

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.

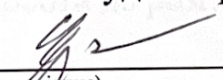
«__» _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

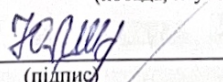
на тему: Розробка систем теплопостачання фітнес-центру загальною площею 260 м²

Виконав: студент групи 4241


(підпис) **Білоус Д.Г.**

Керівник роботи:

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


(підпис) **Шапиров Ю.О.**

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

Шаповалов Ю.О.
(підпис)

«06» _____ 2026 р.

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

Студента Білоуса Дмитра Геннадійовича

(Прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Розробка систем тепlopостачання фітнес-центру загальною площею 260 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 одноповерхової будівлі фітнес-центру

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

1. Характеристика об'єкта, для якого розробляється система тепlopостачання. 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. Тепловий розрахунок опалювальних приладів. Вибір обладнання. 3. Розробка систем вентиляції. Розробка принципів схем припливно-витяжної вентиляції. Визначення необхідного повітрообміну для всіх приміщень. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів. Підбір

обладнання. 4. Розробка регенеративного теплообмінника. 5. Розробка питань з охорони праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів

1. Експлікація будівлі
2. Ескіз приміщень та аксонометрична схема системи вентиляції і повітряного опалення
3. Ескіз приміщень та аксонометрична схема системи вентиляції і повітряного опалення приміщень
4. План і аксонометрична схема системи водяного (чергового) опалення приміщень Схема тепловпункту
5. Регенератор

6. Консультанти розділів роботи

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

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

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

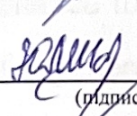
Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Характеристика об'єкта, для якого розробляється система тепlopостачання		
2	Розробка системи водяного опалення		
3	Розробка вентиляції		
4	Розробка регенеративного теплообмінника		
6	Розробка заходів з охорони праці		
7	Графічна частина		

Студент


(підпис)

Білоус Д.Г.

Керівник роботи


(підпис)

Шаповалов Ю.О.

Анотація

В роботі виконана розробка систем теплопостачання фітнес-центру. За результатами розрахунку балансу теплоти в будівлі визначена теплова потужність системи водяного опалення зі штучним спонуканням та системи повітряного опалення, сполученого із припливною вентиляцією, і опалювальними агрегатами.

Для забезпечення роботи системи водяного опалення була визначена кількість опалювальних приладів та підібраний теплообмінний апарат.

Для систем вентиляції і повітряного опалення визначені розміри повітропроводів і підібрані вентилятори, які забезпечують необхідний тиск в системі. Для зменшення витрат теплової енергії на повітряне опалення підібраний роторний регенератор. Зроблений огляд регенеративних теплообмінних апаратів, які використовуються для утилізації тепла в системах припливно-витяжної вентиляції. Розглянуті питання з охорони праці.

Ключові слова: система опалення, вентиляція, теплотехнічний розрахунок, регенеративні теплообмінні апарати.

Abstract

This paper presents the design of heating systems for a fitness center. Based on the results of the building's heat balance calculation, the thermal capacity of the forced-circulation water heating system and the air heating system—combined with supply ventilation and heating units—was determined.

To ensure the operation of the water heating system, the number of heating units was determined and a heat exchanger was selected.

For the ventilation and air heating systems, the dimensions of the air ducts were determined and fans were selected to provide the necessary pressure in the system. A rotary regenerator was selected to reduce thermal energy consumption for air heating. A review was conducted of regenerative heat exchangers used for heat recovery in supply and exhaust ventilation systems. Occupational safety issues were addressed.

Keywords: heating system, ventilation, thermal engineering calculation, regenerative heat exchangers.

ВСТУП

Незважаючи на очевидну важливість галузі теплопостачання, як для економіки держави, так і для населення, тепла енергетика та сфера споживання теплової енергії в Україні перебуває в кризовому стані, яке погіршується з кожним роком. Серед найбільш негативних наслідків критичного стану інфраструктури системи теплопостачання можна виділити: перевитрату палива, внаслідок морально застарілого обладнання, що позначається на низькому рівні енергоефективності держави; високу вартість реалізації проєктів модернізації, що часто є стримуючим фактором для інвесторів; неможливість надати споживачеві послуги належної якості; високий рівень втрат тепла, які покриваються в тарифах на послуги.

Організм людини знаходиться в постійній взаємодії з навколишнім середовищем. Зміна теплових умов приводить до автоматичного пристосування температурного і вологісного стану шкіри унаслідок дії системи терморегуляції організму, але кожен організм індивідуальний. Теплові відчуття можуть відрізнятися від нормативних середньостатистичних показників мікроклімату в приміщенні.

Тому, не дивлячись на неоднозначність підходів до забезпечення теплового комфорту, розробникам систем мікроклімату необхідно створювати і підтримувати його, задовольняючи вимоги більшості людей. Система забезпечення мікроклімату є розгалуженою мережею трубопроводів, які беруть початок з генераторів теплоти або холоду.

Приблизно третина всього палива, що спалюється в нашій країні, витрачається на опалення. Тому з економічної точки зору і у зв'язку з великою напруженістю енергетичного балансу в країні виявляється дуже важливим раціональне використання палива в цих системах. Правильне інженерне рішення теплопостачання та вентиляції будівель в масштабах всієї країни може дати помітний економічний ефект.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Мета роботи: Розробка систем теплопостачання фітнес-центру.

Завдання: Для забезпечення комфортних умов перебування співробітників та відвідувачів у фітнес-центрі розробити системи теплопостачання: опалення та вентиляцію.

Системи повинні забезпечити зменшення витрат енергії та матеріальних ресурсів при збереженні необхідних комфортних умов, зменшення шкідливих викидів в атмосферу від обладнання систем опалення та вентиляції.

Об'єкт розробки: одноповерхова будівля фітнес-центру загальною площею 260 м², розташована в м. Миколаєві.

