

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

Кафедра теплотехніки

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: **«Розробка системи тепlopостачання триповерхового ресторанного комплексу загальною площею 560 м²»**

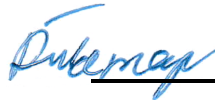
Виконав: студент IV курсу, групи **4247**
спеціальності

144 «Теплоенергетика»

(шифр і назва спеціальності)

«Теплоенергетика»

(назва освітньо-професійної програми)



Олександр ТАТАРЧУК

(прізвище та ініціали)

Керівник **Юрій ШАПОВАЛОВ**

(прізвище та ініціали)

Рецензент **Галина КОБАЛАВА**

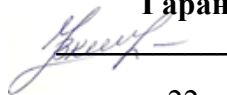
(прізвище та ініціали)

Херсон – 2026

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 **к.т.н., доц. В.С. Корнієнко**

« 22 » квітня 2026 року

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

здобувач **Татарчук Олександр Миколайович, група 4247**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Розробка системи тепlopостачання триповерхового ресторанного комплексу загальною площею 560 м²**

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

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

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

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

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ.

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

Розділ 2. Розробка системи водяного опалення.

2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу. Визначення надходжень теплоти у приміщення

2.2.1. Розрахунок втрат теплоти на приготування води для гарячого водопостачання

2.2.2. Розрахунок втрат теплоти на підігрів басейну

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

2.4. Вибір та розрахунок циркуляційного нагнітача

2.5. Визначення ємності мембранного розширювального баку

2.6. Вибір котла

Розділ 3. Розробка системи вентиляції

3.1. Розрахунок вентиляції

3.2. Визначення кількості та розмірів припливних та витяжних каналів

3.3. Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції

3.4. Підбір вентиляційного обладнання

Розділ 4. Розробка системи гарячого водопостачання

4.1. Розрахунок бака-акумулятора гарячої води

4.2. Розрахунки теплообмінного апарата

Розділ 5. Розробка заходів з охорони праці.
Висновки.
Список використаних літературних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу

1. Фасад будинку
2. Схема системи опалення
3. Схема системи вентиляції
4. Теплова схема індивідуальної котельні
5. Бак-акумулятор гарячої води

Примітка: обсяг розрахунків та креслень узгоджується з керівником.

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

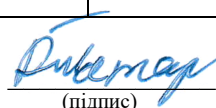
5. Дата видачі завдання « 22 » квітня 2026 року.

Дата представлення на кафедрі « 10 » червня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

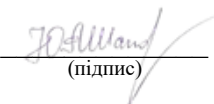
№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Отримання завдань у керівника	28 квітня	вик
2.	Вступ + розділ 1+ план-схема об'єкту на місцевості	до 07 травня	вик
3.	Розділ 2 + аксонометрична схема системи опалення	до 15 травня	вик
4.	Розділ 3 + Аксонометрична схема системи вентиляції, Теплова схема індивідуальної котельні	до 23 травня	вик
5.	Розділ 4 + конструктивний вузол: Бак-акумулятор гарячої води	до 02 червня	вик
6.	Розділ 5 + Висновки	до 06 червня	вик
7.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедрі	до 10 червня	вик

Здобувач


(підпис)

Олександр ТАТАРЧУК
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Юрій ШАПОВАЛОВ
(прізвище та ініціали)

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00								
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розробка системи теплопостачання триповерхового ресторанного комплексу загальною площею 560 м ²				Літ.	Арк.	Аркуші		
Студент	Татарчук О.М.										4		
Керівник	Шаповалов Ю.О.								ХННІ НУК				
Н. Контр.													
Зав. каф.	Кобалава Г.О.												

АНОТАЦІЯ

Татарчук Олександр Миколайович, група 4247.

Кваліфікаційну роботу виконано за темою: «Розробка системи теплопостачання триповерхового ресторанного комплексу загальною площею 560 м²».

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

Розроблена теплова схема котельні, підібраний склад обладнання та визначена необхідна теплова потужність для потреб чотирьох споживачів: систем водяного та повітряного опалення, системи гарячого водопостачання та системи підігріву басейну.

Спроектовано систему опалення та вентиляції. Виконано теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій, розрахунок теплових втрат у приміщеннях, гідравлічний розрахунок системи опалення, розрахунок обладнання для системи вентиляції.

Обрано ефективну схему системи гарячого водопостачання, що поєднує два джерела енергії - сонячні колектори та водогрійний котел. Приведена розробка бака-акумулятора гарячої води.

Розроблені питання з охорони праці.

Ключові слова: опалення, вентиляція, котельня, бака-акумулятор.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Tatarchuk Oleksandr, group 4247.

The qualification work was carried out on the topic: “ Development of a heat supply system for a three-story restaurant complex with a total area of 560 m²”.

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

The thermal scheme of the boiler room was developed, the equipment composition was selected and the required thermal power was determined for the needs of four consumers: water and air heating systems, hot water supply system and pool heating system.

The heating and ventilation system was designed. The thermal engineering calculation of the enclosing structures was performed, the calculation of heat losses in the premises was calculated, the hydraulic calculation of the heating system, the calculation of equipment for the ventilation system,

An effective scheme of a hot water supply system combining two energy sources - solar collectors and a water heating boiler has been selected. The development of a hot water accumulator tank is presented.

Issues of labor protection have been developed.

Keywords: heating, ventilation, boiler room, accumulator tank.

					<i>КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ	
1.1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	
2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень.....	
2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу. Визначення надходжень теплоти у приміщення.....	
2.2.1. Розрахунок втрат теплоти на приготування води для гарячого водопостачання	
2.2.2. Розрахунок втрат теплоти на підігрів басейну.....	
2.3. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір зразка і кількості опалювальних приладів	
2.4. Вибір та розрахунок циркуляційного нагнітача	
2.5. Визначення ємності мембранного розширювального баку ...	
2.6. Вибір котла.....	
2.7. Висновки за розділом.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	
3.1. Розрахунок вентиляції	
3.2. Визначення кількості та розмірів припливних та витяжних каналів.....	
3.3. Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції.....	
3.4. Підбір вентиляційного обладнання.....	

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.5. Висновки за розділом	
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ.	
4.1. Розрахунок бака-акумулятора гарячої води.....	
4.2. Розрахунки теплообмінного апарата.....	
4.3. Висновки за розділом.....	
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
5.1. Енергозбереження при експлуатації котельні.....	
5.2. Екологічна безпека теплогенеруючої установки.....	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі та сфери послуг в Україні особлива увага приділяється створенню енергоефективних та автономних систем життєзабезпечення громадських будівель. Ресторанні комплекси є специфічними об'єктами проектування, оскільки вони поєднують у собі приміщення з різними тепловими режимами: обідні зали, виробничі цехи кухні з інтенсивним тепловиділенням та адміністративно-побутові зони.

Забезпечення комфортного мікроклімату для відвідувачів та дотримання санітарно-гігієнічних норм технологічного процесу потребує розробки надійної системи теплопостачання. Використання індивідуальної котельні для триповерхового комплексу площею 560 м² є найбільш раціональним рішенням, що дозволяє мінімізувати втрати при транспортуванні теплоносія, забезпечити незалежність від муніципальних мереж та гнучко регулювати подачу тепла залежно від графіка роботи закладу та погодних умов.

Додатковим фактором підвищення енергоефективності проекту є інтеграція в систему теплопостачання сонячних колекторів. Для закладів громадського харчування, де спостерігається стабільно високий попит на гарячу воду протягом усього року (для потреб кухні та гігієни), використання геліосистем має особливе практичне значення.

Мета роботи: Розробка системи теплопостачання триповерхового ресторанного комплексу загальною площею 560 м².

Завдання роботи: Розробка комплексу технічних та проектних рішень для системи теплопостачання триповерхового ресторанного комплексу, що забезпечить високу енергоефективність, безпеку експлуатації та відповідність діючим нормативним документам (ДБН, ДСТУ).

Спроектувати систему опалення та вентиляції. До складу системи опалення прийняти систему водяного та повітряного опалення, систему гарячого водопостачання та систему підігріву басейну. Оснастити систему опалення автоматизованою системою управління.

					<i>КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таким чином, розробка нового, сучасного, високоекономічного устаткування призведе до заощадження енергетичних та матеріальних ресурсів, значно поліпшить експлуатацію обладнання.

Розглянути питання енергозбереження та екологічної безпеки при експлуатації теплогенеруючої установки.

Об'єкт розробки — триповерхова будівля ресторанного комплексу загальною площею 560 м², розташована у м. Миколаєві Миколаївської області.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 16 найменувань. Загальний обсяг роботи складає _____ стор., містить 3 таблиці, 5 креслень графічної частини.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.01			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1			
Студент		Татарчук О.М.						
Керівник		Шаповалов ЮО						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

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

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

Система теплопостачання розробляється для триповерхового ресторанного комплексу загальною площею 560 м². Комплекс розташований у Миколаївській області. Місцевість відноситься до 3-Б кліматичного підрайону 3-го кліматичного району. Рельєф місцевості спокійний. Розрахункова зимова температура -19°C. Швидкісний напір вітру 38 кг/м². Ґрунт – лісоподібний суглинок. Споруди запроєктовані для району із сейсмічністю до 6 балів. Будівля має залізобетонний фундамент, стіни складаються з чотирьох шарів: ракушняк, пінополістирол, штукатурка та цегла керамічна. Вікна і двері металопластикові. У тамбурі встановлені двері розміром 2100x800 мм, у холі – розміром 2100x900 мм, у доготовочній – 2100x1000 мм, у залі з барною стойкою- 2100x1200 мм. Вікна мають розміри 1250x890 мм.

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

Мікроклімат у приміщеннях впливає на самопочуття та життєдіяльність людей. Головною метою є створення оптимальних умов для життєдіяльності та відпочинку людей. Щоб створити максимально сприятливі умови для людини у приміщеннях встановлюють санітарно-технічні пристрої.

