

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 систем теплопостачання триповерхового ліцею загальною
площею 3 тис. м²

Виконав: студент групи 4241з

_____ **Шульга І.В.**
(підпис)

Керівник роботи:

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

_____ **Бондаренко М.С.**
(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

Шульги Ігоря Васильовича (підпис)

« 5 » 06 2026 р.

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

Студента Шульги Ігоря Васильовича

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка систем теплопостачання триповерхового ліцею загальною площею 3 тис. м²

Керівник роботи Бондаренко Микола Степанович, 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 триповерхової будівлі класного блоку ліцею

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

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система теплопостачання. Перелік систем, визначення параметрів та технічних характеристик енергоносіїв.
2. Розробка системи водяного опалення. Обґрунтування вибору системи опалення. Розрахунок теплової потужності системи. Тепловий розрахунок опалювальних приладів. Вибір обладнання.
3. Розробка систем вентиляції. Розрахунок системи вентиляції. Розрахунок потужності калорифера. Аеродинамічний розрахунок повітроводів.
4. Розробка калориферної установки. Опис типів водяних калориферів. Розрахунок водяних калориферів.
5. Розробка питань з охорони праці.

Охорона праці та техніка безпеки при монтажі систем опалення та вентиляції.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. План 1-го поверху системи опалення
2. Аксометрична схема системи опалення
3. План 2-го та 3-го поверхів з нанесенням системи опалення
4. Аксометрична схема припливної вентиляції
5. Калорифер марки КВСБ-П

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

(підпис)

Шульга І.В.

Керівник роботи

(підпис)

Бондаренко М.С.

Анотація

В роботі виконана розробка систем теплопостачання триповерхової будівлі ліцею.

Розроблена системи опалення будівлі від автономного джерела теплопостачання - газової котельні, яка обладнується сучасними водогрійними котлами фірми «Viessmann» Vitoplex PV1.

Виконаний розрахунок системи вентиляції. Розрахована калориферна установка для опалення та охолодження повітря, яка складається з трьох паралельно встановлених калориферів моделі КСк-3-11-01.

Використання нового та сучасного обладнання дає можливість забезпечити ліцей відносно недорогим теплом та комфортними умовами для життєдіяльності.

В роботі розглянуті питання з охорони праці.

Ключові слова: система опалення, вентиляція, теплотехнічний розрахунок, калориферна установка.

Abstract

This paper presents the design of heating systems for a three-story high school building.

A heating system for the building has been designed using an autonomous heat source—a gas boiler room equipped with modern Viessmann Vitoplex PV1 water-heating boilers.

The ventilation system has been calculated. A heating and cooling unit has been designed, consisting of three parallel-mounted KSk-3-11-01 heaters.

The use of new and modern equipment makes it possible to provide the lyceum with relatively inexpensive heat and comfortable living conditions.

The paper addresses occupational safety issues.

Keywords: heating system, ventilation, thermal engineering calculation, air handling unit.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ДЛЯ ЯКОГО РОЗРОБЛЯЄТЬСЯ СИСТЕМА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ. ПЛАНИ ОБ'ЄКТУ ТА ЕСКІЗИ ПРИМІЩЕНЬ. ВИБІР ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ПАРАМЕТРІВ.	
1.1. Загальна характеристика та опис об'єкта.....	
1.2. Перелік систем, визначення параметрів та технічних характеристик енергоносіїв	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	
2.1. Обґрунтування вибору системи опалення.....	
2.2. Розрахунок теплової потужності системи опалення.....	
2.3. Розрахунок теплової потужності нагрівального приладу системи опалення	
2.4. Вибір обладнання.....	
2.4.1. Вибір опалювальних котлів.....	
2.4.2. Опалювальний конвектор АКОГ-4.....	
2.4.3. Вибір нагрівальних приладів.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....	
3.1. Вимоги ДБН до систем вентиляції.....	
3.2. Розрахунок системи вентиляції.....	
3.2.1. Витрата повітря або продуктивність по повітрю.....	
3.2.2. Розрахунок повітроводу класного приміщення.....	
3.3. Розрахунок потужності калорифера.....	
3.4. Аеродинамічний розрахунок повітроводів.....	
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА КАЛОРИФЕРНОЇ УСТАНОВКИ.....	
4.1. Опис типів водяних калориферів.....	
4.2. Розрахунок водяних калориферів.....	

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

5.1 Охорона праці та техніка безпеки при монтажі систем опалення та
вентиляції.....

ВИСНОВКИ.....

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Техніка теплопостачання будівель має багату столітню історію. Новим етапом у розвитку техніки теплопостачання є етап автономного способу опалення і гарячого водопостачання будівель, при якому уся будівля опалюється автономним джерелом теплопостачання.

Незважаючи на широкий розвиток централізованого теплопостачання, в країні діє і вводиться в експлуатацію багато різних за значенням і оснащенням котелень. Але подальша експлуатація старих котелень, потребує великих матеріальних витрат на оновлення обладнання, монтаж і обслуговування. Крім того ціни на енергоносії постійно зростають, в наслідок чого вартість теплопостачання надзвичайно велика. Тому у розвинутих країнах відмовляються від централізованого опалення великими котельнями, далеко розташованими від споживача, і встановлюють на житлових і виробничих об'єктах модульні автономні мінікотельні.

Впровадження інформаційних технологій і засобів автоматики дозволяє автоматично оптимізувати роботу котельні адміністративної будівлі в залежності від різних факторів: погодних умов, бажання власника тощо. Особливо це є важливим для таких спеціалізованих адміністративних будівель, таких як заклади освіти.

У роботі приділено увагу системам водяного та повітряного опалення, вентиляції.

Для освітніх закладів України ефективне використання енергії означає менші витрати енергоносіїв та коштів місцевих бюджетів або батьків на утримання освітніх закладів, заощадження традиційних енергоресурсів, значне поліпшення стану навколишнього середовища за рахунок зниження викидів в атмосферу двоокису вуглецю, сірки та інших шкідливих речовин.

Мета роботи: Розробка систем теплопостачання триповерхового ліцею загальною площею 3 тис. м².

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Завдання: розробити надійну та високоекономічну систему теплопостачання для триповерхового класного блоку ліцею.

До завдань входять: визначення теплового балансу будівлі класного блоку, вибір сучасних опалювальних котлів для автономної котельні, розрахунок систем опалення, вентиляції, гарячого водопостачання.

Об'єкт розробки: Ліцей розташований у місті Миколаєві. Складається з трьох блоків (класний, шкільний, учбовий), які розташовані поряд. Загальна площа 3 тис. м². Будівлі різні за своєю побудовою та переліком приміщень. Окремо розташована котельня.

В роботі буде розглянута триповерхова будівля класного блоку, яка має цокольний поверх.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

1.1. Загальна характеристика та опис об'єкта

Системи теплопостачання розробляються для ліцею, який знаходиться у місті Миколаєві. Ліцей є державним середнім загальноосвітнім закладом, що забезпечує академічну і практичну природничо-математичну та суспільно-гуманітарну підготовку, здобуття учнями освіти понад державний рівень.

Загальна площа складає 3 тис. м². Ліцей складається з трьох блоків (класний блок, шкільний блок, учбовий блок), які розташовані поряд. Будівлі різні за своєю побудовою та переліком приміщень. Окремо розташована котельня.

В роботі буде розглянута будівля одного блоку (класного).

Класний блок - це триповерхова будівля, яка має ще цокольний поверх. Блок забезпечений усіма системами життєзабезпечення (вентиляція, опалення, гаряче та холодне водопостачання, каналізація).

На цокольному поверсі розташовані приміщення: венткамера, гардероб, тир, приміщення для зберігання зброї, столярна та слюсарна майстерні, електрощитові, комора, тамбур, сходи та інше. На першому і другому поверхах розташовані: учбові класи, кабінети, лаборантські, конференц-зала, коридор та санвузли. На третьому поверсі розташовані: учбові класи, лабораторні приміщення, комп'ютерний клас та теле-радіоінформаційний центр.

Опалення забезпечується існуючою котельнею, розташованою в 10 метрах від будівлі ліцею. Котельня закритого типу, все газове обладнання розміщене всередині будівлі.

Проходи між котлами та стінами не менше 1 м, а між окремими частинами, які виступають - не менш 0,8 м. При спалюванні газу відстань від частин пальни-

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

кового обладнання, які виступають, до стіни котельної - 1 м. Котельня обладнана трьома котлами Viessmann Vitoplex PV1.

Система опалення запроєктована двотрубна вертикальна. В якості опалювальних приладів прийняті чавунні радіатори MC-140-108 з автоматичними регуляторами температури повітря в приміщенні та повітровідвідниками.

1.2. Перелік систем, визначення параметрів та технічних характеристик енергоносіїв

Комплекс систем життєзабезпечення призначений для створення оптимальних умов роботи вчителів і забезпечення комфортного перебування учнів в будівлях ліцею. При проєктуванні повинні бути враховані принципи енергозберігаючих технологій і зручності обслуговування та експлуатації устаткування. Технічні рішення побудови систем життєзабезпечення колегіуму повинні забезпечувати взаємодію з системами безпеки. Взаємодія ж систем життєзабезпечення між собою, самоконтроль своїх мереж і устаткування забезпечує економічність роботи всього комплексу та енергозбереження.

До складу комплексу систем життєзабезпечення входять наступні основні системи: опалення, вентиляція і кондиціонування повітря; система гарячого водопостачання; каналізація.

