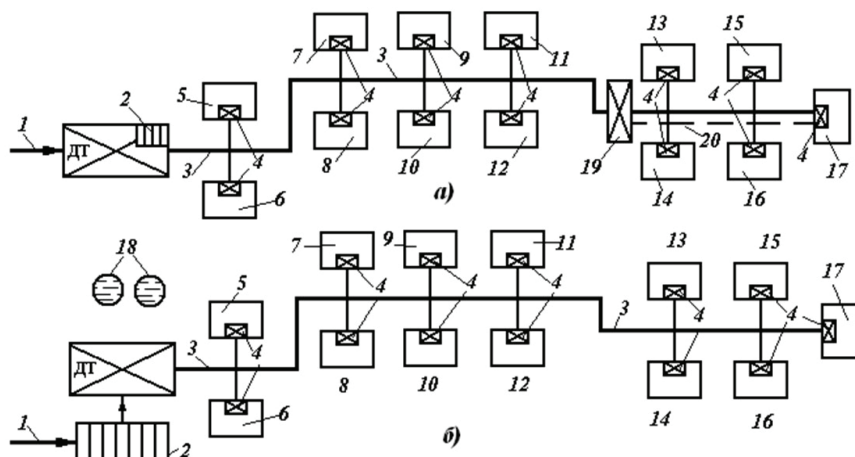


Рисунок 5.1 – Схеми теплопостачання:

- а* – закрыта схема; *б* – відкрита схема; ДТ – джерело теплоти;
- 1 – трубопровід холодної води питної якості; 2 – установка хімічного водоочищення; 3 – теплові мережі; 4 – теплові пункти;
- 5–17 – будинки споживачі теплоти; 18 – баки-акумулятори гарячої води;
- 19 – ЦТП при закритій схемі, у якому приготується гаряча вода для групи будинків 13–17; 20 – мережі системи гарячого водопостачання за ЦТП

Капітальні витрати в будівництві та експлуатаційні витрати джерела теплоти для закритих схем менші, ніж у відкритих унаслідок спрощення хімічного водоочищення й відсутності великих баків-акумуляторів гарячої води. Основна зручність і простота експлуатації джерела теплоти в закритій схемі полягають у тому, що від нього не потрібно забезпечення

місцевих систем гарячого водопостачання споживачів гарячою водою питної якості. Єдина вимога до води, що служить для поповнення системи, полягає в тому, що вона повинна бути деаерована і зм'якшена, щоб уникнути кисневої корозії й накипоутворення в системі теплопостачання.

Порівняння переваг і недоліків відкритої й закритої схем теплопостачання приводить до таких висновків.

Закриті схеми теплопостачання:

- 1) для джерела теплоти – дешевші в будівництві й простіші в експлуатації;
- 2) для теплових мереж – дорожчі в будівництві, але простіші в експлуатації;
- 3) для ТП споживачів теплоти – дорожчі в будівництві й складніші в експлуатації;
- 4) для місцевих систем споживачів теплоти схеми – рівноцінні в будівництві, але в частині систем гарячого водопостачання менш надійні в експлуатації.

Відкриті схеми теплопостачання:

- 1) для джерела теплоти – дорожчі і складніші як у будівництві, так і в експлуатації;
- 2) для теплових мереж – дешевші в будівництві, але складніші в експлуатації;
- 3) для ТП споживачів теплоти – дешевші в будівництві й простіші в експлуатації;
- 4) для місцевих систем споживачів теплоти схеми рівноцінні в будівництві, однак у частині систем гарячого водопостачання більш надійні в експлуатації;
- 5) для системи господарсько-питного водопроводу міста – більш вигідні.

Теплопостачання за відкритою схемою веде до значної економії робочої сили в експлуатації системи теплопостачання в цілому, крім того, помітно подовжується термін служби місцевих систем гарячого водопостачання.

Схеми теплопостачання при використанні води як теплоносія поділяються за способом приєднання місцевих систем опалення, вентиляції і кондиціонування повітря на залежні й незалежні.