Системи життєзабезпечення ресторанного комплексу:

- система опалення;
- система вентиляції;
- система водопостачання;

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- система каналізації;
- система газопостачання.

Система водяного опалення

Розрахункова температура у приміщеннях $+22^{\circ}\text{C}$, $+20^{\circ}\text{C}$. Розрахункова зовнішня температура повітря -19°C .

Теплоносій – гаряча вода з розрахунковими параметрами $T_1=90^{\circ}\text{C}$, $T_2=70^{\circ}\text{C}$.

Система опалення двотрубна з насосною циркуляцією, з нижньою розводкою трубопроводів.

Система опалення обслуговується комплексом автоматизованої системи управління. Автоматизована система управління підтримує задану температуру повітря у приміщенні незалежно від коливань параметрів оточуючого середовища (атмосферних умов). Призначенням автоматики є виробництво тепла згідно потребам й його дозований відпуск шляхом управління температурою теплоносія за певною програмою, що приводить до мінімізації витрати палива та оцінка технологічного стану обладнання, тобто його діагностика, виявлення несправностей, захист котлів і системи опалення.

Для користувача важливою функцією системи автоматичного управління є легкість, простота й доступність інформації про стан системи.

Температура котлової води й температура в подаючій магістралі системи опалення залежить від фактичної температури зовнішнього повітря. Принцип управління за температурою зовнішнього повітря полягає у виборі опалювального графіку, який відповідає тепловтратам споруди.

Система вентиляції

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

					<i>КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.01</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Основними параметрами повітря, що впливають на життєдіяльність людини, його самопочуття і працездатність є температура і вологість, чистота, газовий склад, тиск і швидкість руху повітря, та рівень шуму в приміщенні.

Регулююча апаратура призначена для того, щоб поточне значення заданої регульованої величини зрештою залишалася на рівні, максимально близькому до заданого значення.

На об'єкті передбачені витяжна й припливна системи вентиляції. 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 холодний період року важливе значення має підігрів повітря, яке подається в приміщення. Ця роль відводиться повітронагрівачам (калориферам). Теплоносієм є гаряча вода.

Система водопостачання

У будівлі запроектовано господарсько-питний водопровід і гаряче водопостачання. Якість води відповідає вимогам води ДСанПіН 2.2.4-171-10.

Холодна вода для гарячого водопостачання береться з мережі холодного водопостачання і підігрівається за допомогою бака-акумулятора. Бак-акумулятор споживає тепло від двох джерел: котла та сонячного колектору. До 40% потрібної річної кількості тепла системи ГВП забезпечує сонячний колектор. Основною перевагою постачання теплом системи ГВП від сонячних колекторів є значна економія енергії.

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

Завдяки комплексу автоматизованої системи управління користувач сам обирає температуру гарячої води та отримує необхідну температуру методом змішування з холодною водопровідною водою.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Системи внутрішнього водопроводу складають з наступних елементів: введення, вodomірні вузли, стояки, магістральна і розвідна мережі з підводками до санітарних пристроїв чи технологічним установкам, водорозбірна та регулююча арматура.

Трубопровідну, водорозбірну і змішувальну арматуру для систем господарсько-питного водопроводу варто встановлювати на робочий тиск 0,6 МПа.

Конструкція водорозбірної і запірної арматури забезпечує плавне закриття і відкриття потоку води.

Система каналізації

Проектування внутрішньої каналізації будинків і споруджень здійснюються відповідно до вимог ДБН В.2.5-75:2013, пропонованими до конкретних будинків і промислових підприємств з урахуванням їхніх виробничих процесів.

Каналізація об'єкту передбачається господарсько-побутова з відводом стічних вод в існуючий колектор. Розрахункова витрата зливів 5,6 л/с. Система каналізації виконана по індивідуальному проекту з поліетиленових труб фірми «Мартоні». Відвід дощових і талих вод з крівлі будівлі здійснюється системою внутрішніх водостоків на відмістку будівлі.

Система газопостачання

Відповідно до технічних умов, виданих АТ «Миколаївгаз», підключення проектованої котельні передбачене до існуючого газопроводу середнього тиску $P=0,3$ МПа.

Спроектований газопровід від точки врізання проходить під землею до котельні. На введені газу середнього тиску в котельній встановлений електромагнітний клапан і вузол обліку газу з лічильником та коректором газу.

Зовнішні газопроводи на території населених пунктів прокладають, як правило під землею відповідно до вимог ДБН В.2.5-20-2018. Надземна прокладка зовнішніх газопроводів повинна узгоджуватись з органами містобудування й архітектури.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2			
Студент		Татарчук О.М.						
Керівник		Шаповалов ЮО						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

В даний час значне підвищення вимог до рівня теплозахисту будівель при проектуванні конструкцій зовнішніх огорож будівель різного призначення зумовило широке застосування ефективних утеплювачів з мінвати і пінопласту, а використання конструкцій із звичайної цеглини стає недоцільним, оскільки приводить до надмірно великої товщини огорожі, а, отже, до подорожчання вартості конструкцій. Тому раціонально використовувати огорожі з надлегким утеплювачем, розташованим зовні або усередині стін.

Метою теплотехнічного розрахунку є визначення необхідного приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції згідно вимогам ДБН В.2.5-39:2008. Теплотехнічний розрахунок проводиться для всіх зовнішніх огорож для холодного періоду року з урахуванням району будівництва, умов експлуатації, призначення будівлі, санітарно-гігієнічних вимог, що пред'являються до огорожувальних конструкцій і приміщення. Теплотехнічний розрахунок внутрішніх огорожувальних конструкцій (стін, перегородок, перекриттів) проводиться, якщо різниця температур повітря в приміщеннях більше 3°C.

Теплофізичні характеристики будівельних матеріалів при розрахунках будівельних конструкцій слід приймати з урахуванням зони вологості і волосного режиму приміщення, оскільки будівельні матеріали - тіла капілярно - пористі, такі, що інтенсивне поглинають вологу з навколишнього середовища. Тому для холодного періоду у всіх приміщеннях приймається сухий режим.

Виходячи з умов експлуатації для матеріалів огорожувальних конструкцій обираються значення коефіцієнтів теплопровідності і теплосасвоєння по [6].

Всі теплофізичні характеристики матеріалу конструкцій зовнішніх огорож зводяться в таблицю 2.1.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Характеристики огороження будівлі

Огороджувальна конструкція	Матеріал	Товщина, м	Густина, кг/м³	Коефіцієнт теплопровідності матеріалу, λ_i , Вт/(м·°C)
Стіна				
Шар 1	Ракушняк	0,4	180	1,05
Шар 2	Пінополістирол ПСБ-С 35	0,05	35	0,048
Шар 3	Штукатурка	0,02	1800	0,93
Шар 4	Цегла керамічна пориста	0,12	1400	0,64
Горищне перекриття				
Шар 1	Плита залізобетонна	0,22	1800	2,04
Шар 2	Мінеральна вата Rockwool	0,2	190	0,053
Шар 3	Стяжка цементно-піщана	0,05	1800	0,93
Шар 4	Дошка (сосна)	0,02	500	0,35

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

Теплофізичні характеристики матеріалів огороджувальних конструкцій:

$$R_o = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + R_{\kappa} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}},$$

де R_{κ} - термічний опір огороджувальної конструкції, (м²·°C)/Вт, яке визначається для багатошарової конструкції як сума термічних опорів окремих шарів:

$$R_{\kappa} = R_1 + R_2 + \dots R_n;$$

$\alpha_{\text{в}}$ - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огороджувальних конструкцій, Вт/(м²·°C) [13].

α_n - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м²·°C), що приймається [13].

Термічний опір, R_i , (м²·°C)/Вт, кожного шару багат шарової огорожувальної конструкції, а також одношаровою, визначається:

$$R_i = \frac{\delta}{\lambda},$$

де δ - товщина шару, м;

λ - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності окремих шарів матеріалу, Вт/(м·°C) [13].

Для розрахунку трансмісійних втрат теплоти зручно користуватися величиною, зворотної, яка називається коефіцієнтом теплопередачі:

$$K = \frac{1}{R_o^\phi}, \frac{Bm}{m^2 \cdot C}$$

Зовнішня стіна

Необхідний опір теплопередачі виходячи з санітарно-гігієнічних умов:

$t_v=22\text{ }^\circ\text{C}$; $t_n=-19\text{ }^\circ\text{C}$; $n=1$;

$R_o=1,82\text{ (м}^2\cdot^\circ\text{C)/Вт}$

Коефіцієнт теплопередачі прийнятої огорожі: $k=0,55\text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$.

Крівля

Необхідний опір теплопередачі виходячи з санітарно-гігієнічних умов:

$t_v=22\text{ }^\circ\text{C}$; $t_n=-19\text{ }^\circ\text{C}$; $n=0,9$; $\Delta t=3,0\text{ }^\circ\text{C}$;

Коефіцієнт теплопередачі прийнятої огорожі: $k=0,34\text{ Вт/(м}^2\cdot^\circ\text{C)}$.

Підлоги

Згідно [8] опір теплопередачі для не утепленої підлоги на ґрунті слід визначати по зонах шириною 2 м, паралельним зовнішнім стінам, приймаючи R_s , (м²·°C)/Вт, рівним:

2,1 - для I зони;

4,3 - для II зони;

8,6 - для III зони;

14,2 - для IV зони (для площі підлоги, що залишилася), тоді

$k_1 = 0,48 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$;

$k_2 = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$;

$k_3 = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$;

$k_4 = 0,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$;

Вікна

Теплотехнічний розрахунок заповнень світлових отворів, а так само вибір їх конструкцій здійснюється залежно від району будівництва і призначень приміщень.

Приймаємо - однокамерний склопакет з металопластику (міжскляна відстань 6 мм)

$R_{o^{\phi}} = 0,31 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$.

Коефіцієнт теплопередачі скління: $k = 3,23 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$.