					ВКР.144.4241.02.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. Системи життєзабезпечення фітнес-центру	
1.3. Вимоги ДБНУ до систем опалення та вентиляції	
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ.....	
2.1. Класифікація систем опалення	
2.2. Розробка схеми системи опалення.....	
2.3. Розробка системи опалення.....	
2.3.1. Вибір та обґрунтування зовнішніх і внутрішніх параметрів для розрахунку установки.....	
2.3.2. Визначення величин опору теплопередачі огорожень.....	
2.3.3. Розрахунок тепловтрат і теплопритоків. Складання теплового балансу	
2.3.4. Розрахунок втрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря	
2.3.5. Розрахунок теплової потужності системи опалення.....	
2.3.6. Тепловий розрахунок опалювальних приладів.....	
2.4. Вибір обладнання системи опалення.....	
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ	
3.1. Розробка принципів схем припливно-витяжної вентиляції	
3.2. Розрахунок вентиляційних систем	

3.2.1. Визначення необхідного повітрообміну для всіх приміщень будівлі	
3.2.2. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів	
3.3. Підбір обладнання.....	
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМІННИКА	
4.1. Огляд регенеративних теплообмінних апаратів, які використовуються для утилізації тепла в системах припливно-витяжної вентиляції.....	
4.2. Вибір типу регенератора та розрахунок його для спроектованої системи вентиляції	
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	
5.1 Загальні вимоги з техніки безпеки та охорони праці при монтажі системи вентиляції одноповерхової будівлі фітнес-центру	
ВИСНОВКИ.....	
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	

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

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

Система теплопостачання розробляється для одноповерхової будівлі фітнес-центру загальною площею 260 м², яка розташована в місті Миколаєві.

Зовнішні стіни будівлі складаються з наступних шарів:

- основна стінова цегляна кладка з червоної цегли, товщиною 125 мм, $\lambda=0,81\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$;
- утеплювач пінополістирол, товщиною 50 мм, $\lambda = 0,05 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$;
- облицювальна цегла повнотіла силікатна товщиною 250 мм, $\lambda=0,87(\text{Вт}/\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$;
- внутрішня штукатурка, товщиною 0,02 м, $\lambda=0,7 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$.

Внутрішні стіни – цегляні, товщиною в 1,5 цеглини, оштукатурені (товщина шару внутрішньої штукатурки 0,02 м).

Підлога бетонна (товщина шару 120 мм, $\lambda=0,75\text{Вт}/(\text{м}\cdot^{\circ}\text{C})$) розташована безпосередньо на ґрунті, поверх бетону розміщена плитка.

Стеля плоска. Матеріал стелі – оребрені залізобетонні перекриття з двома шарами руберойду.

Вхідні двері: парадні, розташовані на південній стороні, та службові – розташовані на східній стороні. В будівлі фітнес-центру є гараж для машин співробітників, кімната відпочинку, дві зали зі спортивним обладнанням, фітнес-бар, кухня, вбиральні, широкий хол, два коридори, хазяйську кімнату, кімнату адміністрації, кімнату обладнання систем опалення та вентиляції.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

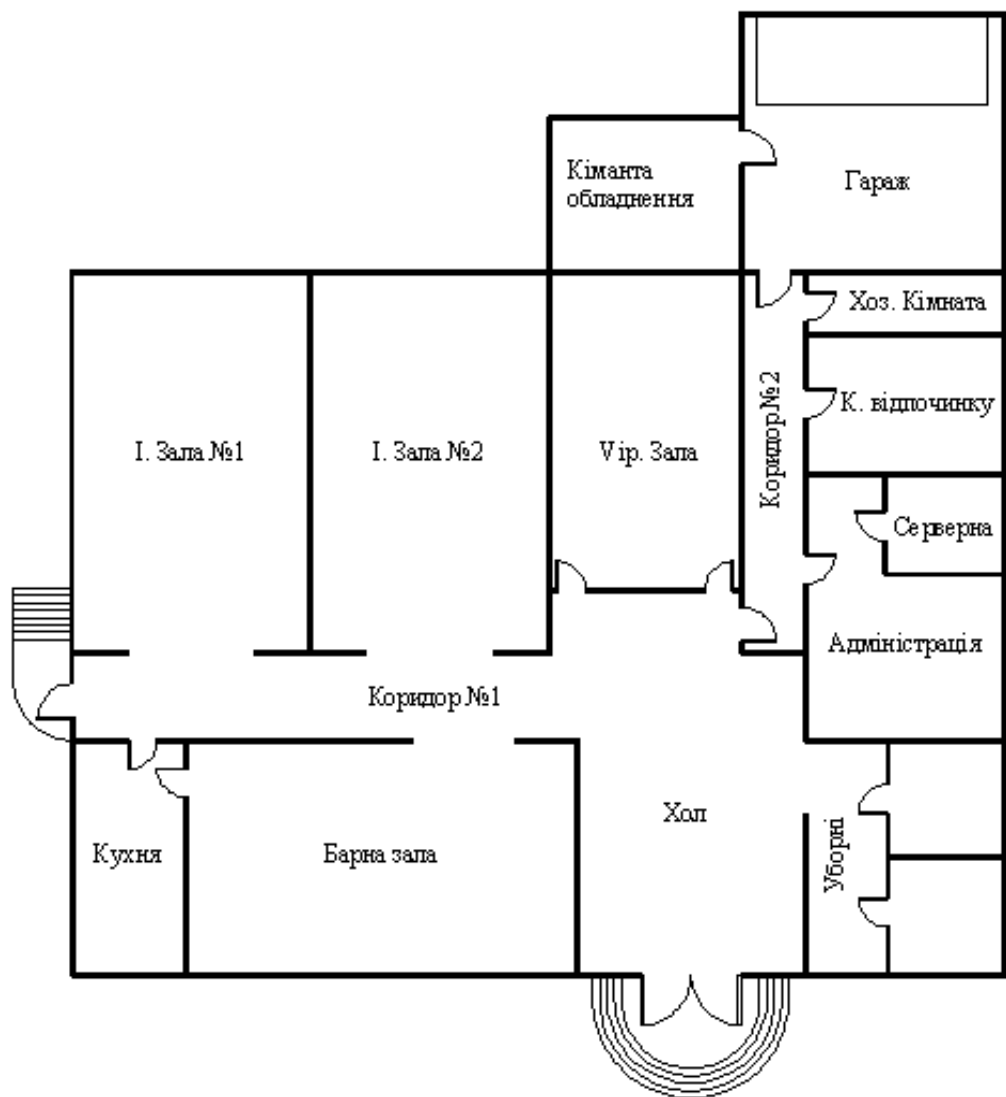


Рис. 1.1 Ескіз приміщень фітнес-центру

Таблиця 1.1

Експлікація приміщень фітнес-центру

№	Найменування приміщень
1	Кухня
2	Фітнес-бар
3	Коридор №1
4	Зала №1
5	Зала №2
6	Хол
7а,б	Вбиральні
8	Вір Зала

№	Найменування приміщень
9	Коридор №2
10	Кімната адміністрації
11	Кімната інвентарю
12	Кімната відпочинку персоналу
13	Підсобна кімната
14	Гараж
15	Кімната розміщення обладнання систем опалення та вентиляції

1.2. Системи життєзабезпечення фітнес-центру

Система опалення

В будівлі фітнес-центру передбачене повітряне опалення, яке суміщене з системою загальнообмінної вентиляції, і чергове водяне опалення. Джерелом теплопостачання є газовий котел Buderus Logano G 124 WS 24 потужністю 24 кВт.