Мікроклімат у приміщенні прямо впливає на самопочуття та життєдіяльність людини. Головною метою є створення оптимальних умов для життєдіяльності людей. Призначення санітарно-технічних пристроїв в тому і полягає, щоб максимально створити сприятливі умови для людини у приміщеннях.

До складу санітарно-технічних пристроїв належать система опалення та вентиляції. Розрахункова температура у приміщеннях +20 °С прийнята згідно ДБН В.2.2-15-2005.

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

Система вентиляції

Комплексна система вентиляції і кондиціонування повітря призначена для створення оптимальних параметрів повітря і підтримки їх на заданих рівнях в приміщеннях будівлі. До складу комплексної системи вентиляції і кондиціонування повітря входять системи припливних і витяжних вентиляції. Для здійснення загальнообмінної вентиляції в приміщеннях будівлі проєктуються системи вентиляції припливної і витяжної. У холодну пору року повітря, що подається в приміщення, нагрівається в теплообмінниках і калориферах.

Припливна система може бути конфігурована у вигляді центрального кондиціонера припливу або комплекту устаткування системи припливу (вентиляторів, фільтрів, шумоглушників і т.д.).

В ліцеї запроєктована припливно-витяжна вентиляція з природним та механічним спонуканням. Припливно-механічна вентиляція запроєктована агрегатами фірми CLima. Повітроводи систем прийняті класу Н.

Повітроводи всіх систем виконані з оцинкованої сталі по ДСТУ 7806:2015. Внутрішні температури, повітрообміни прийняті відповідно ДБН В.2.5-67:2013.

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

Система опалення

Система опалення в будівлі здійснюється автономно. Джерелом автономного опалення є котельня, що розташована на підвір'ї.

В якості теплоносія використовувалася гаряча вода з параметрами 95-70°C. Теплоносій з температурою 130 °C подавався з котельні через зовнішню теплову мережу до вузла управління.

Температура зовнішнього повітря для розрахунку модернізованої системи опалення приймаємо -20 °C, температуру в приміщеннях + 20 °C. В будівлі залишається встановлена однотрубна, покімнатна система опалення з введенням теп-

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

лоносія до кожної аудиторії від стояків, розташованих у коридорах, що мають арматуру відключення.

Розведення покімнатної системи опалення виконано по плінтусам над підлогою.

На підводах до нагрівальних приладів встановлено вентиль термостатичний з термоголовою, що забезпечує автоматичне підтримання заданої температури.

Для видалення повітря з системи опалення встановлено горизонтальні збірники повітря.

Для зменшення охолодження води магістраль підводу опалення, головний стояк і зворотна магістраль, що прокладено у каналах підлоги, ізолюються.

Система водопостачання

Джерелом водопостачання ліцею та класного блоку є існуючий чавунний водопровід діаметром 150 мм.

В будівлі запроектований господарчо-побутовий водопровід і гаряче водопостачання.

Приготування гарячої води здійснюється в ІТП.

Трубопроводи гарячого і холодного водопостачання монтуються з пластмасових труб фірми «Екопласт» виробництва Чехії. Стояки і розводка водопроводу в санвузлах здійснюються відкрито із пластикових труб фірми «Екопласт» виробництва Чехії.

Стояки водопостачання в місцях перетинання з покриттям заховуються в гільзи з покрівельної сталі. Краї гільз повинні виступати вище бетонного покриття на 20-30 мм.

На стояках водопроводу встановлюються вимикаючі вентиля.

Система каналізації

Внутрішня каналізація – система трубопроводів і пристроїв в об'ємі, обмеженому зовнішніми поверхнями огорожувальних конструкцій і випусками до

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

першого оглядового колодязя, яка забезпечує відведення стічних вод від санітарно-технічних приборів і технологічного обладнання і при необхідності локальними очисними спорудженнями, а також дощових і талих вод у мережу каналізації відповідного призначення населеного пункту чи промислового підприємства.

Внутрішня каналізація відповідає ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». Відвід стічних вод слід передбачати по закритим самотинним трубопроводам.

У будинках, обладнаних внутрішнім господарсько-питним чи виробничим водопроводом, необхідно передбачати систему внутрішньої каналізації.

Дільниці каналізаційної мережі слід прокладати прямолінійно. Змінювати напрямок прокладки каналізаційного трубопроводу і приєднувати прилади слід з допомогою з'єднувальних деталей.

Згідно ТУ № 42/04 від 29.06.2009 р., виданих «Миколаївводоканалом», місцем підключення є існуюча внутрішньоквартальна каналізація.

Стояки каналізації і прокладка к приборам здійснюється відкрито. Каналізаційні випуски прокладаються в підлозі цокольного поверху в каналах з знімним покриттям і під стелею цокольного поверху.

Стояк поміщається в запобіжну муфту, діаметр якої більше на 50мм від зовнішнього діаметра трубопроводів. Простір між трубопроводом і муфтою заповнюється щільною набивкою, яка дає можливість вільного переміщення трубопроводу.

Витяжна частина виконується із азбестоцементних труб діаметром 100 мм та виводиться на 0,5 м вище крівлі.

Відвід атмосферних опадів з крівлі передбачений системою зовнішніх водостоків на відмостку будівлі.

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

Висновки

Проведено детальний аналіз об'єкта проектування — класного блоку ліцею в місті Миколаєві. Встановлено, що об'єкт є триповерховою будівлею з цокольним поверхом, яка забезпечена всіма необхідними системами життєзабезпечення: опаленням, вентиляцією, водопостачанням та каналізацією.

Обґрунтовано вибір розрахункових параметрів та сформовано технічну базу для подальшої розробки інженерних систем з урахуванням сучасних вимог до енергозбереження.

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

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Розрахунок теплової потужності системи опалення

Розрахункова теплова потужність, кВт, системи опалення:

$$Q = (Q_1 \cdot b_1 \cdot b_2 - Q_3) + Q_2, \text{ кВт},$$

де Q_1 - теплові втрати будівлі, кВт;

b_1 - коефіцієнт, який залежить від типу нагрівального приладу та приймається згідно [2], $b_1 = 1,02$;

b_2 - коефіцієнт, який враховує додаткові втрати теплоти зарадіаторними ділянками зовнішніх стін, $b_2 = 1,07$;

Q_2 - теплові втрати трубопроводами, які прокладені в неопалювальних приміщеннях, кВт;

Q_3 - тепловий потік, який регулярно поступає від освітлення, устаткування та людей, кВт.

Приймаємо Q_3 з розрахунку 0,01 кВт на 1 м^2 загальної площі.

$$Q_3 = 0,01 \cdot 3000 = 30 \text{ кВт}$$

Розрахункові втрати теплоти крізь огорожувальні конструкції:

$$Q_1 = Q_a + Q_g, \text{ кВт},$$

де Q_a - тепловий потік крізь огорожувальні конструкції, кВт;

Q_g - тепловий потік на нагрівання вентиляційного повітря, кВт;

Тепловий потік Q_a розраховується для кожної огорожувальної конструкції приміщення за формулою:

$$Q_a = (1/R)A(t_g - t_n)(1 + \sum \beta)n \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

де A - площа конструкції, м^2 ;

R - опір теплопередачі, $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}) / \text{Вт}$;

t_g, t_n - розрахункові температури внутрішнього та навколишнього повітря, $^\circ\text{C}$;

β - додаткові втрати теплоти в долях від основних втрат, приймаємо $\beta = 1,05$;

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

Втрати теплоти Q_{ϵ} розраховуються для кожного приміщення, в якому є хоча б одне вікно:

$$Q_{\epsilon} = 0,037 \cdot A_n \cdot h \cdot (t_{\epsilon} - t_n) \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

де A_n - площа підлоги приміщення, м^2 ;

h – відстань від підлоги до стелі, м;

Для приміщень, в яких вікна закриваються герметично, пропонується приймати $Q_{\epsilon}=0$ за умови безперервної роботи протягом робочого дня приточної системи вентиляції підігрітим повітрям.

Втрати теплоти, Q_2 трубопроводами, які проходять в приміщеннях які не опалюються, слід визначати приймаючи до уваги ефективність теплоізоляційної конструкції.

$$Q_{2\max} = \sum L \cdot q \cdot 10^{-3}, \text{ кВт},$$

де L – довжини ділянок теплоізованих трубопроводів, м;

q – нормована лінійна густина теплового потоку, Вт/м, приймаємо згідно [2]:

$q = 27$ Вт/м для подаючої ділянки трубопроводу D_y50 ; $q = 17$ Вт/м для зворотної ділянки трубопроводу D_y50 ;

$$Q_{2\max} = (50 \cdot 14 + 80 \cdot 16 + 90 \cdot 18 + 120 \cdot 19 + 180 \cdot 21 + 140 \cdot 23 + 30 \cdot 27) \cdot 10^{-3} + \\ + (50 \cdot 9 + 80 \cdot 10 + 90 \cdot 11 + 120 \cdot 12 + 180 \cdot 13 + 140 \cdot 15 + 30 \cdot 17) \cdot 10^{-3} = 22,32, \text{ кВт}$$

Розрахункове річне тепло споживання системою опалення будівлі, не має перевищувати величини, яка розраховується за формулою:

$$Q_{\text{рік}} = 0,0864 \cdot Q \cdot S \cdot a \cdot b \cdot c / (t_{\epsilon} - t_n), \text{ ГДж},$$

де S – розрахункова кількість градусо-днів періоду опалення, приймаємо згідно для міста Миколаєва, $S=2904$;

a – коефіцієнт, який враховує застосування приладів зменшення теплової потужності в неробочий час, $a= 0,8$;

b – коефіцієнт враховує застосування РТК, дорівнює $0,9$;

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

c - коефіцієнт, який враховує застосування приладів пофасадного автоматичного регулювання, $c = 0,95$;

За приведеною вище методикою була набрана програма для розрахунку втрат тепла крізь конструкції будівлі та проведений розрахунок. Результати розрахунку зведені до таблиці 2.1.