Залежними називають такі схеми, в яких місцеві системи споживачів теплоти приєднані безпосередньо (одноконтурно) до теплових мереж району без проміжних теплообмінників. При залежній схемі робота всіх елементів системи теплопостачання взаємозалежна, що виражається в наступному:

1) витоки теплоносія з усіх елементів системи теплопостачання компенсуються централізовано підживленням, що здійснюється в джерелі теплоти;

2) у трубопроводах, що подають теплоносії від джерела теплоти, встановлюється єдина температура теплоносія;

3) тиск у трубопроводі, що подає теплоносії, і зворотному трубопроводі місцевих систем споживачів теплоти залежить від тиску в зовнішніх теплових мережах з урахуванням роботи пристроїв регулювання тиску, встановлених у теплових пунктах;

4) гідравлічні удари, що утворюються в одному з елементів системи теплопостачання, деякою мірою відбиваються на її інших елементах;

5) регулювання роботи одного елемента системи теплопостачання цілком позначається на роботі її інших елементів.

Незалежними називаються схеми приєднання місцевих систем опалення, вентиляції й кондиціонування повітря до теплових мереж району через проміжні теплообмінники (двоконтурні схеми).

Перший контур системи теплопостачання за незалежною схемою включає районне джерело теплоти, теплові мережі і гріючу (первинну) частину підігрівачів центральних або індивідуальних ТП.

Другий контур охоплює частину підігрівачів ТП (вторинну), що нагріваються, і місцеві системи споживачів теплоти.

У кожному з контурів циркулює свій теплоносій, що має свій тиск, температуру та якість. При необхідності тиск у другому контурі може бути нижчий або вищий за тиск у першому контурі, але температура теплоносія другого контуру, що нагрівається, завжди нижча за перший (гріючий). Підживлення теплоносія другого контуру повинно здійснюватися за рахунок теплоносія першого контуру. Наповняється система другого контуру тільки теплоносієм першого контуру. Підживлення другого контуру за рахунок теплоносія першого контуру є технічно найкращим рішенням, оскільки вода цього контуру спеціально підготовлена в джерелі теплоти.

5.2 Приєднання котельних до теплових мереж систем теплопостачання

5.2.1 Приєднання парової котельні до парової системи теплопостачання

Пара з парового котла безпосередньо або через РОУ прямує до споживача (рис. 5.2). Конденсат, що повертається в котельню, поступає в деаератор. Втрати конденсату компенсуються хімічищеною водою, яка також подається в деаератор. Суміш конденсату і додаткової хімічищеної води після деаерації прямує в котел як живильна вода.

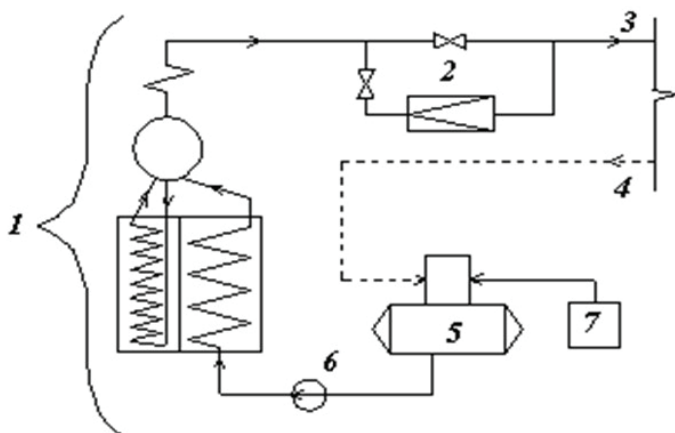


Рисунок 5.2 – Схема приєднання парової котельні до парової системи тепlopостачання:

1 – паровий котел; 2 – редукційно-охолоджувальна установка (РОУ) для зниження тиску і температури пари до значень, необхідних споживачу;

3 – подавальний паропровід; 4 – конденсатопровід для повернення в котельню конденсату, використаного у споживача пари; 5 – деаератор для видалення з живильної води розчинених в ній газів і, в першу чергу, кисню повітря; 6 – живильний насос; 7 – хімоводоочищення (ХВО) для підготовки хімовищеної води, яка компенсує втрати конденсату

5.2.2 Приєднання парової котельні до водяної системи тепlopостачання

Мережна вода, використана у споживачів, після підживлення і підвищення тиску в мережному насосі поступає в підігрівачі (рис. 5.3). Інтенсивність підживлення залежить від ступеня відхилення тиску мережної води в зворотній лінії від номінального значення.