Для подачі гарячої води на потреби кухні передбачений водонагрівач ємністю 60 л. Холодна вода подається до бойлера, де підігрівається до заданої температури.

Система вентиляції

Припливно-витяжна система вентиляції суміщена з повітряною системою опалення і включає в себе два вентилятори ВР-300-45-2.5, повітроводи прямокутного перетину, забірні решітки типу РН 500х800, глушители шуму пластинчаті А7Е.178.001, калорифер КСк 2-1 (теплоносій – гаряча вода), обертовий регенератор, фільтри кишенькового типу.

Припливно-витяжна вентиляція є загальнообмінною і передбачена для всіх приміщень окрім кімнати обладнання систем, кухні та вбиралень. Для вбиралень передбачена окрема вентиляція.

Системи водопостачання та каналізації

На території, де розташований фітнес-центр, є свердловина для забезпечення водою. Вода проходить через очисні спорудження й по трубах надходить на технічні й побутові потреби.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Система водопостачання має запасні резервуари.

Вода зі свердловини подається на очисні спорудження й у накопичувачі. З накопичувачів вода нагнітачами подається для споживання.

При зниженні тиску в резервуарах накопичувача автоматично запускаються глибинні нагнітачі й поповнюють видаткові резервуари.

Витрата води складає 0,34 кг/с.

Так як в районі розташування фітнес-центру відсутня каналізаційна мережа, стічні води від кухні і вбиралень видаляються та знешкоджуються за допомогою системи автономної каналізації ТОПАС, яка займає площу 1 м² і розташована в 7 м від будівлі. Систему TopolWater (Чеський Топас) необхідно прочищати раз на три місяці.

Пожежна сигналізація

У будівлі фітнес-центру передбачена система пожежної сигналізації, що забезпечує безпеку об'єкта від пожежі.

Система сигналізації загазованості

Система сигналізації загазованості виконана в кімнаті обладнання, де розташовується газовий котел. У випадку витoku газу при працюючому котлі відбувається контроль концентрації газової суміші, у випадку перевищення концентрації спрацьовує клапан екстреного припинення подачі газу й включається голосний сигнал - сирена.

Електропостачання

Джерело електропостачання фітнес-центру є проведена лінія електропередач. Електричний струм забезпечує роботу обладнання будівлі, в тому числі вентиляторів системи вентиляції, рекуператора, котла, автоматичної системи контролю та нагнітачів системи опалення.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

1.3. Вимоги ДБНУ до систем опалення та вентиляції

Основними документами, на які варто спиратися при проектуванні систем опалення та вентиляції, є ДБН В.2.5-67:2013 «Опалення, вентиляція та кондиціювання» та ДБН В.2.2-13:2003 «Спортивні та фізкультурно-оздоровчі споруди».

Температурні режими приміщень фітнес-центру важливо приймати відповідно до призначень цих приміщень.

Згідно з нормами, розрахункові температури мають бути такими:

Зона фітнес-центру	Температура повітря, °C
Тренажерні зали, зали для фітнесу та йоги	15–18
Роздягальні (окремо від душових)	22–25
Душові та санітарні вузли	25
Масажні кабінети / процедурні	22–24
Адміністративні приміщення та вестибюлі	18–20

Типи систем опалення

Повітряне опалення: Найчастіше рекомендується для великих тренажерних залів. Воно поєднується з вентиляцією, що дозволяє швидко змінювати температуру та забезпечувати приплив свіжого повітря.

Водяне опалення: Традиційні радіатори або конвектори. Важливо: у спортзалах опалювальні прилади мають бути заглиблені в ніші або закриті захисними екранами, що не виступають із площини стін, щоб уникнути травматизму.

Підігрів підлоги (Тепла підлога): рекомендується для роздягалень, душових та зон навколо басейнів (якщо вони є). Це допомагає швидко висушувати вологу та запобігає розмноженню грибка.

Температура відкритих поверхонь приладів опалення в залах не повинна перевищувати 70–80°C, щоб уникнути опіків при випадковому контакті.

Опалювальні прилади повинні мати гладку поверхню, яка легко піддається вологому прибиранню та дезінфекції.

Система не повинна створювати шум, що перевищує допустимі межі для громадських будівель (зазвичай це до 35–45 дБ у робочих зонах).

Опалення у фітнес-центрах не може розглядатися окремо від вентиляції.

У залах для занять необхідно забезпечувати від 60 до 80 м³/год свіжого повітря на одного відвідувача.

Якщо використовується повітряне опалення, система повинна мати автоматику, яка підтримує задану температуру залежно від кількості людей у залі.

Головний показник для системи вентиляції — це об'єм повітря на одну людину за годину. У фітнес-центрах він значно вищий, ніж в офісах, через інтенсивне виділення вуглекислого газу та вологи.

Категорія людей / Приміщення	Норма повітря (м ³ /год на 1 особу)
Відвідувачі, що активно тренуються	80 (мінімум 60)
Глядачі або персонал	20
Тренери / Адміністрація	40
Душові	75 (на одну душову сітку)

Кратність показує, скільки разів за годину повітря в приміщенні має повністю оновитися:

- Зали для тренувань: 3–8 разів/год (залежно від висоти стелі та інтенсивності занять).
- Роздягальні: 2–3 рази/год.
- Санвузли та душові: 5–10 разів/год (виключно на витяжку).

Ключові технічні вимоги

Системи вентиляції залів і санвузлів/душових мають бути роздільними. Не можна об'єднувати їх в одну мережу, щоб запахи з роздягалень не потрапляли в зону тренувань.

У душових та санвузлах витяжка має переважати над припливом. Це створює невелике розрідження повітря, щоб волога та запахи не розповсюджувалися по всьому центру.

Швидкість повітря в зоні перебування людей не повинна перевищувати 0,3–0,5 м/с.

Повітря, що подається з вулиці, повинно проходити очищення фільтрами класу мінімум G4 (груба очистка) або F7 (тонка очистка).

Вентиляційні установки мають бути обладнані шумоглушниками, щоб гул вентиляторів не заважав музиці чи командам тренера.

Енергоефективність: Рекуперація

Оскільки об'єми повітря величезні, нагрівати його взимку «з нуля» дуже дорого. ДБН рекомендує використання рекуператорів.

