

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 тепlopостачання котельні теплоелектроцентралі
площею 3,2 тис. м²

Виконав: студент групи 4241з

_____ Громовик В.О.
(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

Машовалов И.В.
(підпис)

« 5 » 06 2026 p.

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

Студента

Громовика Віталія Олександровича

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка системи теплопостачання котельні теплоелектроцентралі площею 3,2 тис. 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 _____

Креслення і характеристики п'ятиповерхової будівлі котельні

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

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання. Перелік теплоенергетичного обладнання та систем об'єкту, параметри та технічні характеристики енергоносіїв. 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 системи вентиляції. Визначення кількості повітря для видалення з приміщень. Аеродинамічний

розрахунок вентиляційної системи. Розрахунок припливної вентиляції. Підбір калориферів. Розрахунок повітроводів системи вентиляції на міцність

4. Розробка системи гарячого водопостачання. Розрахунок кількості тепла на ГВП. Розробка утилізаційного водопідігрівача для систем опалення і ГВП.

5. Розробка питань з охорони праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. План котельні
2. Аксонетрична схема системи опалення
3. Система вентиляції
4. Вентилятор
5. Теплообмінник

1. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

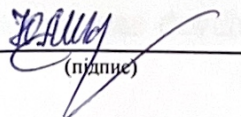
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання		
2	Розробка системи водяного опалення		
3	Розробка системи вентиляції		
4	Розробка системи ГВП		
6	Розробка заходів з охорони праці		
7	Графічна частина		

Студент


(підпис)

Громовик В.О.

Керівник роботи


(підпис)

Шаповалов Ю.О.

Анотація

Актуальність теми визначається необхідністю забезпечення будівлі котельні ТЕЦ теплом, гарячим водопостачанням та вентиляцією для створення комфортних умов для працівників. В роботі розроблені систем теплопостачання будівлі котельні. За результатами розрахунку балансу теплоти була визначена теплова потужність системи водяного опалення, розроблена система припливної вентиляції, розраховані та визначені опалювальні агрегати. Для зниження тепловтрат у побутових приміщеннях встановлені сучасні склопакети.

Розроблена система ГВП із блоком утилізації тепла. Використання нового та сучасного обладнання дає можливість забезпечити робітників відносно недорогим теплом та комфортними умовами для життєдіяльності. Розроблена конструкція утилізаційного водопідігрівача для систем опалення і гарячого водопостачання.

В роботі розглянуті питання з охорони праці.

Ключові слова: опалення, вентиляція, гаряче водопостачання, котельня, утилізаційний водопідігрівач.

Abstract

The relevance of this topic stems from the need to provide the CHP plant boiler house with heat, hot water, and ventilation in order to create comfortable working conditions for employees. This paper presents the design of the boiler house's heating system. Based on the results of the heat balance calculation, the thermal capacity of the water heating system was determined, a supply ventilation system was designed, and heating units were calculated and selected. To reduce heat loss in utility rooms, modern double-pane windows were installed.

A DHW system with a heat recovery unit was developed. The use of new and modern equipment makes it possible to provide workers with relatively inexpensive heat and comfortable living conditions. A design for a heat recovery water heater for heating and hot water supply systems was developed. The paper addresses occupational safety issues.

Keywords: heating, ventilation, hot water supply, boiler room, waste heat water heater.

ВСТУП

Сучасний вектор розвитку глобальної енергетики спрямований на створення інтелектуальних, гнучких та екологічно безпечних систем життєзабезпечення. У цьому контексті трансформація систем теплопостачання є одним із найскладніших, але водночас найважливіших завдань енергетичного сектору. Традиційна модель теплопостачання, що базувалася на спалюванні викопного палива та високих температурних режимах, поступово вичерпує свій ресурс і вступає у суперечність із сучасними вимогами енергоефективності та екологічними стандартами. Актуальність дослідження основних напрямів розвитку цієї галузі зумовлена необхідністю переходу від застарілих інженерних рішень до систем нового покоління, які здатні забезпечити стабільний тепловий комфорт за умови мінімального антропогенного впливу на довкілля.

Актуальність роботи зумовлена необхідністю технічного переоснащення існуючих котелень ТЕЦ із впровадженням сучасного вискоелективного обладнання та систем управління. Технічні рішення та інженерні заходи повинні бути спрямовані на розробку та оптимізацію системи теплопостачання, включаючи вибір основного обладнання, розрахунок теплових схем та впровадження засобів автоматизації.

Для промислових підприємств витрати на енергоносії складають значну частку в собівартості готової продукції. Ефективна система теплопостачання дозволяє мінімізувати ці витрати. Використання вторинних енергоресурсів (скидного тепла від технологічного обладнання) та автоматизація обліку тепла дають змогу підприємству бути конкурентоспроможним на ринку за рахунок зниження енергоємності виробництва.

Мета роботи: розробка сучасної системи теплопостачання котельні ТЕЦ, яка б відповідала чинним нормам енергоефективності та забезпечувала надійне покриття теплових навантажень споживачів.

					ВКР.144.42413.01.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Завдання: розробити системи водяного опалення, вентиляції, гарячого водопостачання для котельні, що відповідають заданим параметрам та будуть надійними, економічними та енергоощадними.

Нові системи теплопостачання повинні бути розроблені таким чином, щоб параметри робочого середовища будівлі котельні відповідали санітарним нормам та підтримувались незалежно від часу доби та пори року.

Об'єкт розробки: п'ятиповерхова будівля котельні ТЕЦ площею 3,2 тис. м², знаходиться в місті Миколаєві (промплощадка ВАТ «Миколаївська ТЕЦ»).

					ВКР.144.4241з.01.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. Перелік теплоенергетичного обладнання та систем об'єкту, параметри та технічні характеристики енергоносіїв.....	
1.3. Плани об'єкту	
1.4. Вибір та обґрунтування розрахункових параметрів, вимоги ДБНУ до систем	
1.5. Системи життєзабезпечення будівлі котельні.....	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	
2.1. Визначення величин опору теплопередачі огорожень.....	
2.2. Визначення теплових втрат через огороження приміщень та на підігрів інфільтраційного повітря і матеріалу	
2.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення.....	
2.3.1. Заходи щодо теплозбереження.....	
2.4. Визначення теплового балансу споруди.....	
2.5. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень.....	
2.6. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для усіх приміщень. Вибір типу і кількості опалювальних приладів.....	
2.7. Розробка аксонометричної схеми опалення.....	
2.8. Розрахунок головного циркуляційного кільця.....	

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	
3.1. Визначення кількості повітря для видалення з приміщень.....	
3.2. Аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи.....	
3.3. Розрахунок припливної вентиляції.....	
3.4. Підбір калориферів для системи вентиляції.....	
3.5. Розрахунок повітроводів системи вентиляції на міцність.....	
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ	
4.1. Розрахунок кількості тепла на гаряче водопостачання.....	
4.2. Розробка утилізаційного водопідігрівача для систем опалення і гарячого водопостачання.....	
4.2.1. Опис утилізаційного водопідігрівача.....	
4.2.2. Геометричні параметри поверхні теплообміну додаткової секції.....	
4.2.3. Параметри теплоносіїв.....	
4.2.4. Розрахунок параметрів додаткової конвективної поверхні нагріву.....	
4.2.5. Розрахунок параметрів додаткової конвективної поверхні нагріву при зменшенні режиму роботи котла.....	
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
5.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів у котельному відділенні ..	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

**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

Будівля котельні теплоелектроцентралі знаходиться в місті Миколаєві (промплощадка Миколаївської ТЕЦ). Котельня постачає тепло для житлових кварталів міста Миколаєва й подає електроенергію в об'єднану систему Півдня.

П'ятиповерхова будівля котельні має в плані прямокутну форму з розмірами в осях 85,5 x 37 м, висота 27...27,5 м, загальна площа 3200 м².

Приміщення, що розташовані на третьому поверсі будівлі котельні: кімната відпочинку, складське приміщення, кабінети інженерів та майстрів, майстерня та санвузол. Приміщення, що розташовані на четвертому поверсі будівлі котельні: хімічна лабораторія, склад, майстерня, ІТП.

Стіни будівлі котельні виконані із збірних залізобетонних плит і вапнякової штукатурки. Стеля – бетон, залізобетон та штукатурка. Покриття - збірні залізобетонні багатопустотні панелі. Крівля - азбестоцементні листи. Фундаменти під устаткування бетонні. Підлоги – бетонноармовані, бетонні, у приміщеннях обслуговуючого персоналу – бетонноармовані, дерев'яні. Віконні блоки - з дерев'яними рамами індивідуального виготовлення. Дверні блоки - металеві і дерев'яні.

Котельня - децентралізоване джерело теплоти і по надійності відпуску тепла споживачам котельня відноситься до другої категорії. За типом зведення будівлі і компоновки устаткування котельня відноситься до закритого типа, де все устаткування розміщується усередині будівлі.

Основне устаткування міської котельні проробило більше 50 років, що свідчить про його значне фізичне зношування. В експлуатації перебуває основне устаткування:

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

- два котла середнього тиску ТКП- 2 паропродуктивністю по 160 т/год;
- два котла високого тиску типу ТП- 230 паропродуктивністю по 230 т/год;
- два водогрійних котла ПТВМ-100 теплопродуктивністю по 100 Гкал/год;
- один водогрійний котел типу ВКГМ-100 теплопродуктивністю 100Гкал/год;
- три турбоагрегати: ст.№2 типу П-15-29/10; ст.№3 типу Р-15-90/30; ст.№4 типу ТР-10-29/08.

Встановлена електрична потужність ТЕЦ становить 40 МВт, тепла - 410Гкал/год у тому числі турбін -110 Гкал/год.

Циркуляційне водопостачання - прямоточне із забором води з лиману ріки Південний Буг центральної берегової насосної.

Мазутне господарство складається з комплексу споруджень, пристроїв і агрегатів, призначених для зливу, зберігання, розігріву й подачі мазуту до котлів. Розвантажувальна естакада господарства розрахована на прийом і одночасний злив 6 цистерн мазуту. Із прийомних лотків мазут самотливом надходить у підземну ємність 60 м зі змієвиковим розігрівом.

Режим роботи електростанції близький до базового. Має місце різка зміна теплових навантажень у розрізі року: влітку відпустка тепла в порівнянні з опалювальним сезоном знижується в 4-5 разів, частина основного устаткування виводиться на консервацію.

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

Технічна характеристика устаткування

Котлоагрегати ст. №1,2. Котлоагрегати середнього тиску типу ТКП-2 виробництва Таганрозького котельного заводу призначені для спалювання природного газу.

Енергетичні характеристики котлів ТКП-2 розроблені на основі кращих техніко-економічних показників, екологічно-теплотехнічних випробувань котлів,

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

зроблених групою налагодження Котлотурбінного цеху й розраховані для наступних умов:

- паливо - природний газ, калорійність - 8050 ккал/м³,
- температура холодного повітря - 30°C
- температура живильної води - 104°C
- безперервна продувка котла - 0,85%
- тиск перегрітої пари - 34 кгс/см
- температура перегрітої пари - 410 °C

Котлоагрегати № 3,4. Котлоагрегати високого тиску типу ТП-230 виробництва ТКЗ пристосовані для спалювання природного газу.

Енергетичні характеристики розроблені на основі фактичних даних проведених випробувань: паливо - природний газ температура холодного повітря - 30°C, температура живильної води - 159°C, тиск перегрітої пари 110 кгс/см², температура - 510°C.

Водогрійні котли ст. № 1,2.

Водогрійний котел типу ПТВМ - 100 - водотрубний прямоточний із примусовою циркуляцією, має баштове компонування й може працювати як із природної, так і із примусовою тягою.

Водогрійний котел ст. № 3.

Котел КВГМ -100 призначений для покриття як пікових навантажень у теплофікаційних системах, так і основних навантажень у системах централізованого теплопостачання і являє собою агрегат, що безпосередньо підігріває воду теплових мереж. Котел призначений для спалювання газу й мазуту, має П- образне компонування й повністю екрановану топкову камеру.

Склад працюючих

Чисельність працюючих котельні визначена виходячи з їхніх норм обслуговування устаткування й ефективних річних фондів часу робітників з урахуванням специфіки проєктованого об'єкта й становить 31 людину.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.3. Плани об'єкту

Будівля котельні розміщується на території Миколаївської ТЕЦ і обмежена: з півночі – турбінним відділенням; з півдня – транспортним шляхом та хімоводоочисткою; зі сходу – будівлею управління; з заходу – транспортним шляхом та складами.