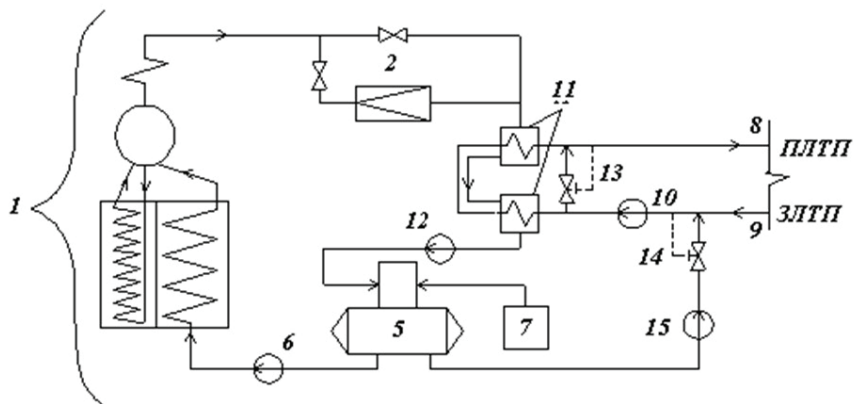


Рисунок 5.3 – Схема приєднання парової котельні до водяної системи теплопостачання:

1, 2, 5, 6, 7 (див. рис. 5.2) 3 і 4 – відсутні; 8 і 9 – подавальна і зворотна лінія теплової мережі (ПЛТП і ЗЛТП); 10 – мережний насос для підвищення тиску мережної води з метою подолання опору мережних підігрівачів, теплової мережі й забезпечення тиску нагрітої мережної води відповідно до вимог споживачів; 11 – мережні підігрівачі (поверхневі пароводяні теплообмінники); 12 – дренажний насос для відведення конденсату гріючої пари з теплообмінників; 13 – регулятор температури води в ЗЛТП; 14 – регулятор підживлення (регулятор тиску води в ЗЛТП); 15 – підживлювальний насос для подачі додаткової мережної води, яка компенсує втрати води у споживачів

Пара з парового котла безпосередньо або через РОУ прямує в мережні підігрівачі, де нагріває воду й конденсується. Конденсат відводиться в деаератор.

Регулювання температури мережної води, що поступає в ПЛТП, здійснюється у бік зниження шляхом подачі води з ЗЛТП. Втрати конденсату й мережної води компенсуються додатковою хімічищеною водою.

5.2.3 Приєднання парової котельні до пароводяної системи тепlopостачання

Схема приєднання (рис. 5.4) є комбінацією двох попередніх схем (рис. 5.2 і 5.3).

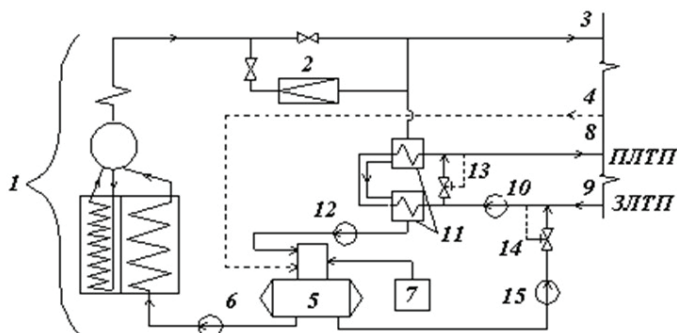


Рисунок 5.4 – Схема приєднання парової котельні до пароводяної системи тепlopостачання (позначення див. рис. 5.2 і 5.3)

5.2.4 Приєднання водогрійної котельні до теплової мережі

Нагрівання мережної води у водогрійній котельні здійснюється безпосередньо в котлах без проміжних теплообмінників (рис. 5.5).

Мережна вода, що поступає в котельню з ЗЛТП, після підживлення і підвищення тиску в мережному насосі прямує в котел. Температура води на вході в котел підтримується на певному рівні ($60 \div 65^{\circ}\text{C}$) для виключення сірчаноокислотної корозії хвостових поверхонь нагріву котла. Регулювання температури води в ПЛТП здійснюється у бік пониження температури шляхом подачі води з ЗЛТП.

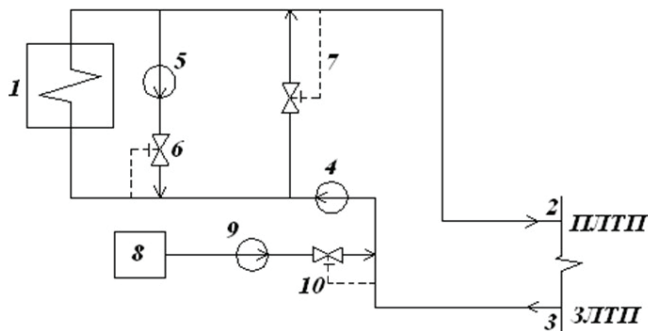


Рисунок 5.5 – Схема приєднання водогрійної котельні до теплової мережі:

1 – водогрійний котел; 2 і 3 – ПЛТП і ЗЛТП; 4 – мережний насос;
 5 – рециркуляційний насос для часткової рециркуляції нагрітої в котлі води в потік мережної води на вході в котел з метою підтримання температури на вході в котел на певному рівні; 6 – регулятор температури води на вході в котел; 7 – регулятор температури води в ПЛТП;
 8 – підготовка додаткової хімічещеної і деаерованої води, яка компенсує втрати мережної води (ХВО і деаератор); 9 – підживлювальний насос;
 10 – регулятор підживлення (регулятор тиску в ЗЛТП)

5.2.5 Приєднання пароводогрійної котельні до теплової мережі

Схема приєднання залежить від типу встановлених у котельні котлів. Можливі такі варіанти:

- парові й водогрійні котли;
- пароводогрійні котли;
- парові, водогрійні й пароводогрійні котли;
- водогрійні та пароводогрійні котли;
- парові й пароводогрійні котли.

Схеми приєднання парових і водогрійних котлів, що входять до складу пароводогрійної котельні, аналогічні попереднім схемам (див. рис. 5.2–5.5).

Схеми приєднання пароводогрійних котлів залежать від їхньої конструкції. Можливі 2 варіанти:

I. Приєднання пароводогрійного котла з підігрівом мережної води всередині барабана котла (рис. 5.6).

Вбудований у барабан котла підігрівач мережної води є теплообмінником змішувального типу (рис. 5.7).

Мережна вода поступає в барабан котла через заспокійливий короб у порожнину розподільного короба, що має перфороване ступінчате днище (направляючий і барботажний листи). Перфорація забезпечує струменеву течію води назустріч пароводяній суміші, яка поступає з випарних поверхонь нагріву котла, що приводить до нагріву води.

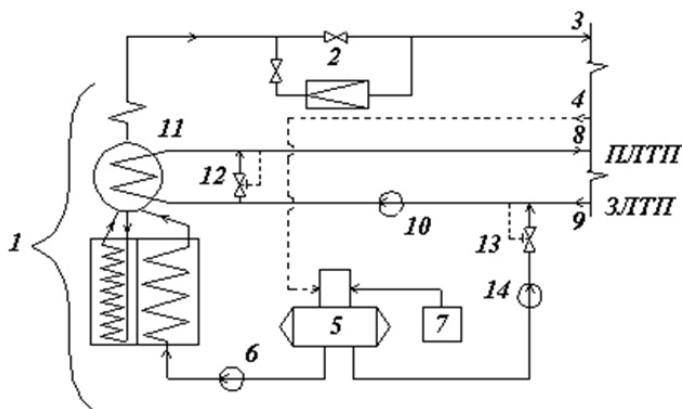


Рисунок 5.6 – Схема приєднання пароводогрійного котла з підігрівом мережної води всередині барабана котла:

- 1 – пароводогрійний котел; 2 – ПОУ; 3 – подавальний паропровід;
4 – конденсатопровід; 5 – деаератор; 6 – живильний насос; 7 – ХВО;
8 і 9 – ПЛТП і ЗЛТП; 10 – мережний насос; 11 – вбудований у барабан котла підігрівач мережної води; 12 – регулятор температури води в ПЛТП; 13 – регулятор підживлення (регулятор тиску води в ЗЛТП);
14 – підживлювальний насос

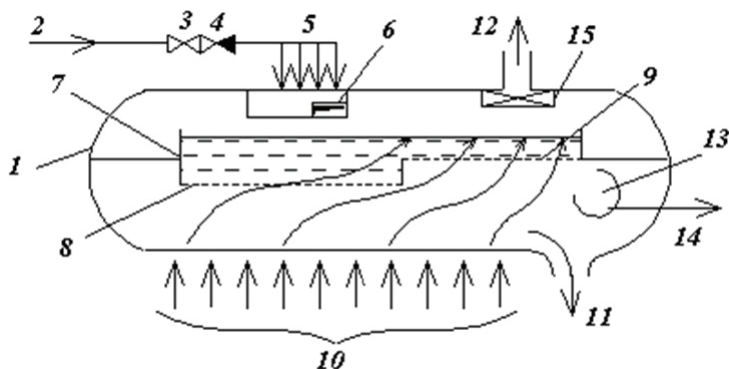


Рисунок 5.7 – Вбудований у барабан котла підігрівач мережної води:

1 – корпус барабана котла; 2 – вода з ЗЛТП; 3 і 4 – замковий і зворотний клапани; 5 – колектор; 6 – заспокійливий короб; 7 – розподільний короб, що має ступінчасте перфороване днище; 8 – направляючий лист; 9 – барботажний лист; 10 – пароводяна суміш від випарних поверхонь нагріву котла; 11 – повернення води у випарні поверхні нагріву; 12 – вихід насиченої пари в пароперегрівач; 13 – пристрій сепарації, наприклад, сталевий перфорований лист; 14 – жолоб для відбору мережної води; 15 – подача води в ПЛТП

Співвідношення між витратою пари і кількістю води, що нагрівається, може бути різним, проте витрата пари повинна бути не менше 2 % від загальної маси пари і води для можливості виходу з котла повітря та інших фаз, що не конденсуються.

II. Приєднання пароводогрійного котла з підігрівом мережної води у вбудованих у газохід котла поверхнях нагріву (рис. 5.8).

Поверхні нагріву мережного підігрівача розміщуються в газоході котла поряд з економайзером у вигляді додаткової секції. У літній період, коли відсутнє опалювальне навантаження, вбудований мережний підігрівач виконує функцію секції економайзера.

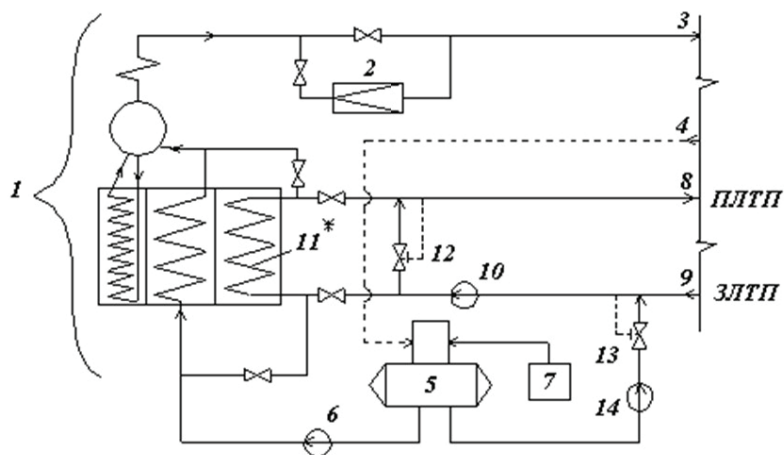


Рисунок 5.8 – Схема приєднання пароводогрійного котла з підігрівом мережної води у вбудованих у газохід котла поверхнях нагріву:

11* – підігрівач мережної води, виконаний у вигляді поверхневого теплообмінника, вбудованого в газохід котла; решта позначень та ж, що і на рис. 5.7

6. КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за бальною шкалою
1	2	3
Пояснювальна записка	40	Зміст проєкту відповідає обраній темі; наявність чітко сформульованої проблеми; адекватність дослідження предметної галузі; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; відповідність висновків меті і завданням курсової роботи. Розрахунки виконані у відповідності з методиками, правильно. Отримані результати дозволяють провести вибір обладнання. Робота виконувалась систематично та вчасно подана на перевірку керівнику відповідно до плану виконання курсової роботи.
	35	Зміст проєкту відповідає обраній темі; чітко сформульована проблема; має місце адекватність дослідження предметній галузі; визначення ступеню розробленості проблеми дослідження; наявність посилань на використану літературу та відповідність оформлення роботи стандарту; відповідність висновків меті і завданням курсової роботи. Розрахунки виконані у відповідності з методиками, правильно. Отримані результати дозволяють провести правильний вибір обладнання. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи.

1	2	3
	30	Зміст проєкту відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Розрахунки виконані у відповідності з методиками, але мають неточності й похибки, що не дає можливості правильно обрати обладнання. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку керівникові з порушенням плану виконання курсової роботи.
	20	Проєкт оформлений за вимогами, які пред'являються до курсових проєктів, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Розрахунки містять похибки, що не дозволяє вибрати обладнання, що має потрібну продуктивність.
	15	Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти похибки в розрахунках і зробити правильні висновки щодо вибору устаткування.
	5	Робота виконана недбало, огляд методів обробки рідини для певної ситуації не повний, що не дозволяє скласти схему процесу і запропонувати потрібне устаткування. Розрахунки виконані не повністю. Робота не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових робіт. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Ілюстративна частина	20	Презентація гарно організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, ілюстрації підготовлені відповідно до вимог, що висуваються.
	15	Презентація добре організована, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями.