Рекуперація - це процес, при якому тепле повітря, що виходить із залу, віддає своє тепло холодному повітрю, що заходить із вулиці, через спеціальний теплообмінник (без змішування потоків). Це дозволяє економити до 70–80% витрат на опалення вентиляційного повітря.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.01	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДЯНОГО ОПАЛЕННЯ

2.1. Класифікація систем опалення [3]

1. За способом взаємного розташування елементів:
централізовані (ТЕЦ); місцеві (АГВ).
2. За видом теплоносія: водяні; парові; повітряні; комбіновані.
3. За способом циркуляції теплоносія (води) по контуру:
природна – за рахунок різниці густин; штучна (примусова).
4. За параметрами теплоносія:
вода: а) 100°C (105°C); б) менше 100 °C.
5. Параметри пари:
а) високого тиску $p_p = 0,17 \dots 0,3 \text{ МПа}$;
б) низького тиску $p_p = 0,1 \dots 0,17 \text{ МПа}$;
в) вакуумні $p_p < 0,1 \text{ МПа}$.

Таблиця 2.1

Порівняльна характеристика водяного, парового і повітряного опалення

Тип системи опалення	Переваги	Недоліки
Водяна система	Рівномірність температури повітря в приміщенні; довговічність; простота регулювання температури теплоносія; пил не пригоряє на опалювальних приладах.	більший гідростатичний тиск на низько розташованих опалювальних приладах; відносно велика витрата металу; небезпека замерзання; теплова інерційність.
Парова система	висока тепловіддача; менша витрата металу, у порівнянні з водяною системою; менша небезпека замерзання;	неможливість централізованого регулювання температури, витрати; складнощі експлуатації;

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тип системи опалення	Переваги	Недоліки
	швидке прогрівання приміщення; транспортування на більші відстані	менша довговічність
Повітряна система	завжди сполучається з системою вентиляції; дуже швидко нагріває приміщення; простота регулювання повітря, яке подається	великі розміри каналу; більші втрати тепла при транспортуванні; неможливість на більші відстані транспортувати гаряче повітря.

2.2. Розробка схеми системи опалення

Система водяного опалення будівлі фітнес-центру є двотрубною, з нижнім розташуванням подаючого і зворотного трубопроводів зі штучною циркуляцією теплоносія [8].

Так як у води висока теплоємність, то вона є кращим теплоносієм. Температура теплоносія на вході складає 95°C, на виході 70 °C.

Двотрубна система була обрана з наступних причин:

- на всіх приладах однакова температура теплоносія, що забезпечує рівномірність розподілення температури повітря по всьому приміщенню;
- кожен прилад окремо підключений до розподільного трубопроводу. Це дозволяє відключати деякі прилади у разі неполадок, а також регулювати температурний режим в приміщенні шляхом відключення одного або декількох приладів від розподільного трубопроводу без відключення інших;
- легкість відділення повітря від теплоносія;
- максимальний теплоперепад (різниця температур), що підвищує теплопередачу через 1м² приладу та зменшує поверхню прибору.
- двотрубна система використовується в будівлях, які не мають багато поверхів, якою і є одноповерхова будівля фітнес-центру.

Примусова циркуляція теплоносія в системі забезпечується циркуляційним нагнітачем, розташованим в приміщенні для обладнання, в якому також знаходяться котли, що нагрівають воду системи опалення.

2.3. Розробка системи опалення

2.3.1 Вибір та обґрунтування зовнішніх і внутрішніх параметрів для розрахунку установки

Об'єкт – одноповерхова будівля фітнес-центру площею 260 м².

Район будівництва: місто Миколаїв, Миколаївська обл.

Барометричний тиск 1010 Па.

Розрахункові параметри зовнішнього повітряного середовища необхідно приймати за обов'язковим додатком 8 [2]: параметри А – для теплого періоду для систем вентиляції, кондиціонування; параметри Б – для систем опалення, вентиляції для холодного періоду. Параметри зовнішнього повітряного середовища представлені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Параметри навколишнього середовища [2]

Найменування будівлі	Період року	Параметр А		Параметр Б		v _в , м/с	P _δ , КПа	A _τ , град
		t _н , °С	I, кДж/кг сух. пов.	t _н , °С	I, кДж/кг сух. пов.			
Фітнес-центр	Теплий	27,9	58,2			3,2	1010	12,5
	Холодний			-20	-18,6	10	1010	-

Внутрішні параметри повітряного середовища (температура, швидкість руху й відносна вологість повітря) приймаються згідно з [2] залежно від призна-

чення приміщення, категорії робіт, які виконуються людьми й розрахункового періоду року, і представлені у таблиці 2.3.

Для житлових та суспільних приміщень рекомендується φ_n не більше 75%,
 $\omega_n = 0,15 \dots 0,3 \text{ м/с}$.

Таблиця 2.3

Параметри повітря у приміщеннях

Період року	Температура повітря t_p , °C	Відносна вологість, φ_p , %	Швидкість руху повітря, ω , м/с
Теплий	20-22	60-30	0,2-0,3
	23-25		
Холодний та перехідний	18-20	45-30	0,2

2.3.2. Визначення величин опору теплопередачі огорожень

Схема огорожувальної конструкції стіни:

1 – основна стінова цегляна кладка з червоної цегли, $\delta=125$ мм, $\lambda=0,81 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;

2 - утеплювач пінополістирол, $\delta=50$ мм, $\lambda = 0,05 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$;

3 - облицювальна цегла повнотіла силікатна, $\delta= 250$ мм, $\lambda=0,87 \text{ (Вт/м}\cdot\text{°C)}$.

Для визначення величини опору теплопередачі R ($\text{м}^2\cdot\text{°C)/Вт}$, скористаємося наступною формулою:

$$R_{ст} = \frac{1}{\alpha_{вн}} + R_k + \frac{1}{\alpha_n}, (\text{м}^2\cdot\text{°C)/Вт},$$

де R_k – тепловий опір конструкції стіни;

$\alpha_{вн}$ – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції,

$\alpha_{вн}= 8,7 \text{ Вт/ (м}^2\cdot\text{°C)}$ [6];

α_n – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції,
 $\alpha_n = 23 \text{ Вт/ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C) [6].}$

Для даної конструкції стіни R_k розраховуються за формулою:

$$R_k = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_3}{\lambda_3}, \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C) / Вт,}$$

де δ – товщина шару стіни, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності відповідного шару, Вт/(м·°C);

Для приведеної конструкції зовнішніх стін опір теплопередачі огороження має вигляд:

$$R_{cm} = \frac{1}{23} + \frac{0,125}{0,87} + \frac{0,05}{0,05} + \frac{0,250}{0,81} + \frac{1}{8,7} = 1,61 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C) / Вт}$$

Звідси $K_{ст}$ – коефіцієнт теплопередачі огорожувальної конструкції,
Вт/(м·°C)

$$K_{cm} = \frac{1}{R_{cm}} = \frac{1}{1,61} = 0,62, \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$$

Будівлю можна віднести к середнє утепленим.