Зовнішні двері

Необхідний опір теплопередачі для зовнішніх дверей (окрім балконних) повинен бути не менше значення для стін будівлі.

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх дверей: $k = 3,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})$.

Розрахунок втрат теплоти через захищаючі конструкції.

Трансмісійні втрати теплоти через зовнішні огорожі, тобто втрати теплоти за рахунок теплопередачі, визначають окремо для кожної огорожі приміщення, що розраховується, згідно додатку [13].

Основні і додаткові втрати теплоти слід визначати, підсумовуючи втрати теплоти через окремі захищаючі конструкції Q , Вт, з округленням до 10 Вт для приміщень за формулою:

$$Q = A(t_p - t_{ext})(1 + \sum \beta)n/R,$$

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

R - опір теплопередачі захищаючої конструкції, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{С})/\text{Вт}$. Опір теплопередачі конструкції слід визначати по [13] (окрім підлоги на ґрунті); для підлоги на ґрунті

- у відповідності [6], приймаючи $R = R_c$, для неутепленої підлоги і $R = R_h$ для утеплених;

t_p – розрахункова температура повітря $^{\circ}\text{C}$, у приміщенні з урахуванням підвищення її залежно від висоти для приміщень заввишки більше 4 м;

t_{ext} - розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року при розрахунку втрат теплоти через зовнішні огорожі або температура повітря холоднішого приміщення - при розрахунку втрат теплоти через внутрішні огорожі;

β - додаткові втрати теплоти в долях від основних втрат, визначувані у відповідності [6];

n - коефіцієнт, що приймається залежно від положення зовнішньої поверхні захищаючих конструкцій по відношенню до зовнішнього повітря по [3].

Додаткові втрати теплоти β через огорожувальні конструкції слід приймати в долях від основних втрат:

а) у приміщеннях будь-якого призначення через зовнішні вертикальні і похилі (вертикальна проекція) стіни, двері і вікна, обернені на північ, схід, північний схід і північний захід у розмірі 0,1, на південний схід і захід - у розмірі 0,05; у кутових приміщеннях додатково - по 0,05 на кожну стіну, двері і вікно, якщо одна з огорож обернена на північ, схід, північний схід і північний захід і 0,1 - в інших випадках;

б) у приміщеннях, що розробляються для типового проектування, через стіни, двері і вікна, обернені на будь-яку із сторін світла, у розмірі 0,08 при одній зовнішній стіні і 0,13 для кутових приміщень (окрім житлових), а у всіх житлових приміщеннях - 0,13;

в) через підлоги першого поверху, що не обігріваються, над холодними підпіллями будівель в місцевостях з розрахунковою температурою зовнішнього повітря мінус 40°C і нижче - у розмірі 0,05;

г) через зовнішні двері, не обладнані повітряними або легко-тепловими завісами, при висоті будівель H , м, від середньої планувальної відмітки землі до верху карниза, центру витяжних отворів ліхтаря або гирла шахти в розмірі:

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

0,2 Н - для потрійних дверей з двома тамбурами між ними;

0,27 Н - для подвійних дверей з тамбурами між ними;

0,34 Н - для подвійних дверей без тамбура;

0,22 Н - для одинарних дверей;

д) через зовнішні ворота, не обладнані повітряними і легко-тепловими завісами, - у розмірі 3 за відсутності тамбура і у розмірі 1 - за наявності тамбура біля воріт.

Всі розрахунки зводяться в таблицю 2.2.

Обмір поверхонь. Розмір поверхонь приймають наступними:

1. Висота стін 1-го поверху приймається за наявності підлоги, розташованої на ґрунті, - між рівнями половини 1 і 2 поверхів; підлоги на лагах - від нижнього рівня підготовки підлоги 1 поверху до рівня підлоги 2 поверхи; за наявності неопалювального підвалу - від рівня нижньої поверхні конструкції підлоги 1-го поверху до рівня підлоги 2-го поверху;

2. Довжина зовнішніх стін (по зовнішньому периметру будівлі) в кутових приміщеннях - від лінії перетину зовнішніх поверхонь стін до осей внутрішніх стін; у некутових приміщеннях - між осями внутрішніх стін;

3. Висота стін проміжного поверху - між рівнями половини даного і вище розміщеного поверхів; висота стін верхнього поверху - від рівня підлоги до верху утеплюючого шару горищного перекриття;

4. Довжина внутрішніх стін - від внутрішніх поверхонь зовнішніх стін до осей внутрішніх стін або між ними (осями);

5. Довжина і ширина стель і половин над підвалами і підпіллями - між осями внутрішніх стін і від внутрішніх поверхонь зовнішніх стін до осей внутрішніх стін.

Тепловтрати через підлоги на ґрунті вважаються по зонах. Зона - смуга шириною 2 м паралельна зовнішній стіні. Всього 4 зони. Зони нумеруються від зовнішньої стіни. Кутові ділянки першої зони вважаються двічі. Тепловтрати через підземну частину зовнішньої стіни вважаються як підлоги, по зонах шириною 2 м

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

із звітом від поверхні землі. В цьому випадку підлоги розглядаються як продовження стін.

$$t_{\text{ext}} = t_{\text{н}} = -19^{\circ}\text{C}$$

Аналогічно розраховується решта поверхів.

Сумарні тепловтрати по будівлі складають: 40660 Вт.

Тепловтрати за рахунок інфільтрації орієнтування можна прийняти 10-50% від основних тепловтрат (15% рекомендується).

До додаткових втрат відносять:

- на орієнтацію по сторонах світла;
- на інфільтрацію;
- також враховують тепло на нагрівання зовнішнього повітря.

2.2.1. Розрахунок втрат теплоти на приготування води для гарячого водопостачання

При визначені витрати тепла на гаряче водопостачання $Q_{\text{гар}}$ необхідно враховувати тривалість максимального водоразбору води z_{max} (год) на протязі доби з коефіцієнтом годинної нерівномірності потреби води β та норми водовикористання на одну людину або одиницю продукції g (л).

Максимальна годинна витрата:

$$V_{\text{max}} = V_{\text{с}}/Z, \text{ л/год},$$

де $V_{\text{с}}$ – добова витрата води, $V_{\text{с}} = g \cdot n$, л/доб,

g – витрата гарячої води на одну людину у добу, л/чол·доб, [3]; $g = 300$ л/чол·доб (для підприємств громадського харчування і інших споживачів гарячої води, де за умовами технології потрібний додатковий підігрів води. Норми витрати води встановлені для основних споживачів і включають всі додаткові витрати (обслуговуючим персоналом, душовими для обслуговуючого персоналу, відвідувачами, на прибирання приміщень і т. п.).

n – число обслуговуємих одиниць, $n = 10$;

Z – кількість годин використання, $Z = 3$;

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$V_c = 300 \cdot 10 = 3000 \text{ л/доб};$$

$$V_{\max} = 3000/3 = 1000 \text{ л/год};$$

Необхідна кількість тепла для нагрівання води:

$$Q_{\text{гар}} = V_{\max} (t_{\text{гар}} - t_{\text{хол}}), \text{ Вт/год}$$

V – кількість нагріваємої води, л/год;

$t_{\text{гар}}$ - температура гарячої води, °С;

$t_{\text{хол}}$ - температура холодної води, °С;

$$Q_{\text{гар}} = 1000(65-5) = 60\,000 \text{ Вт.}$$

2.2.2. Розрахунок втрат теплоти на підігрів басейну

Теплоспоживання басейну залежить від його типу (критий або відкритий, способу укриття і положення).

На теплоспоживання відкритих басейнів впливають коливання температури атмосферного повітря, зміна хмарності, теплоізоляція басейну й потрібна температура води в басейні.

В даному випадку, для критого басейну, теплоспоживання визначається температурою повітря в приміщенні та температурою води в басейні.

$$Q = G \cdot c \cdot (t_2 - t_1), \text{ Вт,}$$

де G – витрата води, кг/год, $G = M/\tau$,

M – маса води, кг, $M = V \cdot \rho$, кг,

$$V = S_h = 30 \cdot 3 = 90 \text{ м}^3,$$

$$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3,$$

$$M = 90 \cdot 1000 = 90\,000 \text{ кг,}$$

$$\tau = 24 \text{ год}$$

$$G = 90\,000/24 = 3750 \text{ кг/год};$$

$c = 1,163$ - питома теплова ємкість води, Вт·год/кг·К;

$t_2 = 25^\circ\text{C}$ - температура води в басейні;

$t_1 = 22^\circ\text{C}$ – температура повітря в приміщенні;

$$Q = 3750 \cdot 1,163 \cdot (25-22) = 13\,050 \text{ Вт.}$$

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для нагріву води в плавальному басейні обираємо теплообмінник із пучком труб Vitotrans 200 тип WTT.

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

У якості опалювальних пристроїв для об'єкту приймаємо сталеві радіатори MC-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.

Розрахунок поверхні нагріву опалювальних приладів.

$$F_{\text{пр}} = Q \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 / k_{\text{пр}} (t_{\text{ср}} - t_{\text{в}}), \text{ м}^2$$

де Q – тепловіддача опалювальних приладів для компенсації тепловтрат приміщення, Вт;

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – поправочні коефіцієнти: β_1 – на кількість секцій радіаторів [8]; β_2 – на остигання води у трубах; β_3 – на спосіб установки приладу;

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт теплопередачі нагрівального приладу [8];

$t_{\text{ср}}$ – середня температура теплоносія в приладі

$t_{\text{в}}$ – температура повітря в приміщенні [8 табл.62];

Кількість секцій приладу визначаються по формулі:

$$n = F_{\text{пр}} / f_{\text{с}}, \text{ шт}$$

$f_{\text{с}}$ – поверхня нагріву однієї секції радіатора, м^2 [8 табл.62];

Розрахунок поверхні нагріву опалювальних приладів розглянемо на прикладі тамбуру:

$$Q = 740 \text{ Вт};$$

$$\beta_1 = 1,03; \beta_2 = 1,00; \beta_3 = 1,00;$$

$$k_{\text{пр}} = 9,71 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$t_{\text{ср}} = (90 + 70) / 2 = 80^\circ\text{C}; t_{\text{в}} = 20^\circ\text{C}$$

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$F_{np}=740 \cdot 1,3 \cdot 1 \cdot 1/9.71(82.5-20)=2.06$$

$$n=2,06/0,254=8,11 - \text{приймаємо } 1 \times 8 \text{ секцій.}$$

Розрахунок опалювальних приладів наведений у таблиці 2.3.