2.3. Розрахунок теплової потужності нагрівального приладу системи опалення

Стандартний тепловий потік з теплоносієм водою, при якому проводяться теплові випробування опалювальних приладів:

$$\Delta t_{cp}^{ct} = t_{cp} - t_n = 0,5 \cdot (t_{vx} + t_{vix}) - t_n,$$

де t_{vx} – температура води, що входить зверху у прилад, °C;

t_{vix} - температура води, що виходить знизу, °C;

t_n - температура повітря у приміщенні, °C

Розрахункова густина теплового потоку опалювальних приладів:

$$q_{pr} = q_{nom} \cdot (\Delta t_{cp}^{ct} / 70)^{1+n} \cdot (G_{pr} / 0,1)^p \cdot C_{pr},$$

де q_{nom} – номінальна густина теплового потоку опалювального приладу при стандартних умовах роботи, Вт/м² (приймаємо [9];

Δt_{cp}^{ct} – температурний напір, який дорівнюється різниці полусуми температур теплоносія на вході та на виході опалювального приладу ті температури повітря у приміщенні $\Delta t_{cp}^{ct} = [0,5(t_{vx} + t_{vix}) - t_n]$ °C;

G_{pr} – явна витрата води в опалювальному приладі, м³/с;

n, p – експериментальні значення показників ступеня, наведені в [9];

C_{pr} - коефіцієнт, який враховує схему приєднання опалювального приладу та зміну показника ступеня p у різних діапазонах витрати теплоносія.

Розрахункова площа опалювального приладу знаходиться:

$$F_p = (Q_{потр} - 0,9 \cdot Q_{тр}) \cdot \beta_1 \cdot \beta_2 / q_{pr}$$

де $Q_{потр}$ – потужність опалювальної системи, Вт;

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

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

На практиці тепловіддачу від теплопроводів знаходять:

$$Q_{\text{тр}} = q_v \cdot l_v + q_h \cdot l_h$$

при цьому використовуються таблиці, де наведені значення q_v та q_h – тепловіддачі 1м вертикально та горизонтально прокладених труб, Вт/м, в залежності від їх діаметру та різниці температур ($t_h + t_v$);

l_v та l_h – довжина вертикальних та горизонтальних теплопроводів у приміщенні, м;

β_1 – коефіцієнт врахування доповнюючого теплового потоку встановлених опалювальних приладів (приймаємо по табл. 8.2 [6];

β_2 – коефіцієнт врахування доповнюючих втрат теплоти опалювальними приладами у зовнішніх огорожень (приймаємо по табл. 8.3 [6].

Розрахована кількість секцій чавунних радіаторів:

$$N_p = F_p \cdot \beta_4 / (f_1 \cdot \beta_3)$$

де f_1 – площа поверхні нагріву однієї секції, м², залежить від типу радіатора, прийнятого для встановлення у приміщенні [10];

β_4 – коефіцієнт, враховуючий засіб встановлення радіатора у приміщенні;

β_3 – коефіцієнт, враховуючий число секцій в одному радіаторі.

$$\beta_3 = 0,92 + 0,16 / F_p$$

В роботі всі нагрівальні прилади розраховані та занесені в таблицю 2.1.

2.4. Вибір обладнання

2.4.1 Вибір опалювальних котлів

В газових котлах німецької фірми Viessmann використовується надійна система автоматики, яка повністю гарантує безпеку газового приладу, захист від

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

падіння тиску газу, аварійного порушення роботи котла, автоматично вимикає котел при зникненні електроструму та вмикає його при появі електроенергії;

Газові котли Viessmann легко і зручно програмувати на різні режими опалення та гарячого водопостачання. За підтримку температурного режиму в приміщеннях відповідає погодозалежна автоматика, яка залежно від температури у кімнаті та надворі корегує роботу газового котла, здатна забезпечувати дистанційний інтернет-телеметричний контроль і може бути вбудованою в систему «Розумний дім».

В Україні фірмою Viessmann створена оперативна, сучасна, розгалужена система вводу в експлуатацію газових приладів, регулярного контролю їх роботи, сервісу, гарантійного і післягарантійного обслуговування та ремонту.

Для забезпечення комфортних умов і безперервного теплопостачання з автономної котельної були обрані три котли фірми Viessmann (VITOPLEX PV 1 – два котли потужністю 620 кВт і один потужністю 310 кВт – за розрахунками). Окрім котлів також встановлено: опалювальний конвектор, компенсатор об'єму, автоматичний прилад для пом'якшення води, вузол обліку газу з лічильником і коректором тиску, лічильник газу, шафний газорегулюючий пункт та ін.

Сталеві котли Vitoplex зі збільшеним водяним обсягом і відносно невеликий масою корпусу зарекомендували себе значно краще відносно плавності регулювання температури води. При відповідному обґрунтуванні для низькотемпературних котлів дозволяється настройка $STB = 110^{\circ}\text{C}$ і робоча температура (TR) не вище 95°C . У такому випадку можливе отримання температури подачі системи опалення на рівні 90°C

Для збереження високого ККД котла потужністю більше 72 кВт, у разі зменшення теплової потреби, використовуються пальники із ступінчастим або модульованим регулюванням. Отже, для котлів середньої й великої потужності передбачені пальники, принаймні, з двоступінчастим регулюванням потужності. Перший ступінь зазвичай настраюється на 60% загальної потужності пальника. Котли малої потужності з точки зору проектування характеризуються найбільш

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

низькими експлуатаційними вимогами. Це означає, що, проектуючи систему опалення з котлом такого типу, відпадає необхідність передбачати додатковий захист від занадто великого зниження температури води в котлі. Такий захист здійснюється регулятором котла Vitotronic на підставі інформації, що міститься в кодує штекері, який поставляється разом з котлом. Котли середньої та великої потужності, у зв'язку з конструктивними відмінностями і жорсткішими вимогами до нижньої межі температур, крім захисту по мінімальній температурі котлової води, вимагають додатково захист по мінімальній температурі води на вході в котел.



Рис. 2.1. Котел Vitoplex 200 (310 кВт); Котел Vitoplex 100 (680 кВт)

Низькотемпературний сталевий водогрійний котел для роботи на рідкому та газоподібному паливі, 620 кВт та 310кВт

- багат шарові конвективні теплообмінні поверхні забезпечують надійність у роботі і довгий термін служби;
- особливо економний і екологічно ощадливий режим програмованої теплогенерації зі змінною температурою теплоносія.
- низьке завантаження камери згоряння забезпечує спалювання з низьким виходом NO_x;
- немає обмежень у мінімальній витраті теплоносія через котел - широкі проходи між жаровими трубами і велике водонаповнення котлового блоку за-

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

безпечують ефективну природну циркуляцію і гарантоване теплоносієм з боку котлової води. У результаті спрощується гідравлічний стиковка котла з системою;

- економія часу при монтажі теплоізоляції та контролера за рахунок системи Fastfix для котлів середньої й великої потужності;

- висока тривалість роботи пальника й невелика кількість комутаційних інтервалів (завдяки великому водонаповненню) забезпечує нешкідливу для навколишнього середовища експлуатацію;

- економічність і надійність експлуатації опалювальної установки за допомогою цифрового контролера Vitotronic із можливістю інформаційного обміну.

Відповідаючи будь-яким потребам, він дозволяє реалізувати всі відомі стратегії регулювання. Стандартна телекомунікаційна шина LON-BUS забезпечує повну стиковку з системами збору даних;

- газозбірник не приварений безпосередньо до омиваються водою стінці котла, а закріплений на видатних з котла трубах Triplex, що сприяє запобіганню конденсації водяної пари у вихідних газах.

2.4.2. Опалювальний конвектор АКОГ-4

Опалювальні конвектори можуть використовуватися в складі систем опалення з одно- і двотрубною подачею теплоносія до опалювальних приладів. Оригінальність конструкції виробу дозволяє проводити бічне підключення до системи теплопостачання, як з правого, так і з лівого боку, також доступні варіанти з прохідним варіантом підключення. Для цього в конвекторі передбачені приєднувальні елементи з внутрішнім різьбленням G1/2. Корпус опалювального конвектора просто розбирається і збирається, забезпечуючи можливість зручної очищення всіх функціональних вузлів від накопичень пилу.

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

Поверхня виробів захищена покриттям, стійким до механічних впливів, виконана за порошково-полімерної технології, що забезпечує стандартний колір згідно каталогу еталонних відтінків забарвлення RAL - сніжно-білий (RAL 9003).

Конвектори сталеві опалювальні мають переваги у порівнянні з широко представленими панельними сталевими радіаторами

Сьогодні наша країна стала одним з основних імпортерів європейської теплової техніки. Важливою проблемою, яка виникає перед поставниками тепло-систем з Європи до України, є неблагонадійний режим експлуатації теплової техніки. В останній час ведучі компанії стали випускати модифікації котлів, спеціально адаптовані до українських умов. Таке обладнання розраховане на низький тиск, перепади електроживлення, компромісні умови до сервісного обслуговування.

2.4.3. Вибір нагрівальних приладів

Нагрівальні прилади - це елементи опалювальної системи, призначені для передачі тепла від теплоносія безпосередньо у приміщення, в якому вони встановлені. Від нагрівальних приладів значною мірою залежить можливість економії енергії.