Продовження таблиці

1	2	3
	10	Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість.
	5	Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали.
Захист роботи	40	Доповідь логічно побудована, здобувач чітко та стисло викладає основні результати виконання роботи, показує глибокі знання з питань теми, оперує даними дослідження, вносить пропозиції по темі дослідження, під час доповіді вміло використовує презентацію, впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
	35	Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
	30	Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання.
	25	Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати виконання роботи але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	20	Здобувач невпорядковано викладає основні результати виконання роботи, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи.
	15	Здобувач невпорядковано викладає основні результати виконання роботи, робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.

Продовження таблиці

1	2	3
	10	Здобувач демонструє задовільні знання з теми виконання роботи, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання членів комісії, та належно обґрунтувати положення роботи.
	5	Здобувач невіпорядковано викладає основні результати виконання роботи, не спроможний дати відповідь на запитання, відстоювати свою позицію.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

1. Опалення, вентиляція та кондиціонування. ДБН В.2.5-67:2013 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 141 с.
2. Внутрішній водопровід та каналізація : у 2 ч. Ч. І. Проектування. Ч. ІІ. Будівництво. ДБН В.2.5-64:2012. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 134 с.
3. Громадські будинки та споруди. Основні положення. Зміна № 1. ДБН В.2.2-9:2018 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2019. – 49 с.
4. «Котельні». Актуалізована редакція із Зміною № 1. ДБН В.2.5-77:2014 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2022. – 55 с.
5. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском. НПАОП 0.00-1.81-18 [Електронний варіант]. – К. : Міністерство соціальної політики України, 2018. – № 333. – 34 с.
6. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель: навчальний посібник для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика». – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 380 с.
7. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. ДБН. В.2.2-28:2010 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 52 с.
8. Природне і штучне освітлення. ДБН В.2.5-28-2018 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2018. – 137 с.

9. Газопостачання. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. ДБН В.2.5-20-2018 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2019. – 115 с.

10. Правила безпеки систем газопостачання. НПАОП 0.00-1.76-15[Електронний варіант]. – К. : Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, 2015. – № 285. – 37 с.

11. Правила пожежної безпеки України. НАПБ А.01.001-2014 [Електронний варіант]. – К. : Міністерство внутрішніх справ України, 2014. – № 1417. – 58 с.

12. Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. Поправка ДБН В.2.2-15:2019 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2019. – 43 с.

13. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-74:2013 [Електронне видання]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 180 с.

14. Будівництво зовнішніх мереж і монтаж санітарно-технічного обладнання будівель : навч. посібник / М.М. Ткачук, В.Л. Филипчук, Б.Н. Якимчук, Р.О. Кириша. – Рівне : НУВГП, 2013. – 391 с.

15. Шадура В.О., Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навч. посіб. Вид. 2-ге, перероб. і допов. [Електронне видання]. – Рівне: НУВГП, 2023. – 385 с.

16. Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. ДБН В.2.5-39-2008 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с.

17. Економічне обґрунтування проектних рішень у стаціонарній енергетиці : навч. посібник / В.В. Кузнецов, А.Б. Трушлякова, С.А. Кузнецова, М.М. Семенов. – Миколаїв : Видавництво НУК, 2007. – 108 с.

18. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. ДБН В.2.5-75:2013 [Електронний варіант]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2013. – 203 с.

19. Михайлюк В.О. Цивільний захист : навчальний посібник: у 3 ч. Ч. 2. Надзвичайні ситуації. – Миколаїв : УДМТУ, 2003. – 124 с.

20. Профілі сталеві гнуті. Технічні умови. ДСТУ 8808:2018. – К. : УкрДНТЦ «Енергосталь», 2018. – 10 с.

ІНФОРМАЦІЙНІ ДЖЕРЕЛА

1. Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова. – Режим доступу: <http://www.kb.nuos.edu.ua> (дата звернення: 25.08.2024 р.).
2. Sabroe Products 2023. Creating customer confidens. – 84 p. – Режим доступу <http://www.sabroe.com> (дата звернення: 25.08.2024 р.).
3. Viessmann Heat pumps up to 2000 kW. – 42 p. – Режим доступу <http://www.viessmann.com> (дата звернення: 25.08.2024 р.).
4. Міністерство розвитку громад та територій України. – Режим доступу: <https://mtu.gov.ua> (дата звернення: 25.08.2024 р.).