Для приведеної конструкції стелі, яка складається з оребреного залізобетонного покриття з двома шарами руберойду опір теплопередачі огороження має вигляд:

$$R_{стелі} = \frac{1}{23} + 1,00 + 0,35 + \frac{1}{7,6} = 1,875 \text{ (м}^2 \cdot ^\circ\text{C) / Вт}$$

Звідси

$$K_{стелі} = \frac{1}{R_{стелі}} = \frac{1}{1,875} = 0,533, \text{ Вт/(м} \cdot ^\circ\text{C)}$$

Коефіцієнт теплопередачі вікон і дверей передає виробник конструкцій, де враховується особливості їх конструкції і встановлення.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

2.3.3. Розрахунок тепловтрат і теплопритоків. Складання теплового балансу

Фізичні параметри повітря – температура, вологість, рухомість повітря та його чистота – впливають на самопочуття людини і її працездатність. Для нормального самопочуття людини необхідно створити для неї комфортні умови - параметри при яких зберігається тепловий рівноважний стан в організмі людини й при яких не виникає напруга в системах саморегуляції.

Для підтримання комфортних для людини умов у приміщеннях фітнес-центру пропонуються системи опалення і вентиляції, які проєктуються при визначеному тепловому балансі.

Для зведення теплового балансу приміщень і визначення дефіциту чи надлишку теплоти необхідно знати всі надходження та втрати тепла у цих приміщеннях.

Джерелами теплопритоків у приміщення є: обладнання, люди, освітлення, сонячна радіація.

Джерелами тепловтрат у приміщеннях в зимовий період є:

- тепловтрати через огорожувальні конструкції (вікна, двері, стіни, стеля, підлога);
- тепловтрати з інфільтрацією повітря крізь щілини у вікнах, відчинення дверей, воріт.

Від точності визначення вищезазначених тепловтрат і теплопритоків, які є основними складовими теплового балансу, залежить підтримка в приміщенні необхідного мікроклімату. При складанні теплового балансу для зимового режиму теплопритоки від сонячної радіації не враховуються. Вони складають запас по теплу.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тепловий розрахунок дозволяє визначити:

1. Теплові баланси обслуговуваних приміщень.
2. Подачу тепла у приміщення, які обслуговуються.
3. Вибір основного обладнання.
4. Теплопродуктивність установки.
5. Витрати теплоносіїв на опалення і споживану потужність.
6. Діаметри трубопроводів системи опалення.

Теплові навантаження розраховуються для усіх приміщень. Розрахунок ведеться у табличній формі для наступних температур зовнішнього середовища: - 20°C, - 5 °C, +8 °C.

Розрахунок тепловтрат у приміщеннях

Розрахунок втрат тепла через огороження (стеля, стіни, вікна, двері) проводиться за формулою:

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

де F – площа огорожувальної конструкції, м²;

R – опір теплопередачі огорожувальній конструкції, (м²·°C)/Вт [5];

t_p – розрахункова температура повітря в приміщенні, °C;

t_{ext} – розрахункова температура зовнішнього повітря в холодний період року, °C;

β – додаткові втрати теплоти у долях від основних:

$$\sum \beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \beta_5,$$

де β₁ – додані втрати теплоти по відношенню до сторін світу:

Пн, Сх, Пн-Сх, Пн-Зах = 10% – β₁ = 0,1

Зах, Пд-Сх = 5% – β₁ = 0,05

Пд, Пд-Зах = 0% – β₁ = 0

β₂ – додані втрати теплоти на продуваємість приміщень з двома зовнішніми стінами й більше. В житлових приміщеннях t_в збільшується на 2°C, в інших приміщеннях додаток приймається рівним 5% (β₂ = 0,05).

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

β_3 – додані втрати теплоти на розрахункову температуру зовнішнього повітря. Приймається для не обігріваної підлоги першого поверху над холодними підпіллями при $t_{\text{н}} = -40^\circ\text{C}$ й нижче у розмірі 5%.

β_4 – додані втрати теплоти на підігрів холодного повітря яке інфільтрується крізь зовнішні двері, які не обігріваються повітряно-тепловими завісами.

β_5 – додаток на висоту приміщення. Приймається на кожен наступний метр поверх 4-х метрів у розмірі 2%, але не більше 15%;

n – коефіцієнт врахування розташування зовнішньої поверхні відносно зовнішнього повітря [6].

Розрахунок тепловтрат і теплонадходжень в приміщеннях при $t_{\text{Бн}} = -20^\circ\text{C}$ представлений у табл. 2.4.

Розрахунок тепловтрат підлоги на ґрунті

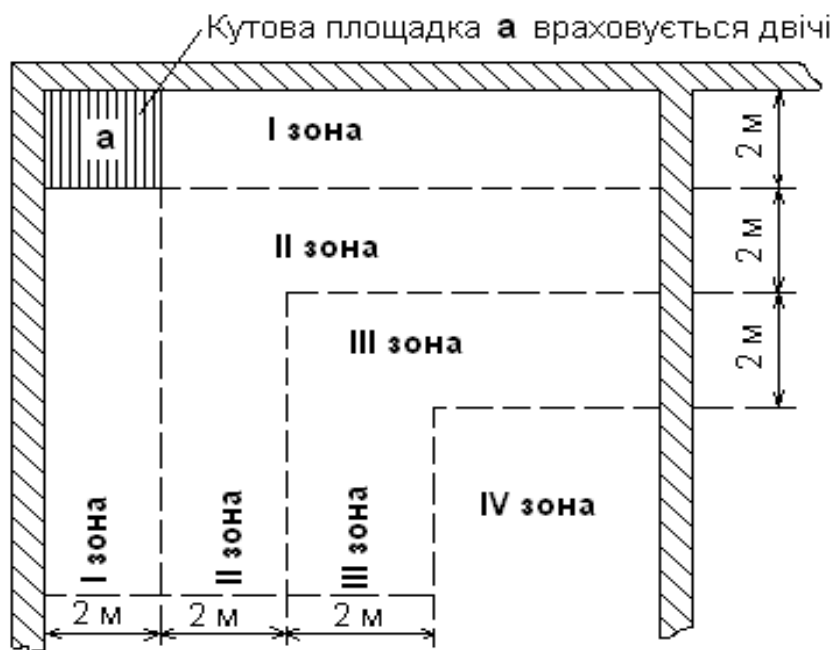


Рис. 2.2 Визначення теплових втрат через підлогу

Тепловтрати через не утеплені підлоги, які розташовані безпосередньо на ґрунті, визначають за формулою:

$$Q = (t_g - t_n) \sum \frac{F_{n.n.}}{R_{n.n.}}, \text{ Вт},$$

де $\sum \frac{F_{n.n.}}{R_{n.n.}}$ — сума відношень площі зони підлоги до умовного термічного опору зони.