Рельєф ділянки спокійний зі зниженням у північно-східному напрямку. Коefіцієнт рельєфу місцевості дорівнює 1. У даному районі переважають північні й південні вітри: переважними є швидкості вітру 4...5 м/с, середня швидкість вітру за рік становить 3,5 м/с.

Можливість забруднення ґрунтових вод при роботі котельні відсутня.

Вертикальне планування площадки вирішене з урахуванням сформованої забудови й прилягаючої території.

Для забезпечення діяльності котельні проєктуються інженерні мережі: каналізація, водопровід, опалення, вентиляція, електричні мережі, освітлення, радіофікація, зв'язок і газопровід низького тиску.

Прокладка інженерних мереж передбачена: підземна – у траншеях і каналах; надземна – на опорах.

До споруди передбачені під'їзди з урахуванням розвороту технологічного транспорту й пожежних машин.

Для забезпечення нормальних санітарно-гігієнічних умов на площадці передбачаються заходи щодо озеленення.

1.4. Вибір та обґрунтування розрахункових параметрів, вимоги ДБНУ до систем

Будівля котельні розташована на території ВАТ «Миколаївська ТЕЦ» у м. Миколаєві. Площадка будівництва по ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія розташована в III кліматичному районі, підрайон III Б.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахункові температури повітря для розрахунку зовнішніх огорожувальних конструкцій, споруд прийняті по ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010:

абсолютна мінімальна - мінус 30 °С;
середня найбільш холодної доби - мінус 26 °С;
середня найбільш холодної п'ятиденки - мінус 23 °С;
абсолютна максимальна - плюс 40 °С.

Переважаючий напрямок вітру в зимовий і літній періоди північні й південні вітри. Атмосферні навантаження на конструкції споруд і споруджень прийняті згідно ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010 вага снігового покриву 50 кг/м² (II район), швидкісний напір вітру 38 кг/м² (III), нормативна глибина сезонного промерзання ґрунтів становить 0,8 м.

Відповідно до звіту про інженерно-геологічні вишукування, підставою фундаментів є ґрунт ІГЕ 3, суглинок лісовидний твердої консистенції, просадний (просадочність I типу). Гідрогеологічні умови характеризуються наявністю ґрунтових вод. Ґрунтові води розкриті на глибині 5,0...7,0 м від поверхні землі, що відповідає абсолютним оцінкам 69,8...70,3 м. Ґрунтові води мають агресивні властивості стосовно залізобетону: зміст Cl – 168 мг/л; SO₄ – 830 мг/л; HCO₃ – 839 мг/л.

Сезонні коливання рівня підземних вод становлять 1,0 м.

Основні об'ємно-планувальні й конструктивні рішення

Об'ємно-планувальні рішення проєктованих споруд і споруджень прийняті з обліком: природно-кліматичних умов; технологічних вимог організації виробництва; діючих будівельних норм і правил, що регламентують будівництво виробничих об'єктів в Україні; умов компонування схеми генерального плану.

Конструктивні рішення проєктованих споруд і споруджень прийняті з урахуванням вимог чинної нормативно-технічної документації; територіального каталогу типових збірних залізобетонних конструкцій споруд і споруджень; картки узгодження основних проєктних рішень конструкцій і будівельних матеріалів.

За призначенням будівля котельні відноситься до II класу відповідальності.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Існуюча будівля котельні п'ятиповерхова, має прямокутну в плані форму з розмірами в осях 85,5×37 м (по периметру) і висотою до низу несучих конструкцій 27,5 м. Вирішений за каркасною схемою. Колони – залізобетонні прямокутного перерізу.

Фундаменти під колони монолітні залізобетонні стовпчастого типу на ущільненій підставі, під цоколь передбачені збірні залізобетонні фундаментні балки.

Твердість і стійкість споруди забезпечені вертикальними зв'язками між колонами й фермами й горизонтальними зв'язками в покритті.

Твердість і стійкість споруди забезпечується цегельними стінами й жорстким перекриттям. Плити покриття – збірні залізобетонні ребристі 3×6 м.

Зовнішні стіни двошарові з бетону, облицьований штукатуркою. Стіни – зі стінових панелей.

У приміщеннях для обслуговуючого персоналу двері дерев'яні. Вікна дерев'яні, мають стрічкове засклення, подвійне.

Дах – сполучений з металевих каркасів, які мають одинарне засклення, не-вентильований.

Підлоги бетонні на вулканічному шлаку, у санвузлі – з керамічної плитки.

Вимощення – асфальтове, шириною 1,5 м.

При проектуванні споруд і споруджень враховані вимоги ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.

Освітлення приміщень і виробничих ділянок приймається відповідно до діючих норм і вимог ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення.

У виробничих умовах різноманітні машини, апарати і інструменти, є джерелами шуму, вібрації. У відповідності зі ДСН 3.3.6.037-99 «Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» і санітарними нормами припустимих рівнів шуму на робочих місцях виконані планувальні заходи щодо ізоляції гучних агрегатів в окремі приміщення.

Заходи антикорозійного захисту конструкцій вирішені відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-145:2010 і з урахуванням ступеня агресивності середовища.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

У відповідності зі ДБН В.2.2-28-2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення» для обслуговування працюючих запроєктоване побутове приміщення.

1.5. Системи життєзабезпечення будівлі котельні

Для розробки систем опалення й вентиляції прийняті розрахункові параметри зовнішнього повітря, наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1

Розрахункові параметри зовнішнього повітря

Період року	Параметри А			Параметри Б		
	Температура, °С	Питома ентальпія, кДж/кг	Швидкість повітря, м/с	Температура, °С	Питома ентальпія, кДж/кг	Швидкість повітря, м/с
Теплий	27,9	58,2	3,2	31	62	3,2
Холодний	-7	-2,9	11	-20	-18,6	10

Тривалість опалювального періоду 165 діб.

Опалення

Система опалення розрахована на відшкодування втрат тепла: через конструкції, що огорожують; на нагрівання інфільтраційного повітря.

В котельні, де встановлені котли та їх устаткування, опалювальна система відсутня. Нагрів повітря відбувається за рахунок випромінювання від котлів. За даними розрахунками проєктованої котельні, втрати теплоти на випромінювання та конвекцію з одного котла становить 1,12 МВт. Потужність котла ТКП-2 становить 105 Гкал/год, або 122,12 МВт.

Система опалення побутових приміщень – горизонтальна, однотрубна, з тупиковою розводкою теплопроводів системи водяного опалювання, зі штучною спонукою циркуляції від насоса, встановленого в приміщенні теплового пункту. Як нагрівальні прилади прийняті секційні чавунні радіатори типу МС-140-108.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для можливості відключення й регулювання тепловіддачі приладів на підводках передбачається установка термостатичних вентилів з термоголівками.

Системи опалення виконані зі сталевих звичайних труб за ДСТУ 8943:2019. Видалення повітря із систем опалення й теплопостачання здійснюється через автоматичні повітровипускні клапани, установлені на верхніх точках системи, а для системи опалення додатково повітровипускними кранами, установленими на нагрівальних приладах.

Розрахункові параметри внутрішнього повітря, що підтримуються системою опалення, у холодний період року прийняті відповідно до вимог нормативних документів: кімната відпочинку $+18^{\circ}\text{C}$; коридор $+16^{\circ}\text{C}$; побутові приміщення $+18^{\circ}\text{C}$; комори $+18^{\circ}\text{C}$; майстерня $+18^{\circ}\text{C}$; санвузол $+25^{\circ}\text{C}$.

За нормативними документами Миколаївської ТЕЦ, якщо температура навколишнього повітря складає мінус 3°C , тоді температура теплоносія у системі опалення повинна бути 60°C . А якщо температура повітря складає мінус 6°C і менше, тоді 75°C .

Вентиляція

Технологічні процеси у котельні супроводжуються виділеннями:

- парів води, чадного газу - нещільності котла ТКП-2;
- окислів заліза у газовому стані – через надмірний нагрів залізних перекриттів на котлом ТКП-2 (понад 60°C);
- сполуки газів, що виділяються при зварці аргоном.

Вентиляція у котельному відділенні – природна, за рахунок інфільтраційного повітря через вікна, та нещільності будівлі.

Через надмірне виділення тепла від котлів за рахунок конвекції, рівень температури повітря на поверхні котла сягає $42\dots 43^{\circ}\text{C}$. Це ускладнює роботу робочого та обслуговуючого персоналу, так як максимально допустима температура для роботи у ДБН А.3.2-2-2009 становить до 33°C .

Примусова вентиляція у побутових приміщеннях – відсутня, окрім майстерні та комор.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При проєктуванні систем опалення й вентиляції відповідно до вимог ДБН А.3.2-2-2009 і ДБН В.2.5-67:2013 передбачається комплекс протипожежних заходів:

- автоматичне відключення при виникненні пожежі систем вентиляції, зблокованих з автоматичною пожежною сигналізацією;
- проєктування систем місцевих відсосів вибухонебезпечних сумішей окремими від систем загальнообмінної вентиляції;
- установка вогнезатримуючих клапанів на повітроводах, що перетинають протипожежні перешкоди;
- покриття транзитних повітроводів вогнезахисним складом з доведенням межі вогнестійкості повітроводів до нормованого;
- установка вентиляційного обладнання витяжних систем, що видаляють вибухонебезпечної суміші, в іскрозахищеному виконанні;
- застосування як нагрівальні прилади регістрів із гладких труб;
- закладення отворів негорючими матеріалами при перетинанні повітроводами перекриттів, стін і перегородок.

У відповідності зі ДБН В.1.1-31:2013 «Захист територій, будинків і споруд від шуму» у проєкті передбачаються наступні заходи:

- установлення вентиляторів на віброізолюючих підставах;
- приєднання вентиляторів до повітроводів через гнучкі вставки;
- вибір вентиляційного обладнання з оптимальним числом обертів і максимальним ККД;
- розташування вентиляційного устаткування в ізольованих вентиляційних камерах;
- обмеження швидкості руху повітря в магістральних повітроводах і відгалуженнях, а також швидкості виходу повітря з повітророзподільників.

Для підтримки в приміщеннях необхідних параметрів повітряного середовища, скорочення обслуговуючого персоналу, витрат тепла й електроенергії й підвищення надійності роботи системи опалення й вентиляції обладнаються засобами автоматизації.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система газопостачання

Джерелом газопостачання котельні є діюча система газопостачання з підключенням до існуючого газопроводу.

Тип газу – природній, нижча теплота згоряння 8109 ккал/м³, густина - 0,73кг/м³. Спосіб прокладання зовнішнього газопроводу – надземний.

Система каналізації

У приміщеннях котельні побудована каналізація для відведення стічних вод від санітарно - технічних приладів та обладнання. Відведення стічних вод передбачено по закритим самотісним трубам. Прокладку відвідних трубопроводів від пристроїв, які встановлені у певних місцях котельні, передбачено над підлогою і використано облицювання та ізоляцію. Стічні води відокремленими випусками надходять в існуючу каналізаційну мережу міста.

Система побутової каналізації виконана з поліетиленових каналізаційних труб діаметром 50 мм та труб діаметром 100 мм по ДСТУ Б EN 12666-1:2011.

Система водопостачання

Холодна вода для підігріву береться з мережі водопостачання. Якість води відповідає вимогам стандарту питної води ДСанПіН 2.2.4-171-10. Джерелом водопостачання є водопровід діаметром 100 мм.

Прокладка мереж водопостачання передбачена відкритою. Зовнішню прокладку водопроводу під проїзною частиною виконано в футлярі.

Внутрішні мережі систем виконуються з труб сталевих водогазопровідних оцинкованих по ДСТУ 8936:2019 і труб сталевих електрозварювальних по ДСТУ 8943:2019.

Господарсько-протипожежно-виробничий водопровід

Система господарсько-протипожежно-виробничого водопроводу закольцьована, та передбачена для забезпечення господарсько-побутових і душових потреб працюючих і технологічних потреб, а також для забезпечення зовнішнього й внутрішнього пожежогасіння.

Джерелом господарсько-протипожежного водопроводу є існуючі мережі господарсько-питного водопроводу ТЕЦ – точка урізання в прохідному каналі.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Введення водопроводу здійснюється двома трубопроводами діаметром 100 мм із чавунних напірних труб. Введення водопроводу в цех передбачено діаметром 100 мм також із чавунних напірних труб. Внутрішні мережі господарсько-протипожежного водопроводу запроєктовані зі сталевих водогазопровідних оцинкованих труб діаметром 75 мм. На проєктованій мережі передбачається установка пожежних гідрантів.