ПЕРЕЛІК ПИТАНЬ, ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАХИСТ КУРСОВОГО ПРОЄКТУ

1. Мета і задачі курсу. Вимоги ДБНУ до систем газопостачання.
2. Системи промислової та комунальної енергетики. Загальні положення.
3. Системи газопостачання і норми тиску. Розрахункові витрати газу.
4. Зовнішні газопроводи. Вимоги ДБНУ до систем.
5. Підземні газопроводи. Вимоги ДБНУ до систем.
6. Газопроводи із поліетиленових труб. Вимоги ДБНУ до систем.
7. Надземні і наземні газопроводи. Вимоги ДБНУ до систем.
8. Пересічення газопроводами водяних перешкод, залізничних і трамвайних колій, автомобільних доріг. Вимоги ДБНУ.
9. Розміщення вимикаючих пристроїв на газопроводах.
10. Споруди на газопроводах.
11. Захист від корозії. Вимоги ДБНУ.
12. Газорегуляторні пункти та газорегуляторні пункти блокові, шафові регуляторні пункти та комбіновані будинкові регулятори тиску, газорегуляторні установки.
13. Обладнання ГРП, ГРПБ, ШРП та ГРУ. Вимоги ДБНУ.
14. Внутрішнє улаштування газопостачання. Прокладка газопроводів.
15. Газопостачання житлових будинків. Вимоги ДБНУ.

16. Гідравлічний розрахунок газопроводів. Методика розрахунків газопроводів низького, середнього та високого тисків.
17. Розрахункові втрати тиску. Вимоги ДБНУ.
18. Газопостачання громадських будинків. Газопостачання виробничих установок і котелень. Облік споживання газу. Вимоги ДБНУ.
19. Матеріали та технічні вироби систем газопостачання. Сталеві труби та з'єднувальні деталі.
20. Поліетиленові труби та з'єднувальні деталі. Запірне та регулююче обладнання, прилади та інші технічні вироби. Вимоги ДБНУ.
21. Загальні положення систем водопостачання промислових та комунальних об'єктів.
22. Визначення розрахункових витрат води та вільних напорів. Норми витрат води споживачами.
23. Гідравлічний розрахунок водопроводу. Методика розрахунків водопроводів. Вимоги ДБНУ.
24. Мережа зовнішнього водопроводу. Джерела водопостачання, схеми та системи водопостачання.
25. Водозабірні споруди. Вимоги ДБНУ.
26. Насосні станції. Вимоги ДБНУ.
27. Мережа внутрішнього водопроводу. Насосні установки. Вимоги ДБНУ.
28. Напір, продуктивність, управління насосними установками. Вимоги ДБНУ.
29. Запасні та регулюючі ємності. Вимоги ДБНУ.
30. Матеріали та технічні вироби систем водопостачання. Вимоги ДБНУ.
31. Трубопроводи та арматура, регулятори тиску. Вимоги ДБНУ.
32. Пристрої для виміру кількості та витрат. Вимоги ДБНУ.

33. Загальні положення систем каналізації промислових і комунальних об'єктів.
34. Розташування та умови прокладання каналізаційних мереж.
35. Санітарно-технічні прилади та приймальники стічних вод.
36. Гідравлічний розрахунок каналізаційних мереж. Вимоги ДБНУ.
37. Мережа зовнішньої каналізації та споруди на них. Насосні станції.
38. Очисні споруди населених пунктів або окремих об'єктів.
39. Очисні споруди господарсько-побутової каналізації населених пунктів. Споруди і устаткування механічного очищення стічних вод.
40. Споруди біологічного очищення стічних вод та споруди відокремлення очищеної води від активного мулу (біоплівки).
41. Мережа внутрішньої каналізації. Внутрішні водостоки. Матеріали трубопроводів.
42. Очищення стічних вод малих населених пунктів і окремих будинків.
43. Очисні споруди дощової каналізації. Очисні споруди виробничої каналізації.

ДОДАТОК 1

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

Кафедра
теплотехніки

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедрою

_____ “_____” _____ 202 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання курсового проєкту з дисципліни
«Проектування систем теплоенергетичних установок»

Тема: Проектування системи теплоенергетичної установки
для: _____

_____ (назва об'єкта)

Виконавець: здобувач _____ групи _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

Зміст курсового проекту

Вступ

Розділ 1. Опис об'єкта проєктування, вимоги нормативних документів до проєктування. Мета проєктування.