Зоною називається смуга шириною 2м, яка паралельна лінії зовнішньої стіни. Зони нумеруються від зовнішньої стіни.

Опори теплопередачі зон $R_{n.n.}^{I,II,III,IV}$, (м²·°С)/Вт, приймаються наступними:

I зона	2,15
II зона	4,3
III зона	8,6
IV зона	14,2

Неутепленими називаються конструкції, які складаються з шарів матеріалів, що мають коефіцієнт теплопровідності $\lambda \geq 1,16 \text{ Вт/(м·°С)}$.

Розрахунок тепловтрат підлоги на ґрунті зроблений в таблиці 2.5.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Тепловтрати підлоги на ґрунті

Розміри ділянки підлоги, м		Площа поверхні S, м²	Різниця температур Δt , °C	Тепловий опір R, (м²·°C)/Вт	Втрати тепла, $Q=\Delta t \cdot S/R$, Вт
a	b				
2	13	26	41	2,15	496
2	9	18		4,30	171
2	5	10		8,60	48
				Сума:	715
2	13	26	41	2,15	496
2	9	18		4,30	171
2	5	10		8,60	48
				Сума:	715
2	17	35	41	2,15	667
2	13	27		4,30	257
2	9	19		8,60	90
				Сума:	1014
2	9	18	41	2,15	343
2	5	10		4,30	95
2	1	2		8,60	9
				Сума	447
1	5	5	41	14,20	14
3	4	10		2,50	164
5	5	23		3,00	314
				Сума	492
				Загальна сума:	3383

2.3.4. Розрахунок втрат теплоти на нагрівання інфільтраційного повітря

Витрати теплоти на інфільтрацію являють собою втрати тепла з нагрітим повітрям, яке інфільтрується (витікає) з приміщення крізь щілини у вікнах та дверні отвори, крізь стики стінових панелей.

Розрахунок втрат теплоти на інфільтрацію проводиться згідно з ДБН В 2.5-67:2013 за формулою:

$$Q_i = 0,28 \sum G_n C (t_p - t_{ext}) K,$$

де t_p – розрахункова температура в приміщенні, °С;

t_{ext} – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С;

K – коефіцієнт врахування впливу зустрічного теплового потоку в конструкціях, $K = 1$ для одинарного зашклення;

$C = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{С})$ – питома теплоємність повітря;

$\sum G_n$ - витрата повітря, яке інфільтрується через огорожувальні конструкції, кг/год.

$$\sum G_n = \frac{0,21 \sum \Delta P_1^{0,67} F_1}{R_1} + \frac{\sum \Delta P_2^{0,5} F_2}{R_2},$$

де ΔP - різниця тисків повітря на зовнішній та внутрішній поверхнях вікон ΔP_1 і дверей (воріт) ΔP_2 відповідно, Па;

F_1, F_2 - відповідно площі вікон і воріт, м²;

R_1, R_2 - опір повітропроникненню вікон і воріт відповідно, м² год/кг.

За [5] $R_1, R_2 = 0,125 \text{ м}^2 \text{ год}/\text{кг}$.

$$\Delta P_1 = (H - h_{окон})(\gamma_i - \gamma_p) + 0,03 \gamma_i V^2,$$

$$\Delta P_2 = (H - h_{ворот})(\gamma_i - \gamma_p) + 0,03 \gamma_i V^2,$$

де H – висота будівлі (приміщення);

$h_{окон}$ – розрахункова висота від рівня землі до верху вікон, м;

$h_{ворот}$ – висота воріт, дверей, м,

V - швидкість вітру, приймається за [5], м/с;

γ_i, γ_p - питома вага відповідно зовнішнього й внутрішнього повітря, визначають за формулою:

$$\gamma = \frac{3463}{273 + t}, \text{ Н}/\text{м}^3,$$

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де t – температура зовнішнього повітря - для розрахунку питомої ваги зовнішнього повітря, чи температура внутрішнього повітря - для розрахунку питомої ваги внутрішнього повітря, °C;

Втрати теплоти з інфільтрованим повітрям, які враховують витрату повітря, яке не компенсується надходженнями свіжого підігрітого повітря

$$Q'_i = 0,28 L \rho C (t_p - t_i), \text{ Вт}$$

де L - витрата повітря, яке видаляється, не компенсованого підігрітим припливним повітрям, відповідно ДБН приймається 3м³/год. на 1м² підлоги приміщення, м³/год.;

$\rho = 1,4 \text{ кг/м}^3$ - густина зовнішнього повітря.

Для подальших розрахунків приймаємо найбільше значення Q_i , Вт.

Визначення теплопритоків у приміщеннях

Розрахунок тепловиділень людьми

$$Q = q \cdot n, \text{ Вт,}$$

де q – кількість тепла, яке виділяється людиною, Вт;

n – кількість людей в приміщенні.

Згідно з довідниковими даними виділення тепла однією дорослою людиною при виконанні нею легкої праці при температурі 20°C складає 151 Вт, в стані спокою – 116 Вт.

Теплопритоки від електричного освітлення

$$Q = 1000 N a, \text{ Вт,}$$

де N – потужність встановлених освітлювальних приборів, кВт;

a - коефіцієнт, який враховує вид арматури $a = 0,6$ для люмінесцентних ламп[3].

Теплопритоки від електричного обладнання

Теплопритоки від комп'ютерів розраховують за формулою:

$$Q = z \cdot N, \text{ Вт,}$$

де N – тепловиділення від електричного обладнання, Вт;

z – кількість обладнання, $z=30$ шт.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Для обладнання, потужність якого не перевищує 1 кВт, тепловиділення складають 20 – 50 % від паспортних даних [11]. Для встановлених комп'ютерів тепловиділення складають 75 Вт.