Витрата води на зовнішнє пожежогасіння становить 20 л/с.

Господарсько-побутова каналізація

Система господарсько-побутової каналізації К1 передбачена для відведення господарсько-побутових стічних вод від санітарних приладів, установлених у санвузлах побутових приміщень у зовнішні мережі господарсько-побутової каналізації. Згідно технічних умов відвід господарсько-побутових стічних вод передбачений в існуючі мережі господарсько-побутової каналізації ТЕЦ.

Внутрішні мережі господарсько-побутової каналізації передбачені із чавунних труб діаметром 50 мм. Зовнішні мережі господарсько-побутової каналізації передбачені також із чавунних труб діаметром 100 мм.

Злизова каналізація

Територія котельні обладнана злизовою каналізацією, яка призначена для відведення погодних опадів.

З даху котельні за рік стікає в середньому 350...700 м³ талої та дощової води. Внаслідок чого з часом можуть виявитися ушкодження будівлі із-за підвищеної вологості навколо фундаменту.

Будь-які опади, які збираються з дахів за допомогою водозливних труб, чинять негативний вплив на стан ґрунту поряд із спорудою.

Потоки дощових і талих вод по плоских ухилах поверхні збираються в лінію каналів. Очищення зібраної води перед випуском її в каналізацію виконують піскоуловлювачами. Елементом точкового водозбору є дощоприймачі, які служать для збору води з водостічних труб, поливальних кранів. Вони оснащені фільтрами для очищення стоків від сміття і вбудованими сифонами.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Електропостачання

Електрозабезпечення об'єкта напругою 380/220 В передбачається від існуючої ЗТП по існуючому кабельному введенню через ввідне-обліковий пристрій ЯВУ 4-220УХЛ4, де й забезпечується облік електроенергії.

Кабелі електропостачання прокладені по стіні на скобах й у землі в траншеях.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Визначення величин опору теплопередачі огорожень

Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі котельні надані у табл. 2.1.

Таблиця 2.1

Характеристики огорожувальних конструкцій будівлі котельні

Назва огорожувальної конструкції	Матеріал огорожувальної конструкції	Товщина, δ_i , м	Коефіцієнт теплопровідності матеріалу λ_i , Вт/(м·°C)
Стіна	Бетон	0,5	1,3
	Вапняно-піщана штукатурка	0,05	0,7
Стеля	Плита залізобетонна	0,3	1,3
	Бетон	0,1	1,3
	Штукатурка	0,01	0,7
Підлога	Бетонна на вулканічному шлаку	0,2	1,3
Вікно	Скло	0,003	1,35
	Повітряний прошарок	0,1	$2,44 \cdot 10^{-2}$
	Скло	0,003	1,35

У подальших розрахунках всі назви огорожувальних поверхонь використовуватимуться в скороченнях: ЗС – зовнішня стіна; ВК – вікно.

Величина термічного опору

Оскільки різниця температур усередині даного об'єкту не перевищує 3°С, то тепловтрати через захищаючі конструкції розраховуються за формулою [9]:

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

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-того шару огорожувальної конструкції.

Значення коефіцієнтів тепловіддачі α_n і α_v взяті з ДБН В.2.6-31:2006, а значення товщини та δ_i та коефіцієнтів теплопровідності λ_i вказані вище у табл. 2.1.

Величина термічного опору для стін:

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

$$R_{ст} = 1/23 + 0,5/1,3 + 0,05/0,7 = 0,449 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}.$$

Величина термічного опору для вікон:

$$R_{вк} = 1/\alpha_n + \sum(\delta_i/\lambda_i) + 1/\alpha_v$$

$$R_{ок} = 1/23 + 0,003/1,35 + 0,1/2,44 \cdot 10^{-2} + 0,003/1,35 + 1/8,7 = 0,367 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$$

Побутові приміщення розташовані на третьому поверсі котельного відділення й огорожені зверху і знизу такими ж самими приміщеннями, тому тепловтратами через стелю і підлогу розраховуваних приміщень можна знехтувати.

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

Визначення тепловтрат через огорожувальні конструкції

Тепловтрати через огорожувальні конструкції розраховують за формулою:

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

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

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

t_v – розрахункова температура повітря в приміщенні, $t_v=18^\circ\text{C}$;

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$t_{\text{н}}^{\text{б}}$ – середня температура, найбільш холодної п'ятиднівки, за 8 найбільш холодних зим, за 50 років спостережень, $t_{\text{н}}^{\text{б}} = -20\text{ }^{\circ}\text{C}$;

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

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

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 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $\beta_2 = 0$;

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

β_4 – коефіцієнт на продуваємість приміщень:

Результати розрахунку тепловтрат через огорожувальні конструкції зведені в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2

Тепловтрати через огорожувальні конструкції

№	Назва приміщення	Орієнтація в просторі	Площа прим., S м^2	$(t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{б}}),\text{ }^{\circ}\text{C}$	$R_{\text{стіни}}, (\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	$R_{\text{вікна}}, (\text{м}^2\text{ }^{\circ}\text{C})/\text{Вт}$	$Q_{\text{ст}}, \text{Вт}$	$Q_{\text{вік}}, \text{Вт}$	$\Sigma Q, \text{Вт}$
3-й поверх									
1	Склад	ПД/ЗХ	33,5	38	0,499	0,367	5406	468	5874
2	Склад	ПД/ЗХ	30,2	38	0,499	0,367	2254	526	2800
3	Майстерня	ПД	61,8	38	0,499	0,367	1858	1053	2911
4	ІТП	ПД	21,8	38	0,499	0,367	972	421	1393
5	ІТП	ПД	21,8	38	0,499	0,367	972	421	1393
6	ІТП	ПД	21,8	38	0,499	0,367	972	421	1393
7	Комора	ПД	21,7	38	0,499	0,367	693	421	1384
8	ІТП	ПД	24	38	0,499	0,367	1092	421	1514
9	ІТП	ПД	25,8	38	0,499	0,367	834	421	1255
10	Кімната відпочинку	ПД	60,7	38	0,499	0,367	2108	631	2740

№	Назва приміщення	Орієнтація в просторі	Площа прим., $S \text{ м}^2$	$(t_b - t_{bn}),$ °C	$R_{\text{стіни}},$ $(\text{м}^2\text{°C})/\text{Вт}$	$R_{\text{вікна}},$ $(\text{м}^2\text{°C})/\text{Вт}$	$Q_{\text{ст}},$ Вт	$Q_{\text{вік}},$ Вт	$\Sigma Q,$ Вт
11	Санвузол	ПД	19,1	38	0,499	0,367	834	526	1361
12	ІТП	ПД	42,8	38	0,499	0,367	1910	1053	2963
13	ІТП	ПД	22,2	38	0,499	0,367	989	526	1516
14	ІТП	ПД/СХ	19,3	38	0,499	0,367	2344	965	3309
15	ІТП	СХ	11,5	38	0,499	0,367	530	439	970

4-й поверх

1	Хімічна лабораторія	ПД/ЗХ	30,5	38	0,499	0,367	4406	468	4874
2	ІТП	ПД/ЗХ	30,2	38	0,499	0,367	2154	526	2700
3	ІТП	ПД	42,8	38	0,499	0,367	1658	1053	2711
4	ІТП	ПД	24,8	38	0,499	0,367	1072	421	1493
5	Склад	ПД	20,8	38	0,499	0,367	954	421	1375
6	Майстерня	ПД	47,8	38	0,499	0,367	1472	421	1893
7	ІТП	ПД	31,7	38	0,499	0,367	1693	421	2114
8	ІТП	ПД	44	38	0,499	0,367	1392	421	1814

Розрахунок втрат теплоти на підігрів інфільтраційного повітря:

$$Q_{\text{інф}} = 0,1 \cdot Q_{\text{огр}}$$

Для 3-го поверху $Q_{\text{інф}} = 0,1 \cdot 32784,15 = 3278,4 \text{ Вт}$

Для 4-го поверху $Q_{\text{інф}} = 0,1 \cdot 18974,53 = 1897,4 \text{ Вт}$

Втрати теплоти на нагрівання холодних матеріалів та інші втрати.

Також враховуються втрати теплоти на нагрівання холодних матеріалів та інші втрати, так як в котельні ці втрати відсутні тоді: $Q_M = 0 \text{ Вт}$; $Q_{\text{інш}} = 0 \text{ Вт}$.

Загальні тепловитрати:

$$\Sigma Q_{\text{втр}} = Q_{\text{огр}} + Q_{\text{інф}} + Q_M + Q_{\text{інш}}, \text{ Вт}$$

$$\Sigma Q_{\text{втр}} = 51752 + 5175 + 0 + 0 = 56927 \text{ Вт}$$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02				Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата					

2.3. Визначення надходжень теплоти у приміщення

Теплопритоки від електроприладів:

Теплоприток від електричного обладнання дорівнює 0,1...0,2 електричної споживаємої потужності. Тобто потужність, яку споживають електроприлади, переходить у теплову на 10...20%.

1) Майстерня. У майстерні розміщено 8 електроприладів середньою потужністю 1,5 кВт.

$$Q_{\text{ел}} = k_{\text{пр}} \cdot N_e \cdot (10...20\%), \text{ Вт}$$

де $k_{\text{пр}}$ - кількість електроприладів, шт., $k_{\text{пр}} = 5$ шт.;

N_e – середня потужність електроприладу, Вт, $N_e = 1500 \text{ Вт} = 1,5 \text{ кВт}$.

$$Q_{\text{ел}} = 5 \cdot 1500 \cdot 0,2 = 1500 \text{ Вт}$$

Теплопритоки від людей розраховуються за наступною формулою:

$$Q_{\text{чол}} = k_{\text{пр}} \cdot k_{\text{од}} \cdot (2,5 + 10\sqrt{v_B}) \cdot (35 - t_B) \cdot m, \text{ Вт},$$

де $k_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує інтенсивність виконуємої роботи;

$k_{\text{пр}}=1$ – праця легкої важкості;

$k_{\text{од}}$ – коефіцієнт, що враховує теплозахисні властивості одягу;

$k_{\text{од}} = 1$ – звичайно утеплений одяг в зимовий період;

m – середня кількість чоловік, які знаходяться у приміщенні, $m = 5$ чол.;

v_B – швидкість повітря у приміщенні, м/с, $v_B=0,11$ м/с

$$Q_{\text{чол}} = 1 \cdot 1 \cdot (2,5 + 10\sqrt{0,11}) \cdot (35 - 18) \cdot 5 = 242 \text{ Вт}$$

Телопритоки від штучного освітлення і електричного устаткування:

$$Q_e = N_e \cdot k$$

де N_e – потужність освітлювальних приладів, Вт, $N_e = 100 \text{ Вт}$;

k – кількість освітлювальних приладів, шт., $k = 3$ шт.

$$Q_e = 100 \cdot 3 = 300 \text{ Вт}$$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Інші теплопритоки:

Так як в будівлі крім людей, освітлювальних приладів та електричного устаткування більше нічого не випромінює тепло, тоді всі інші теплопритоки рівні нулю. $Q_{\text{інш}} = 0 \text{ Вт}$

Загальні теплопритоки

$$\sum Q_{\text{пр}} = Q_{\text{ел}} + Q_{\text{чол}} + Q_{\text{е}} + Q_{\text{інш}} = 1500 + 242 + 300 + 0 = 2042 \text{ Вт}$$

2) Комора $\sum Q_{\text{пр}} = 112 + 73 + 200 + 0 = 385 \text{ Вт}$

3) Комора $\sum Q_{\text{пр}} = 95 + 73 + 200 + 0 = 368 \text{ Вт}$

4) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 134 + 85 + 200 + 0 = 419 \text{ Вт}$

5) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 160 + 85 + 200 + 0 = 445 \text{ Вт}$

6) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 146 + 85 + 200 + 0 = 431 \text{ Вт}$

7) Комора $\sum Q_{\text{пр}} = 112 + 73 + 200 + 0 = 385 \text{ Вт}$

8) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 175 + 85 + 200 + 0 = 460 \text{ Вт}$

9) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 167 + 85 + 200 + 0 = 452 \text{ Вт}$

10) Кімната відпочинку $\sum Q_{\text{пр}} = 0 + 0 + 0 + 0 = 0 \text{ Вт}$

11) Санвузол $\sum Q_{\text{пр}} = 0 + 0 + 200 + 0 = 200 \text{ Вт}$

12) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 183 + 85 + 200 + 0 = 468 \text{ Вт}$

13) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 178 + 85 + 200 + 0 = 463 \text{ Вт}$

14) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 245 + 85 + 200 + 0 = 630 \text{ Вт}$

15) ІТП $\sum Q_{\text{пр}} = 0 + 0 + 200 + 0 = 200 \text{ Вт}$

Результати розрахунків теплонадходжень зведені до таблиці 2.3.

