

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

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри ЕСЕУ та ТЕ
_____ Личко Б.М.

«___» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: Розробка системи теплопостачання двоповерхової будівлі
пансіонату площею 980 м²

Виконав: студент групи 4241

_____ Година І.С.
(підпис)

Керівник роботи:

канд.техн.наук, доцент кафедри ЕСЕУ та ТЕ
(посада, науковий ступінь, вчене звання)

_____ Шановалов Ю.О.
(підпис)

м. Миколаїв – 2026 р.

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

Кафедра експлуатації суднових енергетичних установок та теплоенергетика
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
Освітня програма «Теплоенергетика»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

Юрій Шаповалов (підпис) 06 2026 р.

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

Студента Години Івана Сергійовича

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи теплопостачання двоповерхової будівлі пансіонату площею 980 м²

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

Затверджено розпорядженням МННІ НУК № __ від «__» ____ 2026 року

2. Термін подання студентом роботи до розгляду на кафедрі _____

3. Вихідні дані до роботи Котельня забезпечує пансіонат двома потоками теплопостачання: подача гарячої води на опалення в закриту мережу теплопостачання з параметрами води 95...70°C та гаряче водопостачання з параметрами води 60°C.

Креслення і характеристики двоповерхової будівлі пансіонату

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

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання. Вимоги ДБНУ до систем. 2. Розробка системи водяного опалення. Визначення величин опору теплопередачі огорожень. Розрахунок тепловтрат і теплопритоків. Складання теплового балансу. Розрахунок втрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря. Розрахунок теплової потужності. Вибір і розрахунок опалювальних приладів. 3. Розробка котельні.

Розробка теплової схеми котельні. Обґрунтування вибору котлів. Розрахунок димової труби. 4. Розробка системи гарячого водопостачання. Визначення кількості води та теплоти на гаряче водопостачання. Гідравлічний розрахунок системи ГВП. Розробка пластинчастого теплообмінного апарата. 5. Розробка питань з охорони праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. План будинку.
2. Аксонетрична схема системи вентиляції
3. Котельня
4. Теплова схема
5. Теплообмінний апарат пластинчастий

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання «__» _____ 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

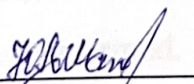
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання		
2	Розробка системи водяного опалення		
3	Розробка котельні		
4	Розробка системи ГВП		
6	Розробка заходів з охорони праці		
7	Графічна частина		

Студент


(підпис)

Година І.С.

Керівник роботи


(підпис)

Шаповалов Ю.О.

Анотація

У кваліфікаційній роботі розроблені системи теплопостачання для двоповерхової будівлі пансіонату.

За планом приміщень розраховані втрати і надходження теплоти, визначена теплова потужність системи опалення. Прийнята і розроблена двотрубна горизонтальна система водяного опалення з нижнім розташуванням подавального трубопроводу. Підібрані і розраховані опалювальні прилади, складена принципова схема системи опалення, зроблений її гідравлічний розрахунок.

Розроблено теплову схему котельні, проведено її розрахунок для кількох режимів роботи, підібрано склад обладнання та визначено необхідну теплову потужність для потреб двох споживачів: систем водяного опалення та системи гарячого водопостачання. В котельні встановлено два котли, які працюють на природному газі. Наведено конструкцію та розраховано димову трубу.

Виконано гідравлічний розрахунок системи гарячого водопостачання. Розрахована конструкція та основні елементи пластинчастого теплообмінного апарата.

В роботі розглянуті питання з охорони праці.

Ключові слова: система опалення, котельня, пластинчастий теплообмінний апарат.

Abstract

This thesis presents a heating system design for a two-story guesthouse.

Based on the floor plan, heat losses and gains were calculated, and the heating system's thermal capacity was determined. A two-pipe horizontal water heating system with a bottom-mounted supply pipe was selected and designed. Heating devices were selected and calculated, a schematic diagram of the heating system was drawn up, and its hydraulic calculation was performed.

A thermal diagram of the boiler room was developed, calculations were performed for several operating modes, the equipment configuration was selected, and the required thermal capacity was determined to meet the needs of two consumers: the water heating

system and the hot water supply system. Two natural gas-fired boilers were installed in the boiler room. The design of the chimney was presented and calculated.

A hydraulic calculation of the hot water supply system was performed. The design and main elements of the plate heat exchanger were calculated.

Occupational safety issues are addressed in this work.

Keywords: heating system, boiler room, plate heat exchanger.

ВСТУП

Сучасний етап розвитку теплоенергетики характеризується переходом до високоефективних та ресурсозберігаючих технологій, що зумовлено як глобальними трендами, так і специфічними викликами, з якими стикається енергетичний сектор України. Сьогодні вітчизняна теплоенергетика перебуває у стані глибокої трансформації: значні пошкодження централізованих мереж та великих теплоелектроцентралей внаслідок воєнних дій змушують переглядати підходи до енергозабезпечення споживачів. Пріоритетним напрямком стає децентралізація генерації, яка дозволяє підвищити живучість системи, зменшити втрати при транспортуванні теплоносія та забезпечити енергетичну незалежність окремих об'єктів. Впровадження індивідуальних систем тепlopостачання для малоповерхової забудови, зокрема двоповерхових будівель, є відповіддю на потребу у створенні гнучкої та надійної інфраструктури, здатної функціонувати в умовах нестабільності загальнодержавних мереж.

Актуальність даної теми підкріплюється також необхідністю адаптації українського законодавства до вимог Європейського Союзу щодо енергоефективності будівель та поступової декарбонізації галузі. Розробка системи тепlopостачання, що поєднує в собі використання сучасного обладнання та методів автоматичного регулювання, дозволяє мінімізувати споживання викопного палива та знизити експлуатаційні витрати. Основною спрямованістю даної роботи є проектування комплексної інженерної мережі, яка враховує архітектурні особливості двоповерхової споруди та специфіку гідравлічного балансування між рівнями, що є критичним для стабільної роботи системи. Об'єктом дослідження виступає тепловий режим будівлі та механізми забезпечення її енергетичного балансу, тоді як предметом — технічні параметри обладнання, схеми підключення та алгоритми керування подачею тепла.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Мета роботи: Розробка систем теплопостачання двоповерхової будівлі пансіонату.

Завдання: Основне призначення систем теплопостачання полягає в забезпеченні заданих кліматичних умов в приміщеннях будівель, створення необхідних санітарно-гігієнічних умов у приміщеннях. Підтримка певних параметрів середовища в приміщенні протягом року важлива і з метою забезпечення довговічності конструкцій. В даний час особливої актуальності набули питання довговічності будівель і споруд з використанням нових будівельних матеріалів. Успіх повнозбірного будівництва значною мірою пов'язаний з правильним вирішенням питань будівельної теплотехніки, опалення та вентиляції.

До системи теплопостачання входять теплоустановки, трубопроводи, насоси, теплоспоживчі прилади й устаткування, регулююча, сигналізуюча і реєструюча апаратура, пристрої автоматики.

Отже системи теплопостачання розробляються з метою підтримки певних параметрів середовища в приміщенні протягом року та створення необхідних санітарно – гігієнічних умов.

Для реалізації поставленої мети у роботі передбачено проведення детального теплотехнічного розрахунку огорожувальних конструкцій згідно з чинними нормами ДБН, що дозволяє визначити реальні потреби будівлі в енергії. На основі цих даних здійснюється обґрунтований вибір джерела теплоти, підбір опалювальних приладів та виконання гідравлічного розрахунку трубопроводів. Особлива увага приділена питанням автоматизації та економічної доцільності, що в сукупності дозволяє створити технічно досконалу систему, яка відповідає стратегії розвитку сучасної енергетики України та забезпечує високий рівень комфорту для кінцевого споживача.

Об'єкт розробки: двоповерхова будівля пансіонату загальною площею 980 м². Пансіонат розташований в місті Миколаєві та спеціалізується на догляді та лікуванні людей похилого віку.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ПЛАНИ ОБ'ЄКТУ ТА ЕСКІЗИ ПРИМІЩЕНЬ. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ. ВИМОГИ ДБН УКРАЇНИ ДО СИСТЕМ	
1.1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання.....	
1.2. Вибір та обґрунтування розрахункових параметрів. Вимоги ДБНУ до систем.....	
1.3. Опис існуючих систем котельні.....	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	
2.1. Вибір системи опалення	
2.2. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень.....	
2.3. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу	
2.4. Визначення надходжень теплоти у приміщення.....	
2.5. Складання теплового балансу приміщення. Визначення теплової потужності системи опалення.....	
2.6. Вибір і розрахунок опалювальних приладів.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОТЕЛЬНОЇ.....	
3.1. Розробка теплової схеми котельні.....	
3.2. Обґрунтування вибору котлів малої потужності.....	
3.2.1. Огляд ринку закордонних та вітчизняних котлів	
3.3. Розрахунок димової труби.....	
3.3.1. Розрахунок розсіювання в атмосферу шкідливих речовин.....	
3.3.2. Гранично допустимі концентрації шкідливих викидів.....	

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ....

4.1. Визначення кількості води та теплоти на гаряче водопостачання.....

4.2. Гідравлічний розрахунок системи ГВП житлових приміщень.....

4.3. Розробка пластинчастого теплообмінного апарата.....

4.3.1. Загальні відомості.....

4.3.2. Розрахунок пластинчастого теплообмінного апарата

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....

5.1. Охорона праці та техніка безпеки в котельні.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

					ВКР. 144.4241.03.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО
РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ВИБІР ТА
ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ.
ВИМОГИ ДБН УКРАЇНИ ДО СИСТЕМ**

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

Системи теплопостачання розробляються для двоповерхової будівлі пансіонату загальною площею 980 м². Заклад розташований в місті Миколаєві та спеціалізується на догляді та лікуванні людей похилого віку. Рельєф місцевості рівний. Зимова температура при розрахунках -20°C.

Будівля виконана з каменю та складається з двох поверхів. Поверхи відрізняються розташуванням приміщень та кількістю вікон. В середині будівлі приміщення відгороджені одне від одного залізобетонними перегородками, капітальні стіни виконано з каменю.

Зовнішні стіни складаються з наступних шарів:

- 1 Ракушняк
- 2 Пінополістирол ПСБ-С 35
- 3 Штукатурка
- 4 Цегла керамічна пустотіла

Горищне перекриття

- 1 Плита залізобетонна
- 2 ROCKWOOL
- 3 Стяжка цементно-піщана
- 4 Дошка (сосна)

Підлога бетонна, застелена плитами.

Будівля має два входи. На вході поставлено дерев'яні двері розміром 1500 x 2500 мм, а внутрішні дверні прорізи типові для всіх приміщень розмірами 1200 x

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2200 мм. Двері до всіх приміщень виконано з деревини. Віконні отвори розмірами 1500 х 2000 мм з подвійним заскленням у дерев'яній рамі. По всій будівлі вікна мають однакові розміри та характеристики.

1.2. Вибір та обґрунтування розрахункових параметрів. Вимоги ДБНУ до систем

Розрахункова температура у приміщеннях згідно ДБН В 2.5-67:2013 $+14^{\circ}\text{C}$, $+18^{\circ}\text{C}$, $+19^{\circ}\text{C}$. Розрахункова зовнішня температура повітря -20°C . Теплоносій - гаряча вода з розрахунковими параметрами $T_1=95^{\circ}\text{C}$, $T_2=70^{\circ}\text{C}$.

Приміщення захищене від вітру зеленими насадженнями, зорієнтовано на південну сторону.

Можливість установки опалювального, каналізаційного, вентиляційного та водопостачального обладнання в будинках різного призначення слід визначати у відповідності з будівельними нормами і правилами на проектування цих будинків.