2.4. Вибір та розрахунок циркуляційного нагнітача

Насос - споживач енергії, від правильного вибору якого залежить енергозаощадженість, яка базується не тільки на його потужності, а й на ефективності роботи системи в цілому. Надмірне збільшення потужності насоса, наприклад, для уникнення впливу природного тиску, збільшує похибку регулювання терморегуляторами та іншими автоматичними клапанами потоків теплоносія, приводить до шумоутворення труб при відкриванні терморегуляторів, а отже, погіршує санітарно-гігієнічні показники системи опалення.

Насоси призначені для забезпечення подачі необхідної кількості теплоносія до опалювальних приладів. В системах опалення житлових і громадських будівель рекомендується, щоб вони були безшумними безфундаментними відцентровими.

Сьогодні змінилися деякі аспекти їх підбору. Насамперед це пов'язано із забезпеченням змінного гідравлічного режиму роботи системи опалення і з вимогами енергозаощадження.

Об'єм води, що перекачується насосом системи опалення, залежить від споживання тепла будівлею. Натиск визначається гідравлічним опором, що має місце в трубопроводах.

Подача насоса:

$$Q_{PU} = Q_n / c \cdot \Delta T, \text{ м}^3/\text{год}$$

Q_{PU} - подача насоса в розрахунковій точці, $\text{м}^3/\text{год}$;

Q_N - споживання тепла на опалювальній площі, кВт, $Q_N = 287 \text{ кВт}$;

$c = 1,163$ - питома теплова ємкість води, $\text{Вт} \cdot \text{год}/\text{кг} \cdot \text{К}$;

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ΔT - розрахункова різниця температур в прямому і зворотному трубопроводах системи опалення.

$$\Delta T = 90 - 70 = 20^{\circ}\text{C};$$

$$Q_{PU} = 287 / 1,163 \cdot 20 = 12,3 \text{ м}^3/\text{год},$$

Натиск насоса:

Щоб забезпечити доставку перекачуваної рідини в будь-яку точку системи опалювання, насос повинен подолати суму всіх гідравлічних опорів.

$$H_{PU} = R \cdot L \cdot Z / 10, \text{ м}$$

R - втрати на тертя в трубах, Па/м, $R = 150 \text{ Па/м}$

L - довжина прямого і зворотного трубопроводів (довжина будівлі + ширина будівлі + висота будівлі) $\times 2$, $L = 105 \text{ м}$;

Z - коефіцієнт для фасонних деталей, арматури, гідравлічної стрілки, $Z = 2,2$;

10 000 - коефіцієнт перерахунку м і Па.

$$H_{PU} = 150 \cdot 105 \cdot 2,2 / 10\,000 = 4,095 \text{ м}$$

За розрахунковими даними по каталогу насосного обладнання Wilo обираємо насос TOP-S 30/10 1- PN 10. Потужність насоса 180 Вт, число обертів 2600 об/хв, ККД 76%.

2.5. Визначення ємності мембранного розширювального баку

Мембранні розширювальні баки застосовують у водяних гідравлічних незалежних закритих системах з розрахунковою температурою теплоносія в подаючому трубопроводі до 100... 120 °С (залежно від характеристики бака), обладнаних автоматичним регулюванням і захистом від перевищення розрахункових температур. Вони призначені для запобігання зростанню статичного тиску в системі унаслідок об'ємного розширення води при підвищенні її температури, захисту устаткування від надмірного тиску і корозії, компенсації

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

експлуатаційних втрат теплоносія. Крім того, спрощення конструювання і експлуатації системи.

Мембранний розширювальний бак складається із сталевого корпусу, розділеного на дві частини еластичною мембраною. Одна частина призначена для води системи опалювання, друга - заповнена газом (повітрям, азотом) під тиском. Їх поставляють з надмірним початковим тиском газу $\Delta P_{г}$, який заповнює весь внутрішній простір $V_{г}$. Такий стан мембрани зберігається при заповненні системи водою для того, щоб у водний простір не проникало повітря. При виведенні системи в початковий режим (перевищенні тиску води над гідростатичним і відповідно над $\Delta P_{г}$) в бак поступає вода в об'ємі, рівному експлуатаційним втратам $V_{е}$. У газовому просторі зменшується об'єм на величину $V_{е}$ і встановлюється початковий експлуатаційний тиск $\Delta P_{о}$. Унаслідок нагрівання теплоносія до розрахункової температури об'єм водного простору бака збільшується на $V_{т}$, за рахунок зростання статичного тиску в системі, а в газовому просторі встановлюється максимальне значення надмірного тиску ΔP_{max} . Внаслідок експлуатаційних втрат, які призводять до зниження статичного тиску в системі, мембрана виштовхує необхідний об'єм теплоносія і в газовому просторі встановлюється надмірний тиск ΔP .

Розрахунок розширювального бака полягає у підборі його об'єму. При заниженому об'ємі бака тиск у нижніх точках системи може перевищити максимально допустимий, що приведе до аварійного витікання води через різьбові з'єднання або утворення тріщин. Для запобігання обов'язково передбачають установлення запобіжного клапана, при цьому теплоносії втрачається у систему каналізації, або накопичується в спеціальні баки. Завищення місткості бака не має негативного впливу, але зростає його вартість. Повна корисна місткість V - сума мінімальної корисної $V_{т}$ та резервної $V_{е}$ (експлуатаційної) місткостей у $дм^3$

$$V = V_{т} + V_{е} ,$$

де мінімальна корисна місткість бака $V_{т} = k \cdot V_{с.о} \cdot \rho l \cdot \Delta V$,

k - коефіцієнт запасу; $k = 1,05$;

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$V_{c.o}$ - місткість системи опалення, м³;

ρ_1 - густина води в системі опалення при її заповнюванні, приймають рівною 999,6 кг/м³ для $t_1 = +10^\circ\text{C}$;

ΔV — приріст питомого об'єму, дм³/кг, води у системі при її нагріванні від початкової t_1 до середньої між розрахунковими гарячою t_{Γ} і охолодженою t_O температурами води, який визначають за табл., $\Delta V = 0,0287$ дм³/кг

Місткість системи опалення $V_{c.o}$ знаходять за одним із методів: точним або приблизним.

Точний метод полягає у підсумовуванні місткостей всіх складових елементів системи опалення - котла (теплообмінника), труб, опалювальних приладів та ін.

Приблизний - підсумовуванні місткостей всіх складових елементів системи опалення, визначених за питомими показниками, що віднесені до розрахункової теплової потужності

$$V_{c.o} = Q \cdot (V_{\text{котл}} + V_{\text{оп.пр.}} + V_{\text{тр}}) = 287 \cdot (3 + 20 + 5) = 8\,036 \text{ дм}^3,$$

$$V_t = 1,05 \cdot 8\,036 \cdot 0,999 \cdot 0,0287 = 241,9 \text{ дм}^3$$

Експлуатаційна місткість V_e , дм³, призначена для компенсації експлуатаційних втрат, що виникають на протязі опалювального періоду внаслідок очищення фільтрів, заміни прокладок, опалювальних приладів. Для сучасних систем опалення такі втрати не повинні перевищувати 5% місткості системи:

$$V_e = 0,025 V_{c.o}$$

$$V_e = 0,025 \cdot 241,9 = 6,048 \text{ дм}^3$$

$$V = 241,9 + 6,048 = 247,9 \text{ дм}^3$$

За каталогами виробника обираємо для системи опалення розширювальний бак Reflex N об'ємом 250 л.

Технічні дані:

Попередній тиск 1,5 бар

Маса 45 кг

Діаметр 634 мм

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Висота 915 мм

Підключення 25 мм

2.6. Вибір котла

При виборі водогрійного котла необхідно враховувати такі важливі аспекти:

- необхідна теплова потужність: 1. максимальна; 2. середня; 3. пріоритетність роботи, тобто зменшення відпустку теплової енергії для одних контурів з одночасним збільшенням для інших;

- умови будівельного об'єкту (в т. ч. приміщення котельні, вплив на систему відведення газів, що уходять);

- можливість транспортування котла в приміщення котельні (в т. ч. умови постачання: цілісний котел або частинами, котел разом з облицьовуванням, габарити, вага);

- параметри системи опалення, їх зміна в часі;

- система автоматичного регулювання (діапазон функцій обслуговування для контурів систем опалювання, ГВП, технологічних систем, можливість роботи з іншим устаткуванням, діагностика, дистанційне керування);

- можливість заміни палива (в т. ч. нетрадиційні види палива для низькотемпературного котла);

- конструкція системи опалення (об'єм, висота водяного стовпа, необхідний робочий тиск і т. д.);

- можливість розширення котельні в перспективі (можливість збільшення теплової потужності пальника, робота з додатковим котлом по каскадній схемі і т. д.).

- економічний розрахунок ефективності капіталовкладення;

- заходи щодо технічного обслуговування (технічний стан системи опалення, конструкція котла).

З урахуванням усіх аспектів обираємо котли Vitogas 100.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Потужність котла визначаємо виходячи з результатів розрахунків:

$$Q_{CO} = 1,1(Q_{вод.оп} + Q_{пов.оп} + Q_{бас} + Q_{ГВП}), \text{ кВт}$$

$$Q_{вод.оп} = 41 \text{ кВт};$$

$$Q_{бас} = 13 \text{ кВт};$$

$$Q_{ГВП} = 60 \text{ кВт};$$

$$Q_{пов.оп} = 147 \text{ кВт};$$

$$Q_{CO} = 1,1(41 + 147 + 13 + 60) = 287 \text{ кВт}.$$

Таким чином обираємо два газові котли Vitogas 100 тип GS10 потужністю 144 кВт кожен.