Нагрівальні прилади класифікуються за конструктивно-технічними і технологічними ознаками (за конструкцією, за способом теплопередачі, за теплоінерційністю, за матеріалом виготовлення і т.д.)

Основні вимоги, яким повинні відповідати сучасні нагрівальні прилади:

- бути якнайменш металоємними;
- повинні ефективно передавати теплову енергію від теплоносія до повітря опалюваного приміщення, тобто забезпечувати максимально високе значення коефіцієнта теплопередачі;
- бути довговічними і стійкими до високих температур;
- мати високу механічну міцність, бути зручними й безпечними при транспортуванні, монтажу, експлуатації та обслуговування;

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

- мати якнайменші габарити та об'єм і органічно вписуватись в інтер'єр приміщення за дизайнерським виконанням, формою, естетичним оформленням і зовнішнім покриттям;

- повинні характеризуватись якомога меншою площею, на якій може осісти пил, і вільним доступом для його видалення, якнайменшою температурою поверхні, що запобігатиме пригоранню пилу й опікам та сприятиме зниженню швидкості руху повітря з пилом.

Одним із основних критеріїв підбору нагрівальних приладів є їх теплова інерційність. Нагрівальні прилади з великою інерційністю характеризуються низьким коефіцієнтом теплопровідності матеріалу, з якого вони виготовлені, значною масою та об'ємом води. Системи водяного опалення з високоінерційними нагрівальними приладами є менш енергоощадними, ніж системи, оснащені приладами з малою тепловою інерцією.

Вибираючи нагрівальні прилади для конкретного об'єкта обігріву і конкретної опалювальної системи, необхідно враховувати всі переваги й недоліки, характерні для різних типів нагрівальних приладів, а також якість використовуваного теплоносія (рН, вміст розчиненого кисню, наявність твердих частинок, бруду тощо) і його робочі параметри (температуру, тиск), умови експлуатації (можливість виникнення гідро- і пневмоударів) та особливості клімату.

Чавунні секційні радіатори (батареї) найчастіше застосовують у системах з природною циркуляцією, що зумовлено наявністю каналів великого перерізу і, у зв'язку з цим, незначним гідравлічним опором руху теплоносія. Конвективна складова теплового потоку від таких нагрівальних приладів становить приблизно 70%, а радіаційна 30%. Завдяки конвективному нагріву швидко прогрівається верхня частина приміщення, а радіаційна складова забезпечує прогрівання нижньої частини, тому чавунні радіатори вважають оптимальним варіантом для високих приміщень. Стійкість до корозії і механічна міцність забезпечуються значною товщиною стінок (мінімум 2,5 мм). Саме з цієї причини чавунні радіатори залишаються досить розповсюдженими. Вони також стійкі до впливу зовнішніх

негативних факторів і до заростання накипом, що особливо важливо, коли використовується не-підготовлений теплоносій. Секційні радіатори складають з окремих секцій, що дає змогу досить точно підбирати площу поверхні нагріву і загальну теплопродуктивність. Внаслідок значної водомісткості й металоємності та низького коефіцієнта теплопровідності чавуну такі нагрівальні прилади відзначаються великою тепловою інерційністю.

Зараз випускають вертикальні й горизонтальні нагрівальні прилади, із вбудованими терморегуляторами і без них, з бічним і нижнім під'єднанням тощо. Сучасні дизайнерсько-конструктивні рішення сприяють поліпшенню конвекційних процесів у приміщенні й запобігають накопиченню пилу на тепловідбивних поверхнях нагрівальних приладів.

Отже в роботі прийняті нагрівальні прилади - чавунні радіатори МС 140-108 (рис. 2.2).



Рис. 2.2. Чавунні радіатори МС 140-108

Деякі рекомендації щодо вибору нагрівальних приладів для різних приміщень наведені в таблиці 2.2.

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

Рекомендовані нагрівальні прилади для різних приміщень

Типи будівель	Рекомендовані типи нагрівальних приладів
Житлові і громадсько-адміністративні будинки	радіатори, конвектори, панелі
Дитячі заклади і лікарні	радіатори, панелі
Виробничі будинки без виділення пилу	радіатори, конвектори, панелі, оребрені труби
Виробничі будинки з виділенням пилу	радіатори, панелі, гладкі труби
Адміністративно-побутові будинки	радіатори, конвектори, панелі, оребрені й гладкі труби

На підводах к нагрівальним приладам встановлюються термостатичні вентилі. Повітровидалення із системи опалення здійснюється через повітрозбірники та крани Маєвського.

Стояки, підводки, нагрівальні прилади фарбуються за 2 рази.

Трубопроводи для системи опалення прийняті сталі електрозварні по ДСТУ 8943:2019.

Розводящі, стояки, підводки – сталі водогазопровідні по ДСТУ 8936:2019.

Трубопроводи в місцях перетинання внутрішніх стін та перекриття проложені в гільзах із труб сталевих електрозварних по ДСТУ 8943:2019.

Краї гільз повинні бути на одному рівні з поверхнями стін, і на 30мм вище поверхні чистої підлоги.

Теплоносій системи опалення – вода з параметрами 95...70 °С.

Висновки за розділом

На основі нормативних методик та кліматичних параметрів міста Миколаєва було виконано розрахунок теплової потужності системи.

Ключові результати розділу включають:

Виконання детального розрахунку тепловтрат через огорожувальні конструкції (стіни, вікна, двері) для кожного приміщення будівлі, результати яких зведені в таблицю 2.1.

Визначення необхідної кількості секцій нагрівальних приладів для кожного приміщення з урахуванням їх розрахункової площі та тепловіддачі.

Прийняті нагрівальні прилади - чавунні радіатори MC 140-108.

Технічне обґрунтування вибору обладнання: для забезпечення автономного теплопостачання обрано три сталеві низькотемпературні котли фірми Viessmann (два потужністю 620 кВт і один 310 кВт).

Вибір обладнання Viessmann серії Vitoplex дозволяє досягти високого ККД, надійної автоматизації процесів та екологічності завдяки низьким викидам шкідливих речовин. Запроєктована система відповідає вимогам енергоефективності та здатна забезпечити стабільний тепловий режим у ліцеї.

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

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1 Вимоги ДБНУ до систем вентиляції

На мікроклімат приміщення мають вплив параметри зовнішнього повітря. Тому в залежності від пори року нормативні вимоги, пропоновані до повітряного середовища в приміщенні, різняться.

При експлуатації вентиляції розрізняють два характерних режими роботи: теплий - літній, коли можливе відкриття вікон, і холодний - зимовий, коли вікна, як правило, відкривати не можна, хоча інструкціями з експлуатації санітарних вузлів передбачається провітрювання. Умовною межею між ними є так званий перехідний період, якому відповідає зовнішня температура повітря 10 °С.

Отже, установки, як правило, розраховують на три режими роботи: теплий, перехідний і холодний при температурах зовнішнього повітря відповідно вище - 10 °С і нижче +10 °С. У діючих нормах розрахункові характеристики зовнішнього повітря даються для трьох категорій параметрів клімату; А, Б, В. Для холодного періоду року зазначені параметри означають: А - середня температура найбільш холодного періоду і тепломісткість повітря, що відповідає цій температурі і середній відносній вологості самого холодного місяця в 13 годин; Б - середня температура зовнішнього повітря найбільш холодної п'ятиденки і тепломісткість тепломісткість повітря, що відповідає цій температурі і середній відносній вологості повітря самого холодного місяця року в 13 годин; В - абсолютна мінімальна температура і тепломісткість повітря, що відповідає цій температурі і середній відносній вологості самого холодного місяця 13 годин.

Мікроклімат приміщень визначається сполученнями температури, вологості і швидкості руху і температурою навколишнього повітря. Оптимальні і припустимі значення температури, відносній вологості і швидкості руху повітря встановлюються в залежності від надлишків явної теплоти, виконуваної роботи і періоду року.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Основне вентиляційне устаткування витяжних установок, як правило, встановлюється в спеціальних приміщеннях, названих венткамерами. У будинку витяжні камери розташовані на даху. При компонуванні вентиляційних систем і розміщенні керуються оптимальним значенням радіуса дії (звичайно не перевищує 50-60 м) систем по техніко-конструктивним розумінням. У дипломному проектуванні камери передбачено розташувати в центрі вентиляційних навантажень.

Вентиляційні камери згідно ДБН В.2.5-67:2013 не повинні розташовуватися поблизу приміщень з низьким припустимим рівнем шуму (конференц-зала, бібліотека та інше), тому що це вимагає витрат на звукоізоляцію. Розміри вентиляційних камер призначаються з умов можливості монтажу устаткування та зручності експлуатації. Розміри проходів і прорізів повинні прийматися з урахуванням габаритів устаткування. Проходи для обслуговування устаткування повинні бути шириною не менше 0,7 м, висоти більше висот устаткування не менше, чим на 0,8 м.

В кабінетах ліцею передбачена природна вентиляція, а в деяких приміщеннях вентиляція виконується самостійно за допомогою вентиляторів, що вмонтовано до отворів. В приміщенні, де розташовується тепловий вузол, передбачено аварійну вентиляцію, повітропровід якої не пов'язано з іншим повітропроводом та має самостійний вихід.

Внутрішні повітропроводи розташовуються нагорі, під стелею. Зовнішня вертикальна частина повітропроводів монтується на зовнішній стіні у виїмці.

Об'єм повітря, що видаляється з приміщення, визначається згідно розрахунку та при кратності згідно вказівок ДБН В 2.5-67:2013.