Розрахунок теплонадходжень 3-го і 4-го поверхів

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	
51753	5174	56927	4207	1541	3500	9248	47679

2.3.1. Заходи щодо теплозбереження

Найбільш простим способом покращення теплозбереження будівлі котельні є заміна старого засклення на сучасні склопакети.

Склопакет - елемент стінної або покрівельної конструкції, призначений для сполучення внутрішніх приміщень з навколишнім простором, природного освітлення приміщень, їх вентиляції, захисту від атмосферних, шумових дій і що складається з віконного отвору з укосами, віконного блоку, системи ущільнення монтажних швів, підвіконної дошки, деталей зливу і облицювань.

Основне навантаження по теплозахисту приміщення доводиться в конструкції вікна на засклення. Саме світлопрозора частина займає найбільшу площу вікна і через нього відбуваються найбільші тепловтрати. Тому, для поліпшення теплотехнічних характеристик склопакету необхідно встановити склопакет з високими енергозберігаючими показниками. Поліпшення показників досягається за рахунок використання досконаліших матеріалів усіх елементів склопакета. Нами використовуються склопакети з двома енергозберігаючими стеклами, заповнені аргоном. Замість звичайної рамки в склопакеті встановлюється "тепла" рамка. Та-

кий комплексний підхід дозволяє добитися максимального ефекту і відповідати вимогам, що пред'являються, до віконних блоків.

Енергозбереження вікна досягається шляхом застосування склопакетів із спеціально покритим склом (І- або К-скло), що зменшують проникнення всередину потоку ультрафіолетових променів і перешкоджають виходу з приміщення інфрачервоних (теплових).

В даній будівлі будуть встановлені склопакети фірми ТОВ ПСК «Експрес». Рекомендовані габаритні розміри склопакетів, а також їх позначення приведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Рекомендовані габаритні розміри склопакетів

Ширина Висота	570	720	870	1170	1320	1470	1770	2070	2370	2670
580	6-6	6-7	6-9	6-12	6-13	6-15	-	-	-	-
860	9-6	9-7	9-9	9-12	9-13	9-15	-	-	-	-
1160	12-6	12-7	12-9	12-12	12-13	12-15	12-18	12-21	12-24	12-27
1320	13-6	13-7	13-9	13-12	13-13	13-15	13-18	13-21	13-24	13-27
1460	15-6	15-7	15-9	15-12	15-13	15-15	15-18	15-21	15-24	15-27
1760	-	18-7	18-9	18-12	18-13	18-15	18-18	18-21	18-24	18-27
2060	-	21-7	21-9	21-12	21-13	21-15	21-18	21-21	21-24	21-27
2175	-	22-7	22-9	22-12	22-13	22-15	22-18	-	-	-
2375	-	24-7	24-9	24-12	24-13	24-15	24-18	-	-	-
2755	-	-	28-9	28-12	28-13	28-15	28-18	-	-	-

За показником опору теплопередачі будуть встановлені вікна з $R_{ок} = 0,55 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C)/Вт}$.

Для склопакетів тепловтрати на інфільтрацію повітря дорівнює 0.

Результати розрахунку тепловтрат через огорожувальні конструкції з встановленими склопакетами зведені в таблицю 2.5.

Тепловтрати через огорожуючі конструкції з використанням склопакетів

№	Назва приміщення	Орієнтація в просторі	Площа прим., м ²	(t _в -t _{бн}), °C	R _{стіни} , (м ² °C)/Вт	R _{вікна} , (м ² °C)/Вт	Q _{ст} , Вт	Q _{вік} , Вт	ΣQ, Вт
1	Склад	ПД/ЗХ	33,5	38	0,499	0,55	5406	312	5719
2	Склад	ПД/ЗХ	30,2	38	0,499	0,55	2254	351	2623
3	Майстерня	ПД	61,8	38	0,499	0,55	1858	702	2561
4	ІТП	ПД	21,8	38	0,499	0,55	972	281	1253
5	ІТП	ПД	21,8	38	0,499	0,55	972	281	1253
6	ІТП	ПД	21,8	38	0,499	0,55	972	281	1253
7	Склад	ПД	21,7	38	0,499	0,55	693	281	1244
8	ІТП	ПД	24	38	0,499	0,55	1092	281	1373
9	ІТП	ПД	25,8	38	0,499	0,55	834	421	1115
10	Кімната відпочинку	ПД	60,7	38	0,499	0,55	2108	351	2529
11	Санвузол	ПД	19,1	38	0,499	0,55	834	702	1186
12	ІТП	ПД	42,8	38	0,499	0,55	1910	351	2613
13	ІТП	ПД	22,2	38	0,499	0,55	989	351	1340
14	ІТП	ПД/СХ	19,3	38	0,499	0,55	2344	644	2990
15	ІТП	СХ	11,5	38	0,499	0,55	530	293	823

Для 3-го поверху $Q_{огр} = 29883$ Вт;

для 4-го поверху $Q_{огр} = 15811$ Вт

$Q_{инф} = 0$ Вт

$$\sum Q_{втр} = 45694 + 0 + 0 + 0 = 45694 \text{ Вт}$$

В порівнянні з тепловтратами звичайного засклення, економія теплоти з встановленими склопакетами дорівнює:

$$\Delta Q_{втр} = 55029 - 45694 = 9065 \text{ Вт}$$

Результати розрахунків теплового балансу з використанням склопакетів зведені до табл. 2.6.

Розрахунок теплонадходжень (з використанням склопакетів)

Тепловтрати, Вт			Теплопритоки, Вт				Нестача теплоти, Вт
Через огоро- джувальні кон- струкції, Вт	На нагрів інфі- льтраційного повітря, Вт	Сумарні тепловтрати, Вт	Від електроп- риладів, Вт	Від людей, Вт	Від електроп- риладів (освіт- лення), Вт	Сумарні теплопритоки, Вт	
45694	0	45964	4207	1541	3500	9248	36446

2.4. Визначення теплового балансу споруди

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 2.6.

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

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

$$Q_{c.o} = 45964 - 9248 = 36446 \text{ Вт}$$

Приймаємо для подальших розрахунків загальну теплову потужність системи опалення $Q_{c.o} = 40 \text{ кВт}$.

Параметри мікроклімату при опалюванні слід приймати:

У холодний період року у виробничих приміщеннях опалювальних будівель, коли вони не використовуються і в неробочий час, можна приймати температуру повітря нижче за нормовану, але не нижче 5°C .

При періодичному зниженні температури повітря приміщень слід забезпечувати відновлення нормованої температури на початок використання приміщення або на початок роботи.

Швидкість руху повітря приймається в межах допустимих норм.

Відносна вологість повітря за відсутності спеціальних вимог не нормується.

Параметри мікроклімату або один з параметрів допускається приймати в межах оптимальних норм замість допустимих, якщо це економічно обґрунтовано або за завданням на проектування.

Якщо допустимі норми мікроклімату неможливо забезпечити в робочій або обслуговуваній зоні за виробничими або економічними умовами, то на постійних робочих місцях слід передбачати душирення зовнішнім повітрям або місцевими кондиціонерами.

У теплий період року метеорологічні умови не нормуються в приміщеннях.

У місцях виробництва ремонтних робіт слід передбачати підвищення температури повітря до 18°C в холодний період року пересувними повітрянагрівачами.

В приміщеннях для відпочинку робітників слід приймати температуру повітря 20°C в холодний період року.

За завданням на проектування допускається приймати нижчі параметри зовнішнього повітря в холодний період року і вищі параметри зовнішнього повітря в теплий період року.

2.5. Визначення питомої втрати теплоти на опалення приміщень

$$q_{\text{пр}} = q_{\text{ном}} \left(\frac{\Delta t_{\text{ср}}}{70} \right)^{i+n} \times \left(\frac{G_{\text{пр}}}{0,1} \right)^p C_{\text{пр}} = 760 \cdot \left(\frac{62,5}{70} \right)^{0,3} \times \left(\frac{0,015}{0,1} \right)^{0,02} \cdot 1,04 = 735,9 \text{ Вт/м}^2$$

де $q_{\text{ном}}$ – номінальна щільність теплового потоку опалювального приладу при стандартних умовах роботи, $q_{\text{ном}} = 760 \text{ Вт/м}^2$;

$\Delta t_{\text{ср}}$ – температурний напір, який дорівнює різниці півсум температур теплоносія на вході та виході опалювального приладу і температури у приміщенні:

$$\Delta t_{\text{ср}} = [0,5 \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}}) - t_{\text{н}}] = [0,5 \cdot (95 - 70) - 18] = 62,5^\circ\text{C};$$

де $G_{\text{пр}}$ – дійсна витрата води в опалювальному приладі, за технічними характеристиками приладу складає $G_{\text{пр}} = 0,015 \text{ кг/с}$;

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

n, p – експериментальні значення показників ступеню, відповідно 0,3 та 0,02;
 $C_{\text{пр}}$ – коефіцієнт, що враховує схему приєднання опалювального приладу до трубопроводу, $C_{\text{пр}} = 1,04$.

2.6. Розрахунок площі поверхонь опалювальних приладів для всіх приміщень. Вибір типу і кількості опалювальних приладів

Тепловий потік приладу $Q_{\text{приб}}$, пропорційний площі його нагрівальної поверхні, визначається з вираження:

$$Q_{\text{приб}} = q_{\text{пр}} \cdot F_p, \text{ Вт}$$

Звідси формула розрахункової площі F_p опалювального приладу прийме вид:

$$F_p = \frac{Q_{\text{пр}}}{q_{\text{пр}}} \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 = \frac{31896}{735,9} \cdot 1,01 \cdot 1,02 = 44,7 \text{ м}^2$$

де β_1, β_2 – коефіцієнти, що враховують додаткові фактори, що впливають на тепловіддачу, відповідно 1,01 і 1,02;

$Q_{\text{пр}}$ – тепловіддача опалювального приладу в приміщенні, визначається за формулою:

$$Q_{\text{пр}} = Q_{\text{со}} - 0,9Q_{\text{тр}} = 40000 - 0,9 \cdot 9005 = 31896 \text{ Вт}$$

де $Q_{\text{со}}$ – необхідна потужність системи опалення;

$Q_{\text{тр}}$ – сумарна тепловіддача відкрито прокладених у межах приміщення стояків, підводок, до яких безпосередньо приєднаний опалювальний прилад (коефіцієнт 0,9 враховує долю теплового потоку від теплопроводів, корисну для підтримання температури повітря у приміщенні).

На практиці тепловіддачу від теплопроводів знаходять:

$$Q_{\text{тр}} = q_v \cdot l_v + q_r \cdot l_r = 110 \cdot 16 + 115 \cdot 63 = 9005 \text{ Вт}$$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При цьому використовують таблиці довідників, де наведені значення q_v , q_r – тепловіддачі 1м вертикально і горизонтально розташованих труб [Вт/м] виходячи з їх діаметра та різниці температур ($t_r - t_e$);

l_v , l_r – довжина вертикальних і горизонтальних теплопроводів у межах приміщення, м.

В якості опалювальних приладів в приміщеннях будинку встановлюємо радіатори PURMO фірми Retting Heating.