Vitogas 100 потужністю із системою регулювання Vitotronic у зборі з колектором димових газів — ідеальний у сенсі ціни розв'язок для багатокотельної установки теплопостачання будинків, які мають високу потребу в теплі, а також ставлять високі вимоги до шумових характеристик котлів.

Основні переваги:

Низькотемпературний газовий котел потужністю 150 кВт.

Нормативний ККД 93%.

Висока експлуатаційна надійність і тривалий термін служби завдяки поверхням теплообміну, зробленим зі спеціального сірого чавуну.

Одноступінчастий атмосферний пальник забезпечує спалення з мінімальним виділенням шкідливих речовин:

$$NO_x < 50 \text{ мг / кВт}\cdot\text{год}, CO < 10 \text{ мг / кВт}\cdot\text{год (згідно з DIN)}.$$

При підвищенні навколишньої температури температура котлової води зменшується — це створює економний і екологічно ощадливий режим використання.

Спеціальні збірні колектори з легованої сталі для роботи декількох (до трьох) котлів Vitogas 100 у каскаді, що забезпечують швидкий монтаж, просте

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

налаштування системи відведення димових газів за допомогою шиберів, низький аеродинамічний опір колектору димових газів.

Каскадне метеозалежне регулювання за допомогою Vitotronic 333 з можливістю інтеграції в інші інформаційно-диспетчерські системи:

Робота до двох котлів із контролерами Vitotronic 100.

Можливе підключення до 32 контролерів опалювальних контурів Vitotronic050. Інтеграція в систему обслуговування "розумного" будинку через шину LON.

Технічні дані:

Номінальне теплове навантаження:

повне	144 кВт;
часткове	93,6 кВт;

Додатковий надмірний робочий тиск 6 бар;

Тиск природного газу, що підводиться 20 мбар;

Розміри: довжина /ширина /висота / 1057 / 1640 /1088 мм

Маса 570 кг;

Підключення патрубків:

подаюча та зворотна магістраль	40 мм
злив	25 мм

2.7. Висновки за розділом

В ході виконання Розділу 2 було розроблено систему водяного опалення триповерхового ресторанного комплексу. На основі проведених інженерних розрахунків можна зробити наступні висновки:

Теплотехнічний розрахунок огорожувальних конструкцій. Визначено характеристики основних елементів будівлі, що забезпечують нормативний опір теплопередачі згідно з вимогами ДБН. Зовнішня стіна, що складається з ракушняка, пінополістиролу ПСБ-С 35, штукатурки та облицювальної цегли. Горищенне

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

переkritтя утепле не мінеральною ватою (0,2 м). Встановлено, що для світлових прорізів доцільно використовувати однокамерні металопластикові склопакети.

Розрахунок теплових втрат. Проведено детальний розрахунок трансмісійних та додаткових тепловтрат для всіх приміщень комплексу при розрахунковій зовнішній температурі -19°C .

На основі отриманих значень тепловтрат виконано підбір опалювальних приладів для підтримки оптимальної внутрішньої температури ($20-22^{\circ}\text{C}$). Для приміщень першого поверху прийнято встановлення радіаторів різної потужності (наприклад, для банкетної зали розраховано встановлення секційних приладів загальною площею поверхні $9,66\text{ м}^2$) при середній температурі теплоносія 80°C .

Гідравлічні та допоміжні параметри. Розраховано параметри розширювального бака для компенсації температурних розширень теплоносія. При загальній місткості системи опалення близько 8036 дм^3 , об'єм бака визначено на рівні $241,9\text{ дм}^3$, що забезпечує стабільну та безпечну роботу системи під час нагрівання.

Запроєктована система водяного опалення відповідає сучасним вимогам енергоефективності та здатна забезпечити комфортні умови для відвідувачів та персоналу ресторанного комплексу впродовж всього опалювального періоду.

					<i>КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.02</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3

Розрахунок опалювальних приладів

1 поверх

№	Q, Вт	t _{ср} , °C	t _в , °C	β ₁	β ₂	β ₃	f _с , м²	к _{пр} , Вт/м²°C	F _{пр} , м²	n	Приймається
1	5280	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	9,66	38,02	4x10
2	3740	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	6,84	26,93	3x9
3	1760	80	20	1,03	1	1	0,254	9,71	3,11	12,25	2x6
4	740	80	20	1,03	1	1	0,254	9,71	1,31	5,15	6
5	640	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,17	4,61	5
6	810	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,48	5,83	6
7	800	80	18	1,03	1	1	0,254	9,71	1,37	5,39	6
8	520	80	18	1,03	1	1	0,254	9,71	0,89	3,50	4

2 поверх

1	3920	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	7,17	28,23	3x10
2	2360	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	4,32	16,99	1x10, 1x7
3	3920	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	7,17	28,23	2x10, 1x9
4	490	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	0,90	3,53	4
5	540	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	0,99	3,89	4
6	620	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,13	4,46	5
7	760	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,39	5,47	6
8	500	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	0,91	3,60	4

3 поверх

1	6230	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	11,39	44,86	4x10, 1x5
2	6830	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	12,49	49,18	5x10
3	1860	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	3,40	13,39	2x7
4	740	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,35	5,33	6
5	800	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,46	5,76	6
6	420	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	0,77	3,02	4
7	570	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,04	4,10	4
8	600	80	22	1,03	1	1	0,254	9,71	1,10	4,32	5

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 3			
Студент		Татарчук О.М.						
Керівник		Шаповалов Ю.О.						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1. Розрахунок вентиляції

Розрахунок вентиляції першого поверху

Характеристика приміщень:

Зала з барною стійкою:

Кількість відвідувачів	10 чол.
Кількість персоналу	1 чол.
Площа	33,63 м ²
Висота приміщення	3 м
Об'єм	100,89 м ³
У приміщенні не палять	

Банкетна зала:

Кількість відвідувачів	40 чол.
Кількість персоналу	2 чол.
Площа	59,52 м ²
Висота приміщення	3 м
Об'єм	178,56 м ³
У приміщенні не палять	

Доготовочна:

Кількість відвідувачів	0 чол.
Кількість персоналу	4 чол.
Площа	31,04 м ²

Висота приміщення 3 м
Об'єм 93,11 м³
У приміщенні не палять

Постійні величини

Приймаємо норму витрати повітря на одного відвідувача 30 м³/год
Приймаємо норму витрати повітря на одного робітника 50 м³/год
Приймаємо швидкість руху потоку повітря 4,5 м/с
Приймаємо швидкість руху повітря на ґратах 2 м/с

Приплив в залу з барною стійкою

Необхідна кількість повітря $L=350\text{м}^3/\text{год}$

На приплив приймаємо три ділянки

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

L_y - витрата повітря на ґрати

$F_{\text{пов}}$ - площа перетину повітроводу

$F_{\text{реш}}$ - площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	$F_{\text{пов.}}$, м²	L_y , м³/год	$F_{\text{реш}}$ (м²)
1	350	0,022	116,67	0,016
2	233,33	0,014	116,67	0,016
3	116,67	0,007	116,67	0,016

Витяжка із залу з барною стійкою

Необхідна кількість повітря для видалення $L=350\text{м}^3/\text{год}$

На витяжку приймаємо три ділянки

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Ly- витрата повітря на ґрати

Ly- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Fреш- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Fреш (м²)
1	350	0,022	116,67	0,016
2	233,33	0,014	116,67	0,016
3	116,67	0,007	116,67	0,016

Приплив в банкетну залу

Необхідна кількість повітря L=1252м³/год

На приплив приймаємо шість ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Ly- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Fреш- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Fреш (м²)
1	1252	0,077	208,67	0,029
2	1043,33	0,064	208,67	0,029
3	834,67	0,052	208,67	0,029
4	626,00	0,039	208,67	0,029
5	417,33	0,026	208,67	0,029
6	208,67	0,013	208,67	0,029

Витяжка з банкетної зали

Необхідна кількість повітря для видалення 1252 м³/год

На витяжку приймаємо шість ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Lu- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Fреш- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Lu, м³/год	Fреш (м²)
1	1252	0,077	208,67	0,029
2	1043,33	0,064	208,67	0,029
3	834,67	0,052	208,67	0,029
4	626,00	0,039	208,67	0,029
5	417,33	0,026	208,67	0,029
6	208,67	0,013	208,67	0,029

Розрахунок вентиляції другого поверху

Характеристика приміщень:

Вір-зала на 6 місць:

Кількість відвідувачів 6 чол.

Кількість персоналу 0 чол.