Процес заміни забрудненого повітря свіжим або обробленим до необхідних параметрів називається повітрообміном. Існують основні методи оцінки кількості повітря, необхідного для вентиляції приміщення: за кратністю повітрообміну та шкідливими викидами, що слід видалити. Іноді кількість повітря визначають за нормами на одну працюючу людину за годину. Вважаючи на те, що об'єкт проектування належить до групи адміністративно-побутових, кількість необхідного повітря визначається за кратністю. Згідно вимог ДБН кратність повітря у приміщен-

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

нях адміністративно-побутового призначення коливається від 1 до 2 год⁻¹. Максимально припустима швидкість повітря у повітровідводі для систем з природною вентиляцією - 0,5...1 м/с в каналах та решітках, 1...1,5 м/с в припливних і витяжних шахтах; для систем з механічним спонуканням – 4...12 м/с.

Прокладений повітровід - в перерізі прямокутник. Повітровід такої форми дуже легко монтувати; така конструкція компактна, адже стінки повітроводу повністю повторюють контур кутів стелі та стіни (при монтажі системи під самою стелею) чи просто щільно прилягають по поверхні самої стіни (при монтажі системи на стіні).

3.2. Розрахунок системи вентиляції

3.2.1. Витрата повітря або продуктивність по повітрю

Розробка системи починається з розрахунку необхідної продуктивності по повітрю, яка вимірюється в метрах кубічних за годину. Для цього необхідний план приміщень по поверхам з експлікацією, в якій вказані найменування (призначення) кожного приміщення і його площа.

Розрахунок починається з визначення необхідної кратності повітрообміну, яка показує скільки разів протягом однієї години відбувається повна зміна повітря в приміщенні. Наприклад, для приміщення площею 50 м² з висотою стель 3 м (об'єм 150 м³) двократний повітрообмін відповідає 300 м³ за годину.

Необхідна кратність повітрообміну залежить від призначення приміщення, кількості людей, що знаходяться в приміщенні, потужності тепловиділяючого устаткування і визначається ДБН В 2.5-67:2013.

Так, для більшості житлових приміщень досить однократного повітрообміну, для офісних приміщень потрібний 2-3 кратний повітрообмін.

Для визначення необхідної продуктивності необхідно розрахувати два значення повітрообміну: по кратності і по кількості людей, після чого вибрати більше з цих двох значень.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок повітрообміну по кратності:

$$L = n \cdot S \cdot H,$$

де L - необхідна продуктивність припливної вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$;

n - нормована кратність повітрообміну: для житлових приміщень $n = 1$, для офісів $n = 2,5$;

S - площа приміщення, м^2 ;

H - висота приміщення, м.

Розрахунок повітрообміну по кількості людей:

$$L = N \cdot L_{\text{норм}},$$

де L - необхідна продуктивність припливної вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$;

N - кількість людей;

$L_{\text{норм}}$ - норма витрати повітря на одну людину: в стані спокою - $20 \text{ м}^3/\text{год}$; робота в офісі - $60 \text{ м}^3/\text{год}$; при фізичному навантаженні $60 \dots 100 \text{ м}^3/\text{год}$.

Розрахувавши необхідний повітрообмін, вибираємо вентилятор або припливну установку відповідної продуктивності. При цьому необхідно враховувати, що із-за опору повітропровідній мережі відбувається падіння продуктивності вентилятора. Залежність продуктивності від повного тиску можна знайти по вентиляційних характеристиках, які приводяться в технічних описах устаткування.

Для довідки: ділянка повітроводу завдовжки 15 метрів з одними вентиляційними ґратами може створювати падіння тиску близько $50 \dots 100 \text{ Па}$.

Типові значення продуктивності систем вентиляції:

для квартир — $100 \dots 600 \text{ м}^3/\text{год}$;

для котеджів — $1000 \dots 3000 \text{ м}^3/\text{год}$;

для офісів — $1000 \dots 20000 \text{ м}^3/\text{год}$.

3.2.2. Розрахунок повітроводу класного приміщення

Приймаємо кратність обміну повітря $80 \text{ м}^3/\text{год}$ на кожного відвідувача. Кратність обміну однакова для притоку та витяжки.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Витрата повітря м³/год.:

$$L = n \cdot N = 80 \cdot 30 = 2400 \text{ м}^3/\text{год.}$$

де n – кратність обміну, м³/год.;

N – кількість відвідувачів.

Приймаємо у спортивній залі три системи з витратою повітря по 800 м³/год.

Повітровід вибираємо сталевий, круглий з діаметром 315 мм.

Визначаємо переріз повітроводу, м²

$$f = L / (3600 \cdot v) = 800 / (3600 \cdot 4) = 0,06 \text{ м}^2$$

де v – швидкість повітря у повітроводі, м/с.

Втрати тиску на ділянці, Па

$$\Delta p = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot v^2 \frac{\rho}{2} = \left(\frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi \right) \cdot \frac{\rho L^2}{2 g v^2} = \xi' A L^2 = S L^2 = 20 \text{ Па}$$

$$\text{де } \xi' = \frac{\lambda}{d} \cdot l + \sum \xi = 0,085 \cdot 8 + 3,2 = 3,9 \text{ Па}$$

$$A = \frac{\rho}{2 g v^2} = 7,61 \cdot 10^6 \text{ Па} \cdot \text{год}^2/\text{м}^6$$

$$S = A \cdot \xi' = 7,61 \cdot 10^6 \cdot 3,88 = 29,5 \cdot 10^6 \text{ Па}^2 \cdot \text{год}^2/\text{м}^2$$

Реальна швидкість у повітроводу, м/с:

$$V = \frac{L}{g v} = \frac{800}{280} = 2,8 \text{ м/с}$$

де λ – коефіцієнт гідравлічного тертя;

d - внутрішній діаметр розрахункової ділянки, м;

l – довжина розрахункової ділянки, м;

$\sum \xi$ – сума коефіцієнтів місцевого опору;

v – швидкість руху повітря, м/с;

ρ – густина повітря, кг/м³;

ξ' - приведений коефіцієнт місцевих опорів розрахункової ділянки;

A – питомий швидкісний тиск, Па·год²/м⁶, що виникає при проходженні по повітроводу 1 м³/год. повітря;

S – питома гідравлічна характеристика ділянки трубопроводу Па·год²/м⁶, дорівнюється витраті тиску при витраті повітря 1 м³/год.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

g_v – питома витрата повітря у повітроводі, $\text{с} \cdot \text{м}^3/\text{год}$.

За каталогом Systemair обираємо обладнання системи вентиляції

Шумоглушник LDC 315 $\Delta p = 10 \text{ Па}$

Фільтр FGR 315 $\Delta p = 50 \text{ Па}$

Кількість тепла та нагрів припливного повітря, Вт

$$Q = 0,287 \cdot G \cdot C_B \cdot (t_K - t_H),$$

де G – витрата повітря у приміщенні. $\text{м}^3/\text{год}$;

C_B - теплоємність повітря

$$Q = 0,287 \cdot 800 \cdot 1 \cdot (19 - (-20)) = 9000 \text{ Вт} = 9 \text{ кВт}$$

Обираємо нагрівач СВ/315 $\Delta p = 100 \text{ Па}$.

Сумарні витрати тиску у повітроводі, Па:

$$\Delta p = 20 + 160 = 180 \text{ Па}$$

Обираємо тип вентилятора за каталогом.

Втрата вентилятора 200 Па

Потужність 0,18 кВт

Напруга 230 В

Приймаємо, що повітря виводиться з приміщення класу крізь витяжні шахти. Також приймаємо для витяжної системи три вентилятори з витратою повітря по $800 \text{ м}^3/\text{год}$. кожний. Потужність 0,48 кВт; напруга 230 В.

3.3. Розрахунок потужності калорифера

Калорифер використовується в припливній системі для підігріву зовнішнього повітря в холодну пору року. Потужність калорифера розраховується виходячи з продуктивності, необхідною температурою повітря на виході системи і мінімальної температури зовнішнього повітря.

Два останніх параметра визначається ДБН В.2.5-67:2013. Температура повітря, що поступає в житлове приміщення, має бути не нижче $+18^\circ\text{C}$. Мінімальна температура зовнішнього повітря залежить від кліматичної зони.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для м. Миколаєва дорівнює мінус 22°C (розраховується як середня температура найхолоднішої п'ятиденки найхолоднішого місяця о 13 годині).

Таким чином, при вмиканні калорифера на повну потужність він повинен нагрівати потік повітря на 40°C. Оскільки для м. Миколаєва характерні нетривалі сильні морози, в припливних системах можна встановлювати калорифери, що мають потужність менше, ніж розрахована.

При цьому припливна система повинна регулювати продуктивність для зменшення швидкості вентилятора в холодну пору року.

При розрахунку потужності калорифера необхідно враховувати наступні обмеження:

Можливість використання однофазної (220 В) або трифазної (380 В) напруги живлення. При потужності калорифера понад 5 кВт необхідно трифазне підключення, але у будь-якому випадку трифазне живлення краще, оскільки робочий струм в цьому випадку менше.

Максимально допустимий струм вжитку. Струм, споживаний калорифером, можна знайти за формулою: $I = P / U$,

де I - максимальний споживаний струм, А;

P - потужність калорифера, Вт;

U - напруга: 220 В - для однофазної напруги; 660 В ($3 \times 220\text{В}$) - для трифазної напруги.