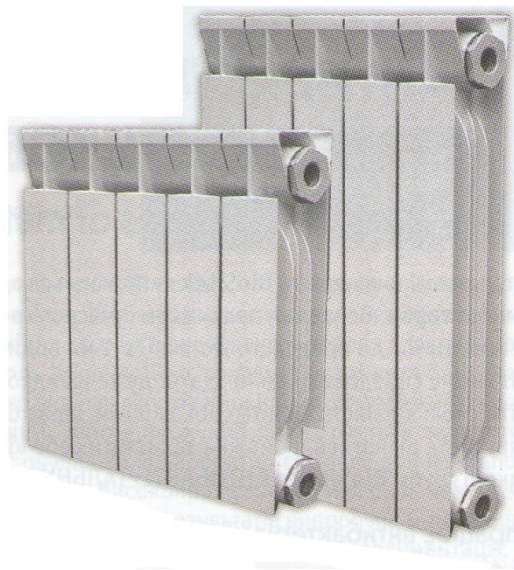


Рис. 2.1/ Радіатори PURMO фірми Retting Heating

Розрахункове число секцій радіатора визначається за формулою:

$$N_p = \frac{F_p \cdot \beta_4}{f_1 \cdot \beta_3} = \frac{44,7 \cdot 1,12}{0,5 \cdot 1} = 100,1$$

де f_1 – площа поверхні нагрівання однієї секції для радіатора PURMO фірми Retting Heating, $f_1 = 0,5 \text{ м}^2$;

β_3 – коефіцієнт, що враховує число секцій в одному радіаторі, для кількості від 3 до 15 приймається рівним 1;

β_4 – коефіцієнт, що враховує спосіб установки радіатора в приміщенні, приймається рівним 1,12.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Переваги радіаторів PURMO фірми Retting Heating:

- біметалеві, виконані за передовими світовими технологіями;
- сталеві регісторні, спеціально для великих будівельних проектів.
- не поступаються конкурентним зразкам, а за міцністю і теплотехнічними показниками перевершують більшість з них;
- придатні для встановлення в будь-яких будинках: житлових, громадських, виробничих, у тому числі висотних до 35 поверхів;
- витримують робочий тиск до 18 атм, а також динамічні стрибки тиску до 25 атм;
- не потребують спеціальної підготовки води;
- характеризуються незначним гідравлічним опором. Термін експлуатації радіаторів – не менше 40 років. Гарантія – 5 років.

Оригінальність конструкції біметалевого радіатора полягає в тому, що він складається з міцного і стійкого до електрохімічної корозії сталевого трубопроводного каркасу, оребреного зовні високоякісним алюмінієвим сплавом методом лиття під високим тиском. При цьому утворюється монолітне з'єднання, що виключає можливість контакту алюмінію з водою, а отже й корозії. Фірма Retting Heating гарантує стійкість конструкції до різких наднормативних стрибків тиску в системі протягом всього терміну експлуатації радіаторів, чого не витримує жоден алюмінієвий або чавунний виріб.

Радіатори PURMO від фірми Retting Heating адаптовані до будь-яких систем опалення житлових і виробничих приміщень з робочим тиском у системі до 18 атм. Ці радіатори не потребують спеціальної підготовки теплоносія (очищення води, коригування значення рН тощо), на відміну від аналогів.

Радіатори PURMO можна монтувати як в одно-, так і двотрубних системах центрального опалення. Тип радіаторів характеризується універсальністю приєднання до системи. Без спеціальних комплектів для приєднання можна виконувати як нижнє, так і бокове підключення радіатора у багатьох варіантах: верх-низ із правого боку, верх-низ із лівого боку, правий верх – лівий низ, лівий верх – пра-

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

вий низ, низ-низ із обох боків. Ці радіатори стандартно обладнуються термостатичними регуляторами фірм Heimeier або Oventrop з регульованою попередньою установкою.

З метою найбільш рівномірного обігріву приміщень котельні приймаємо загальну кількість радіаторів 26 шт.

2.7. Розробка аксонометричної схеми опалення

По виду теплоносія система опалення - водяна.

По способі створення циркуляції – із примусовою циркуляцією.

За схемою включення опалювальних приладів у стояк - двохтрубна.

По напрямку об'єднання опалювальних приладів система горизонтальна, тому що прилади приєднані до стояка послідовно на кожному поверсі.

Аксонометрична схема системи опалення приведена у графічній частині.

2.8. Розрахунок головного циркуляційного кільця

У даній роботі прийняте двохтрубне тупикове розведення теплопроводів системи водяного опалення зі штучним спонуканням циркуляції від насоса, установленого в приміщенні комори. Система опалення виконана з металевих труб.

Визначаємо витрати води на розрахункових ділянках $G_{уч}$, кг/год.

$$G_{уч} = (3,6 \cdot Q_{уч} / c \cdot (t_r - t_o)) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2$$

де $Q_{уч}$ – теплове навантаження ділянки, складене з теплових навантажень опалювальних приладів, Вт;

c - теплоємність води, кДж/(кг·К);

β_1 – коефіцієнт обліку додаткового теплового потоку встановлюваних опалювальних приладів за рахунок округлення рахункових величин;

β_2 - коефіцієнт обліку додаткових втрат теплоти опалювальними приладами в зовнішніх огорожень;

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

t_r – температура гарячої води, °C;

t_o – температура холодної води, що виходить зі стояка, °C.

При розрахунку головного циркуляційного кільця рекомендується передбачати запас тиску на не врахований опір, але не більше 10 % розрахункового тиску.

$$\Sigma(R \cdot l + z) - 0,9 \cdot \Delta P_p$$

Для забезпечення працездатності системи вибираємо насос ДАВ, який забезпечує напір 350 Па.

Діаметр Елемент	15	20	25	32	40
Трійник	1	1	1	1	1
Вентиль	16	10	9	9	8
Кутник 90°	1,5	1,5	1	1	0,5
½ опалювального приладу	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Тепловий насос	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5

Результати гідравлічного розрахунку трубопроводів системи опалення занесені в таблицю 2.7.

Таблиця 2.7

Гідравлічний розрахунок трубопроводів системи опалення

[illegible]

Розрахунок нев'язки втрат тиску.

Нев'язка втрат тиск у циркуляційних кільцях не повинна перевищувати 5% при попутній й 15% при тупиковому розведенні теплопроводів систем водяного опалення в розрахунку з постійними різницями температур у що подає й зворотній магістралях.

$$\Delta\delta_{\text{зап}} = (\Delta P_p - \Sigma(R \cdot l + z) / \Delta P_p) \cdot 100\%$$

$$\Delta\delta_{\text{зап}} = ((350 - 345,9) / 350) \cdot 100\% = 1,17\%$$

$$1,17\% \leq 15\%$$

Умова перевірки виконується.

Підбір циркуляційного нагнітача

Тиск циркуляційного нагнітача, кПа

$$P_H = 1,1 \cdot (\Delta P_{c.o} - 0,4 P_E)$$

де $\Delta P_{c.o}$ – гідравлічний тиск, втрата тиску у системі опалення, Па;

P_E – природний тиск, Па

$$P_H = 1,1 \cdot (2,3 - 0,4 \cdot 0,43) = 2,3 \text{ кПа}$$

Витрата нагнітача

$$V = \frac{3,6 \cdot Q_{c.o}}{c \cdot (t_G - t_X) \cdot \rho} = \frac{3,6 \cdot 40000}{4,19 \cdot (85 - 65) \cdot 980} = 3,1 \text{ м}^3/\text{год.}$$

де $Q_{c.o}$ – потужність системи опалення, Вт;

c – теплоємність води, $c = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

ρ – густина води при $t = 65^\circ\text{C}$;

t_G, t_X – температура води на подачі та звороті.

Продуктивність циркуляційного нагнітача, $\text{м}^3/\text{год.}$

$$g = \frac{Q_{c.o}}{(t_G - t_X) \cdot \rho} = \frac{29207}{(85 - 65) \cdot 980} = 3,65 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Обираємо циркуляційний нагнітач – марки 32PO_e120A/B з каталогу PO_e system Grundfos.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Висновки за розділом

Проведено аналіз теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій будівлі (стін, стелі, підлоги та вікон).

Розраховано тепловий баланс приміщень 3-го та 4-го поверхів.

Для покращення теплозбереження будівлі котельні проведена заміна старого засклення на сучасні склопакети з високими енергозберігаючими показниками. Це дозволило знизити тепловтрати будівлі на 9065 Вт (або приблизно на 16%) та повністю виключити втрати теплоти на інфільтрацію через віконні рами.

Визначено потужність системи опалення. З урахуванням теплового балансу після модернізації вікон, розрахункова нестача теплоти становить 36446 Вт. Для забезпечення надійної роботи системи у найбільш холодний період прийнято встановлену потужність системи опалення на рівні 40 кВт.

Обрано технічне рішення системи. Спроектовано двотрубну горизонтальну систему опалення з примусовою циркуляцією теплоносія. Як опалювальні прилади обрано сталеві біметалеві радіатори PURMO фірми Retting Heating у кількості 26 шт., що відзначаються високою міцністю (робочий тиск до 18 атм) та тривалим терміном експлуатації.

Виконано гідравлічний розрахунок, який підтвердив працездатність системи. Сумарні втрати тиску в головному циркуляційному кільці становлять 345,89 Па. Величина нев'язки втрат тиску в кільцях складає 1,17%, що значно прийнятне для тупикових систем. Для забезпечення циркуляції підібрано насос марки Grundfos 32POe120A/B.

Розроблена система забезпечує підтримку нормованих параметрів мікроклімату при оптимальних витратах паливно-енергетичних ресурсів.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1

Розрахунок тепловитрат

№	Назва прим	Площа, м ²	(t _в -t _{бн})	R стіни	R вікна	F ст	F вік	Σβi	Орієнтація	Q стіни	Q вікна	ΣQ
1	Склад	33,5	38	0,499	0,367	15,5		1,23	ПН	1451,84	0,00	1451,84
	2 стіна		38	0,499	0,367	33		1,18	ПН/ЗХ	2965,37	0,00	2965,37
	3 стіна		38	0,499	0,367	11,5	4	1,13	ПД	989,60	468,01	1457,61
2	Склад	30,2	38	0,499	0,367	14,8		1,23	ПН	1386,28	0,00	1386,28
	2 стіна		38	0,499	0,367	10,3	4,5	1,13	ПД	886,34	526,51	1412,85
3	Майстерня	61,8	38	0,499	0,367	21,6	9	1,13	ПД	1858,73	1053,02	2911,75
4	Кімната старшого майстра	21,8	38	0,499	0,367	11,3	3,6	1,13	ПД	972,39	421,21	1393,60
5	Кімната майстра	21,8	38	0,499	0,367	11,3	3,6	1,13	ПД	972,39	421,21	1393,60
6	Кімната майстра	21,8	38	0,499	0,367	11,3	3,6	1,13	ПД	972,39	421,21	1393,60
7	Склад	21,7	38	0,499	0,367	11,2	3,6	1,13	ПД	963,78	421,21	1384,99
8	Кабінет	24	38	0,499	0,367	12,7	3,6	1,13	ПД	1092,86	421,21	1514,07
9	Інженерна	25,8	38	0,499	0,367	9,7	3,6	1,13	ПД	834,71	421,21	1255,92
10	Кімната відпочинку	60,7	38	0,499	0,367	24,5	5,4	1,13	ПД	2108,28	631,81	2740,09
11	Санвузол	19,1	38	0,499	0,367	9,7	4,5	1,13	ПД	834,71	526,51	1361,22
12	Кабінет	42,8	38	0,499	0,367	22,2	9	1,13	ПД	1910,36	1053,02	2963,38
13	Кабінет	22,2	38	0,499	0,367	11,5	4,5	1,13	ПД	989,60	526,51	1516,11
14	Кабінет начальника КТЦ	19,3	38	0,499	0,367	9,4	4,5	1,13	ПД	808,89	526,51	1335,40
	2 стіна		38	0,499	0,367	17,1	3,6	1,18	ПД/СХ	1536,60	439,85	1976,45
15	Кабінет начальника КТЦ	11,5	38	0,499	0,367	5,9	3,6	1,18	ПД/СХ	530,17	439,85	970,02

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1. Визначення кількості повітря для видалення з приміщень

Згідно вимог ДБН В.2.5-67:2013, ДСН 3.3.6.042-99 та технологічних умов, кратність повітрообміну для виробничих цехів складає 3 год⁻¹.

Визначаємо необхідний повітрообмін в приміщенні котельні:

$$L = m \cdot V, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де m – кратність повітрообміну;

V – кількість повітря, що необхідно видалити з приміщення.

$$L = m \cdot V = 3 \cdot 2365 = 7095 \text{ м}^3/\text{год.}$$

3.2. Аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи

Аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи виконується для визначення та вибору діаметру регулюючих повітроводів, пристроїв і збуджувачів руху повітря. Порядок розрахунку наступний:

1. Компонуємо вентиляційну систему. При цьому уніфіковані трійники так, щоб витрата повітря в бічному відгалуженні була не більше витрати в прохідній частині трійника.

2. Будуємо аксонометричну схему вентиляційної системи та позначаємо відомі витрати на ділянках. Вирішуємо послідовно рівняння витрат мас повітря у вузлах, знаходимо витрати на всіх ділянках і необхідну загальну витрату повітря.