Розробка систем теплопостачання виконана відповідно до технічного завдання замовника, архітектурно-будівельних креслень, діючих норм і правил проектування:

ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель.

ДБН В 2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

ДБН В.2.2-9-2009 Громадські будинки та споруди. Основні положення.

ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія.

ДБН В.2.5-77:2014 Котельні.

Для будівлі пансіонату розроблена двотрубна система опалення з нижнім розведенням і попутним рухом теплоносія. Для системи опалення застосовують металопластикові труби. Труби з діаметрами умовного проходу до 50 мм.

Для даної системи опалення з насосною циркуляцією передбачається встановлення засувки або вентилів, а також спускні крани на окремих гілках розвідних трубопроводів для можливості виключення частин системи на випадок ремонту.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1. Параметри мікроклімату та комфорту

Температурний режим: Для житлових номерів пансіонату розрахункова температура повітря в опалювальний період має становити 20°C (для кутових кімнат 22°C). У ванних кімнатах та душових температура має бути не нижчою за 25°C.

Швидкість повітря: Система опалення повинна працювати так, щоб швидкість руху повітря в зоні перебування людей не перевищувала 0,15–0,2 м/с, аби не створювати відчуття протягу.

2. Енергоефективність та ізоляція

Тепловий опір: Огороджувальні конструкції (стіни, вікна, покрівля) повинні відповідати мінімальним вимогам щодо опору теплопередачі залежно від температурної зони України.

Облік та регулювання: Обов'язкове встановлення приладів обліку теплової енергії. Кожен опалювальний прилад повинен бути оснащений автоматичним терморегулятором для підтримки заданої температури в кімнаті.

3. Конструктивні вимоги до системи

Двотрубна система: Для двоповерхових громадських будівель рекомендовано використовувати двотрубні системи з нижнім або верхнім розведенням. Це дозволяє забезпечити незалежне гідравлічне регулювання кожного радіатора.

Гідравлічне балансування: Система повинна мати балансувальні клапани на кожному стояку або відгалуженні на поверх, щоб забезпечити рівномірний розподіл теплоносія між поверхами.

Трубопроводи: Магістральні трубопроводи, що проходять через неопалювані приміщення (підвали, горища), обов'язково мають бути теплоізовані.

4. Джерело теплопостачання та безпека

Автономність: Якщо пансіонат має власну котельню, вона повинна відповідати вимогам ДБН В.2.5-77:2014. Для двоповерхової будівлі допускається влаштування дахової або прибудованої котельні.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Безпека приладів: Температура поверхні опалювальних приладів у місцях загального користування не повинна перевищувати 95°C (для водяних систем), а в дитячих закладах або лікувальних зонах 75°C.

Захист: Система повинна бути захищена від замерзання та мати можливість аварійного зливу теплоносія.

5. Санітарно-гігієнічні вимоги

Опалювальні прилади мають бути доступними для очищення від пилу. У пансіонатах часто рекомендують використовувати радіатори з гладкою поверхнею або такі, що легко миються.

1.3. Опис існуючих систем котельні

Система вентиляції

Вентиляція передбачена з природною циркуляцією повітря через вентиляційні канали. Для системи вентиляції прийнято повітропроводи класу «П», що виконуються зі сталі товщиною 1 мм відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

Вентиляція котельні припливно-витяжна, розрахована на трикратний повітрообмін.

Загальний об'єм котельні $56,86 \times 3,3 = 184,82 \text{ м}^3$

Необхідний трикратний обмін $184,82 \times 3 = 554,46 \text{ м}^3$

Дефлектор $D_y = 600 \text{ мм.}$

Витяжка повітря – через дефлектор.

Система газопостачання

Система газопостачання середнього тиску з газопроводами, які прийняті з сталевих труб, електрозварних по ДСТУ 8943:2019.

Монтаж трубопроводів, випробування та прийомку в експлуатацію було виконано згідно ДБН В.2.5-20-2001, ДБН В.2.5-20-2001, ДБН В.2.5-77:2014.

Монтаж і експлуатацію резервуарів і паливопроводів виконано згідно НПАОП 0.00-1.76-15 «Правила безпеки систем газопостачання».

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система водопостачання

Джерелом водопостачання котельні є міська водопровідна мережа.

Відведення води з котельні здійснюється до існуючої каналізації. Стоки повинні бути охолодженими до 40°C та не містити шкідливих домішок.

Система енергопостачання (робочого й аварійного)

Система енергопостачання створює умови для надійного безперебійного забезпечення котельні електроенергією, проводить облік споживання електроенергії. Система призначена для забезпечення оптимальних умов освітлення всіх приміщень котельні в робочому, черговому й аварійному режимах. Ефективне використання енергоресурсів і їхня економія в цьому випадку можуть бути досягнуті тільки шляхом застосування системи керування й регулювання електричним освітленням, що забезпечує:

- зменшення загального електроспоживання в постійно працюючій системі штучного освітлення при використанні вискоефективних джерел світла, електронних цифрових пускорегулюючих апаратів, світлових приладів;

- зниження коефіцієнта запасу за рахунок автоматичного підстроювання рівнів освітленості для компенсації втрати світлової віддачі ламп у процесі старіння й забруднення;

- використання природного регульованого освітлення з автоматичною зміною кількості і якості додаткового джерела освітлення в сполучених системах освітлення, при якому кожний зі світильників синхронно перебудовує світловий потік ламп відповідно до зміни зовнішньої освітленості, зниженню освітленості в приміщеннях, коли вони не використовуються.

Система пожежної безпеки (пожежна сигналізація, контроль загазованості, оповіщення про пожежу, пожежогасіння)

Автоматизовані системи пожежної безпеки повинні бути інтегровані на єдиній технічній, програмній і інформаційній базі з іншими об'єктовими автоматизованими системами безпеки (охорони, керування доступом, інформаційної безпеки, захисту від тероризму й ін.) і інженерного забезпечення.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2 РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Вибір систем опалення

Системи опалення будинків варто проєктувати, забезпечуючи рівномірне нагрівання повітря приміщень, гідравлічну та теплову стійкість, вибухопожежну безпеку і доступність для очищення і ремонту відповідно до ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціонування».

Система опалення проєктується двотрубна горизонтальна з нижнім розташуванням подавального трубопроводу, передбачаючи при цьому встановлення приладів регулювання, контролю та обліку витрат теплоти для кожного приміщення.

2.2. Визначення величини опору теплопередачі огорожень приміщень

Двоповерхова будівля пансіонату загальною площею 980 м² має такі розміри: довжина 40,8 м, ширина 12 м, висота 7 м. Споруда виконана у прямокутній формі. У якості будівельного матеріалу використано камінь. В середині будівлі приміщення відгороджені одне від одного залізобетонними перегородками, капітальні стіни виконано з каменю.

Будівля має два входи, кожен розміром 2600 x 2700 мм. На вході поставлено дерев'яні двері розміром 1500 x 2500 мм, а внутрішні дверні прорізи типові для всіх приміщень і мають розміри 1200 x 2200 мм. Двері до всіх приміщень виконано з деревини.

Віконні прорізи мають розміри 1500 x 2000 мм з подвійним заскленням у дерев'яній рамі. По всій будівлі вікна мають однакові розміри та характеристики.

					ВКР.144.4241.03.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

Тепловтрати через огорожувальні конструкції:

Оскільки різниця температур усередині даного об'єкту не перевищує 3°C, то тепловтрати через захищаючі конструкції розраховуються за формулою:

$$R = 1/\alpha_n + \sum(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_v, (\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$$

де α_n – коефіцієнт тепловіддачі для зимових умов зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\alpha_n = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

α_v – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, $\alpha_v = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$;

δ_i – товщина і-го шару огорожувальної конструкції;

λ_i – коефіцієнт теплопровідності і-го шару огорожувальною конструкції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$.

Значення α_n і α_b взяті зі ДБН В.2.6-31:2006 [5], а значення δ_i та λ_i вказані вище у таблиці 2.1.

Величина термічного опору для стін:

$$R_{ст} = 1/\alpha_n + \sum(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_b;$$

$$R_{ст} = 1/23 + 0,2/0,81 + 0,3/1,63 + 0,07/0,7 = 0,689 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Величина термічного опору для вікон (двошарові склопакети в дерев'яних рамах) $R_{вк} = 0,34 \text{ (м}^2 \cdot \text{K)/Вт}$, коефіцієнт теплопередачі $k_{вк} = 2,94 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{K)}$ [14]

Величина термічного опору для стелі:

$$R_{ст} = 1/\alpha_n + \sum(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_b;$$

$$R_{ст} = 1/23 + 0,3/1,3 + 0,25/0,14 + 0,1/1,3 + 0,01/0,7 + 1/8,7 = 2,108 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$$

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

Визначення тепловтрат через огороджувальні конструкції

Тепловтрати через огороджувальні конструкції розраховують за наступною формулою:

$$Q_{огр} = F_i / R_i \cdot (t_b - t_n^6) \cdot (1 + \sum \beta_i) \cdot n, \text{ Вт}$$

де F_i – розрахункова площа огороджувальної конструкції, м^2 ;

R_i – термічний опір огороджувальної конструкції, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$;

t_b – розрахункова температура повітря в приміщенні, $t_b = 18 \text{ °C}$;

t_n^6 – середня температура, найбільш холодної п'ятиденки, за 8 найбільш холодних зим, за 50 років спостережень, $t_n^6 = -20 \text{ °C}$;

n – коефіцієнт, що враховує положення зовнішньої поверхні огороджувальної конструкції по відношенню до зовнішнього повітря, $n = 1$;

$\sum \beta_i$ – додаткові коефіцієнти теплоти в долях від основних втрат:

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

β_1 – коефіцієнт орієнтації на частину світу: для півдня $\beta_1 = 0$; для півночі $\beta_1 = 0,1$; для сходу та заходу $\beta_1 = 0,05$;

β_2 – поправка на температуру нижче 40 °С, $\beta_2 = 0$;

β_3 – коефіцієнт на підігрів повітря, що вривається; $\beta_3 = 3$ – для зовнішніх ґрат за відсутністю тамбура та повітряно-теплової завіси;

β_4 – коефіцієнт на продуваємість приміщень: $\beta_4 = 0,13$ – з двома зовнішніми стінами та більше.

Результати розрахунку тепловтрат через огорожувальні конструкції зведені до таблиці 2.2.

У таблиці 2.3 приведено тепловий розрахунок всіх приміщень.

Таблиця 2.3

Тепловий розрахунок приміщень

№ приміщення	Q, кВт	№ приміщення	Q, кВт
1	1,96	37	2,2
2	1,36	сходи	1,45
3	1,48	43	0,7
4	1,54	47	0,83
5	1,55	48	1,28
6	1,98	50	1,44
7	1,67	сходи	1,43
8	1,25	51	1,74
9	1,24	52	3,34
10	1,24	53	4,31
11	1,35	56	1,59
12	1,72	55	5,50
14	2,25	57	3,62
15	1,47	60	3,16
18	1,62	59	5,76
21	1,34	61	4,1
22	1,7	62	2,94
24	1,18	63	6,04
25	1,11	65	6,32
27	1,5	68	7,76
сходи	2,11	69	6,00

№ приміщення	Q, кВт	№ приміщення	Q, кВт
28	2,07	72	7,76
30	2,31	73	6,32
33	2,11	75	7,54
34	1,47	Всього	85,79
38	0,76		
41	1,1		

Розрахунок втрат теплоти на підігрів інфільтраційного повітря

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

$$Q_{\text{інф}} = 0,4 \cdot 85,79 = 34,4 \text{ кВт}$$

Втрати теплоти на нагрівання холодних матеріалів та інші втрати:

Також враховуються втрати теплоти на нагрівання холодних матеріалів та інші втрати, так як в будинку ці втрати відсутні тоді:

$$Q_{\text{м}} = 0 \text{ Вт}; Q_{\text{інш}} = 0 \text{ Вт}.$$

Загальні тепловитрати:

$$\sum Q_{\text{втр}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{інф}} + Q_{\text{м}} + Q_{\text{інш}}, \text{ Вт}$$

$$\sum Q_{\text{втр}} = 85,79 + 34,4 = 120,19 \text{ кВт}$$

2.4 Визначення надходжень теплоти у приміщення

$$Q_{\text{б}} = F_{\text{житл}} \cdot 21 = 210,1 \cdot 21 = 4,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{інш}} = 0 \text{ Вт}$$

Результати розрахунків зведені до таблиці 2.4.