У випадку, якщо допустиме навантаження електричної мережі менше ніж потрібне, можна встановити калорифер меншої потужності. Температуру, на яку калорифер зможе нагрівати припливне повітря, можна розрахувати за формулою:

$$\Delta T = 2,98 \cdot P / L,$$

де ΔT — різниця температур повітря на вході і виході системи припливної вентиляції, °C;

P - потужність калорифера, Вт;

L - продуктивність по повітрю, м³/год.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Типові значення розрахункової потужності калорифера від 1 до 5 кВт для квартир; від 5 до 50 кВт для офісів. Якщо використовувати електричний калорифер з розрахунковою потужністю не представляється можливим, слід встановити калорифер, що використовує як джерело тепла воду з системи центрального або автономного опалювання (водяний калорифер).

Робочий тиск, швидкість потоку повітря у повітропроводах та допустимий рівень шуму.

Після розрахунку продуктивності по повітрю і потужності калорифера приступають до розробки повітророзподільної мережі, яка складається з повітроводів, фасонних виробів (перехідників, розгалужувачів, поворотів) і розподільників повітря (ґраток або дифузорів).

Розрахунок повітророзподільної мережі починають із складання схеми повітроводів. Далі по цій схемі розраховують три взаємозв'язані параметри — робочий тиск, що створюється вентилятором, швидкість потоку повітря і рівень шуму.

Необхідний робочий тиск визначається технічними характеристиками вентилятора і розраховується виходячи з діаметру і типа повітроводів, числа поворотів і переходів з одного діаметру на інший, типа розподільників повітря. Чим довше траса і чим більше на ній поворотів, тим більше має бути тиск, що створюється вентилятором.

Проводимо аеродинамічний розрахунок, знаходимо зовнішній тиск мережі повітроводів.

Від діаметру повітропроводу залежить швидкість потоку повітря. Зазвичай цю швидкість обмежують значенням від 2,5 до 4 м/с. При великих швидкостях зростають втрати тиску і збільшується рівень шуму. У той же час, використовувати «тихі» повітропроводи великого діаметру не завжди можливо, оскільки їх важко розмістити в міжстельовому просторі.

Тому при проектуванні доводиться шукати компроміс між рівнем шуму, необхідною продуктивністю вентилятора і діаметром повітроводів.

Для побутових систем припливної вентиляції зазвичай використовуються гнучкі повітроводи перетином 160...250 мм і розподільні ґратки розміром 200x200 мм — 200x300 мм.

3.4. Аеродинамічний розрахунок повітроводів

Приймаємо швидкість повітря в повітроводах 3 м/с.

Припливний повітровід: витрата повітря 835 м³/год, підбираємо п'ять повітророзподільчих пристроїв з регульованою витратою повітря, згідно яких в кожен буде потрапляти по 167 м³/год. Таким чином маємо п'ять ділянок повітроводу з різною витратою повітря. Тепер згідно номограми VII- 11 маючи витрату повітря, швидкість та довжину (l), визначаємо площу перетину повітроводу на кожній ділянці (F), а також витрати динамічного тиску (R) [12,13].

Ділянка 1. L=835 м³/год., l=34 м: площа перетину 0,08 м² (400x200),
R=1,292кгс/м²=12,67 Па

Ділянка 2. L= 668 м³/год., l = 2,5 м: F =(300x200)=0,06 м²,
R =0,1075 кгс/м² = =1,054 Па

Ділянка 3. L= 501 м³/год., l = 2,5 м: F =(300x150)=0,045 м²,
R =0,1250кгс/м² = =1,225 Па

Ділянка 4. L= 334 м³/год., l = 2,5 м: F =(200x150)=0,03 м²,
R =0,1575 кгс/м² = =1,544 Па

Ділянка 5. L= 167 м³/год., l = 2,5 м: F =(150x100)=0,015 м²,
R =0,245 кгс/м²= =2,402 Па

Загальна кількість втрат тиску у повітроводі R_п= 18,895 Па

Втрати тиску на проходженні фільтра R_ф= 23,10 Па (початковий опір згідно каталогу).

Втрати тиску на проходженні калорифера R_к= 58 Па (згідно діаграмі опору та тиску калорифера)

Отримуємо загальну кількість втрат тиску на припливній вентиляції:

$$R_{\text{заг}} = R_{\text{к}} + R_{\text{ф}} + R_{\text{п}} = 100 \text{ Па}$$

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Згідно отриманих розрахунків підбираємо припливний вентилятор.

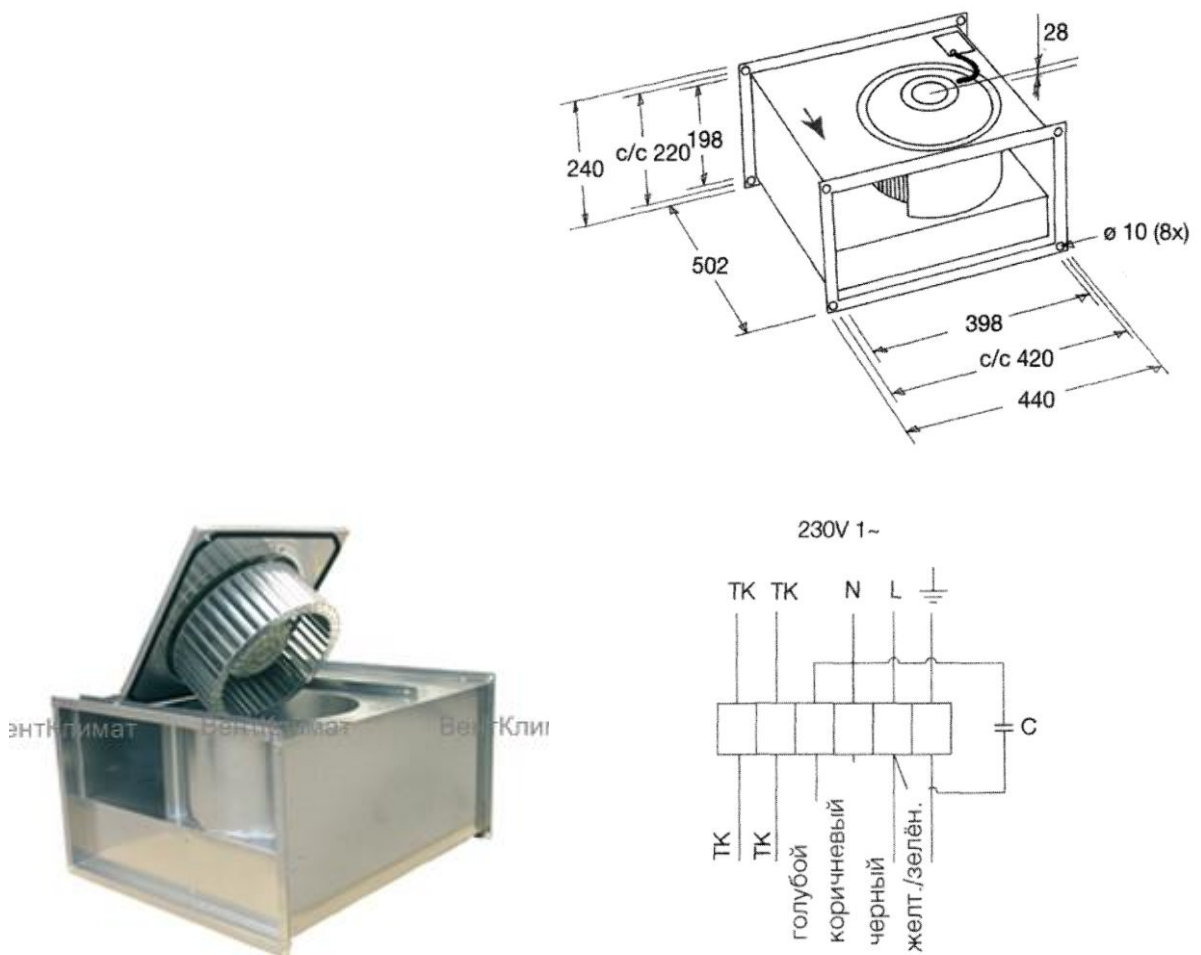


Рис. 3.1. Габаритні розміри та електрична схема підключення
вентилятора Systemair KE 40-20-4

Опис прямокутного каналного вентилятора Systemair KE 40-20-4

Можливість регулювання швидкості;

Вбудовані термоконткти;

Можливість установки в будь-якому положенні;

Вентилятори серії KE/КТ оснащені двигунами із зовнішнім ротором і крильчатками із заломленими вперед лопатками. Корпус виготовлений із сталевго листа, що гальванізується.

Для захисту від перегріву вентилятори оснащені вбудованими термоконтктами з виводами для підключення до пристрою захисту двигуна. Вентилятори

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

можуть встановлюватися в будь-якому положенні і легко з'єднуються за допомогою гнучких з'єднань серії 05. Вентилятори серії KE/КТ40-20 електрично підключаються до клемної коробки, встановленої на корпусі.

Висновки за розділом

У третьому розділі було проведено проєктування та розрахунок системи вентиляції для будівлі ліцею, що базується на чинних нормативних вимогах ДБН В.2.5-67:2013.

Ключові результати та технічні рішення:

Нормативне обґрунтування: параметри мікроклімату та режими роботи вентиляційних установок розраховані на три періоди року (теплий, перехідний та холодний) відповідно до кліматичних характеристик м. Миколаєва.

Організація повітрообміну: Для об'єкта обрано комбіновану систему: у навчальних кабінетах передбачена природна вентиляція, а для приміщення теплового вузла та спортивної зали — примусова механічна вентиляція.