Розділ 2. Підбір і розрахунок основного та допоміжного обладнання теплоенергетичних установок.

Розділ 3. Проєктування систем, виконання розрахунків, підбір промислових зразків елементів систем.

Розділ 4. Складання схеми для вибраної системи.

Висновки

Список використаних літературних джерел

Графічна частина:

1. Схема об'єкта і систем, що проєктуються, специфікація (1 лист формату A1);
2. Аксонометричні схеми систем. Розміри, споживачі, арматура, фасонні частини. Основні характеристики систем (1 лист формату A1).
3. Збірне креслення елемента системи (1 лист формату A2 або A3).

Примітка: обсяг розрахунків та креслень узгоджується з керівником.

Керівник проєкту _____
(підпис) (прізвище, ім'я, по батькові)

Завдання видано «_____» _____ 202____ р.

Термін подання на кафедру «_____» _____ 202____ р.

ЗМІСТ

Вступ.....	3
1. Зміст курсового проєкту та основні вимоги щодо його оформлення	4
2. Опис об'єкта проєктування, вимоги нормативних документів до проєктування. Мета проєктування.....	9
2.1 Класифікація систем розподілу енергетичних або матеріальних носіїв.....	9
2.2 Опис об'єкта проєктування.....	14
2.3 Приклад розрахунку об'єкта проєктування.....	14
2.4 Перелік теплоенергетичного обладнання і систем, параметри та робочі характеристики енергоносіїв.....	16
2.5 Приклад формулювання мети проєктування.....	18
3. Підбір і розрахунок основного та допоміжного обладнання теплоенергетичних установок.....	20
3.1 Проєктування системи опалення.....	20
3.2 Приклад розрахунку теплового балансу типової кімнати готелю.....	26
3.3 Розрахунок теплової схеми дахової котельної.....	31
4. Проєктування систем, виконання розрахунків, підбір промислових зразків елементів систем різних об'єктів.....	36
4.1 Проєктування системи газопостачання	36
4.1.1 Розробка принципової схеми та опис системи газопостачання.....	36
4.1.2 Приклад розрахунку системи газопостачання.....	38
4.2 Проєктування системи холодного водопостачання	47
4.2.1 Вимоги ДБНУ до системи холодного водопостачання	47

4.2.2 Розробка принципової схеми та опис системи водопостачання.....	49
4.2.3 Приклад розрахунку системи водопостачання....	50
4.3 Проєктування системи каналізації.....	62
4.3.1 Розробка принципової схеми та опис системи каналізації.....	62
4.3.2 Приклад розрахунку системи каналізації.....	63
4.4 Проєктування системи вентиляції.....	72
4.4.1 Загальні вимоги до системи вентиляції.....	72
4.4.2 Приклад розрахунку системи вентиляції.....	78
5. Розробка та складання схеми для вибраної системи.....	94
5.1 Характеристика схем приєднання споживачів до теплопостачання.....	94
5.2 Приєднання котельних до теплових мереж систем теплопостачання.....	98
5.2.1 Приєднання парової котельні до парової системи теплопостачання.....	98
5.2.2 Приєднання парової котельні до водяної системи теплопостачання.....	99
5.2.3 Приєднання парової котельні до пароводяної системи теплопостачання.....	101
5.2.4 Приєднання водогрійної котельні до теплової мережі.....	101
5.2.5 Приєднання пароводогрійної котельні до теплової мережі.....	102
6. Критерії оцінювання курсового проєкту.....	106
Рекомендовані джерела інформації.....	110
Інформаційні джерела.....	113
Перелік питань, що виносяться на захист курсового проєкту	114
Додаток 1.....	117

Навчальне видання

ШАПОВАЛОВ Юрій Олександрович
КАЛІНІЧЕНКО Іван Володимирович
КОБАЛАВА Галина Олександрівна

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання курсового проєкту з дисципліни
«Проектування систем теплоенергетичних установок»
з галузі знань 14 «Електрична інженерія»
спеціальності 144 «Теплоенергетика»
освітньо-професійної програми «Теплоенергетика»

Комп'ютерне верстання *Н. М. Ковальчук*
Коректор *О. Є. Вакула*

Формат 60×84/16. Ум. друк. арк. 7,03. Вид. № 3. Зам. № 1905-30.
Видавець і виготівник Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова
просп. Героїв України, 9, м. Миколаїв, 54007
Е-mail : publishing@nuos.edu.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 6402 від 19.09.2018 р.