Розрахункова теплова потужність системи опалення

Тепловтрати, Вт			Теплопритоки, Вт				Нестача теплоти, Вт
Через огорожувальні конструкції, Вт	На нагрів. інфільтраційного повітря, Вт	Сумарні тепловтрати, Вт	Від електроприладів, Вт	Від людей, Вт	Від електроприладів (освітлення), Вт	Сумарні теплопритоки, Вт	
85790	34400	120000	4400	-	-	4400	110700

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

Теплова потужність системи опалення для компенсації недостачі теплоти визначається за наступною формулою:

$$Q_{c.o} = \sum Q_{втр} - \sum Q_{пр}, \text{ Вт}$$

Для вирішення питання про потужність системи опалення зіставляють величини тепловтрат і теплопритоків в розрахунковому режимі. Для зручності аналізу ці складові теплового балансу зводяться в таблицю 2.4.

Приймаємо для подальших розрахунків загальну теплову потужність системи опалення $Q_{c.o} = 110,7 \text{ кВт}$.

2.6. Вибір і розрахунок опалювальних приладів

Розрахунок поверхні нагріву опалювальних приладів.

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

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

$\beta_1, \beta_2, \beta_3$ – поправочні коефіцієнти: β_1 – на кількість секцій радіаторів; β_2 – на остигання води у трубах; β_3 – на спосіб установки приладу [14];

$k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт теплопередачі нагрівального приладу [14];

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

$t_{\text{в}}$ – температура повітря в приміщенні [9];

Кількість секцій приладу визначаються за формулою:

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

де $f_{\text{с}}$ – поверхня нагріву однієї секції радіатора, м^2 [14].

Розрахунок поверхні нагріву опалювальних приладів розглянемо на прикладі приміщення № 33:

$$Q = 2110 \text{ Вт};$$

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

$$k_{\text{пр}} = 532 \text{ Вт/ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)}$$

$$t_{\text{ср}} = (90 + 70) / 2 = 80,0^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{в}} = 22^\circ\text{C}$$

$$F_{\text{пр}} = 0,024$$

$$n = 4.$$

Подальший розрахунок ведеться у табличній формі і результати наведені у табл.2.5.

В якості опалювальних приладів для системи опалення прийняті сталеві радіатори Radik тип 11. 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 Radik тип 11 мають загальні для радіаторів переваги. Відрізняються від чавунних меншою металоємністю ($0,55 \dots 0,6 \text{ Вт/(кг} \cdot \text{K)}$), вдвічі меншою водомісткістю, більш відповідають інтер'єру приміщення. Однопанельні конструкції легше очищаються від пилу, більш технологічні у виробництві і при

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

монтажу, мало інерційні, а отже, легше піддаються автоматичному керуванню теплової потужності. Мають невелику будівельну глибину. Основним недоліком є зазнавання внутрішньої корозії, оскільки товщина стінки 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. Таким чином, у якості опалювальних пристроїв для мого об'єкту приймаю сталі радіатори панельні радіатори Radik тип 11 з автоматичними радіаторними терморегуляторами. Основною теплотехнічною задачею терморегулятора є керування тепловим потоком опалювального приладу, а основною санітарно-гігієнічною — забезпечення теплового комфорту в приміщенні.

Таблиця 2.5

Розрахунок опалювальних приладів (радіатори Radik тип 11)

№ прим.	Q, кВт	Кількість та розмір приладів	№ прим.	Q, кВт	Кількість та розмір приладів
1	1,96	1x(500x1900)	37	2,2	1x(500x2000)
2	1,36	1x(500x1300)	сходи	1,45	1x(500x1400)
3	1,48	1x(500x1500)	43	0,7	1x(500x700)
4	1,54	1x(500x1500)	47	0,83	1x(500x800)
5	1,55	1x(500x1500)	48	1,28	1x(500x1300)
6	1,98	1x(500x1900)	50	1,44	2x(500x700)
7	1,67	1x(500x1600)	сходи	1,43	1x(500x1400)
8	1,25	1x(500x1200)	51	1,74	2x(500x900)
9	1,24	1x(500x1200)	52	3,34	1x(500x1900)
10	1,24	1x(500x1200)	53	4,31	2x(500x2000)
11	1,35	1x(500x1300)	56	1,59	1x(500x1600)
12	1,72	1x(500x1700)	55	5,50	1x(500x2000)
14	2,25	1x(500x1900)	57	3,62	2x(500x1900)
15	1,47	1x(500x1500)	60	3,16	1x(500x2000)
18	1,62	1x(500x1600)	59	5,76	1x(500x2000)
21	1,34	1x(500x1300)	61	4,1	1x(500x2000)
22	1,7	1x(500x1700)	62	2,94	1x(500x2000)

№ прим.	Q, кВт	Кількість та розмір приладів	№ прим.	Q, кВт	Кількість та розмір приладів
24	1,18	1х(500х1100)	63	6,04	1х(500х2000)
25	1,11	1х(500х1100)	65	6,32	1х(500х2000)
27	1,5	1х(500х1500)	68	7,76	1х(500х2000)
сходи	2,11	1х(500х2000)	69	6,00	1х(500х2000)
28	2,07	1х(500х2000)	72	7,76	1х(500х2000)
30	2,31	1х(500х2000)	73	6,32	1х(500х2000)
33	2,11	3х(500х700)	75	7,54	1х(500х2000)
34	1,47	2х(500х700)	Всього	85,79	
38	0,76	1х(500х700)			
41	1,1	1х(500х1100)			



Рис. 2.1. Панельний радіатор Radik тип 11

Радіатори Korado Radik являють собою сталеві панельні радіатори з природним перебігом повітря уздовж їх нагрівальної поверхні. Радіатори виробляються з одинарною, здвоєною або трипанельною конструкціями. Для підвищення теплової потужності у деяких типів радіаторів до внутрішньої сторони нагрівальної панелі приварена додаткова поверхня з П-подібним оребренням. Нагрівальну панель Korado Radik виготовлено з двох штампованих холоднокатаних листів, зварених по периметру роликовим швом, а в місцях з'єднання штампованих елементів – то-

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

чковим зварюванням. Radik Klasik – радіатори з боковим підключенням, Radik Ventil Kompakt – з нижнім підключенням з вбудованим термодіафрагмою. Панельні радіатори Korado Radik призначені для монтажу в системі центрального опалення в будівлях з максимальним допустимим робочим перепадом тиску 1,0 МПа, в яких використовуються як теплоносії вода з максимальною допустимою робочою температурою нижче 110°C. Радіатори призначені для однотрубних і двотрубних опалювальних систем з вимушеною, а деякі і з гравітаційною циркуляцією. При виробництві радіаторів використовується холоднокатаний сталевий лист $\delta=1,25$ мм.

Висновки за розділом:

Для будівлі пансіонату спроектовано двотрубну горизонтальну систему опалення з нижнім розташуванням подавального трубопроводу. Таке рішення дозволяє забезпечити індивідуальне регулювання та облік тепла для кожного приміщення.

Визначено опір теплопередачі основних огорожувальних конструкцій □
Тепловий баланс: Розрахункові сумарні тепловтрати будівлі (з урахуванням інфільтрації повітря) становлять 120 кВт. З урахуванням внутрішніх тепловиділень (4,4 кВт), необхідна теплова потужність системи опалення визначена на рівні 110,7 кВт.

Опалювальні прилади: Як нагрівальні елементи обрано сталеві панельні радіатори Radik тип 11. Вони характеризуються малою інерційністю, що дозволяє ефективно використовувати автоматичні терморегулятори для підтримання комфортного мікроклімату.

Обрана система відповідає вимогам ДБН В.2.5-67:2013, забезпечуючи гідравлічну стійкість, доступність для ремонту та високу енергоефективність за рахунок можливості точного регулювання тепловіддачі в кожному номері пансіонату.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2

Результати розрахунків теплових втрат через огородження

[illegible]

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА КОТЕЛЬНОЇ

Котельня служить для опалювання будівлі пансіонату, що дозволяє підвищити енергоефективність систем теплопостачання.

Для нової котельні пропонується залишити стару будівлю, яка розташована окремо і має габаритні розміри: 11,5 х 6,0 м, висотою 3,3 м, площа забудови 69 м², об'єм будівлі 227,7 м³.

Для детального підбору обладнання приведемо розробку теплової схеми котельні та розрахунок висоти димової труби.

3.1. Розробка теплової схеми котельні

Вихідні дані

Котельня забезпечує пансіонат двома потоками теплопостачання: подача гарячої води на опалення в закриту мережу теплопостачання з параметрами води 95...70°C та гаряче водопостачання з параметрами води 60°C.

Споживачами теплової енергії системи ГВП є різні санітарно-технічні прилади, робочим середовищем яких є водопровідна вода, яка повинна бути підігріта водою із котла.

Як теплоносії для систем опалення і гарячого водопостачання використовуються: для опалення – вода температурою 95°C, 70°C; для системи гарячого водопостачання – гаряча вода температурою 60°C.

Тривалість опалювального періоду 165 діб (3960 годин).

При визначенні розрахункових витрат тепла для приготування гарячої води ($t_{г.в.}=60\text{ }^{\circ}\text{C}$) системи гарячого водопостачання температура холодної води поступає з водопровідної мережі прийнята: в опалювальний період +5°C, в літній період +15°C.

За попередніми розрахунками було отримано необхідну потужність, яку мають забезпечити котли:

$$Q = Q_{\text{гар}} + Q_{\text{оп}} = 87,5 + 110,7 = 198,2 \text{ кВт}$$

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплова схема котельні включає систему котельного устаткування і трубопроводів, які визначають вироблення і передачу споживачу теплоносіїв заданих параметрів. [11]

Таблиця 3.1

Максимальні витрати теплоти

Навантаження	Позначення	Значення, кВт
Опалення житлових та громадських будівель	$Q_{o.v}^{ж+гр}$	110,7
ГВП житлових та опалення громадських будівель	$Q_{г.в.сер}^{ж+гр}$	87,5
Літній період	$Q_{г.в.сер}^{(ж+гр)л}$	87,5
Сумарне навантаження споживачів	ΣQ	198,2

Проведемо розрахунок теплової схеми котельні на п'яти режимах. Результати розрахунків занесемо у таблицю 3.2.