3. Використовуючи номограму для визначення питомих втрат тиску на тертя для труб при швидкостях руху повітря 4 ...25 м/с, по швидкостям і витратам повітря намічаємо діаметри повітроводів і остаточно приймаємо їх діаметр після зіставлення з діаметрами уніфікованих трійників.

4. Для підбору вентиляторів проводимо аеродинамічний розрахунок відповідних ділянок систем.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Аеродинамічний розрахунок приведено в таблиці 3.1. та 3.2.

За результатами аеродинамічного розрахунку систем підбираємо необхідні витяжні вентилятори.

Для 3-го і 4-го поверхів: розрахунок приведено у таблиці 3.3, 3.4.

Таблиця 3.3

Характеристика опалювально–вентиляційного обладнання

Найменування приміщення, що обслуговується (обладнання)	Тип	Вентилятор				
		Виконання	Положення	L, м³/год.	P, Па	n, об/хв.
Приплив в приміщення категорії «В»	3100	1	Прб	7350	1400	1450
Витяжна система в приміщення категорії «Б»		1	Прб	7100	2000	1450

Таблиця 3.4

Найменування приміщення, що обслуговується (обладнання)	Тип	Електродвигун	
		N, кВт	n, об/хв.
Приплив в приміщення категорії «В»	4A12M4	5	1450
Витяжна система в приміщення категорії «Б»	4A160I4	7	1450

3.3. Розрахунок припливної вентиляції

Кількість повітря, що подається в КППРВ, дорівнює кількості повітря, що видаляється з КППРВ місцевою вентиляцією $V = 7350 \text{ м}^3/\text{год.}$

$$G = \frac{\rho V}{3600} = \frac{7350 \cdot 1,127}{3600} = 2,3 \text{ кг/с,}$$

де $\rho = 1,127 \text{ кг/м}^3$ густина повітря

Витрати теплоти, що видаляються з повітрям місцевою вентиляцією

$$Q_{\text{мв}} = G \cdot C_p \cdot (t_{\text{пов}} + t_{\text{з.п.}}) = 2,3 \cdot 1,2 \cdot 10^3 \cdot (15 + 20) = 96600 \text{ Вт.}$$

Загальне навантаження на кондиціонери:

$$Q_3 = Q_{\text{мв}} + Q_{\text{ц}} = 104880 + 55000 = 159880 \text{ Вт,}$$

де $Q_{\text{ц}} = 55000 \text{ Вт}$ – загальні теплові втрати.

Загальна витрата повітря крізь систему:

$$G_3 = \frac{Q_3}{C_p \cdot (t_{\text{пов}} - t_{\text{з.п.}})} = \frac{159880}{1,2 \cdot 10^3 \cdot (15 + 20)} = 3,81 \text{ кг/с}$$

Витрата води на кондиціонери:

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_3}{C_p \cdot (t_{\text{вх}} - t_{\text{вих}})} = \frac{159880}{4,1868 \cdot 10^3 (18 + 20)} = 1,09 \text{ кг/с}$$

3.4. Підбір калориферів для системи вентиляції

Калорифери призначаються для нагрівання повітря в системах вентиляції і повітряного опалення. Виготовлюються калорифери двох моделей: середньої – марок КФС, КМС, КФСО та великої – КФБ, КМБ, КФБО і КВБ. Калорифери КФСО і КФБО – поребрені, інші – пластинчаті. За рухом теплоносія калорифери поділяються на однокходові та багатокходові.

Поверхня нагріву калориферної установки F , м^2 , визначається за формулою:

$$F = \frac{Q_3}{k \cdot (t_{\text{срт}} - t_{\text{срв}})} = \frac{159880}{32,2 \cdot (110 + 17,5)} = 53,68 \text{ м}^2,$$

де $t_{\text{срт}}, t_{\text{срв}}$ – середньоарифметичне значення температур теплоносія та повітря, $^{\circ}\text{C}$;

k – коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$, визначається за формулою:

$$k = 22,6 \cdot \omega \rho^{0,394} \cdot \omega_T^{0,201} = 22,6 \cdot 5^{0,394} \cdot 0,25^{0,201} = 32,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де $\omega\rho$ – масова швидкість повітря, приймається рівною 7...12 кг/(м²·с) для пластинчатих і 3...5 кг/(м²·с) для поребрих калориферів;

$\omega_t = 0,25$ м/с – швидкість води в трубках калорифера.

Якщо технічна характеристика розраховуємого калорифера відома, масова швидкість повітря в калорифері $\omega\rho$, кг/(м²·с) визначається із виразу:

$$\omega\rho = \frac{G_3}{f},$$

де G_3 – витрати повітря через систему, кг/с;

f – переріз калорифера для проходу повітря, м².

$$\omega\rho = \frac{3,81}{0,0913 \cdot 10} = 4,17 \text{ кг/(м}^2\cdot\text{с)},$$

де 10 – кількість секцій калорифера, шт.

Опір руху повітря в калорифері:

$$H_k = 80,51 \quad \omega\rho^{2,01} = 3,28 \quad 4,17^{2,01} = 1400 \text{ Па}$$

За результатами розрахунку системи підбираємо необхідний припливний вентилятор.

Таблиця 3.5

Найменування приміщення, що обслуговується (обладнання)	Тип	Повітропідігрівач				
		N	Витрати тепла, кВт	Температура підігріву		P, Па
				від	до	
Приплив в приміщення категорії «В»	ВН-2	1	96,7	-20	+15	1400

Таблиця 3.6

Найменування приміщення, що обслуговується (обладнання)	Тип	Повітроохолоджувач				
		N	Витрати тепла, кВт	Температура холоду		P, Па
				від	до	
Приплив в приміщення категорії «В»	ВН-2	1	426,0	+27	-21	23,5

3.5. Розрахунок повітроводів системи вентиляції на міцність

Матеріали повітроводів вентиляційних систем обирають в залежності від транспортуємого середовища. Найчастіше деталі та обладнання вентиляційних систем, а також елементи кріплення виготовляють зі сталі. В деяких випадках, коли системи існують для роботи в особливих умовах, їх виконують з алюмінію, міді та різних сплавів.

Деталі вентиляційних систем частіше виготовляють з вуглецевої сталі. Якості вуглецевої сталі залежать від вмісту в ній вуглецю. Чим більше в сталі вуглецю, тим вона й міцніша. Але при вмісті вуглецю понад 0,9% міцність сталі зменшується, так як вона стає крихкою.

При виготовленні та монтажу вентиляційних систем деколи необхідно застосовувати деталі високої міцності, а також деталі, що мають інші якості. Для цього сталь піддають термічній обробці – закалюванню, відпуску, випалюванню, цементації.

При виготовленні деталей кріплення, опор, арматури систем промислової вентиляції використовують сортовий, фасонний та листовий сталевий прокат.

До сортового прокату відносять: стрічкова (ДСТУ 4747:2007), квадратна (ДСТУ 4746:2007) та кругла (ДСТУ 4738:2007) сталі.

Стрічкову сталь шириною від 12 до 100 мм, товщиною від 4 до 16 мм використовують для виготовлення хомутиків, підвісок, фланців.

З круглої сталі діаметром від 5 до 36 мм виготовляють тяги для підвішування повітроводів, фундаментних болтів для кріплення вентиляторів, повітронегрівачів та іншого обладнання.

Квадратну сталь зі сторонами від 5 до 36 мм застосовують при виготовленні тяг та інших деталей.

Для виготовлення вентиляційних систем застосовують: порівну, порівну оцинковану, тонколистову, тонколистову оцинковану сталь.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Порівню сталь отримують з м'якої сталі, що легко піддається обробці. В залежності від частоти обробки поверхні покривна сталь буває I, II і III класу гатунку. Листи покривної сталі випускають розміром від 500×1000 до 2000×6000 мм.

Покривна оцинкована сталь покрита з обох сторін цинком, який захищає її від корозії.

Товщина листа тонколистової сталі, як не оцинкованої, так і оцинкованої, складає від 0,5 до 3,9 мм, ширина від 600 до 2000 мм, довжина – від 1200 до 6000мм.

З тонколистової рулонної холоднокатаної вуглецевої сталі (ТУ 14-3-460:2009) товщиною 0,6; 0,8; 1; 1,2; 1,5; 2 мм, шириною 100, 400, 625, 750 і 1200 мм виготовляють вентиляційні повітроводи. Маса рулону не перевищує 6 т.

Для того, щоб визначити міцність вентиляційних повітроводів, використовують формулу:

$$S = \frac{P \cdot D_n}{2\varphi\sigma_{\text{доп}} + P} + c_1 + c_2, \text{ мм},$$

де P – розрахунковий внутрішній тиск, МПа;

D_n – зовнішній діаметр, мм;

φ – коефіцієнт міцності зварного шву;

$\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження при розрахунковій температурі, МПа;

c_1 – прибавка до товщини стінки для компенсації корозії та спрацювання (приймається за картами проектування, або за галузевими нормативними документами), мм;

c_2 – технологічна прибавка (приймається за стандартами та технічними умовами), мм.

Розрахунок зведений до таблиці 3.7.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок повітроводів системи вентиляції на міцність

№ поверху	Розрахунковий внутрішній тиск P , Па	Зовнішній діаметр D_n , м	Коефіцієнт міцності зварного шву φ	Допустиме напруження $\sigma_{\text{доп}}$, Па	Технологічна прибавка, мм		S , мм
					c_1	c_2	
III	311,5	0,35	0,8	0,38	0,01	1,25	1,6
IV	58,8	0,15	0,8	0,38	0,01	1,25	1,6

Висновки за розділом

Розробка системи базується на вимогах чинних нормативних документів, зокрема ДБН В.2.5-67:2013 та ДСН 3.3.6.042-99, згідно з якими кратність повітрообміну для виробничих цехів прийнята на рівні 3 год^{-1} .

Проведений аеродинамічний розрахунок дозволив визначити оптимальні параметри повітроводів та сумарні втрати тиску в мережах: для припливної системи П-1 вони становлять 1367,8 Па, а для витяжної системи В-1 — 1974,8 Па (з урахуванням 15% запасу). Ці дані стали базою для підбору вентиляційного обладнання, а саме припливної установки продуктивністю $7350 \text{ м}^3/\text{год}$ (тиск 1400 Па) та витяжної системи для приміщень категорії «Б» продуктивністю $7100 \text{ м}^3/\text{год}$ (тиск 2000 Па).

Важливою складовою проєкту є забезпечення теплового режиму припливного повітря. Для цього обґрунтовано використання калорифера типу ВН-2 тепловою потужністю 96,7 кВт, який забезпечує підігрів зовнішнього повітря від -20°C до $+15^\circ\text{C}$. Також у розрахунках враховано потребу в охолодженні повітря з потужністю 426 кВт для підтримки комфортних умов у теплий період року. Загальне теплове навантаження на систему припливної вентиляції визначено з урахуванням загальних тепловтрат будівлі, що становлять 55000 Вт.

Конструктивне виконання системи передбачає використання повітроводів із тонколистової рулонної холоднокатаної вуглецевої сталі, що характеризується високою міцністю та стійкістю до експлуатаційних навантажень.

Виконаний розрахунок на міцність підтвердив, що при максимальному внутрішньому тиску до 311,5 Па товщина стінки повітроводів на рівні 1,6 мм є достатньою для надійної та безпечної роботи системи на всіх поверхах будівлі.