Розрахункові показники: Визначення необхідної кількості повітря проводилося за кратністю повітрообміну та кількістю людей. Для класного приміщення загальна витрата повітря склала 2400 м³/год, що забезпечується трьома системами з продуктивністю по 800 м³/год кожна.

На основі аеродинамічного розрахунку, де загальні втрати тиску склали 100Па, обрано сучасне обладнання компанії Systemair:

Прямокутний каналний вентилятор KE 40-20-4.

Електричний нагрівач СВ/315 потужністю 9 кВт для підігріву повітря у холодний період.

Шумоглушники (LDC 315) та фільтри (FGR 315) для забезпечення належної якості повітря та акустичного комфорту.

Система розрахована на нагрівання повітря від мінімальної зовнішньої температури -22°C до нормативних +18°C. Для захисту обладнання від перегріву передбачено використання вентиляторів із вбудованими термодоконтактами.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Запроектована система вентиляції відповідає санітарно-гігієнічним нормам, забезпечує необхідну кратність повітрообміну та створює оптимальний мікроклімат для навчального процесу.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА КАЛОРИФЕРНОЇ УСТАНОВКИ

4.1. Опис типів водяних калориферів

Дана калориферна установка призначена для системи повітряного опалення і охолодження приміщень класного блоку ліцею.

Калориферні установки необхідно розраховувати, складаючи їх з мінімального числа калориферів, які забезпечують регулювання виробництва по теплу та охолодженню повітря. Це забезпечується установкою повітряних каналів на обвідних каналах калориферів і прохідних каналів на трубопроводах теплоносія. Як правило, слід використовувати багатоходові калорифери з послідовним підключенням по воді. Можливо використовувати паралельне з'єднання калориферів по воді при послідовному розміщенні по напрямку руху повітря. При послідовному з'єднанні по воді калориферів, які складаються з декількох рядів по напрямку руху повітря, теплоносії рекомендовано подавати в перший ряд по напрямку руху повітря, а видаляти з останнього ряду. Повинна бути передбачена можливість незалежного регулювання, відключення і спустошення окремих калориферів, рядів або груп калориферів які використовуються в великих установках.

В якості теплоносія використовується вода, як для зимового періоду, так і для літнього. Гаряча вода потрапляє з котельні на калорифер, і за допомогою вбудованого в повітряний канал вентилятор, обдуваючи калорифер, обігріте повітря розповсюджується в приміщенні. Для охолодження повітря використовуємо воду зі свердловини, яка розташована на території колегіуму. Для розрахунку мережевої води, згідно зі ДБН В.2.5-74:2013, слід помножити на коефіцієнт $\alpha=1$.

Площину поверхні нагріву калориферів необхідно приймати з запасом, що не перевищує 20 % (рекомендовано 10...20%). Згідно до ДБН В.2.5-67:2013, необхідно спроектувати автоматичну систему захисту калорифера від замерзання (автоматичного термостату).

В системах повітряного опалення, вентиляції та охолодження повітря адміністративних будівель часто використовують сталеві пластинчаті багатоходові

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

калорифери середніх і великих моделей (КВС-п та КВБ-п), а також біметалеві калорифери з накатним оребренням КсК (3-х і 4-х рядні).

Калорифери розраховані на теплоносій максимальної температури 150°C та робочим тиском 1,2 МПа. Встановлюються з вертикальним та горизонтальним положенням тепловіддаючих трубок та патрубків.

Сталеві пластинчаті багатоходові калорифери КВС-п та КВБ-п виконані з чотирма проходами по напрямку руху теплоносія. Нагрівальні елементи являють собою сталеві трубки з пластинчатим оребренням. Трубки і пластинки оцинковані.

Калорифери з накатним оребренням типу КсК виробництва ТОВ «Київ-промтехсервіс» виготовляються двох моделей - КсК-3 і КсК-4. Їх теплопередаюча поверхня являє собою пучок біметалевих трубок розташованих у шаховому порядку. В калориферах типу КсК-3 три ряди трубок в глибину, а КсК-4 - чотири ряди.

Калорифер КсК виготовляється шляхом компонування оребрених труб. Елементи теплообмінників виконані зі сталевих труб, на які наносяться спіральнопонакатне алюмінієве ребро. Товщина стінки сталевих труб вибирається за бажанням замовника. Можливо виготовлення калориферів КСК на основі труби з жароміцної (нержавіючої) сталі або безшовної труби ДСТУ 8939:2019. Вони забезпечують ефективну передачу тепла від теплоносія до повітря, що нагрівається. Підготовка теплоносія проводиться на зовнішніх пристроях.

4.2. Розрахунок водяних калориферів

В роботі передбачена природна та припливно-витяжна система вентиляції, яка забезпечує трьохкратний повітрообмін у приміщенні. Показником ефективності вентиляції приміщень є кратність повітрообміну - це число, яке показує, скільки разів упродовж однієї години повітря в приміщенні замінюється зовнішнім. Системи припливно-витяжної вентиляції можуть бути набірними або моноблочними. Набірна припливно-витяжна система є таким собі «конструктором», коли

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

проектувальник підбирає окремо основні елементи системи: вентилятор, калорифер, охолоджувач, зворотний клапан, фільтр та ін. Для нормальної роботи вентиляції дуже часто потрібна установка, як припливної вентиляції, так і витяжної. Дуже часто продуктивність (вимірюється в м³/год.) припливної і витяжної систем (тобто скільки повітря система подає в приміщення і витягує - рівна, за винятком приміщень громадського харчування, технологічних приміщень і промислового використання.

Для визначення необхідної продуктивності потрібно розрахувати два значення повітрообміну по кратності обміну повітря та по кількості працюючих людей.

Розрахунок проведемо на прикладі приміщення холу (рекреації), розташованого на другому поверсі класного блоку.

Необхідна продуктивність припливної вентиляції розраховується двома способами і в подальшому розрахунку приймається більше значення.

$$L = S \cdot H \cdot n ,$$

де L - необхідна продуктивність припливної вентиляції;

S - площа приміщення;

H - висота приміщення;

$n = 3$ - нормована кратність обміну повітря, вибирається згідно СНіП2.04-05-91.

$$L = S \cdot H \cdot n = 204,3 \cdot 3,2 \cdot 3 = 3115,25 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$L = N \cdot L_{\text{норм}} ,$$

де N - кількість людей;

$L_{\text{норм}}$ - норма витрат повітря на одну людину.

$$L = N \cdot L_{\text{норм}} = 50 \cdot 40 = 2000 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Приймаємо більше значення $L = 3115,25 \text{ м}^3/\text{год.}$

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розраховуємо мінімальні витрати повітря для системи повітряного опалення:

$$G = 3,6 \frac{Q_{\text{т.в.}}^{\text{буд.}}}{c(t_{\text{г}} - t_{\text{г}})} = 3,6 \frac{5520,79}{1(25 - 20)} = 3974,97 \text{ кг/год.},$$

де $Q_{\text{т.в.}}^{\text{буд.}}$ - тепловтрати приміщення, Вт;

c – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг К);

$t_{\text{г}}$ та $t_{\text{г}}$ - температура нагрітого повітря та внутрішня температура опалювального приміщення, °С;

$$3974,97 \text{ кг/год.} = 3231,68 \text{ м}^3/\text{год.}$$



Рис. 4.1 Калорифер КсК

Визначаємо площу нагріву установки калорифера КсК–3–11–01:

$$F_o = F \cdot n = 68,01 \cdot 3 = 204,03 \text{ м}^2,$$

де F – площа нагріву одного калорифера, м²;

n - кількість встановлених паралельно по напрямку руху повітря.

Визначаємо витрати тепла на нагрів повітря:

$$Q = 0,287 G \cdot c_{\text{г}} (t_{\text{к}} - t_{\text{н}}) = 0,287 \cdot 3974,97 \cdot 1(20 + 18) = 43351 \text{ Вт},$$

де $c_{\text{г}}$ – питома масова теплоємність повітря, кДж/(кг·К);

$t_{\text{к}}$ та $t_{\text{н}}$ - початкова і кінцева температура повітря.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначаємо орієнтовну площину живого перетину калориферної установки по повітрю:

$$f_{\text{жс}} = \frac{G}{3600 \cdot \nu \rho} = \frac{3974,97}{3600 \cdot 3} = 0,685 \text{ м}^2,$$

де $\nu \rho$ - масова швидкість повітря в калорифері, приймається $2 \dots 10 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$.

Визначаємо дійсну масову швидкість повітря в живому перетині калориферної установки:

$$\nu \rho = \frac{G}{3600 \cdot f_{\text{жс}} \cdot n} = \frac{3974,97}{3600 \cdot 0,685 \cdot 3} = 2,26 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}).$$

По значенню орієнтованого перетину по повітрю підбираємо тип та кількість калориферів в установці. З приведених технічних даних вибираємо модель калорифера КСк-3-11-01 біметалевий з накатним оребренням.

Визначаємо кількість води, яка проходить крізь калорифер:

$$W = \frac{0,86 \cdot Q}{1000 \cdot (T_z - T_o) \cdot n} = \frac{0,86 \cdot 43351}{1000 \cdot (60 - 40) \cdot 3} = 0,62 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо швидкість води в калорифері:

$$\omega = \frac{W}{3600 \cdot f_{\text{мр}}} = \frac{0,62}{3600 \cdot 0,00129} = 0,2 \text{ м}/\text{с}.$$

Визначаємо площу нагріву калориферної установки:

$$F_n = \frac{Q}{k} \cdot \left(\frac{T_z + T_o}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \right) = \frac{43351}{4,6} \cdot \left(\frac{60 + 40}{2} - \frac{20 - 18}{2} \right) = 184,3 \text{ м}^2,$$

де $k = 4,6$ - коефіцієнт тепловіддачі калорифера, вибирається з технічних даних.