Таблиця 3.2

Підсумкова таблиця розрахунків теплової схеми котельні на п'яти режимах

Найменування величини	Розрахункові режими				
	1	2	3	4	5
Коефіцієнт зниження витрати теплоти на опалення	1	0,74	0,66	0,58	
Сумарний відпуск теплоти на опалення, МВт	1,00	0,74	0,66	0,58	
Сумарний відпуск теплоти на ГВП (зимовий період), МВт	0,15	0,11	0,10	0,09	
літній період, МВт					0,10
Температура мережевої води на виході з котельні за температурним графіком 95/70°C	95	78	72	67	

Найменування величини	Розрахункові режими				
	1	2	3	4	5
Температура поворотної мережевої води після опалення за температурним графіком 95/70°C	70	59	56	52	
Розрахункова витрата мережевої води на опалення, кг/с	9,5	9,5	9,5	9,5	1,6
Витрата води на ГВП для споживачів, кг/с	0,65	0,48	0,43	0,38	0,53
Розрахункова витрата мережевої води на виході з котельні, кг/с	9,5	9,5	9,5	9,5	1,6
Витрати води для підживлення на заповнення витоків у теплової мережі (для режимів I-IV)	0,67	0,49	0,44	0,39	
літній період					0,29
Витрата поворотної мережевої води на вході в котельню, кг/с	8,85	9,03	9,08	9,14	1,35
Витрата теплоти на підігрів води у вакуумному деаераторі, кг/с	27724	20428	18239	16051	17236
Витрата сирової води, що надходить на хімічну очистку, кг/с	0,03	0,02	0,02	0,01	0,009
Витрати теплоти на підігрів сирової води, МВт	2165	1596	1425	1254	756
Витрати теплоти на підігрів хімічно очищеної води, що надходить у деаератор води для підживлення, МВт	221791	163425	145915	128405	137889
Сумарний відпуск теплоти водогрійними котлами, МВт	1,40	1,03	0,92	0,81	
літній період, МВт					0,26
Потрібна кількість працюючих водогрійних котлів	4	3	2	2	1

Найменування величини	Розрахункові режими				
	1	2	3	4	5
Завантаження водогрійних котлів, %	92	87	85	83	75
Витрати води, що пропускається крізь усі водогрійні котли, кг/с	20,2	14,8	13,1	11,5	1,3
Кількість відключених водогрійних котлів	0	1	1	2	3
Температура мережевої води на вході у водогрійні котли, °С	78	78	78	78	47
Температура мережевої води на виході з водогрійних котлів, °С	95	95	95	95	95
Витрати нагрівальної води на вакуумний деаератор, кг/с	0,07	0,05	0,05	0,04	0,04
Випар з вакуумного деаератора, кг/с	0,0028	0,0020	0,0018	0,0016	0,0017
Витрата води на виході з вакуумного деаератора (продуктивність деаератора), кг/с	1,39	1,02	0,91	0,80	0,86
Витрата деаерованої води на підживлення теплової мережі, кг/с	0,74	0,55	0,49	0,43	0,33
Витрата деаерованої води в баки-акумулятори, кг/с	0,65	0,48	0,43	0,37	0,53
Витрата води на ГВП, яка повертається в котельню (циркуляційний трубопровід), кг/с	0,16	0,12	0,11	0,09	0,13
Витрата нагрівальної води на підігрівач хімічно очищеної та сирої води, кг/с	0,56	0,41	0,37	0,32	0,35
Витрата від водогрійних котлів у теплову мережу, кг/с	19,58	14,29	12,72	11,17	0,89
Сумарна витрата води перед насосами мережевої води, кг/с	10,15	9,99	9,94	9,89	2,04

Найменування величини	Розрахункові режими				
	1	2	3	4	5
Температура води перед насосами мережевої води, °C	67,79	58,68	55,64	52,44	16,64
Температура нагрівальної води після підігрівача хімічно очищеної води, кг/с	10,05	7,99	7,56	6,99	0,50
Витрата води крізь регульований перепуск, кг/с	0	4,53	5,48	6,29	0,59
Дійсна витрата води на виході з котельної, кг/с	9,52	10,83	10,64	10,47	0,98
Нев'язка балансу, %	0	1,25	2,43	2,13	1,80

Котельню пропонується обладнати водогрійними котлами для опалення. Циркуляцію води в системі забезпечують насоси. Живлення системи опалення проводиться сирою водопровідною водою.

3.2. Обґрунтування вибору котлів малої потужності

3.2.1. Огляд ринку закордонних та вітчизняних котлів

Є багато вітчизняних підприємств, які займаються виробництвом газових водогрійних і парових котлів. Вітчизняне обладнання зазвичай виграє в ціні, простоті обслуговування та кращій адаптації до специфіки українських газових та водних мереж.

Монастирищенський завод котельного обладнання (МЗКО): Флагман у виробництві промислових парових (серії Е, ДЕ, ДКВр) та водогрійних котлів (ТВГ, КВГ). Це потужне обладнання для великих об'єктів.

«Колві» (Група компаній Колві): Один із найпопулярніших брендів для комерційного сектору. Виробляють сучасні водогрійні котли середньої та великої потужності, зокрема модульні котельні, що ідеально підходять для пансіонатів.

«Теплолідер»: Спеціалізуються на парових котлах серії «Е» та водогрійних установках. Пропонують рішення як на газу, так і на альтернативному паливі.

«Євротерм» (бренд Eurotherm): Відомі своїми компактними та високоефективними газовими котлами, які часто використовуються в автономних системах опалення громадських будівель.

Зарубіжні виробники

Закордонне обладнання (переважно німецьке та італійське) задає стандарти в автоматизації, енергоефективності (ККД понад 100% у конденсаційних моделей) та екологічності.

Німеччина (преміум-сегмент та надійність):

Viessmann: Світовий лідер. Їхні серії Vitodens (водогрійні) та Vitomax (промислові парові/водогрійні) вважаються еталоном надійності та інтеграції в цифрові системи керування «Smart House».

Bosch Home Comfort (раніше Buderus): Пропонують надпотужні парові та водогрійні котли для великих комплексів. Їхні рішення вирізняються довгим терміном служби та високим ступенем модуляції пальників.

Vaillant: Орієнтовані на високоефективні водогрійні системи. Для пансіонату їхні каскадні рішення (об'єднання кількох котлів в одну систему) є дуже ефективними.

Італія (баланс ціни, дизайну та технологій):

ICI Caldaie: Один із провідних світових виробників саме парових котлів для промисловості та великих готельних комплексів.

Baxi / Ferroli: Пропонують широкий модельний ряд водогрійних котлів, які добре зарекомендували себе в українських реаліях завдяки розвиненій сервісній мережі.

Riello: Відомі насамперед своїми пальниковими пристроями, але також виробляють висококласні сталеві водогрійні котли великої потужності.

Сьогодні наша країна стала одним з основних імпортерів європейської теплової техніки. Це потребує від зарубіжних виробників теплових систем більш

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

уважніше вивчати особливості українського ринку. Важливою проблемою, яка виникає перед поставниками теплосистем з Європи до України, є неблагонадійний режим експлуатації теплової техніки. В останній час ведучі компанії стали випускати модифікації котлів, спеціально адаптовані до українських умов. Таке обладнання розраховане на низький тиск, перепади електроживлення, компромісні умови до сервісного обслуговування. Прикладом такого рішення є котли «Колві» характеристика яких приведена у таблиці 3.4.

Сучасний дизайн і якість обшивки котлів «Колві» забезпечується виробництвом її на німецькому, італійському встаткуванні із застосуванням полімерного покриття (порошкового фарбування).

«Серцем» котла служить запатентований теплообмінник спеціальної конструкції.

Сучасний пульт керування, газова автоматика (Німеччина, Італія), інжекційний пальник (Італія) якісно й технологічно доповнюють модельний ряд опалювального встаткування корпорації «Колві». У котлах «Колві» використовуються газові клапани трьох типів виробництва Італії, Німеччини.

Пальник відрізняється спеціальною технологією обробки отворів, пазів, через яке виробляється найбільш якісне спалювання газу. Складається із двох корпусів з нержавіючої сталі, що сприяє технологічній підготовці газоповітряної суміші.

Котли «Колві» з модуляційним газовим клапаном використовують на 20...30% газу менше аналогічного встаткування.

Котли «Колві» 50, 100 кВт призначені для роботи як у відкритій системі опалення із природною циркуляцією теплоносія, так і в закритій, із циркуляційним насосом.

Спеціально для районів з нестійким електропостачанням випускаються котли з автономною системою автоматики, що не залежить від електроенергії.

Котли потужністю 50...100 кВт прекрасно зарекомендували себе при паралельній роботі в складі топкових.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Модельний ряд підлогових котлів «Колві» 50...100 кВт, доповнили модифікації з убудованою системою для гарячого водопостачання. Відрізняються новинки з індексом «М» від популярних котлів СР, РС установкою за задньою панеллю облицювання швидкісного водонагрівача з додатковим допоміжним устаткуванням: насосом, керованим реле протоки, змонтованим на підведенні холодної води. Ці елементи забезпечують пріоритет ГВП у системі опалення із природною циркуляцією. При функціонуванні котлів з насосом спеціальні контакти проміжного реле, використовуваного в блоці електричного управління контуру ГВП, включають насос контуру ГВП і відключають насос контуру опалення при наявності протоки холодної води від водопроводу у швидкісний водонагрівач.

Котли виробляють велику кількість гарячої води:

«Колві» 50 кВт - 19,5 л/хв. (1170 л/год.)

«Колві» 100 кВт - 19,5 л/хв. (1170 л/год.)

При цьому витрата води в котлах потужністю 100 кВт стандартного виконання становить 1170 л/год., тому що контур ГВП розміщений тільки на одному корпусі котла. За замовленням на другому корпусі встановлюється додатковий контур збільшуючи витрату води до 2340 л/год.

Котли «Колвітерм Люкс» крім системи ГВП мають турбоприставку для примусового викиду продуктів згоряння.

- Не потребує електроенергії з можливістю застосування кімнатного термостата;

- Газові двоступінчасті клапани, що роблять автоматичне регулювання подачі газу й що дозволяють управляти параметрами роботи встаткування;

- Газові клапани з модуляційною автоматикою, що працюють із зовнішніми й внутрішніми датчиками, що дозволяють досягати найбільшої економії палива.

Ринок котлів в Україні різноманітний. Нижче у таблиці 3.4 наведені порівняльні характеристики промислових водогрійних котлів українських фірм.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Порівняльна характеристика вітчизняних та зарубіжних котлів

Критерій	Українські котли (напр., Колві)	Зарубіжні котли (напр., Viessmann)
Вартість	Нижча на 30–50%	Висока (інвестиція в майбутнє)
ККД	90–92%	94–98% (до 108% у конденсаційних)
Сервіс	Запчастини доступні та дешеві	Потребують спеціалізованого сервісу
Автоматика	Базова, надійна	Глибока інтеграція, погодне керування
Термін служби	10–15 років	20+ років (при належному догляді)

Після огляду ринку котлів середньої потужності обираємо 2 котла, виробник: Колви, Eurotherm Technology (Україна), марки «Колві» КТН 100 СЕ потужністю 100 кВт кожен.

Котел «Колві» КТН 100 СЕ — це класичне та перевірене рішення для автономного опалення об'єктів площею до 1000 м². Це сталевий підлоговий газовий водогрійний котел з атмосферним пальником. Буква «С» в назві означає сталевий теплообмінник, а «Е» — наявність електронної плати керування та можливості роботи з автоматикою.