Загальний розрахунок тепловтрат та теплопритоків розрахований в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6

Загальні тепловтрати і теплопритоки

t _{вн} , °C	t _{зовн} , °C	Тепловтрати, Вт		Теплонадходження, Вт			Q _{со} , Вт
		Q _{огр}	Q _{інф}	Q _{ел.обл.}	Q _{люд}	Q _{осв}	
21	-20	20912,04	9535,8	3000	811,2	1862,96	24773,68
	-5	13201,13	5947,214	3000	811,2	1862,96	13474,18
	8	6641,05	2837,088	3000	811,2	1862,96	3803,978
10	-20	15199,22	7177,212	-	-	-	22376,43
	-5	7111,872	3588,606	-	-	-	10700,48
	8	894,0503	478,4808	-	-	-	1372,531

2.3.5. Розрахунок теплової потужності системи опалення

Розрахункова тепла потужність, кВт, системи опалення повинна визначатися за формулою:

$$Q=Q_1 \cdot b_1 \cdot b_2+Q_2-Q_3$$

де Q₁ – розрахункові теплові втрати будівлі, кВт;

b₁ – коефіцієнт врахування додаткового теплового потоку встановлювальних опалювальних приборів за рахунок округлення поверх розрахункової величини, приймається по табл.1[2].

b_2 - коефіцієнт врахування додаткових втрат теплоти опалювальними приборами, які розташовані у зовнішніх огорожень за відсутності теплозахисних екранів, приймається по табл. 2 [2].

Q_2 – втрати теплоти, кВт, від неізолюваних трубопроводів, які проходять в неопалювальних приміщеннях;

Q_3 – тепловий потік, кВт, який регулярно надходить від освітлення, електричних приладів, обладнання і людей.

$$Q_2 = \sum q \cdot l \cdot 10^{-3},$$

де l – довжина ділянок трубопроводів, м;

q – нормована лінійна густина теплового потоку трубопроводу [8].

Розрахункові дані наведені в таблиці 2.6.

2.3.6. Тепловий розрахунок опалювальних приладів

Нагрівальні прилади є основним елементом системи опалення, їх призначення – передати теплоту від теплоносія повітря приміщення.

Виходячи з задач опалювальної системи нагрівальні прилади повинні задовольняти теплотехнічні (повинні найбільш інтенсивне передавати тепло від теплоносія до повітря приміщення, тобто мати високий коефіцієнт теплопередачі, санітарно-гігієнічні (повинна обмежуватися температура зовнішньої поверхні приладу, поверхня приладу повинна бути гладенькою для очищення від пилу), техніко-економічні (мінімальна витрата металу та мінімальна вартість приладу, яка приходить на одиницю теплоти, що передається), архітектурно-будівельні (компактність приборів, менша площа, яку вони займають в приміщенні, естетичний вигляд) та монтажні вимоги.

Згідно з цими вимогами обираємо радіатори сталеві панельні за сучасним каталогом нагрівальних приладів.

Тепловий розрахунок опалювальних приладів міститься у визначенні площі зовнішньої нагрівальної поверхні кожного приладу, яка забезпечує необхідний тепловий потік від теплоносія в приміщення. Розрахунок проводиться при темпе-

ратурі теплоносія, яка встановлюється для умов вибору теплової потужності приладів. Для теплоносія води – максимальна середня температура води в приладі, яка пов’язана з її витратою.

Теплова потужність приладу, тобто його розрахункова тепловіддача визначається тепловою потребою приміщення за виключенням тепловіддачі теплопроводів, які проложені в цьому приміщенні.

Середня температура води в приладі визначається за формулою:

$$t_{cp} = 0,5(t_{вх} + t_{вих}) = 0,5(t_r + t_o),$$

де t_r – розрахункова температура гарячої води, яка поступає до системи опалення, $t_r = 95^\circ\text{C}$;

t_o – розрахункова температура охолодженої (зворотної) води, яка уходить з системи, $t_o = 70^\circ\text{C}$.

Густина теплового потоку радіатора при $\Delta t_{cp} = t_{cp} - t_{вн}$, де $t_{вн} = 21^\circ\text{C}$ визначається за формулою:

$$q_{пр} = q_{ном}(\Delta t_{cp}/70)^{1+n}(G_{пр}/360)^p,$$

де n, p - експериментальні числові показники, $n = 0,25$, $p = 0,04$ [10];

$q_{ном} = 730\text{Вт/м}^2$ – номінальна густина теплового потоку для сталевих панельного радіатора, Вт/м^2 [10].

Тепловіддача вертикальних і горизонтальних труб D_y20 за формулою:

$$Q_{тр} = q_v l_v + q_r l_r,$$

де q_v , – тепловіддачі відповідно вертикально і горизонтально розташованих труб, Вт/м , які визначаються виходячи з їх діаметру та різниці температури ($t_r - t_{вн}$),

$q_v = 80\text{ Вт/м}$, $q_r = 100\text{ Вт/м}$ [10];

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

Розрахункова площа радіатора: $A_p = Q_{пр}/q_{пр}, \text{м}^2$,

де $Q_{пр}$ – необхідна тепловіддача приладу в приміщення, яке розглядається, визначається $Q_{пр} = Q_n - \beta_{тр} Q_{тр}$,

де Q_n – теплова потреба приміщення, Вт ;

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

$\beta_{\text{тр}}$ – поправочний коефіцієнт, який враховує долю тепловіддачі теплопроводів, корисну для підтримання заданої температури повітря в приміщенні ($\beta_{\text{тр}}$ при відкритому прокладанні труб складає 0,9).

Розрахункова кількість радіаторів визначається за формулою при площі одного радіатора

$$N = A_p/a_1,$$

де a_1 – площа панельного радіатора, м^2 , $a_1 = 0,74 \text{ м}^2$ – для сталевих панельних радіаторів типу РСВ;

A_p – розрахункова площа опалювального приладу незалежно від виду теплоносія, м^2 .

Розрахунок опалювальних приладів зведений в таблицю 2.7.

За розрахунками отримали 12 опалювальних приладів, які розміщуємо під вікнами в наступних кімнатах: 2 прилади в фітнес-барі, 1 – в залі №2, 3 – в холі, 2 – в адміністрації, 1 – в кімнаті відпочинку, 3 – в гаражі.

2.4. Вибір обладнання системи опалення

Вибір котла здійснюється при відомому тепловому навантаженні системи, визначеній температурі теплоносія.

Згідно проведеного вище розрахунку тепловитрат для системи опалення обираємо напільний котел Buderus Dakon Daline PTE 24.

Електричний котел Daline PTE складається з корпусу котла, електричного блоку (електрошафа), панелі керування, насоса, перемикача тиску води, запобіжного клапана і розширювального бака (в залежності від типу котла). Рама електричного котла кріпиться до стіни за допомогою кронштейнів, які поставляються в комплекті.

Корпус котла зварений зі сталевих пластин та оснащений теплоізоляцією. В корпусі котла встановлені електричні нагрівальні елементи (від їх кількості залежить потужність котла).