Площа 14,35м²

Висота приміщення 3м

Об'єм 43,04м³

У приміщенні не палять

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Обідня зала на 20 місць:

Кількість відвідувачів	20 чол.
Кількість персоналу	2 чол.
Площа	47,47м ²
Висота приміщення	3м
Об'єм	142,40м ³
У приміщенні не палять	

Банкетна зала на 20 місць:

Кількість відвідувачів	20 чол.
Кількість персоналу	2 чол.
Площа	40,56м ²
Висота приміщення	3м
Об'єм	121,68м ³
У приміщенні не палять	

Постійні величини

Приймаємо норму витрати повітря на одного відвідувача 30м³/год

Приймаємо норму витрати повітря на одного робітника 50м³/год

Приймаємо швидкість руху потоку повітря 4,5м/с

Приймаємо швидкість руху повітря на ґратах 2м/с

Приплив в V_{пр} залу

Необхідна кількість повітря L=180м³/год

На приплив приймаємо три ділянки

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

L_y- витрата повітря на ґрати

F_{пов}- площа перетину повітроводу

F_{реш}- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Frеш (м²)
1	180	0,011	60	0,008
2	120	0,007	60	0,008
3	60	0,004	60	0,008

Витяжка з банкетної зали

Необхідна кількість повітря для видалення $L=180\text{м}^3/\text{год}$

На витяжку приймаємо три ділянки

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Ly- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Frеш- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Frеш (м²)
1	180	0,011	60	0,008
2	120	0,007	60	0,008
3	60	0,004	60	0,008

Приплив в обідню залу

Необхідна кількість повітря $L=700\text{м}^3/\text{год}$

На приплив приймаємо п'ять ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Ly- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Frеш- площа живого перетину ґрат

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Frеш (м²)
1	700	0,043	140	0,019
2	560,00	0,035	140	0,019
3	420,00	0,026	140	0,019
4	280,00	0,017	140	0,019
5	140,00	0,009	140	0,019

Витяжка з обідньої зали

Необхідна кількість повітря для видалення $L=700\text{м}^3/\text{год}$

На витяжку приймаємо п'ять ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Ly- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Frеш- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Frеш (м²)
1	700	0,043	140	0,019
2	560,00	0,035	140	0,019
3	420,00	0,026	140	0,019
4	280,00	0,017	140	0,019
5	140,00	0,009	140	0,019

Приплив в банкетну залу

Необхідна кількість повітря $L=700\text{м}^3/\text{год}$

На приплив приймаємо п'ять ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Ly- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Frеш- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Frеш (м²)
1	700	0,043	140	0,019
2	560,00	0,035	140	0,019
3	420,00	0,026	140	0,019
4	280,00	0,017	140	0,019
5	140,00	0,009	140	0,019

Витяжка з обідньої зали

Необхідна кількість повітря для видалення

L=700м³/год

На витяжку приймаємо п'ять ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L- пропускна спроможність ділянки

Ly- витрата повітря на ґрати

Fпов- площа перетину повітроводу

Frеш- площа живого перетину ґрат

№ діл.	L, м³/год	Fпов., м²	Ly, м³/год	Frеш (м²)
1	700	0,043	140	0,019
2	560	0,035	140	0,019
3	420	0,026	140	0,019
4	280	0,017	140	0,019
5	140	0,009	140	0,019

Розрахунок вентиляції мансардного поверху

Характеристика приміщень

Банкетна зала на 25 місць:

Кількість відвідувачів 25 чол.

Кількість персоналу 2 чол.

Площа 50 м²

Висота приміщення 3м

Об'єм 150 м³

У приміщенні не палять

Постійні величини

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Приймаємо норму витрати повітря на одного відвідувача $L_p=30\text{м}^3/\text{год}$

Приймаємо норму витрати повітря на одного робітника $L_p=50\text{м}^3/\text{год}$

Приймаємо швидкість руху потоку повітря $V=4,5\text{м}/\text{с}$

Приймаємо швидкість руху повітря на ґратах $V_p=2\text{м}/\text{с}$

Приплив в банкетну залу

Необхідна кількість повітря $L=850\text{м}^3/\text{год}$

На приплив приймаємо шість ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L - пропускна спроможність ділянки

L_y - витрата повітря на ґрати

$F_{\text{пов}}$ - площа перетину повітроводу

$F_{\text{реш}}$ - площа живого перетину ґрат

№ діл.	$L, \text{м}^3/\text{год}$	$F_{\text{пов.}}, \text{м}^2$	$L_y, \text{м}^3/\text{год}$	$F_{\text{реш}} (\text{м}^2)$
1	850	0,052	141,67	0,020
2	708,33	0,044	141,67	0,020
3	566,67	0,035	141,67	0,020
4	425,00	0,026	141,67	0,020
5	283,33	0,017	141,67	0,020
6	141,66	0,009	141,67	0,020

Витяжка з обідньої зали

Необхідна кількість повітря для видалення $L=850\text{м}^3/\text{год}$

На витяжку приймаємо шість ділянок

Розрахунок повітроводів і ґрат по ділянках

L - пропускна спроможність ділянки

L_y - витрата повітря на ґрати

$F_{\text{пов}}$ - площа перетину повітроводу

$F_{\text{реш}}$ - площа живого перетину ґрат

№ діл.	$L, \text{м}^3/\text{год}$	$F_{\text{пов.}}, \text{м}^2$	$L_y, \text{м}^3/\text{год}$	$F_{\text{реш}} (\text{м}^2)$
1	850	0,052	141,67	0,020

2	708,33	0,044	141,67	0,020
3	566,67	0,035	141,67	0,020
4	425,00	0,026	141,67	0,020
5	283,33	0,017	141,67	0,020
6	141,66	0,009	141,67	0,020

3.2. Визначення кількості та розмірів припливних та витяжних каналів

Вентилятори забезпечують, щоб приміщення отримували запроєктовану для них витрату свіжого повітря. При цьому вентилятори виконують два найважливіші завдання: компенсація втрат тиску, що виникають при розповсюдженні повітря в системі, Δp ; подача необхідних об'ємних витрат повітря, V .

У технічному відношенні розрізняють два основні типи виконання вентиляторів: осьові і радіальні.

Осьові вентилятори

Відмінною ознакою осьових вентиляторів є забір і випуск повітря в осьовому напрямі. Вони здатні подавати великі об'єми повітря, але не здатні створювати великий тиск, як радіальні вентилятори.

Осьові вентилятори складаються з корпусу, робочого колеса, двигуна і можуть класифікуватися по різних ознаках.

Класифікація по повному тиску:

- вентилятори низького тиску ($\Delta p \leq 300$ Па);
- вентилятори середнього тиску ($\Delta p \leq 1000$ Па);
- вентилятори високого тиску ($\Delta p > 1000$ Па).

Класифікація за способом застосування:

- настінні, стельові вентилятори;
- віконні вентилятори;
- вентилятори для монтажу в каналі.

Повітрянагрівачі

В якості теплоносіїв знаходить застосування наступна середа: тепла вода (PWW), що нагнітається насосом, гаряча вода (HW), пара.

Повітронагрівачі виконуються зазвичай у вигляді забезпечених ребрами змійовиків з різних матеріалів (наприклад, алюмінієві пластини на мідній трубі). Вирішальними чинниками при виборі матеріалу є якість повітря, потрібна продуктивність і габаритні розміри пристрою.

Вибір нагрівача здійснюється на основі представленої виробником документації з урахуванням необхідної потужності регістра (QHR) теплофікації, передбачуваної витрати повітря (об'ємного потоку) і теплоносія, що є у розпорядженні.

Повітряні фільтри

У повітро-технічних установках фільтри використовуються для досягнення певної чистоти повітря приміщень і для захисту наступних за ними конструкційних блоків. Вони покликані видаляти з повітря частинки пилу самих різних розмірів, а також усувати можливо грубо- і дрібнодисперсні домішки, що містяться там, поглинати неприємні запахи і зв'язувати присутні газоподібні речовини.

Розрізняють наступні види фільтрів:

1. За фільтруючим матеріалом:

- волоконні, виготовляються з матеріалів, здатних утримувати пил будь-якого розміру. Як фільтруючий матеріал застосовують волокнисті маси, скловолокно і т. д.;

- металеві, застосовують для видалення масел при очищенні повітря відповідної забрудненості, наприклад, кухонні пари. Вони не запалюються і легко очищуються;

- з активованого вугілля;

2. По ступеню осадження: фільтри грубого очищення; фільтри тонкого очищення.

3. По класу фільтрації.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4. По конструктивному виконанню: мішкові; рулонні; електронні.

Камери змішувачів

Потреба в застосуванні блоків змішувачів виникає тоді, коли робота планується в режимі зовнішнього і циркулюючого повітря. Такий спосіб з урахуванням економії енергії, що йде на нагрів, переважний взимку, а з урахуванням економії енергії, що йде на охолодження, - влітку.

Регулювання окремих об'ємних витрат здійснюється за допомогою заслінок типу жалюзі, які при необхідності забезпечуються спеціальним приводом. Зміна об'ємних витрат може потрібно для регулювання температури повітря приміщення, для підгонки окремих компонентів загальної маси повітря при зовнішніх температурах нижче 0°С, у зв'язку з використанням захисту від заморожування.

Повітряні заслінки спеціального виконання у вигляді пожежних клапанів застосовуються як пристрої протипожежного захисту. Їх завдання на випадок пожежі автоматично перекрити подачу повітря в канали.

Шумоглушники

Шумоглушники в значній мірі перешкоджають передачі шумів, що видаються вентиляційною установкою.

Найсильніші шуми видають, звичайно, вентилятори. Звукові хвилі можуть тут проникати безпосередньо в повітряний канал з передачею коливань на зв'язані конструкційні елементи. Втім, причиною сильного шуму можуть бути і повітряні течії, що проходять з максимальною швидкістю по дуже вузьких каналах, в пристроях, несприятливих в гідродинамічному відношенні, або у фасонних елементах.

Зниження інтенсивності передачі звуку можна добитися двома способами:

- шляхом власної амортизації через мережу каналів, тобто матеріал каналу поглинає шум за рахунок власних коливань; повороти і відведення відповідної форми також здатні знизити рівень звуку, наприклад за рахунок його віддзеркалення;

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- шляхом штучних заходів шумоглушіння, завдяки використанню відповідних конструкційних елементів.

Шумоглушники можна класифікувати як за виконанням, так і за принципом дії.

Класифікація глушників по конструкції: пластинчасті; трубчасті; телефонні; кулісні.

Класифікація за принципом дії:

- абсорбційні глушники;
- відображуючи глушники;
- мембранні абсорбери.

3.3. Аеродинамічний розрахунок системи вентиляції

Розрахунок припливної вентиляції на прикладі банкетного залу.