Технічні характеристики газових котлів Колві Eurotherm КТН 100 СЕ

Найменування параметра	Котел КТН 100 СЕ
Паливо	Природний газ
Потужність	19 - 96 кВт
Коефіцієнт корисної дії (ККД)	не менш 92%
Витрата природного газу	2,1 - 10,94 м ³ /год.
Температура опалювальної води на виході з котла	30 - 80 °С
Номінальний тиск газу	13 мбар
Робочий тиск у системі опалення	0,7 - 3 бар
Рівень звукової потужності працюючого котла	52 дБ
Температура продуктів згоряння на виході з котла	110 °С

Найменування параметра	Котел КТН 100 СЕ
Розміри приєднувальних патрубків:	
- газ	1/2" - 2 шт.
- опалювального контуру вхід та вихід	2" - 2 пари
- димових газів	158 мм - 2 шт.
Габаритні розміри котла:	
- висота	1161 мм
- ширина	1326 мм
- глибина	740 мм
Вміст у продуктах згоряння:	
- CO	119 мг/м ³
- NO _x	240 мг/м ³
Маса апарата	280 кг

Конструктивні особливості котла КТН 100 СЕ

1. Теплообмінник: Виконаний з високоякісної сталі товщиною 3-4 мм. Трубова частина конструкція забезпечує ефективну передачу тепла від продуктів згоряння до теплоносія.
2. Пальник: Використовується атмосферний багатосекційний пальник (зазвичай виробництва італійської компанії Polidoro). Він забезпечує стабільне горіння навіть при зниженому тиску газу.
3. Автоматика: Котел комплектується газовим клапаном та блоком керування (часто SIT або Honeywell). Вона забезпечує:
 - Електронний розпал.
 - Контроль наявності полум'я (іонізаційний контроль).
 - Захист від перегріву та відсутності тяги.
 - Можливість підключення кімнатного термостата або погодної автоматики.

4. Турбулізатори: У димогарних трубах встановлені спеціальні вставки (турбулізатори), які змушують гази рухатися спірально, що значно підвищує тепловіддачу.

За розрахунками підбираємо обладнання котельні (табл. 3.6).

Таблиця 3.6

Перелік обладнання котельні

Позначення	Найменування	Кількість
Котел КТН 100 СЕ	Котел водогрійний сталевий тепловою потужністю 100 кВт	2
CUENOD FC.16 GX107	Пальник газовий	1
UPS 40-120	Насос мережної води $Q=6\text{ м}^3/\text{год.}$ $H=3,5$ м вод. ст.	2
UPS 25-60	Насос рециркуляційний $Q=3\text{ м}^3/\text{год.}$ $H=2,6$ м вод. ст.	2
UP BASIC 2514	Насос підживлювальний $Q=0,2\text{ м}^3/\text{год.}$ $H=22$ м вод. ст.	2
CAL-PRO L200/6/2	Розширювальний бак $V=200$ л	1
CV 300	Бак запасу підживлювальної води $V=300$ л	1
S-0,7-1M	Автоматична водопідготовка $G_{\text{max}}=0,7\text{ м}^3/\text{год.}$	1
ME5-2-40	Пластинчатий теплообмінник потужністю 50 кВт	1
T 34.04	Фільтр Ду80	1
	Теплолічильник Ду50	1

Архітектурна компоновка котельні

Компонування котельні проводиться згідно з вимогами ДБН В.2.5-77:2014. Відведення води з котельні здійснюється в існуючу каналізацію. Стоки повинні бути охолодженими до 40°C та не містить шкідливих домішок. Транспортна схе-

ма котельні приймається по її потужності з урахуванням по черговості будови та перспективи розширення.

Розміщення основного та допоміжного обладнання в приміщенні котельні називають компоновкою обладнання. Компоновка обладнання повинна забезпечувати зручність роботи та безпеку експлуатаційного та ремонтного персоналу, мінімальну довжину в трубопроводі, мінімальні витрати на спорудження котельної, скорочення чисельності експлуатаційного персоналу, автоматизацію технологічних процесів, механізацію ремонтних робіт, можливість розширення котельні при встановленні нового обладнання. Всі рішення, які будуть використовуватися при компоновці обладнання, повинні відповідати вимогам будівельних норм та правил, правил техніки безпеки, санітарних та протипожежних норм.[11,12]

Розташування обладнання та теплова схема котельні наведено на кресленні.

3.3. Розрахунок димової труби

Димова труба призначена для видалення димових газів в атмосферу, а також ефективного розсіювання їх до допустимого санітарними нормами рівня.

Висота димової труби визначається з умов допустимої концентрації шкідливих викидів, що утворюються при розсіюванні димових газів.

Вихідні дані

Для розрахунку димової труби задаються її існуючою висотою $H=18$ м і діаметром $D_{уст}=325$ мм.

3.3.1. Розрахунок розсіювання в атмосферу шкідливих речовин

Розрахунок приводиться для гіршого режиму роботи котельної на мазуті і для найбільш несприятливих метеорологічних умов, які залежать від швидкості вітру і температури зовнішнього повітря. Розрахунком визначається максимальна концентрація в приземному шарі шкідливих викидів та їх радіус розсіювання.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Секундний викид сірчастого газу SO₂

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B^{сек} \cdot S^p (1 - \eta'_{SO_2}),$$

де $B^{сек}$ – секундна витрата палива, $B^{сек} = 2 \cdot \frac{15,5}{3600} = 0,0086 \text{ кг/с}$;

S^p – вміст сірки в мазуті на робочу масу, $S^p = 3,5\%$

η'_{SO_2} – частка оксидів сірки, що зв'язуються летючою золою в газоходах котла; для мазуту $\eta'_{SO_2} = 0,02$;

η_{SO_2} – частка оксидів сірки, що уловлюється в зололовлювачі; $\eta_{SO_2} = 0$

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 15,5 \cdot 2 \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot 0,035 \cdot (1 - 0,02) = 0,005892 / \text{с}$$

Секундний викид оксидів азоту при роботі на мазуті

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot k \cdot B^{сек} \cdot Q_n^p \cdot (1 - \frac{q_4}{100}) \cdot \beta_1 \cdot (1 - \varepsilon_1 r) \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot \varepsilon_2;$$

де k – коефіцієнт, що характеризує вихід оксидів азоту на 1000 кг спаленого умовного палива, кг/т:

$$- \text{ для водогрійних котлів } k = \frac{2,5 \cdot Q}{20 + Q_n},$$

де Q – фактична продуктивність котлів, $Q = G \cdot c \cdot \Delta t$

$$Q = 100 \cdot 4,2 \cdot 20 = 8400 \text{ т/год.};$$

Q_n – номінальна продуктивність котла.

$$k = \frac{2,5 \cdot 8400}{20 + 7,484} = 2,77$$

Q_n^p – нижча теплота згоряння палива, для мазуту $Q_n^p = 40604 \text{ кДж/кг}$;

q_4 – втрати теплоти від механічного недопалу при спалюванні мазуту $q_4 = 0,02\%$;

β_1 – коефіцієнт, що враховує вплив на вихід окисів азоту якості палива, що спалюється, при спалюванні мазуту $\beta_1 = 0,8$;

β_2 – коефіцієнт, що враховує конструкцію пальників, для вихрових пальників $\beta_2 = 1$;

β_3 – коефіцієнт, що враховує вид шлаковидалення, для мазуту $\beta_3 = 1$;

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ε_1 – коефіцієнт, що враховує ефективність впливу рециркуляційних газів залежно від умов їх подавання в топку, у зв'язку з відсутністю рециркуляції $\varepsilon_1 = 0$;

r – ступінь рециркуляції димових газів, $r = 0\%$;

ε_2 – коефіцієнт, що характеризує зниження викиду оксидів азоту при подаванні частини повітря мимо основних пальників, $\varepsilon_2 = 1$.

$$M_{NO_2} = 0,34 \cdot 10^{-7} \cdot 2,77 \cdot 2 \cdot \frac{15,5}{3600} \cdot 10^3 \cdot 40604 \cdot \left(1 - \frac{0,02}{100}\right) \cdot 0,8 = 0,026 \text{ г/с}$$

Секундний викид оксидів ванадію (в перерахунку на щільність ванадію)

$$M_{V_2O_5} = 10^{-6} \cdot J_{V_2O_5} \cdot B^{сек} \cdot (1 - \eta_{oc}) \cdot (1 - \eta_y),$$

де $J_{V_2O_5}$ – вміст оксидів ванадію в мазуті в перерахунку на V_2O_5 ,

$$J_{V_2O_5} = 130 \text{ кг/кг};$$

η_{oc} – коефіцієнт осідання ванадію на поверхні котлів, $\eta_{oc} = 0$;

η_y – частка твердих часток, що уловлюються в пристроях очищення, $\eta_y = 0$;

$$M_{V_2O_5} = 10^{-6} \cdot 130 \cdot 15,5 \cdot 2 \cdot \frac{10^3}{3600} = 0,0011 \text{ г/с}$$

Секундний викид твердих часток

$$M_{T.B.} = 0,01 \cdot B^{сек} \cdot \left(\alpha_{yn} \cdot A^p + q_4 \cdot \frac{Q_n^p}{32680} \right) \cdot (1 - \eta_3),$$

де A^p – зольність робочої маси палива, $A^p = 0\%$;

α_{yn} – частка золи і твердих часток палива, що виноситься з димовими газами,

$$\alpha_{yn} = 0;$$

32680 – середнє значення теплоти згоряння горючих речовин, кДж/кг;

η_3 – міра уловлювання твердих часток золоуловлювачами, $\eta_3 = 0$.

$$M_{T.B.} = 0,01 \cdot 15,5 \cdot 2 \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot \left(0,02 \cdot \frac{40604}{32680} \right) = 0,002,$$

Об'ємна витрата димових газів

$$V = v_z \cdot B^{сек} \cdot \frac{t_z + 273}{273} \cdot \frac{1}{3600} \cdot \frac{B}{P},$$

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де v_z – об'єм продуктів згоряння за нормальних умов, для мазуту

$$v_z = 14,405 \text{ нм}^3/\text{кг};$$

B – нормальний атмосферний тиск, $B=760$ мм рт. ст.;

P – барометричний тиск повітря, $P=746$ мм рт. ст.;

t_z – температура димових газів на виході з котла, °C.

$$V = 14,405 \cdot 15,5 \cdot 2 \cdot \frac{10^3}{3600} \cdot \frac{220 + 273}{273} \cdot \frac{760}{746} \cdot \frac{1}{3600} = 0,063 \text{ м}^3/\text{с}$$

Швидкість виходу димових газів з гирла труби

$$\omega = \frac{4 \cdot V}{\pi \cdot D_{\text{гир}}^2} = \frac{4 \cdot 0,063}{3,14 \cdot 0,325^2} = 0,75 \text{ м/с}$$

Максимальна приземна концентрація шкідливих речовин

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V \cdot \Delta t}},$$

де A – коефіцієнт, що залежить від температурної стратифікації, для України $A=160$;

n і m – коефіцієнти, що враховують умови виходу димових газів з гирла труби, приймаємо $n=1$ і $m=1$ (при $\omega=10\dots15$);

F – коефіцієнт, що враховує швидкість осідання шкідливих речовин в атмосферному повітрі, для газоподібних домішок $F=1$;

Δt – різниця температур димових газів і зовнішнього повітря

$$\Delta t = t_z - t_{\text{с}} = 220 - (-19) = 239 \text{ }^\circ\text{C}$$

Максимальна концентрація сірчистого ангідриду

$$C_M^{SO_2} = \frac{160 \cdot 0,00589 \cdot 1}{18^2 \cdot \sqrt[3]{0,063 \cdot 239}} = 0,0012 \text{ мг/м}^3$$

Максимальна концентрація двоокису азоту

$$C_M^{NO_2} = \frac{160 \cdot 0,026}{18^2 \cdot \sqrt[3]{0,063 \cdot 239}} = 0,0052 \text{ мг/м}^3$$

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Максимальна концентрація оксиду ванадію

$$C_M^{V_2O_5} = \frac{M_{V_2O_5}}{M_{SO_2}} \cdot C_M^{SO_2} = \frac{0,0011}{0,00589} \cdot 0,0012 = 0,00022 \text{ мг/м}^3$$

Максимальна концентрація твердих речовин

$$C_M^{T.B.} = \frac{M_{T.B.}}{M_{SO_2}} \cdot C_M^{SO_2} = \frac{0,002}{0,00589} \cdot 0,0012 = 0,00041 \text{ мг/м}^3$$