Такий підхід забезпечує стабільну роботу вентиляції та дотримання санітарно-гігієнічних норм на виробничому об'єкті.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

№	Номер приміщення	Назва приміщення	Об'єм приміщення, м³	Категорія вибухо-пожежобезпеки	Температура повітря, що надходить, °С	Температура повітря, що виходить, °С	Теплопостачання в приміщення, ккал/год.	Розрядження мм вод. ст.	Повітрообмін м³/год,		Прийнятий повітрообмін					
									По кратності	По теплу	Приплив		Витяжка			
											Кількість, м³/год	Позн. приміщення	Кількість, м³/год	Позн. приміщення		
Від. 0.000																
1	C152	припливна венткамера комплексу	150	Д	+21	+35	-	+5	450	-	450	-	1TL76D01(D02)	-	-	-
2	C125/2	коридор	363	Д	+21	+21	-	-	1090	-	2040	-	TL71(існ)	-	-	-
3	C125/4	коридор	77	Д	+21	+21	-	-	230	-	2040	-	TL71(існ)	-		
4	C153/1	баку та насосів конденсату	110	Д	+21	+35	2800	-	330	700	2800	-	1TL76D01(D02)	-	2800	1TL54D01(D02)
5	C153/2	вузла проб відбору	40	Д	+21	+35	300	-5	120	80	-	400	TL71(існ)	440	-	1TL54D01(D02)
6	C174/1	блоку розфасовки та транспортування	106	Д	+21	+35	4000	-5	320	1000	-	3500	1TL76D01(D02)	3250	-	1TL54D01(D02)
7	C174/2	баку організованих протічок	60	Д	+21	+35	710	-5	180	180	-	1640	TL71(існ)	-	1690	1TL54D01(D02)
8	C155	КВП КПРРВ	70	Д	+21	+25	-	+5	510	-	1350	-	1TL76D01(D02)	1150	-	TL51(існ)
9	C196	місцевого щиту управління	23	Д	+21	+25	-	+5	520	--	700	-	1TL76D01(D02)	630	-	TL51(існ)

№	Номер приміщення	Назва приміщення	Об'єм приміщення, м³	Категорія вибухо-пожежобезпеки	Температура повітря, що надходить, °С	Температура повітря, що виходить, °С	Теплопостачання в приміщення, ккал/год.	Розрядження мм вод. ст.	Повітрообмін м³/год,		Прийнятий повітрообмін					
									По кратності	По теплу	Приплив		Витяжка			
											Кількість, м³/год		Позн. приміщення	Кількість, м³/год		Позн. приміщення
10	C125/5	тамбур	25		+21	+35	-	-	75	-	250	-	1TL76D01(D02)	-	250	1TL54D01(D02)
11	C174/3	насосів організованих протічок	52	Д	+21	+35	400	-5	160	100	-	1690	1TL76D01(D02)	1750	-	1TL54D01(D02)
Від. + 4.800																
12	C234/1	блоку випарника	157	Д	+21	+35	5200	-5	470	1300	-	3850	1TL76D01(D02)	3990	-	1TL54D01(D02)
13	C234/2	манжусів первинного розчину	157	Д	+21	+35	7100	-5	470	1750	-	1750	1TL76D01(D02)	1890	-	1TL54D01(D02)
14	C235/1	венткамери	65	Д	+21	+35	100	-	200	25	600	-	1TL76D01(D02)	-	600	1TL54D01(D02)
15	C235/2	венткамери	76	Д	+21	+35	100	-5	230	25	-	440	TL71(існ)	490	-	1TL54D01(D02)
16	C236/1	тамбур	39	Д	+21	+35	-	-	120	-	-	250	TL72(існ)	-	-	-
17	C236/2	обслуговування приводів	51	Д	+21	+35	100	-	160	25	-	160	TL72(існ)	160	-	
18	C218	обслуговування контейнерів	115	Д	+21	+35	100	-	350	25	-	540	TL72(існ)	540	-	
19	C216/2	коридор чистий	311	Д	+21	+21	-	-	950	-	950	-	TL72(існ)	-	-	-
20	C236/3	РК	26	Д	+21	+25	-	+5	80	-	350	-	1TL76D01(D02)	300	-	TL51(існ)

№	Номер приміщення	Назва приміщення	Об'єм приміщення, м³	Категорія вибухо-пожежобезпеки	Температура повітря, що надходить, °С	Температура повітря, що виходить, °С	Теплопостачання в приміщення, ккал/год.	Розрядження мм вод. ст.	Повітрообмін м³/год,		Прийнятий повітрообмін					
									По кратності	По теплу	Приплив		Витяжка			
											Кількість, м³/год	Позн. приміщення	Кількість, м³/год	Позн. приміщення		
Від. + 9.000																
21	C307/1	фільтру ФАРТОС	31	Д	+21	+35	-	-	100	-	-	350	1TL76D01(D02)	350	-	1TL54D01(D02)
22	C307/2	вимірника реагентів	31	Д	+21	+35	-	-	100	-	350	-		-	350	1TL54D01(D02)
23	C337/1	РК	29	Д	+21	+25	-	+5	90		300	-	1TL76D01(D02)	270	-	1TL54D01(D02)
24	C337/1	резервне	29	Д	+21	+35	-		90		-	110	TL73(існ)	110	-	1TL54D01(D02)
25	C338/2	обслуговування контейнерів	275	Д	+21	+35	100	-	830	25	3700	-	TL73(існ)	370	-	TL51(існ)

Таблица 3.2

Аеродинамічний розрахунок повітроводів

№ ділянки точок приєднання	Витрати повітря, L, м³/год.	Розмір повітроводу		Діаметр повітроводів, d _{ек} , м	Довжина ділянки, l, м	Еквівалентна шорткість, k _{ек} , м	Швидкість повітря, v, м/с	Динамічний тиск, $\frac{\rho \cdot v^2}{2}$ Па	Витрати тиску на тертя на 1м повітроводу, R, Па/м	Витрати тиску на тертя по довжині пов. Rl, Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів, $\sum \xi$	Витрати тиску на тертя, Z, Па	Витрати тиску на діл., (Rl+Z), Па	Сумарні витрати тиску, підсумкові (з запасом 15%), Па
		A, мм	B мм											
II - 1														
1 - 2	300	100	180	129	8	0,1	4,63	12,99	2,34	18,74	2	25,88	44,72	51,43
2 - 3	650	100	400	160	24	0,1	4,51	12,35	1,62	38,89	4,5	38,79	69,38	94,45
3 – 4	1600	140	710	234	14	0,1	4,47	12,12	0,97	13,59	6	72,69	86,28	99,82
4 - 5	3900	224	1000	366	15	0,1	4,84	14,17	0,65	9,75	7,5	106,31	116,05	133,46
5 - 6	6700	280	1000	438	6	0,1	6,65	26,77	0,96	5,76	8	214,2	219,90	252,93
6 - 7	7350	315	1000	479	4	0,1	6,48	25,46	0,82	3,3	25	636,5	639,80	735,70
Σ	1367,8													
B - 1														
ділянка 1 - 2	3990	140	710	234	12	0,1	11,15	75,34	5,53	66,37	3,5	263,70	330,07	380,31
2 - 3	6370	160	1000	276	26	0,1	11,06	74,12	4,39	114,03	5,5	407,63	512,66	599,91
3 -4	7100	180	1000	305	15	0,1	10,96	72,75	3,82	57,34	11,1	807,54	864,87	994,60
Σ	1974,82													

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ГАРЯЧОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1. Розрахунок кількості тепла на гаряче водопостачання

Тепловий потік Q_T^h (Q_{hr}^h), кВт, за період (доба, зміна) максимального водоспоживання на потреби гарячого водопостачання (з урахуванням тепловтрат) потрібно розраховувати за наступними формулами:

а) впродовж середньої години

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

б) впродовж години максимального споживання

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

Максимальна годинна витрата води q_{hr} м³/год., необхідно розраховувати за наступною формулою:

$$q_{hr} = 0,005 q_{0,hr} \alpha_{hr},$$

де α_{hr} - коефіцієнт, визначаємо згідно рекомендуемого додатку в залежності від загальної кількості приладів N і ймовірність використання приладу p.

$$\alpha_{hr} = 1,57 \text{ (ДБН В.2.5-64-2012);}$$

$t^c = 5^\circ\text{C}$ – температура холодної води;

$Q^{ht} = 3\text{кВт}$ - витрати у магістральному трубопроводі.

Впродовж максимальної години водоспоживання витрати тепла дорівнюють:

$$Q_{hr}^h = 1,16 q_{hr}^h (55 - t^c) + Q^{ht} = 1,16 \cdot 0,005 \cdot 141,4 \cdot (55 - 5) + 3 = 44\text{кВт}$$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4.2. Розробка утилізаційного водопідігрівача для систем опалення і гарячого водопостачання

4.2.1. Опис утилізаційного водопідігрівача

Утилізаційний водопідігрівач призначений для підігріву води для систем опалення і гарячого водопостачання у ІТП, тим самим зменшуючи затрати пального для виробництва теплової енергії для цих систем. Він складається із теплообмінного пакета, що встановлюються за конвективно-радіаційною поверхнею топки.

Утилізаційний водопідігрівач утворюють з горизонтальних неоребраних труб діаметром 57х3,5 мм, з'єднаних зваренням з двома вертикальними стояками.

Вода, що нагрівається, рухається по трубкам і робить у теплообміннику два ходи. Гріючі гази обтікають трубки ззовні і виконують один хід.

4.2.2. Геометричні параметри поверхні теплообміну додаткової секції

Розташування труб у поверхні шахове.

Діаметр труб $d_{тр} = 57$ мм

Товщина стінки труби $\delta = 3,5$ мм

Внутрішній діаметр труби $d_{вн} = 50$ мм

Кроки:

- поздовжній $S_2 = 67$ мм;

- поперечний $S_1 = 71$ мм

Діагональний крок, м:

$$s_{2Д} = \sqrt{(s_1)^2 0,25 + s_2^2} = 0,076$$

Відносні кроки:

- поздовжній $\sigma_2 = \frac{s_2}{d} = 1,175$

- поперечний $\sigma_1 = \frac{s_1}{d} = 1,246$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Відносний діагональний крок:

$$\sigma_{2Д} = \sqrt{(\sigma_1)^2 0,25 + \sigma_2^2} = 1,33$$

Параметр пучку

$$\varphi_{\sigma} = \frac{\sigma_1 - 1}{\sigma_{2Д} - 1} = 0,744$$

Довжина труби $L = 2,2$ м

Висота пакету $H = 1,4$ м

Площа поверхні нагрівання однієї труби, m^2 :

$$H_{гЛ1} = \pi \cdot d \cdot L = 0,394$$

Коефіцієнт вільного проходу газів

$$\omega = \frac{s_1 - d}{d} = 0,246$$

Площа газоходу, m^2

$$F_{\Gamma} = L \cdot H = 2,97$$

Площа живого перетину для проходу газів, m^2

$$F_{ГЖ} = F_{\Gamma} \cdot \omega = 0,729$$

Кількість труб одного ряду

$$z_1 = \frac{H}{s_1} = 20$$

Площа поверхні нагріву одного ряду з газової сторони, m^2

$$H_p = H_{гЛ1} \cdot z_1 = 7,485$$

4.2.3. Параметри теплоносіїв

Температура й ентальпія газів на виході з топки (на вході до поверхні нагріву):

$$t' = 535^{\circ}C ; I_{\Gamma}' = 8821 \text{ кДж/м}^3$$

Температура й ентальпія газів на виході з поверхні нагріву:

$$t'' = 190^{\circ}C ; I_{\Gamma}'' = 3006 \text{ кДж/м}^3$$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Присоси повітря в поверхні нагріву $\Delta \alpha = 0,025$

Температура води на вході до пакету $t_{в\text{ вх}} = 70^\circ\text{C}$

Температура води на виході пакету $t_{в\text{ вих}} = 95^\circ\text{C}$

Витрата води $G_{вп} = 0,758 \text{ кг/с}$

4.2.4. Розрахунок параметрів додаткової конвективної поверхні нагріву

Тепло, віддане газами по рівнянню теплового балансу:

$$Q_6 = \varphi \cdot (I_{г''} - I_{г''} + \Delta \alpha \cdot I_{прс}) = 0,976 \cdot (8821 - 3006 + 0,025 \cdot 384) = 5684 \text{ кДж/м}^3 \\ \text{або } 79,6 \text{ кВт}$$

Середня температура потоку газів у котельному пучку:

$$v_{\text{порівн}} = (v^1 + v^{11})/2 = (931 + 320)/2 = 363 \text{ }^\circ\text{C}$$

Швидкість димових газів:

$$W_{г} = \frac{B_{р} \cdot V_{г} \cdot (v_{ср} + 273)}{3600 \cdot F_{гж} \cdot 273} = \frac{0,014 \cdot 11,442 \cdot (363 + 273)}{3600 \cdot 0,729 \cdot 273} = 3,62 \text{ м/с}$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_{к} = \alpha_{н} \cdot c_z \cdot c_s \cdot c_{\phi} = 117,3 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 120,7 \text{ кДж/м}^2\text{год } ^\circ\text{C},$$

де $\alpha_{н}$ - значення коефіцієнта за номограмою;

c_z - виправлення на число труб по ходу газів;

c_s - виправлення на геометричне компоновання пучка;

c_{ϕ} - виправлення на температуру потоку.