Необхідна кількість повітря: $L_{\text{заг}} = 500 \text{ м}^3/\text{год}$

Швидкість потоку через решітки приймаємо: $V_{\text{реш}} = 2 \text{ м}^2/\text{с}$

Витрата повітря через одну решітку:

$$L_{\text{реш}} = F_{\text{реш}} \cdot V_{\text{реш}} \cdot 3600, \text{ м}^3/\text{год}$$

Приймаємо решітки MB120BPC:

$$F_{\text{реш}} = 0,0123 \text{ м}^2$$

$$L_{\text{реш}} = 0,0123 \cdot 2 \cdot 3600 = 88 \text{ м}^3/\text{год}$$

Необхідна кількість решіток:

$$K = L_{\text{заг}} / L_{\text{реш}} = 500 / 88 = 5,6$$

Приймаємо 6 решіток.

Переріз і діаметр повітроводу, який підходить до першої решітки:

Приймаємо швидкість у повітроводі: $V_{\text{пов}} = 4,5 \text{ м/с}$

Переріз повітроводу:

$$F_{\text{пов}} = L_{\text{заг}} / V_{\text{пов}} \cdot 3600, \text{ м}^2$$

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$F_{\text{пов}} = 500 / 4,5 \cdot 3600 = 0,031 \text{ м}^2$$

Приймаємо діаметр повітроводу $d=200$ мм

Встановлюємо на діаметрі $d=200$ мм дві решітки MB120BPC.

Переріз і діаметр повітроводу після другої решітки:

$$L_1 = L_{\text{заг}} - 2 \cdot L_{\text{реш}}, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L_1 = 500 - 2 \cdot 88 = 324 \text{ м}^3/\text{год}$$

Переріз повітроводу:

$$F_{\text{пов1}} = L_1 / V_{\text{пов}} \cdot 3600, \text{ м}^2$$

$$F_{\text{пов1}} = 324 / 4,5 \cdot 3600 = 0,02 \text{ м}^2$$

Діаметр повітроводу приймаємо $d_1=160$ мм

Встановлюємо на діаметрі $d_1=160$ мм одну решітку MB120BPC.

Переріз і діаметр повітроводу після третьої решітки:

$$L_2 = L_{\text{заг}} - 3 \cdot L_{\text{реш}}, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L_2 = 500 - 3 \cdot 88 = 236 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$F_2 = L_2 / V_{\text{пов}} \cdot 3600, \text{ м}^2;$$

$$F_2 = 236 / 4,5 \cdot 3600 = 0,0145 \text{ м}^2.$$

Приймаємо $d_2 = 140$ мм

На діаметрі $d_2 = 140$ мм встановлюємо одну решітку MB120BPC.

Діаметр та переріз повітроводу після четвертої решітки:

$$L_3 = L_{\text{заг}} - 4 \cdot L_{\text{реш}}, \text{ м}^3/\text{год};$$

$$L_3 = 500 - 4 \cdot 88 = 148 \text{ м}^3/\text{год}.$$

$$F_3 = L_3 / V_{\text{пов}} \cdot 3600, \text{ м}^2;$$

$$F_3 = 148 / 4,5 \cdot 3600 = 0,009 \text{ м}^2.$$

Діаметр повітроводу приймаємо $d_3=125$ мм

На діаметрі $d_2 = 125$ мм встановлюємо дві решітки MB120BPC.

3.4. Підбір вентиляційного обладнання

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Головними критеріями при виборі вентилятора є його тип і розмір, що забезпечують найбільш економічну роботу. Завжди необхідно пам'ятати, що навіть при незначному збільшенні ККД подорожчання самого вентилятора і його монтажу швидко компенсуються при експлуатації за рахунок економії електроенергії.

Однією з головних цілей підбору є забезпечення компактності, можливості безпосереднього з'єднання з електродвигуном, безшумності, стійкості роботи вентилятора і так далі.

Початковими даними для підбору вентилятора є отримані в результаті розрахунку аеродинамічної характеристики мережі повітроводів орієнтовні значення витрати Q і повних втрат тиск Δp_v , приведений до стандартної густини повітря $\rho_0 = 1,2 \text{ кг/м}^3$. Важливе значення мають також міркування конструктивного і експлуатаційного характеру.

Продуктивність вентилятора, Q , $\text{м}^3/\text{с}$ - об'ємна кількість газу, що поступає у вентилятор в одиницю часу, віднесене до умов входу у вентилятор:

$$Q = 5\,000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Повний тиск вентилятора Δp_v , Па - різниця абсолютного повного тиску потоку при виході з вентилятора і перед входом в нього при певній густині газу. Витрачається на подолання повного опору мережі:

$$\Delta p_v = p_2 - p_1,$$

де p_2 - абсолютний повний тиск потоку при виході з вентилятора, Па;

p_1 - абсолютний повний тиск потоку перед входом у вентилятор, Па.

$$\Delta p_v = 120 \text{ Па}$$

За каталогом обираємо вентилятор з параметрами $Q = 5\,000 \text{ м}^3/\text{год}$ та $\Delta p_v = 120 \text{ Па}$ – ВО-14-320-7, ККД = 71%, число обертів $n = 1320 \text{ об/хв}$, потужність $N=370 \text{ Вт}$, маса 26,5 кг. Вентилятор осьовий призначений для вентиляційних, опалювальних систем будівель та споруд різного функціонального призначення.

3.5. Висновки за розділом

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У Розділі 3 було проведено розробку та розрахунок системи припливно-витяжної вентиляції ресторанного комплексу. На основі отриманих результатів можна зробити такі висновки:

Розрахунок необхідної кількості припливного повітря виконано згідно з санітарними нормами, виходячи з розрахункової кількості відвідувачів та персоналу.

Для транспортування повітря обрано повітроводи з оцинкованої сталі, що відповідають вимогам пожежної безпеки та довговічності. Регулювання об'ємних витрат повітря передбачено за допомогою жалюзійних заслінок з механізованим керуванням, що дозволяє гнучко налаштовувати систему залежно від заповнення залів.

Запроєктована припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням забезпечує підтримання нормованих параметрів мікроклімату, ефективне видалення надлишків вологи, тепловиділень та запахів, що є критично важливим для закладів громадського харчування.

Вибрані рішення повністю відповідають вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та забезпечують комфортні умови для перебування людей у приміщеннях ресторанного комплексу.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.04			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4			
Студент		Татарчук О.М.						
Керівник		Шаповалов Ю.О.						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1. Розрахунок бака-акумулятора гарячої води

Комфортне і економічне приготування гарячої води, що відповідає санітарно-гігієнічним нормам, можливе завдяки місткісному водонагрівачу із високолегованої нержавіючої сталі з двома нагрівальними спіралями для бівалентного нагріву.

Система сонячних колекторів, що працює разом з котельною, призначена для підігріву води системи ГВП і для підтримування постійної температури води в басейні.

Бівалентне приготування гарячої води відбувається у поєднанні з сонячними колекторами і водогрійним котлом. Теплота сонячних колекторів передається воді контуру водорозбору гарячого водопостачання через нижній змійовик гріючого контуру. Вода рівномірно нагрівається по всьому об'єму через нагрівальні спіральні поверхні великого розміру. Оптимізована геометрія теплообмінних поверхонь забезпечує швидкий, рівномірний відповідний до найвищих вимог комфорту режим приготування гарячої води. Поверхні теплообміну досягають дна ємкості і рівномірно прогрівають увесь об'єм води.

Тривалий термін служби досягається завдяки корозійностійкому баку з високоякісної нержавіючої сталі. Малі тепловтрати гарантуються всебічною високоефективною вспіненою теплоізоляцією з м'якого пінополіуретану (без фреонів).

4.1.1. Розрахунок ізоляції

Ізоляція необхідна для скорочення тепловтрат, також для зниження рівня звукового тиску і вібрації в приміщенні. Передбачають теплову ізоляцію щоб уникнути перегріву приміщення або опіків людей.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Матеріал теплової ізоляції повинен забезпечувати коефіцієнт корисної дії не менше 75%; виконують її з матеріалів, що не згоряють. В даному випадку для бака - акумулятора використовують вспінену теплоізоляцію з м'якого пінополіуретану.

Техніка ізолювання виконується сучасним методом. Порожнеча між поліхлорвініловою оболонкою та корпусом заповнюється через щілини двома спеціальними рідкими реагентами, які в результаті хімічної реакції утворюють піну. Надлишок піни виходить через ці ж щілини.

Товщина шару ізоляційної конструкції:

$$\delta = (l^{2\pi\lambda R} - 1) / 2 \cdot d_{\text{н}}$$

де d – зовнішній діаметр баку, $d = 0,825$ м;

l – основа натурального логарифму, $l = 2,71$;

λ – коефіцієнт теплопровідності шару ізоляційної конструкції, ккал/м·год·град,

$$\lambda = 0,052 + 0,00016 t_{\text{ср}}, [6]$$

$$t_{\text{ср}} = (90 - 40) / 2 = 25^{\circ}\text{C},$$

$\lambda = 0,056$ ккал/м·год·град;

R – термічний опір ізоляційного шару, м·год·град/ккал,

$$R = (t - t_{\text{н.с}}) / qk$$

$q = 25$ ккал/год – щільність теплового потоку з одного метра довжини,

$k = 1$

$$R = (90 - 40) / 25 = 2 \text{ м·год·град/ккал}$$

$$\delta = (2,71^{2 \cdot 3,14 \cdot 0,056 \cdot 2} - 1) / 2 \cdot 0,825 = 0,416 \text{ м}$$

4.1.2. Розрахунок об'єму бака-акумулятора гарячої води

Об'єм бака слід розраховувати на 1,5-2-кратну добову потребу.