3.3.2. Гранично допустимі концентрації шкідливих викидів

Гранично допустимі концентрації шкідливих викидів в атмосферу населених пунктів відповідно до ДСП 173-96:

Двоокис сірки	SO ₂	мг/м ³	0,50
Двоокис азоту	NO ₂	мг/м ³	0,085
Оксид ванадію	V ₂ O ₅	мг/м ³	0,02
Тверді речовини	Тв. р.	мг/м ³	0,15

Сірчистий ангідрид SO₂ і двоокис азоту NO₂ за сумісної присутності в атмосфері володіють сумарною дією і сума їх концентрацій не повинна перевищувати одиницю.

$$\frac{C_M^{SO_2}}{ГДК} + \frac{C_M^{NO_2}}{ГДК} \leq 1$$

$$\frac{0,0012}{0,5} + \frac{0,0052}{0,085} = 0,064 < 1$$

$$\frac{C_M^{V_2O_5}}{ГДК} + \frac{C_M^{T.B.}}{ГДК} \leq 1$$

$$\frac{0,00022}{0,02} + \frac{0,00041}{0,15} = 0,0137 < 1$$

Таким чином, встановлена в котельній димова труба висотою Н=18 м і діаметром гирла D_{гир}=325 мм забезпечує розсіювання шкідливих викидів в атмосферу відповідно до ГДК:

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$C_M^{SO_2} = 0,0012 \text{ мг/м}^3 < 0,5 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{NO_2} = 0,0052 \text{ мг/м}^3 < 0,085 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{V_2O_5} = 0,00022 \text{ мг/м}^3 < 0,02 \text{ мг/м}^3$$

$$C_M^{T.P.} = 0,00041 \text{ мг/м}^3 < 0,15 \text{ мг/м}^3$$

Розташування та елементи труби наведено у графічній частині.

Висновки за розділом:

Для підвищення енергоефективності теплопостачання пансіонату розроблено проєкт автономної котельні, яка розміщена в існуючій окремій будівлі площею 69 м².

Розрахункова сумарна потужність котельні становить 198,2 кВт, що включає 110,7 кВт на потреби опалення та 87,5 кВт для забезпечення гарячого водопостачання (ГВП).

Основним джерелом теплоти обрано два сталеві водогрійні котли вітчизняного виробництва «Колві» КТН 100 СЕ потужністю 100 кВт кожен. Вибір зумовлений їхньою адаптацією до українських умов експлуатації, надійністю та високим ККД (не менше 92%).

Сформовано повний перелік технологічного обладнання, що включає мережеві та підживлювальні насоси Grundfos, систему автоматичної водопідготовки (Gmax=0,7м³/год), розширювальний бак на 200 л та пластинчастий теплообмінник потужністю 50 кВт.

Проєктні рішення щодо розміщення обладнання виконані згідно з вимогами ДБН В.2.5-77:2014, що забезпечує безпеку персоналу та зручність обслуговування.

Перевірочний розрахунок димової труби висотою 18 м підтвердив, що концентрація шкідливих речовин (двоокису сірки, азоту та твердих часток) в атмосферному повітрі не перевищує гранично допустимих концентрацій (ГДК).

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1. Визначення кількості води та теплоти на гаряче водопостачання

Витрати тепла на гаряче водопостачання.

При визначенні витрати тепла на гаряче водопостачання $Q_{\text{гар}}$ необхідно враховувати тривалість максимального водорозбору води Z_{max} (год.) протягом доби з коефіцієнтом годинної нерівномірності потреби води β та норми водовикористання на одну людину або одиницю продукції g (л) відповідно ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі".

Максимальна годинна витрата:

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

де V_c – добова витрата води, $V_c = g \cdot n$, л/добу;

g – витрата гарячої води на одну людину у добу, л/чол.добу, [5];

$g = 30$ л/чол.добу (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 одиниць, що обслуговуються, $n = 93$;

Z – кількість годин використання, $Z = 8$;

$$V_c = 30 \cdot 93 = 2790 \text{ л/добу}$$

$$V_{\text{max}} = 2790 / 8 = 348,75 \text{ л/год.}$$

Необхідна кількість тепла для нагрівання води:

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

де V – кількість нагріваємої води, л/год;

$t_{\text{гар}}$ – температура гарячої води, °C;

$t_{\text{хол}}$ – температура холодної води, °C;

$$Q_{\text{гар}} = 348,75 \cdot 4,18 \cdot (65 - 5) = 87,5 \text{ Вт.}$$

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Гідравлічний розрахунок системи ГВП житлових приміщень

Ділянка 1-2

Максимальна секундна витрата гарячої води на розрахунковій ділянці q^h , м/с:

$$q^h = 5 q_o^h \cdot \alpha^h$$

де q_o^h – секундна витрата гарячої води з систем у душовій кабіні, яка знаходиться відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007 $q_o^h = 0,2$ л/с,

α^h – коефіцієнт, який знаходиться відповідно [13] в залежності від загального числа приладів, N на розрахунковій ділянці мережі та ймовірності їх дії, ρ^h .

Ймовірність дії санітарно-гігієнічних приладів в житлових приміщеннях:

$$\rho^h = \frac{q^h \cdot U}{q_o^h \cdot N \cdot 3600}$$

де $q_{\max}^h$ – норма витрати гарячої води, л/год, споживачем в час найбільшого споживання, приймається відповідно [13] $q_{\max}^h = 115$ л/год.;

U – кількість споживачів води, U= 93 чол.;

N – кількість санітарно-технічних приладів на ділянці, шт., N=43.

Тоді знаходимо коефіцієнт α^h

Згідно з q^h [13] вибираємо діаметр водопроводу d, мм, керуючись, щоб швидкість руху води була економічно доцільною, яку прийнято вважати 0,9...1,2м/с. Максимальна швидкість руху води в магістралях на стояках внутрішнього водопроводу не повинна перевищувати 3 м/с. Для того щоб зменшити сумарні витрати напору $H_{e, \text{tot}}$ на ділянці 1-2 приймаємо: $V = 0,6$ м/с $d = 25$ мм. Після вибору V та d знаходимо витрату напору на 1 м труби 1000i:

$$1000i = 45.$$

Знаходимо витрату напору по довжині на ділянці 1-2, H_e мм:

$$H_e = i \cdot L,$$

де i – витрата напору на 1 м труби, м;

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

L – довжина ділянки 1-2,

Сумарні витрати напору з врахуванням місцевих опорів на ділянці 1-2,
 $H_{e,tot}$, м:

$$H_{e,tot} = H_e \cdot (1 + K_c),$$

де K_c – коефіцієнт, який враховує місцеві опори на ділянці 1-2;

За розрахунками отримуємо необхідну потужність, що мають забезпечити котли:

$$Q = Q_{\text{гар}} + Q_{\text{от}} = 87,5 + 110,7 = 198,2 \text{ кВт.}$$

4.3. Розробка теплообмінного апарата

4.2.1. Загальні відомості

Теплообмінний апарат призначений для передавання теплової енергії від одного теплоносія до іншого шляхом протікання теплоносіїв повз поверхню теплообміну апарату. Теплообмінні апарати використовуються для підігріву теплоносія системи ГВП об'єкту від теплоносія котлу. Найбільш доцільно використовувати пластинчасті розбірні теплообмінні апарати через можливість підбору площі поверхні теплообміну шляхом додавання або зняття пластин із пакету. Процес теплообміну оптимізується також підбором оптимальної конфігурації каналів пластин. У процесі підбору вибір було зупинено на розбірних пластинчастих теплообмінних апаратах. Конфігурація пластин таких апаратів дозволяє здійснити шість різних комбінацій каналів проміж двома пластинами, що надає інженеру можливості досягнення будь-якого необхідного співвідношення між параметрами теплоносіїв, які приймають участь у процесі теплообміну.

Пластинчасті апарати також мають малі масогабаритні показники в порівнянні із трубчастими теплообмінниками. Низькі втрати тиску під час проходження теплоносія крізь теплообмінник дозволяють зменшити необхідний тиск циркуляційних насосів, потужність, яку споживають електродвигуни, зменшити діаметр трубопроводів, запірної арматури. Внаслідок цього знижується вартість допоміж-

ного обладнання та споживання енергії. Зручність і простота в експлуатації забезпечується можливістю доступу до будь-якої пластини в пакеті, швидким механічним, або хімічним очищенням, легкою заміною ущільнень за необхідністю.

4.3. Конструкція та основні елементи пластинчастого теплообмінного апарата

Конструкція ТОА показана на рис. 4.1.

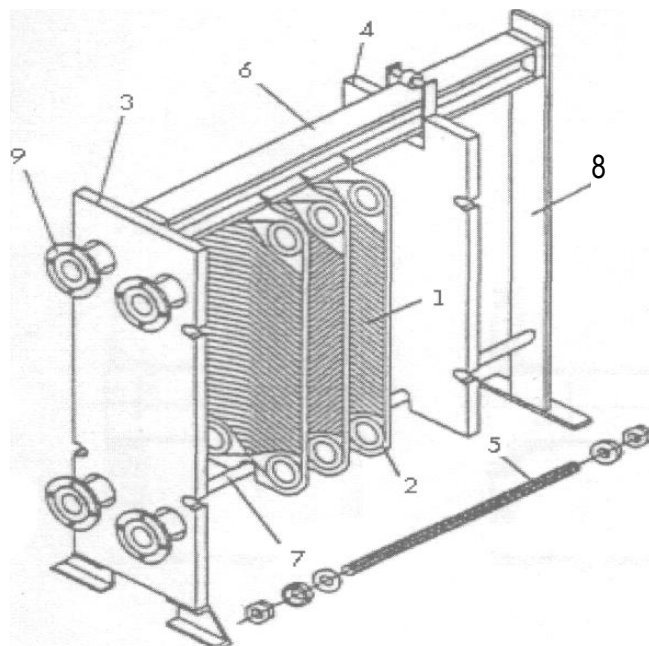


Рис. 4.1. Конструкція пластинчастого ТОА

1 – пластини; 2 – гумове ущільнення; 3 – нерухома плита; 4 – рухома плита; 5 – шпилька, що стягує пластини; 6 – напрямлювальна балка; 7 – напрямлювальна шпилька; 8 – опора; 9 – фланець

Основним елементом пластинчастого ТОА є пакет пластин. Пакет складається із профільованих пластин з ущільненнями. Кількість пластин їх, компоновка, форма та розмір визначаються вимогами до їх. термічних якостей. У залежності від області застосування апарата, пластини можуть бути виконані із хромонікелевих сталей, титану або інших матеріалів.

По периметру пластин впресовані канавки під ущільнення.

Ущільнення призначені для розділу каналів теплообміну та запобігання зовнішніх витоків теплоносія. Ущільнення виконуються з нітрилової гуми (NBR), етилен-пропіленової гуми, силіконової гуми та інших спеціальних матеріалів. Вибір матеріалу залежить, головним чином, від його сумісності з теплоносієм, а також від робочих параметрів (температури, тиску).

Поверхня нагріву утворюється з паралельно розташованих пластин. По каналах проміж пластинами направляються потоки теплоносіїв гарячої та холодної сторін.

Пакет пластин установлюється на спеціальній рамі за допомогою двох плит – нерухомої та притискної (рухомої), прямої рейки та стягуючих шпильок. Стискання пакету виконується затяжкою гайок на шпильках. На прямій рейці зроблені насічки, що вказують мінімальний та максимальний розміри стискання пакету. З'єднувальні патрубки або фланці встановлюються на нерухомій та іноді й на притискних плитах.

Основна деталь розбірного пластинчатого теплообмінника – гофрована штампована пластина.