Ефективна товщина випромінюючого шару:

$$S = 0,9d(4/\pi \cdot S_2/d^2 - 1) = 0,9 \cdot 0,057 \cdot (4/3,14 \cdot 0,071/0,057^2 - 1) = 1,38 \text{ м}$$

Добуток:

$$P_{п}S = 0,277 \cdot 1,38 = 0,38 \text{ мкгс/см}^2$$

Коефіцієнт ослаблення променів трьохатомними газами $k_{г} = 31/(\text{мкгс/см}^2)$

Сумарна оптична товщина продуктів згоряння: $a = f(K_{ps})$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням:

$$\alpha_{\text{л}} = \alpha_{\text{н}} \cdot C_{\text{з}} = 330,0 \cdot 0,15 \cdot 0,975 = 48,4 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C})$$

Коефіцієнт використання, що враховує зменшення теплосприйняття поверхні нагрівання внаслідок нерівномірного омивання її газами, часткового перетікання газів крім неї й утворення застійних зон: $\zeta = 1,0$

Коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки:

$$\alpha_1 = \xi(\alpha_{\text{к}} + \alpha_{\text{л}}) = 1,0 \cdot (120,7 + 48,4) = 169,1 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C})$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \psi \cdot \alpha_1 = 0,85 \cdot 169,1 = 143,74 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C})$$

Коефіцієнт теплової ефективності при $\Theta^1 > 400 ^\circ\text{C}$:

$$\psi = 0,85$$

Температурний напір:

$$\Delta t := \frac{\Delta t_{\text{с}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{с}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = 246,29$$

Площа поверхні теплообміну додаткової поверхні, м^2

$$H = Q_{\text{с}} / (K \Delta t) = 14,7$$

Кількість рядів у теплообмінній секції по ходу газів

$$z_2 = H / H_{\text{г1}} = 1,96$$

Приймаємо число рядів труб по ходу газів $z_2 = 2$.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

4.2.5. Розрахунок параметрів додаткової конвективної поверхні нагріву при зменшенні режиму роботи котла

У Розділі 2 було розглянуто роботу котла при зменшенні його тепловиробності, коли зменшуються витрати палива та повітря. Розглянемо роботу додаткової конвективної поверхні у цих умовах.

Швидкість димових газів:

$$W_{\Gamma} = \frac{B_P \cdot V_{\Gamma} \cdot (v_{cp} + 273)}{3600 \cdot F_{\Gamma Ж} \cdot 273} = \frac{0,011 \cdot 11,442 \cdot (363 + 273)}{3600 \cdot 0,729 \cdot 273} = 2,84 \text{ м/с}$$

Коефіцієнт тепловіддачі конвекцією:

$$\alpha_{\kappa} = \alpha_n \cdot c_z \cdot c_s \cdot c_{\phi} = 97,5 \cdot 1,0 \cdot 1,0 \cdot 1,03 = 100,6 \text{ кДж/ (м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C)},$$

де α_n - значення коефіцієнта за номограмою;

c_z - виправлення на число труб по ходу газів;

c_s - виправлення на геометричне компоновання пучка;

c_{ϕ} - виправлення на температуру потоку

Ефективна товщина випромінюючого шару:

$$S = 0,9d \cdot (4/\pi \cdot S_2/d^2 - 1) = 0,9 \cdot 0,057 \cdot (4/3,14 \cdot 0,071/0,057^2 - 1) = 1,38 \text{ м}$$

Добуток:

$$P_{\Pi} S = 0,277 \cdot 1,38 = 0,38 \text{ мкгс/см}^2$$

Коефіцієнт ослаблення променів трьохатомними газами: $k_r = 31/(\text{мкгс/см}^2)$

Сумарна оптична товщина продуктів згоряння: $a = f(Kps)$

Коефіцієнт тепловіддачі випромінюванням:

$$\alpha_{\lambda} = \alpha_n \cdot a \cdot C_{\varepsilon} = 330,0 \cdot 0,15 \cdot 0,975 = 48,4 \text{ кДж/(м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C)}$$

Коефіцієнт використання, що враховує зменшення теплосприйяття поверхні нагрівання внаслідок нерівномірного омивання її газами, часткового перетікання газів крім неї й утворення застійних зон: $\zeta = 1,0$

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Коефіцієнт тепловіддачі від газів до стінки:

$$\alpha_1 = \xi(\alpha_k + \alpha_{\text{л}}) = 1,0 \cdot (100,6 + 48,4) = 149 \text{ кДж}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C})$$

Коефіцієнт теплопередачі:

$$K = \psi \cdot \alpha_1 = 0,85 \cdot 149 = 126 \text{ ккал}/(\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^\circ\text{C})$$

Коефіцієнт теплової ефективності при $\Theta^1 > 400 ^\circ\text{C}$: $\psi = 0,85$

Температурний напір (попереднє значення):

$$\Delta t := \frac{\Delta t_{\text{с}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{с}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = 246,29$$

Теплосприйняття котельного пучка по рівнянню теплопередачі:

$$Q_{\text{топ}} = K H \Delta t = 126 \cdot 14,7 \cdot 246,29 / 105,3 = 67,3 \text{ кВт}$$

Висновки за розділом

На основі проведених розрахунків у четвертому розділі, присвяченому розробці системи гарячого водопостачання (ГВП) та впровадженню утилізаційних технологій, можна зробити такі висновки:

Визначено розрахункові навантаження на систему ГВП. Відповідно до нормативних вимог (ДБН В.2.5-64-2012), проведено розрахунок теплового потоку та максимальної годинної витрати води. Це дозволило встановити необхідну потужність системи для забезпечення споживачів гарячою водою у години максимального водоспоживання.

Обґрунтовано впровадження утилізаційного водопідігрівача. Для підвищення енергоефективності котельні запропоновано використання утилізаційного обладнання в індивідуальних теплових пунктах (ІТП). Дане рішення спрямоване на попередній підігрів води для потреб опалення та ГВП, що дозволяє суттєво зменшити питомі витрати палива на виробництво теплової енергії.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Виконано розрахунок додаткової конвективної поверхні нагріву. Проведено детальний аналіз роботи теплообмінної поверхні, включаючи визначення коефіцієнтів тепловіддачі конвекцією та ефективної товщини випромінюючого шару. Розрахунки підтвердили ефективність теплообміну при використанні поребрих поверхонь або специфічних компоновок пучків труб.

Проаналізовано роботу системи в перемінних режимах. Особливу увагу приділено функціонуванню утилізаційної установки при зменшенні теплопродуктивності котла (зниженні витрат палива та повітря). Розрахунки параметрів димових газів та коефіцієнтів теплопередачі довели, що розроблена поверхня зберігає свою ефективність навіть при роботі на знижених навантаженнях, забезпечуючи стабільний підігрів теплоносія.

Розрахунок сумарної оптичної товщини продуктів згоряння та коефіцієнтів ослаблення променів триатомними газами дозволив точно визначити параметри теплопередачі, що гарантує надійність роботи утилізаційного блоку у складі загальної системи теплопостачання котельні.

Впровадження розробленої системи ГВП із блоком утилізації тепла дозволяє досягти високих показників енергозбереження та підвищити загальний ККД теплогенеруючої установки.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів у котельному відділенні

Робота в котельному відділенні ТЕЦ пов'язана з експлуатацією обладнання під високим тиском, використанням палива та значними тепловими навантаженнями. Забезпечення безпеки персоналу вимагає чіткої ідентифікації ризиків та впровадження системних заходів захисту.

Фізичні небезпечні фактори

Найбільшу загрозу в котельні становлять об'єкти, що перебувають під високим тиском.

Вибухонебезпечність: Порушення герметичності котлів або трубопроводів може призвести до аварійного виходу пари чи гарячої води.

Висока температура поверхонь: Обладнання та трубопроводи системи опалення мають високу температуру, що створює ризик термічних опіків при контакті.

Рухомі частини механізмів: Обертові елементи припливно-витяжних вентиляторів та мережевих насосів (наприклад, Grundfos) можуть спричинити травмування при недотриманні правил огороження.

Електричний струм: Використання потужних електродвигунів (4,5–7 кВт) для систем вентиляції створює небезпеку ураження струмом при пошкодженні ізоляції.

Шкідливі виробничі фактори

До факторів, що тривало впливають на здоров'я персоналу, належать:

Загазованість: Ризик накопичення продуктів згоряння палива (чадний газ CO, оксиди азоту NOx) у робочій зоні.

Шум та вібрація: Робота тягодуттьових машин та насосного обладнання створює підвищений рівень шуму, що перевищує допустимі санітарні норми.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.05	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Несприятливий мікроклімат: Високі тепловиділення від обладнання (у розрахунках — понад 9 кВт внутрішніх теплонадходжень) можуть призвести до перегріву персоналу.

Шляхи боротьби з небезпеками та заходи захисту

Ефективна вентиляція та очищення повітря

Для боротьби із загазованістю та надлишковим теплом в роботі передбачена система примусової вентиляції.

Кратність повітрообміну: Згідно з нормами ДБН В.2.5-67:2013, забезпечено трикратний обмін повітря на годину для виробничих цехів.

Продуктивність: Встановлено припливну систему потужністю 7350 м³/год, що забезпечує подачу свіжого повітря, підігрітого калорифером до +15°C у зимовий період.

Видалення забруднень: Для приміщень категорії «Б» передбачена окрема витяжна система продуктивністю 7100 м³/год для швидкого видалення потенційно небезпечних сумішей.

Технічні та інженерні заходи

Термоізоляція: Усі гарячі поверхні трубопроводів та обладнання повинні бути покриті теплоізоляційними матеріалами для зниження температури на поверхні до безпечних 45 °C.

Міцність обладнання: Повітроводи систем вентиляції виготовлені з вуглецевої сталі товщиною 1,6 мм та розраховані на внутрішній тиск до 311,5 Па, що гарантує їх цілісність.

Автоматизація та моніторинг: Впровадження датчиків контролю тиску, температури та сигналізаторів загазованості дозволяє автоматично відключати подачу палива у разі аварії.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Персонал повинен бути забезпечений:

Спецодягом із вогнетривких матеріалів.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.05	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Засобами захисту органів слуху (навушники, беруші) у зонах роботи вентиляторів.

Захисними окулярами та рукавицями.

Висновок:

Запроектовані системи опалення та вентиляції відповідають вимогам безпеки. Зокрема, заміна засклення на сучасні енергозберігаючі пакети не лише зменшила тепловтрати на 16%, а й покращила герметичність будівлі, що вимагає суворого контролю за роботою припливної вентиляції для недопущення утворення застійних зон.

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.05	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблена система тепlopостачання п'ятиповерхової будівлі котельні теплоелектроцентралі площею 3,2 тис. м².

Розроблена горизонтальна двотрубна горизонтальна водяна система опалення із примусовою циркуляцією теплоносія.

За розрахунками теплового балансу в будівлі котельні була визначена теплова потужність системи водяного опалення зі штучним спонуканням та системи припливної вентиляції, розрахована площа та обрано тип опалювальних приладів (біметалеві радіатори PURMO фірми Retting Heating).

Для покращення теплозбереження будівлі котельні для засклення були використані сучасні склопакети з високими енергозберігаючими показниками, розрахований тепловий баланс.

Для роботи системи водяного опалення був підібраний мережний відцентровий насос для перекачування гарячої води.

Розроблена система вентиляції, проведений аеродинамічний розрахунок вентиляційної системи, розрахунок повітроводів системи вентиляції на міцність. Виконаний підбір калориферів.

Розроблений утилізаційний водопідігрівач, призначений для підігріву води для систем опалення і гарячого водопостачання, що зменшує затрати пального для виробництва теплової енергії для цих систем. Впровадження розробленої системи ГВП із блоком утилізації тепла дозволяє досягти високих показників енергозбереження та підвищити загальний ККД теплогенеруючої установки.

Приведені певні заходи з охорони праці, розглянуті небезпечні та шкідливі фактори на об'єкті та шляхи боротьби з ними.

					ВКР.144.42413.01.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. Буд А.Ф., Колодяжний В.В. Розрахунок та проектування систем вентиляції та кондиціювання повітря. – К. : ТОВ «Вент-сервіс», 2014. 344 с.
3. 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).
4. ДБН В.2.5-64-2012 Внутрішній водопровід і каналізація. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=29848
5. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціювання [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>.
6. ДБН В.2.5-77:2014 Котельні. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=59086
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. 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).

					ВКР.144.4241з.01.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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](https://finance.smr.gov.ua/files/Енергозбереження/dstu-n-b-v11-27-2010-budivelnaklimatologiya.pdf).

10. 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.

11. 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](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=56183) ДБН В.2.5-77:2014. Котельні.

12. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання (частина І «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

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

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

15. Пирков В. В. Сучасні теплові пункти. Автоматика та регулювання. Київ: 2007. 252 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.144.4241з.01.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		