Мінімальний об'єм нагрівача

$$V_{\text{min}} = 1,5 \cdot V \cdot (t_{\text{г}} - t_{\text{х}}) / (t_{\text{Б}} - t_{\text{х}}), \text{ л},$$

де V – потреба в гарячій воді, л/доб, $V = 1000$ л/доб;

$t_{\text{г}}$ – температура гарячої води в точці водорозбірну, $t_{\text{г}} = 45^{\circ}\text{C}$;

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

t_x – температура холодної води, $t_x = 5^\circ\text{C}$;

t_B – температура гарячої води у водонагрівачі, $t_B = 60^\circ\text{C}$;

$$V_{\min} = 1,5 \cdot 1000 \cdot (45-5)/(65-5) = 1000 \text{ л}$$

4.2. Розрахунок теплообмінників

$$Q = Q_{\text{сол}} + Q_{\text{кот}}, \text{ кВт},$$

$$Q_{\text{сол}} = 40\% Q = 0,4 \cdot 60\,000 = 24\,000 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{кот}} = 60\,000 - 24\,000 = 36\,000 \text{ Вт}$$

$$Q = 60\,000 \text{ Вт},$$

$$Q = kF\Delta t,$$

$$F = Q/k\Delta t,$$

F – площа поверхні нагріву, яка забезпечує передачу необхідної кількості тепла від гарячого теплоносія до холодного;

Δt – різниця температур між температурами теплоносіїв,

$$\Delta t_{\text{сол}} = 77-60=17^\circ\text{C};$$

$$\Delta t_{\text{кот}} = 90-60=30^\circ\text{C};$$

k – коефіцієнт теплопередачі,

$$k = 1/(1/\pi d_{\text{вн}}\alpha_1 + (\ln d_{\text{зовн}}/d_{\text{вн}})/2\pi\lambda + 1/\pi d_{\text{вн}}\alpha_2), \text{ Вт/м}^\circ\text{C}$$

$d_{\text{зовн}}$ – зовнішній діаметр труби, $d_{\text{зовн}} = 36 \text{ мм}$,

$d_{\text{вн}}$ – внутрішній діаметр труби, $d_{\text{вн}} = 30 \text{ мм}$,

α - коефіцієнт тепловіддачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$

$$\lambda = 45 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{K}) \text{ [6]}$$

$$k = 1/(1/3,14 \cdot 0,029 \cdot \alpha_1 + (\ln 0,036/0,029)/2 \cdot 3,14 \cdot 45 + 1/3,14 \cdot 0,029 \alpha_2),$$

$$k = 600 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C});$$

$$F_{\text{сол}} = Q_{\text{сол}} / k \Delta t_{\text{сол}}, \text{ м}^2$$

$$F_{\text{кот}} = Q_{\text{кот}} / k \Delta t_{\text{кот}}, \text{ м}^2$$

$$F_{\text{сол}} = 24\,000/600 \cdot 17 = 2,35 \text{ м}^2;$$

$$F_{\text{кот}} = 36\,000/600 \cdot 30 = 2,0 \text{ м}^2;$$

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\ell_{\text{кіл}}$ – довжина кільця труби теплообмінника, $\ell_{\text{кіл}} = \pi d_{\text{кіл}}$, м,

$d_{\text{кіл}}$ – діаметр кільця змійовика, $d_{\text{кіл}} = 510$ мм,

$$\ell_{\text{кіл}} = 3,14 \cdot 0,51 = 1,6 \text{ м},$$

$f_{\text{кіл}}$ – площа кільця труби, $f_{\text{кіл}} = \pi d o \ell_{\text{кіл}}$,

$$f_{\text{кіл}} = 3,14 \cdot 0,036 \cdot 1,6 = 0,18 \text{ м}^2,$$

$$n = F / f_{\text{кіл}},$$

$$n_{\text{сол}} = F_{\text{сол}} / f_{\text{кіл}} = 2,35 / 0,18 = 13,07$$

Приймаємо 14 кілець.

$$n_{\text{кот}} = F_{\text{кот}} / f_{\text{кіл}} = 2,0 / 0,18 = 11,1$$

Приймаємо 12 кілець.

$S = 4$ мм – міжтрубний інтервал.

4.3. Висновки за розділом

Обрано ефективну схему приготування гарячої води, що поєднує два джерела енергії - сонячні колектори та водогрійний котел.

Для системи передбачено бак-акумулятор із високолегованої нержавіючої сталі, що гарантує тривалий термін служби та захист від корозії.

Висока щільність теплоізоляції з м'якого пінополіуретану дозволяє мінімізувати тепловтрати та забезпечити ККД на рівні не менше 75%.

На основі проведених інженерних розрахунків визначено ключові параметри обладнання:

Мінімальний необхідний об'єм становить 1000 л, що відповідає добовій потребі у воді при заданих температурах.

Розрахункова товщина ізоляційного шару становить 0,416 м. Вона виконує не лише енергозберігаючу, а й звукоізоляційну функцію.

Потужність та теплообмін:

Загальна теплова потужність системи $Q = 60$ кВт.

Розподіл навантаження: 40% припадає на сонячні колектори (24 кВт) та 60% на котельню (36 кВт).

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінників становить $k = 600 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Характеристики теплообмінників (змійовиків)

Для ефективної передачі тепла розраховано необхідну кількість витків (кілець) трубного теплообмінника:

Сонячний контур: площа поверхні $2,35 \text{ м}^2$, що потребує 14 кілець.

Котловий контур: площа поверхні $2,0 \text{ м}^2$, що потребує 12 кілець.

Запропонована система є збалансованою та економічно вигідною завдяки використанню відновлюваної енергії сонця. Геометрія теплообмінників та якісна ізоляція забезпечують швидке та рівномірне нагрівання води відповідно до санітарно-гігієнічних норм.

					<i>КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.04</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.05			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 5			
Студент		Татарчук О.М.						
Керівник		Шаповалов Ю.О.						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК			

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

Питання енергозбереження та екології є критично важливими, оскільки вони прямо впливають на умови праці персоналу та безпеку навколишнього середовища.

5.1. Енергозбереження при експлуатації котельні

Енергоефективність системи безпосередньо знижує термічне навантаження на робоче місце оператора та зменшує кількість продуктів згоряння.

Автоматизація та погодне регулювання:

Впровадження погодозалежної автоматики дозволяє коригувати температуру теплоносія залежно від зовнішніх умов. Це виключає «перетопи» приміщень ресторанного комплексу, що не тільки економить паливо, але й запобігає порушенню теплового комфорту (мікроклімату) на робочих місцях.

Теплова ізоляція: Всі трубопроводи в межах котельні та магістралі, що проходять через підвал до поверхів, повинні мати теплову ізоляцію (згідно з ДБН В.2.5-67:2013). Це мінімізує втрати тепла та захищає персонал від опіків при випадковому контакті з поверхнями.

Встановлення балансувальних клапанів на кожному з трьох поверхів ресторанного комплексу забезпечує рівномірний розподіл тепла, запобігаючи перевитратам енергії в окремих зонах (наприклад, у гарячих цехах кухні).

5.2. Екологічна безпека теплогенеруючої установки

Екологічність експлуатації котельні регулюється вимогами щодо охорони атмосферного повітря та утилізації відходів.

Мінімізація шкідливих викидів

Основними забруднювачами при спалюванні палива є оксиди азоту (NO_x) та оксид вуглецю (CO).

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Технічні заходи: Використання сучасних пальників із низьким рівнем викидів.

Контроль: Регулярна перевірка складу димових газів за допомогою газоаналізаторів для забезпечення оптимального коефіцієнта надлишку повітря. Це гарантує повне згоряння палива та мінімальний викид сажі.

Охорона водних ресурсів та ґрунтів

Хімводопідготовка: Відпрацьовані розчини після промивки фільтрів пом'якшення води повинні утилізуватися згідно з екологічними нормами, не допускаючи потрапляння концентрованих солей у відкриті водойми.

Шумове забруднення

Для громадських будівель (ресторанів) шум від котельні є критичним фактором.

Встановлення насосів та котлів на віброізолюючі основи.

Використання гнучких вставок (віброгасильних рукавів) на вводах трубопроводів.

Звукоізоляція приміщення котельні для дотримання нормативних рівнів шуму в суміжних залах.

Запропоновані рішення з енергозбереження, зокрема автоматизація температурних режимів та якісна термоізоляція, дозволяють підтримувати параметри мікроклімату в робочих зонах ресторанного комплексу згідно з ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007. Водночас заходи з екологічної безпеки (нейтралізація конденсату та контроль викидів) мінімізують вплив шкідливих факторів на персонал та навколишнє середовище, забезпечуючи безпечні умови праці під час технічного обслуговування установки.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблена система теплопостачання триповерхового ресторанного комплексу загальною площею 560 м².

Джерелом теплопостачання ресторанного комплексу є індивідуальна котельня, що забезпечує теплом системи водяного та повітряного опалення, системи гарячого водопостачання та систему підігріву басейну.

Інженерно-технічні рішення проводились у напрямку, по-перше, збереження енергетичних ресурсів, а саме природного газу за рахунок комплексу автоматизованої системи управління та встановлення сонячного колектору, по-друге, поліпшення умов безпеки та експлуатації обладнання.

У роботі запропоновано використання двох джерел для підігріву води на потреби об'єкту: водогрійного котла та сонячного колектору. Були виконані розрахунки потреб теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, визначена потужність індивідуальної котельні.

Розроблена теплова схема котельні, підібраний склад обладнання. Визначено, що теплової потужності достатньо для потреб всіх систем.

Розроблені принципові схеми системи водяного опалення та припливно-витяжної вентиляції. Вибрані рішення відповідають вимогам ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування» та забезпечують комфортні умови для перебування людей у приміщеннях ресторанного комплексу.

Проведений розрахунок бака-акумулятора гарячої води з двома джерелами тепла: водогрійним котлом та сонячним колектором.

Розроблені заходи з енергозбереження та екологічної безпеки при експлуатації теплогенеруючої установки.

					КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

					<i>КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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

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

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

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

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

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

16. Степанова Н. Д. Економічний та екологічний аспекти теплопостачання на базі геліоустановок / Н. Д. Степанова, Т. І. Пилипенко // Вісник Хмельницького національного університету. 2013. №5. С. 65 - 68.

					<i>КРБ.144.4247.04.05.ПЗ.00</i>	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		