У каналах, складених із пластин, є опори, що дозволяють витримувати різницю тиску по обидва боки пластин, а також підвищення внутрішнього тиску в каналах.

Група пластин, що утворюють систему каналів, де робоче середовище рухається тільки в одному напрямку, складає пакет.

Один чи декілька пакетів, стиснутих між нерухомою та рухомою плитами називають секцією.

Пластини розташовують у пакеті одну відносно другої під кутом 180° , при чому всі гумові прокладки звернуті в сторону рухомої плити.

У кожній пластині під кутом є чотири отвори для проходу робочих середовищ. Проміжні та кінцеві пластини можуть мати один, два чи три отвори, кіль-

кість яких визначаються відповідно зі схемою компоновки пластин в теплообміннику.

Кожна пластина омивається двома середовищами: з однієї сторони охолоджуючим, а з іншої – нагріваючим, в результаті чого між середовищами відбувається теплообмін, середовища, протікаючи поперек гофрів турбулізуються, що призводить до підвищення теплообміну.

Теплопередаючі пластини розбірних теплообмінників мають по контуру паз в якому закріплено щільні прокладки з гуми спеціальних теплостійких марок.

Пластини установлюють на рамі теплообмінника, яка складається з несучих штанг, рухомих та нерухомих плит з затискним обладнанням.

Нерухома плита закріплена до підлоги, рухома – на скобі закріплена до верхньої штанги та може рухатись по ній. На плитах є штуцера для приєднання теплотехнічних трубопроводів.

На нерухомій плиті штуцера можна зняти, їх можна установлювати у верхньому та нижньому положенні.

При однопакетній компоновці пластин допускається установка всіх чотирьох штуцерів на нерухомій плиті.

На теплообміннику може бути більше чотирьох штуцерів, наприклад, при необхідності відводу несконденсованих газів, зливу продуктів та інше.

Робоче середовище через вхідний штуцер надходить в подовжений колектор та рухається по ньому до пластини з не просіченими кутовими отворами. З колектору робоче середовище проходить в міжпластинчаті канали через ділянки, на яких відсутні щільні прокладки. Ці ділянки в кожному колекторі розташовані через одну пластину, внаслідок чого утворюється система гарячих та холодних каналів. Проходячи міжпластинчаті канали робоче середовище (рідина) накопичується в протилежному колекторі.

При заданому обсягу рідини, яка проходить через апарат, можна установити швидкість руху її по міжпластинчатим каналам.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Оптимальна швидкість досягається за рахунок зменшення (чи збільшення) числа каналів в пакеті.

Умовами для підвищення надійності є: відсутність течії, вібрації, спроможність утримувати гідравлічні удари, утомлені навантаження, відсутність аварійних ситуацій.

Всім цим умовам краще відповідають пластинчасті теплообмінники.

Спеціальні щільні прокладки, які є суцільнолитими без стиків, дозволяють краще уникати течії та також дозволяють підвищити опір гідравлічним ударам та навантаженням.

Спеціальна система центрування (центрування по п'яти точкам) дозволяє уникнути невірної постановки пластин по вертикалі та горизонталі, що теж зменшує течію. Контакт металу з металом між пластинами призводить до зниження вібрації та головне при обслуговуванні пластинчастих теплообмінників не виникає необхідність постійного огляду теплообмінника. Ці огляди постійно проводять при використанні кожухотрубних ТОА для попередження розвальцювання трубних дощок.

Конструкція пластинчастих теплообмінників більш проста в обслуговуванні та ремонті.

Головна відмінність пластинчастих ТОА від кожухотрубних в тому, що пластинчасті теплообмінники є розбірною конструкцією та характеризуються наступними особливостями:

- пластини, які утворюють канали, можуть бути захищені на 100%;
- продуктивність пластинчастого ТОА може бути збільшена або зменшена за потребою. Пластини легко додаються або виймаються;
- пластинчасті ТОА можуть бути доставлені по частинам та зібрані на місці;
- спеціальна система центрування пластин дозволяє скоротити час при заміні пластин та за планових ремонтних робіт.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Пластини виготовляються з антикорозійної сталі і паяються надчистою міддю; витримують високий робочий тиск і температуру; є дуже компактними і мають високу теплопередачу, високу корозійну стійкість, теплопередача протитокком;

Застосування пластинчастих ТОА: системи опалення і ГВП, випарники, конденсатори, сонячне опалення, нагрівачі, рекуператори і т.п.

4.3.2. Розрахунок пластинчастого теплообмінного апарата

Розрахунок витрати теплоносія необхідний для визначення типорозміру та подальшого визначення площі поверхні теплообміну апарату.

Вихідні дані для розрахунку:

$Q_{оп} = 110,7$ кВт – теплове навантаження;

$c = 4,187$ кДж/(кг·°C) – теплоємність води;

гаряча сторона – сторона, що нагріває;

холодна сторона – сторона, що нагрівається;

$t'_1 = 90^\circ\text{C}$ – температура води на вході до гарячої сторони ТОА;

$t'_2 = 60^\circ\text{C}$ – температура води на виході з гарячої сторони;

$t''_1 = 5^\circ\text{C}$ – температура води на вході до холодної сторони ТОА;

$t''_2 = 60^\circ\text{C}$ – температура води на виході з холодної сторони ТОА;

Масова витрата теплоносія розраховується з формули:

$$G_{нагр}^{max} = \frac{Q_{оп}}{c \cdot (t'_1 - t'_2)}, \text{ кг/год},$$

Тоді масова витрата по гарячій стороні

$$G_{нагр}^{max} = \frac{110,7 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (90 - 60)} = 900 \text{ кг/год.},$$

тоді при щільності води $\rho = 916,93$ кг/м³ об'ємна витрата $V_{оп}$ дорівнює 10,88м³/год.

Масова витрата по холодній стороні

$$G_{нагр}^{max} = \frac{110,7 \cdot 10^3}{4,187 \cdot (60 - 5)} = 480,7 \text{ кг/год.},$$

тоді при щільності води $\rho = 961,92 \text{ кг/м}^3$ об'ємна витрата $V_{оп} = 21,86 \text{ м}^3/\text{год.}$

Приймаючи оптимальну швидкість течії теплоносія між пластинами приблизно 1 м/с , розрахуємо площу перерізу каналів по гарячій та холодній сторонам:

$$f_{1,2} = \frac{G_{1,2}^{max}}{3600 \cdot w \cdot \rho}, \text{ м}^2, \text{ площа перерізу каналу гарячої та холодної сторони.}$$

$$f_{cp} = \frac{900}{3600 \cdot 1 \cdot 916,93} = 0,00027 \text{ м}^2, \text{ площа перерізу каналу холодної сторони.}$$

$$f_{нагр} = \frac{480,7}{3600 \cdot 1 \cdot 961,92} = 0,00013 \text{ м}^2, \text{ площа перерізу каналу гарячої сторони.}$$

Проведемо розрахунок оптимальних характеристик теплообмінного апарата та підбор кількості пластин у пакеті.

Дійсна швидкість течії теплоносія у каналах теплообмінного апарата

$$w_{\partial} = \frac{G_{max}^{1,2}}{3600 \cdot f_{1,2} \cdot \rho} \text{ м/с,}$$

де $G_{max}^{1,2}$ – масова витрата теплоносія, кг/год;

$f_{1,2}$ – дійсна площа перерізу каналу відповідної сторони апарата, м^2 ;

ρ – щільність теплоносія, кг/м^3 .

Критеріальне рівняння для турбулентного руху теплоносія у каналах пластинчастого теплообмінного апарата має такий вигляд:

$$Nu = 0,135 \cdot Re^{0,73} \cdot Pr^{0,43}.$$

Враховуючи, що критерії визначаються, як

$$Nu = \frac{\alpha \cdot \delta}{\delta \cdot \lambda}, Re = \frac{w \cdot \delta}{\nu}, Pr = \frac{\nu}{\alpha},$$

та розв'язуючи попереднє рівняння відносно цих залежностей, отримаємо:

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$$\alpha = 0,023 \frac{\lambda}{\alpha^{0,4} \nu^{0,4}} \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}},$$

де α – коефіцієнт тепловіддачі конвекцією;

δ – еквівалентний прохід каналу між пластинами, м;

w – швидкість течії, м/с.

Приймаючи до уваги, що

$$0,023 \frac{\lambda}{\alpha^{0,4} \cdot \nu^{0,4}} = 1430 + 23,3 \cdot t_{сер} - 0,048 \cdot t_{сер}^2,$$

де $t_{сер} = t_1 - t_2$,

можна переписати рівняння, як

$$\alpha = (1430 + 23,3 \cdot t_{сер} - 0,048 \cdot t_{сер}^2) \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}}$$

Тоді коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія гарячої сторони до пластини буде дорівнювати

$$\alpha_1 = (1430 + 23,3 \cdot (t_1^1 - t_2^1) - 0,048 \cdot (t_1^1 - t_2^1)^2) \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}},$$

а коефіцієнт тепловіддачі від пластини до теплоносія холодної сторони

$$\alpha_2 = (1430 + 23,3 \cdot (t_1^{11} - t_2^{11}) - 0,048 \cdot (t_1^{11} - t_2^{11})^2) \frac{w^{0,8}}{\delta^{0,2}}.$$

Коефіцієнт теплопередачі теплообмінного апарата визначається із формули:

$$k = \frac{\mu}{\frac{1}{\alpha_1} + \frac{1}{\alpha_2}}, \text{ ккал/(м}^2 \cdot ^\circ\text{C)},$$

де $\mu = 0,9$ – коефіцієнт, який враховує термічний опір шару накипу (термічним опором металевої стінки завтовшки 1 мм нехтуємо).

Середня різниця температур теплоносіїв гарячої та холодної сторін ТОА визначається з формули:

$$\Delta t_{сер} = \frac{\Delta t_{\delta} - \Delta t_{м}}{\ln \frac{\Delta t_{\delta}}{\Delta t_{м}}}, ^\circ\text{C},$$

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $\Delta t_{\text{г}}$ – більша різниця температур по гарячій та холодній сторонам;

$\Delta t_{\text{м}}$ – менша різниця температур.

Необхідна площа поверхні нагріву

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{\text{сер}}}, \text{ м}^2.$$

Необхідна кількість пластин

$$n = F / f_{\text{пл}}.$$

Гідравлічний розрахунок:

Гідравлічний опір у каналі ТОА визначається з формули:

$$\Delta p = \xi_{\text{екв}} \frac{l}{d_{\text{екв}}} \frac{w^2}{2} \rho,$$

де $\xi_{\text{екв}} = 22,4 \text{ Re}^{0,25}$ – еквівалентний коефіцієнт опору одиниці довжини каналу між пластинами;

l – довжина каналу між пластинами, м;

$d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр між пластин каналу, який дорівнює $d_{\text{екв}} = 4f_1/\pi$;

f_1 – площа поперечного перерізу каналу, м²;

w – швидкість руху потоку у каналі, м/с;

ρ – щільність теплоносія, кг/м³.

Гідравлічний опір сторін визначається, як добуток гідравлічного опору в одному каналі на кількість проходів теплоносія по відповідній стороні ТОА.

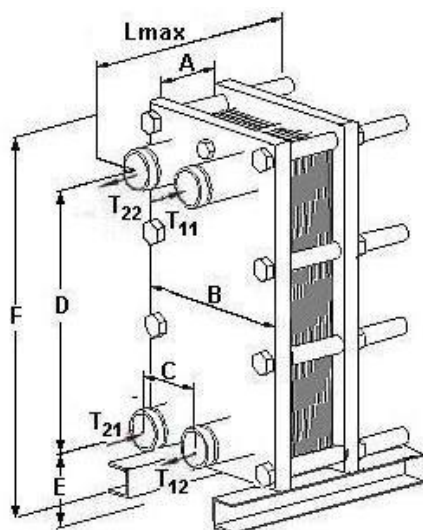
Розрахунок теплообмінного апарата виконаний за допомогою комп'ютерної програми DanfossHeatExchanger для розрахунку теплообмінних апаратів, та Danfoss Heatsubstation для розрахунку теплових пунктів.