Визначаємо аеродинамічний опір установки:

$$p_a = 1,61 \cdot (\nu \rho)^{1,71} = 1,61 \cdot (2,26)^{1,71} = 6,49 \text{ Па}$$

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначаємо опір при проходженні теплоносія:

$$p_{\omega} = 13,6 \cdot \omega^2 = 13,6 \cdot 0,2^2 = 0,544 \text{ кПа}$$

Визначаємо запас площі нагріву

$$\frac{F_d - F_n}{F_n} \cdot 100 = \frac{204,03 - 184,3}{184,3} 100 = 10,71\%$$

Висновки

У четвертому розділі було розроблено та розраховано калориферну установку, призначену для систем повітряного опалення та охолодження приміщень класного блоку ліцею

Калориферна установка складається з трьох паралельно встановлених калориферів моделі КСк-3-11-01 біметалевих з накатним оребренням. Система є універсальною: у зимовий період як теплоносієм використовується гаряча вода з котельні, а в літній період для охолодження повітря передбачено використання води зі свердловини, що розташована на території закладу.

Розрахунковий запас площі поверхні нагріву склав 10,71 %, що повністю відповідає нормативним вимогам (рекомендовано від 10 до 20 %) і підтверджує правильність вибору обладнання.

Відповідно до ДБН В.2.5-67:2013, проєктом передбачено встановлення автоматичної системи захисту від замерзання (термостату) для надійної експлуатації установки в зимовий період.

Таким чином, розроблена калориферна установка забезпечує необхідні параметри мікроклімату в навчальних приміщеннях при дотриманні високих показників енергоефективності та надійності.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1 Охорона праці та техніка безпеки при монтажі систем опалення та вентиляції

Загальні положення

Організація робіт з монтажу систем опалення (радіаторів MC 140-108, котлів Viessmann) та вентиляції (обладнання Systemair) у будівлі ліцею повинна здійснюватися відповідно до ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві».

До виконання монтажних робіт допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли: медичний огляд; вступний та первинний інструктажі на робочому місці; навчання та перевірку знань з питань охорони праці та пожежної безпеки.

Вимоги безпеки при підготовці робочої зони

Оскільки монтаж проводиться в приміщеннях навчального закладу (ліцею), робоча зона має бути чітко обмежена:

Місця проведення робіт необхідно огороджувати захисними засобами, а на шляхах можливого руху сторонніх осіб встановлювати попереджувальні знаки: «Стороннім вхід заборонено», «Обережно! Працюють люди».

Освітленість робочих місць повинна відповідати нормам ДБН та бути не меншою за 30-50 лк.

Проходи та коридори ліцею не повинні захаращуватися демонтованим обладнанням чи будівельним сміттям.

Техніка безпеки при монтажних роботах

Робота з важким обладнанням (радіатори та котли):

Транспортування чавунних радіаторів MC 140-108 та котлів Viessmann Vitoplex вагою понад 50 кг має здійснюватися за допомогою засобів малої механізації (візки, талі).

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

При переміщенні радіаторів вручну необхідно використовувати спеціальні захвати. Забороняється підтримувати радіатори знизу пальцями через ризик защемлення.

Роботи на висоті (монтаж повітроводів та вентиляторів Systemair):

Монтаж повітроводів під стелею повинен виконуватися з інвентарних риштувань, підмостків або драбин-стрем'янок, що мають сертифікат відповідності.

Забороняється використовувати випадкові предмети (ящики, бочки) як опору.

Інструмент слід тримати у спеціальних сумках, щоб запобігти його падінню на людей, що перебувають знизу.

Електробезпека при використанні інструменту:

Усі ручні електроінструменти (дрилі, перфоратори, КШМ) повинні бути заземлені (якщо це передбачено класом захисту) та мати справну ізоляцію кабелів.

Підключення обладнання до мережі ліцею дозволяється тільки через справні штепсельні з'єднання.

Пожежна безпека та зварювальні роботи

При зварюванні або паянні трубопроводів у місцях проходів крізь стіни та перекриття необхідно забезпечити захист горючих конструкцій екранами з негорючих матеріалів.

Місце проведення вогневих робіт має бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння (вогнегасники типу ОП-5 або ОВ-5).

Після закінчення робіт зварник зобов'язаний ретельно оглянути місце роботи, щоб виключити можливість прихованого осередку займання.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Кожен працівник повинен бути забезпечений наступними ЗІЗ:

Спецодяг та спецвзуття згідно з нормами.

Захисна каска (при виконанні робіт у зоні можливого падіння предметів).

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Захисні окуляри та рукавиці (при різанні труб, роботі з мінеральною ватою для ізоляції повітроводів).

Запобіжні пояси (при роботі на висоті понад 1,3 м без огородження).

Вимоги безпеки при випробуванні систем

Гідравлічні випробування системи опалення та пусконаладження вентиляції проводяться під наглядом відповідального виконавця робіт.

Під час підняття тиску в системі до розрахункового (згідно з проєктом) забороняється перебувати навпроти фланцевих з'єднань та арматури.

Усунення несправностей (підтягування гайок, підбивання ущільнень) під час перебування системи під тиском категорично заборонено.

Висновок за розділом

Дотримання викладених заходів з охорони праці забезпечує мінімізацію ризиків травматизму та виникнення аварійних ситуацій під час монтажу систем життєзабезпечення ліцею. Особлива увага приділена безпеці в умовах діючого навчального закладу та специфіці роботи з великогабаритним обладнанням.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.05	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі було розроблено системи опалення і вентиляції для триповерхової будівлі класного блоку ліцею загальною площею 3 тис. м².

При проектуванні систем теплопостачання враховувалися умови збереження енергетичних ресурсів та коштів на опалення за рахунок встановлення автономної дахової котельні та поліпшення умов безпеки та експлуатації обладнання.

Були зроблені теплотехнічний розрахунок системи опалення, розрахунок тепловтрат по об'єкту. Система опалення запроєктована з нижнім розведенням з П - подібними стояками. Параметри теплоносія 95-70°C. В якості опалювальних приладів прийняті чавунні радіатори MC-140-108 з автоматичними регуляторами температури повітря в приміщенні та повітровідвідниками.

Відповідно чинних нормативних вимог спроектовані та розраховані системи вентиляції для класного блоку ліцею. Обрано комбіновану систему: у навчальних кабінетах передбачена природна вентиляція, а для приміщення теплового вузла та спортивної зали — примусова механічна вентиляція.

Внутрішні температури, повітрообміни прийняті відповідно до ДБН В.2.5-67:2013.

Виконані розрахунки та підбір калорифера, розрахунок повітрообміну по кратності, аеродинамічний розрахунок повітроводів.

В роботі представлений розрахунок для типової калориферної установки, яка складається з трьох паралельно встановлених калориферів моделі КСК-3-11-01 біметалевих з накатним оребренням. Розроблена калориферна установка забезпечує необхідні параметри мікроклімату в приміщеннях класного блоку при дотриманні високих показників енергоефективності та надійності.

Розкриті питання охорона праці та техніки безпеки при монтажі систем опалення та вентиляції на об'єкті.

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://dbn.co.ua/load/normativy/dbn/1-1-0-1018>
2. ДСТУ Б EN 15251:2011 Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики en 15251:2007, [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.mathcentre.com.ua / download/dstu_en_15251-2011.pdf
3. 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>
4. 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>
5. ДСТУ-Н Б В.2.6-191:2013 Настанова з розрахункової оцінки повітропрониємності огорожувальних конструкцій [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://online.budstandart.com/ ua/catalog/doc-page?id_doc=56183
6. Луняка К. В., Димо Б. В., Корнієнко В. С., Коновалов Д. В. Джерела та системи теплопостачання промислових і комунальних об'єктів : навч. посіб. Херсон : Видавництво ХНТУ, 2019. 101 с.
7. Винокурова Л. Е., Васильчук М. В., Гаман М. В. Основи охорони праці: Підр. для професійно-технічних навчальних закладів. - 2-е вид., допов., перероб. Київ: Вікторія, 2001.
8. Боженко М.Ф. Системи опалення, вентиляції і кондиціонування повітря будівель : навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 380 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: file:///C:/Users/ADMIN/ Downloads/2019BozhenkoMF_NavchPosib.pdf
9. Глушко Ю.Ю. Опалення : навч. посіб.. 2019. Автор-упорядник: Глушко Ю.Ю., над навч. посіб. також працювали: Безпалько Н.О., Боброва Т.Б., Висо-

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

кос С.М., Гусев П.С., Заседателев І.В., Лебедєв С.О., Сашко В.О., Семироз М.В., Терещенко Т.М., Черниш В.В. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://mon.gov.ua/storage/app/media/news/Новини/2020/04/28/2opalennya.pdf>

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

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

12. Шаповалов, Ю. О., Семенов М. М. Методичні вказівки до виконання випускної кваліфікаційної роботи зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітнього ступеня «бакалавр» : метод. вказівки. Миколаїв : НУК, 2025. 44 с.

13. Розрахунок калорифера: як розрахувати потужність приладу для нагрівання повітря для опалення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <https://uk.top-home-tips.com/3460422-calculator-calculation-how-to-calculate-the-power-of-the-device-for-heating-the-air-for-heating>.

14. Повітряне опалення [Електронний ресурс]. – Режим доступу до статті: <https://bio.ukr.bio/ua/articles/8730/>

					ВКР.144.4241з.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		