Результати розрахунку зведені до табл.4.1, 4.2.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплообмінний апарат для системи ГВП

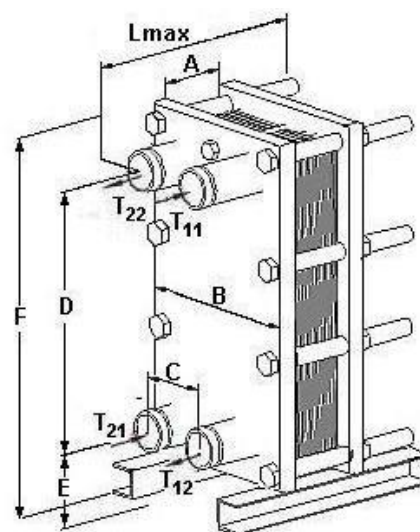
Тип теплообмінного апарата		LSKI-188	
Danfoss Code		004B5650	
Категорія PED		III	
Потужність	кВт	825	
		Первинна сторона	Вторинна сторона
Витрата	л/с	5,60	4,42
Вхідна температура	°C	70	15
Вихідна температура	°C	35	60
Дійсна витрата/зворотна температура	л/с/°C	5,60 /34,3	
LMTD	°C	14,4	14,1
Втрати напору	кПа	2	1
Швидкість	м/с	1,4	1,1
Розрахунок			
Число / Контур	:	49	50
Об'єм води	л	67.13	68.50
Запас поверхні	%	6.81	
Поверхня теплообміну	м ²	30.38	
Вага	кг	770	
Фізичні властивості			
Теплоносій першого контуру		Вода	
Теплоносій другого контуру		Вода	
Теплоємність	кДж/кг	4,184	4,176
Щільність	Кг/м ³	987,0	993,2
Динамічна в'язкість	Па/с	0,515	0,666
Теплопровідність	Вт/(м·К)	0,649	0,628
Габаритні розміри	мм		
A - 400 B - 540 C - 240 D - 856 E - 242 F - 1218 L _{max} - 2500			

T₁₁ на вході гріючого контуру DN 65T₁₂ на виході гріючого контуру DN 65T₂₁ на вході нагріваного контуру DN 65T₂₂ на виході нагріваного контуру DN 65T₁₁₂ на вході гріючого контуруT₂₁₂ на вході нагріваного контуру

Таблиця 4.2

Теплообмінний апарат для системи опалення

Тип теплообмінного апарата		LSLI-74	
Danfoss Code		004B5645	
Категорія PED		II	
Потужність	кВт	682	
		Первинна сторона	Вторинна сторона
Витрата	л/с	2,86	8,34
Вхідна температура	°C	130	70
Вихідна температура	°C	71	90
Дійсна витрата/зворотна температура	л/с/°C	2,86 /70,9	
LMTD	°C	10,6	10,4
Втрати напору	кПа	1	4
Швидкість	м/с	0,7	2,1
Розрахунок			
Число / Контур		44	45
Об'єм води	л	60,28	61,65
Запас поверхні	%	3,51	
Поверхня теплообміну	м ²	27,28	
Вага	кг	748	
Фізичні властивості			
Теплоносій першого контуру		Вода	
Теплоносій другого контуру		Вода	
Теплоємність	кДж/кг	4,220	4,210
Щільність	Кг/м ³	957,6	971,1
Динамічна в'язкість	Па/с	0,277	0,364
Теплопровідність	$\frac{Вт}{(м \cdot К)}$	0,682	0,674
Габаритні розміри	мм		
A - 360 B - 540 C - 240 D - 856 E - 242 F - 1218 L _{max} - 2500			

T₁₁ на вході гріючого контуру DN 65T₁₂ на виході гріючого контуру DN 65T₂₁ на вході нагріваємого контуру DN 65T₂₂ на виході нагріваємого контуру DN 65T₁₁₂ на вході гріючого контуруT₂₁₂ на вході нагріваємого контуру

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки за розділом:

Для забезпечення потреб мешканців пансіонату визначено максимальну годинну витрату гарячої води на рівні 348,75 л/год. Необхідна теплова потужність для підігріву води становить 87,5 кВт.

Встановлено, що сумарна теплова потужність, яку мають забезпечити котли для потреб опалення (110,7кВт) та гарячого водопостачання (87,5 кВт), становить 198,2кВт.

На основі гідравлічного розрахунку для магістралей системи ГВП обрано трубопроводи діаметром 25 мм, що забезпечує швидкість руху теплоносія 0,6 м/с та мінімізує втрати напору в системі.

Обґрунтовано використання розбірних пластинчастих теплообмінників через їхню компактність, високу теплопередачу та зручність в обслуговуванні.

За допомогою спеціалізованого програмного забезпечення підібрано конкретні моделі теплообмінних апаратів: для системи ГВП - модель LSKI-188 (99 пластин); для системи опалення - модель LSLI-74 (89 пластин).

Обрана конструкція теплообмінників дозволяє легко регулювати потужність шляхом зміни кількості пластин та забезпечує стійкість до гідравлічних ударів і вібрацій.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Охорона праці та техніка безпеки в котельні

Охорона праці та техніка безпеки в котельні пансіонату регулюються «Правилами охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском» та «Правилами безпеки систем газопостачання». Оскільки використовуються котли «Колві» КТН 100 СЕ, заходи мають бути спрямовані на запобігання вибухам, пожежам, отруєнню чадним газом та ураженню електричним струмом.

Перелік основних заходів:

1. Загальні вимоги до персоналу

До обслуговування котлів допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, спеціальне навчання та мають посвідчення оператора котельні.

Персонал повинен проходити інструктажі: вступний, первинний на робочому місці, повторний (раз на квартал) та позаплановий (при зміні обладнання).

Робота в котельні без нагляду персоналу допускається лише за наявності автоматики, яка виводить сигнал про аварію на пульт з цілодобовим чергуванням.

2. Техніка безпеки під час експлуатації котлів

Контрольно-вимірювальні прилади: Котли «Колві» повинні бути оснащені справними манометрами, термометрами та запобіжними клапанами. Перевірка клапанів на «підрив» має здійснюватися згідно з графіком.

Автоматика безпеки: Система повинна автоматично припиняти подачу газу в разі:

згасання полум'я пальника;

падіння тиску газу або припинення подачі повітря;

підвищення температури води понад 95°C;

порушення тяги в димоході.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Гідравлічні випробування: Один раз на рік (перед опалювальним сезоном) систему необхідно перевіряти на герметичність тиском, що перевищує робочий на 25%.

3. Газова безпека та вентиляція

Контроль загазованості: У приміщенні котельні обов'язково встановлюється сигналізатор довибухових концентрацій газу (метану) та гранично допустимих концентрацій чадного газу (СО).

Вентиляція: Котельня повинна мати припливно-витяжну вентиляцію, що забезпечує трикратний повітрообмін за годину. Жалюзійні решітки припливних каналів не можна перекривати.

Освітлення: Окрім робочого, має бути передбачено аварійне освітлення від незалежного джерела живлення для можливості безпечної зупинки котлів у разі відключення світла.

4. Електробезпека та пожежна безпека

Заземлення: Усі металеві частини котлів, насосів та трубопроводів повинні бути заземлені.

Засоби пожежогасіння: Приміщення котельні має бути укомплектоване вогнегасниками (порошковими або вуглекислотними), ящиком з піском та протипожежним інвентарем (щитом).

Проходи: Забороняється захаращувати проходи біля котлів та доступ до запірної арматури сторонніми предметами.

5. Гігієна праці

Оператори повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту (СІЗ): спецодягом, рукавицями та взуттям на неслизькій підшві.

Рівень шуму від насосів та пальників не повинен перевищувати 80 дБА, інакше персонал має використовувати протишумові навушники.

Ці заходи дозволяють мінімізувати ризики виробничого травматизму та забезпечити стабільну роботу системи теплопостачання пансіонату.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено систему опалення для двоповерхової будівлі пансіонату площею 980 м² від індивідуальної котельні. Забезпечення комфортних умов проживання при одночасному зниженні витрат енергоресурсів є одним із пріоритетних завдань сучасної теплоенергетики. У зв'язку з постійним зростанням вартості енергоносіїв та жорсткішими вимогами до екологічності, розробка високоефективних систем теплопостачання для малоповерхової забудови стає критично важливою.

В роботі розроблено принципову схему системи водяного опалення, розраховано тепловий баланс приміщень, підібрано тип і розраховано кількість опалювальних приладів. Прийнято двотрубну горизонтальну систему опалення з нижнім розташуванням подавального трубопроводу. В якості опалювальних приладів прийняті сталеві панельні радіатори Radik тип 11.

Розроблена теплова схема котельні, визначена необхідна теплова потужність для потреб системи водяного опалення та системи гарячого водопостачання. Підібраний склад обладнання котельні – два котла «Колві» КТН 100 СЕ (виробник: Колви, Eurotherm Technology (Україна)) потужністю по 100 кВт кожен. Підібрано та розраховано конструкцію димової труби.

Проведено розрахунок системи гарячого водопостачання. Розроблена конструкція пластинчастого теплообмінного апарата.

Розроблені заходи з охорони праці та техніки безпеки в котельні.

					ВКР. 144.4241.03.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Глушко Ю. Ю. Опалення : навч. посіб. 2019. Автор-упорядник: Глушко Ю.Ю., над навч. посіб. також працювали: Безпалько Н.О., Боброва Т.Б., Високос С.М., Гусєв П.С., Засєдательєв І.В., Лебєдєв 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](https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/2opalennya.pdf) 34
2. 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](https://gazobeton.org/sites/default/files/sites/all/uploads/DBN-V.2.6-31-2016-Teplova-izolyatsiyabudivel.pdf).
3. ДБН В.2.2-15-2005 Будинки і споруди. Житлові будинки. Основні положення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=77411.
4. 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>.
5. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59086
6. 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.
7. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=14283 СанПіН 2.1.2.2645-10 [http://gostrf.com/normadata/1/4293820/ 4293820246.pdf](http://gostrf.com/normadata/1/4293820/4293820246.pdf).
8. 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](https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf).

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

9. ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007 Теплові мережі та мережі гарячого водопостачання з використанням попередньо теплоізованих трубопроводів. Настанова з проектування, монтажу, приймання та експлуатації.

10. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропроникності огорожувальних конструкцій. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56183 ДБН В.2.5-77:2014. Котельні.

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

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

13. Пирков В. В. Особливості проектування сучасних систем водяного опалення. Київ : ІІ ДП «Такі справи», 2003. 176 с.

14. Пирков В. В. Сучасні теплові пункти. Автоматика та регулювання. Київ: 2007. 252 с.

15. Прядко М. О., Павелко В. І., Василенко С. М. Теплові мережі: навч. посібн. Київ : Алерта, 2005. 227 с.

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

17. Слаутіна Т. Г., Кузнецова С. А. Проектування систем водяного опалення: навч. посіб. Миколаїв: Вид-во НУК, 2011. 68с.

18. Шаповалов Ю. О., Соломонюк Д. М. Проектування теплообмінних апаратів теплотехнологічних установок : метод. вказ. Миколаїв: Видавництво НУК, 2009. 72с.

					ВКР.144.4241.03.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		