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Обшивка котла виготовлена зі сталі та покрита комакситовою фарбою. На панелі розташовані елементи керування та сигналізації. Запобіжник знаходиться у верхній частині електричного пристрою. Треступінчатий насос забезпечує циркуляцію котлової води по всій системі опалення.

Котловий термостат регулює температуру води в корпусі котла, блокувальний термостат захищає корпус котла від перегріву. Вихідну температуру води і тиск в системі показує комбінований вимірювальний пристрій – термоманометр.

Датчик контролю тиску контролює мінімальний тиск в котлі (в опалювальній системі). При зниженому тиску котел не працює.

Технічні характеристики котла:

Теплова потужність, кВт	23,76
Загальна максимальна потужність, кВт	24,1
ККД, %	99
Потужність ТЕНу, кВт	6+6+6+6
Число ступенів	4
Потужність вимикачів, кВт	12; 18; 18; 24
Сила струму, А	36
Потребуємий захисний вимикач перед котлом, А	40
Напруга, В	3х400/230 (+6-10%)
Клас захисту	IP 40
Датчик тиску води PN, бар	0,6-0,8
Максимальний робочий тиск, бар	2,5
Мінімальний робочий тиск, бар	0,6
Об'єм води, л	29,5
Максимальна температура нагріву води, °C	90
Розширювальний бак тиску, л	7
Запобіжний клапан 1/2", бар	2,5
Вага котла без води, кг	52
Габарити: ширина; висота; глибина, мм	615; 870; 335

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Підбір розширювального баку

Розширювальні баки (відкриті і закриті з повітряною або газовою подушкою) використовують при тепловій потужності будівель не більше 6 МВт (5Гкал/год). При потужності більше 6 МВт необхідний тиск в системах підтримується постійно діючими живильними нагнітачами.

Призначення розширювального баку:

- прийом приросту об'єму води в системі, який утворюється при її нагріві;
- для поповнення втрати води в системі при невеликій течі і при зниженні її температури, для сигналізації про рівень води в системі й управління діями підживлюючих пристроїв.

Недоліками закритого розширювального баку є можливе поглинання повітря з атмосфери, що викликає внутрішню корозію сталевих труб і приборів.

Закритий розширювальний бак з повітряною чи газовою «подушкою» герметичний. Це сприяє зменшенню корозії елементів системи опалення і може забезпечити в широкому діапазоні перемінний тиск в системі. Недоліки – при перегріві надлишок об'єму води потрапляє до баку, стискаючи повітря або газ, який у ньому знаходиться. При цьому підвищується тиск, як в баці, так і в системі опалення в цілому. Якщо об'єм бака чи повітря(газу) в ньому виявиться занадто малим, тиск в нижчих точках системи може перевищити максимально припустимий. В зв'язку з цим необхідно для уникнення аварії зкинути частину води з системи за допомогою запобіжного клапану.

Відповідно, об'єм закритого розширювального баку обумовлений допустимим діапазоном зміни гідравлічного тиску в системі. Об'єм бака залежить також від об'єму і розрахункової температури води в системі, від тиску циркуляційного насосу і місця його включення в теплопровід по відношенню до теплообмінника і точці приєднання баку.

Корисний об'єм закритого розширювального баку визначається за формулою:

$$V_{\text{кор}} = \Delta V_c / ((p_a / p_{\text{min}}) - (p_a / p_{\text{max}})),$$

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

де ΔV_c – збільшення об'єму води в системі при нагріві;

p_a – абсолютний тиск в баку до першого потрапляння води (в тому числі атмосферний тиск);

$p_{\min}$ – абсолютний тиск в баку при наповненні системи водою (мінімально необхідний тиск води в баку при мінімальній рівні);

$p_{\max}$ – абсолютний тиск в баку при підвищенні температури води до розрахункової і заповнення баку водою (максимально припустимий тиск води в баку при максимальному рівні) [7].

$$\Delta V_c = \beta \cdot \Delta t \cdot V_c, \text{ м}^3 (\text{л}),$$

де β – середнє значення коефіцієнта об'ємного розширення води.

При температурі наповнення 5°C та розрахунковій температурі гарячої води в системі 95°C $\beta = 0,045$.

$$\Delta V_c = 0,045 \cdot 25 \cdot (7,5 + 0,45 + 7,25 + 2,6) \cdot 20 = 46,8 \text{ л}$$

$$V_{\text{кор}} = 46,8 / 0,67 = 69,8 \text{ л}$$

Висновки за розділом

У розділі обґрунтовано та розраховано систему водяного опалення для одноповерхової будівлі фітнес-центру площею 260 м^2 у місті Миколаєві.

Обрано двотрубну водяну систему з нижнім розведенням та штучною (примусовою) циркуляцією теплоносія.

Температурний графік: розрахункова температура води на вході становить 95°C , на виході 70°C .

Огороджувальні конструкції: стіни запроєктовано з червоної цегли з утепленням пінополістиролом та облицюванням силікатною цеглою, що дозволяє віднести будівлю до середньо утеплених.

Розрахунок навантаження: проведено розрахунок тепловтрат через конструкції (стіни, стелю, вікна, двері, підлогу по зонах) та на нагрівання інфільтраційного повітря.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Теплопритоки: враховано надходження тепла від людей, освітлення та електричного обладнання (комп'ютерів).

Загальна потреба: сумарна теплова потужність системи опалення при розрахунковій зовнішній температурі -20°C становить приблизно 24,77 кВт.

Опалювальні прилади: обрано 12 сталевих панельних радіаторів, які розміщені під вікнами в основних приміщеннях (фітнес-бар, зали, хол, адміністрація тощо).

Джерело тепла: встановлено електричний котел Buderus Dakon Daline PTE 24 потужністю 24,1 кВт з ККД 99%.

Допоміжне обладнання: розраховано та підібрано закритий розширювальний бак для компенсації температурного розширення води.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.02	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблица 2.4

Розрахунок тепловтрат і теплонадходжень в приміщеннях при $t_{\text{н}}^{\text{Б}} = -20^{\circ}\text{C}$

№прим.	Приміщення	t _в , °C	позначення	орієнтація	a x b	F, м²	t _в -t _н , °C	n	к, Вт/м²°C	β1	β2	β4	1+Σβ	Q _{огр} , Вт	Q _{інф} , Вт	Q' _{інф} , Вт	Q _{добут.} , Вт	Q _{осв} , Вт	Q _{люод.} , Вт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Кухня	18	ЗС1	Пд	2,106 x 3,3	6,950	38	1	0,625	0	0,05		1,05	186,998				31,2	128,48
			ЗС2	З	4,324x3,3	8,269	38	1	0,625	0,1	0,05		1,1	233,082					
			Вікно	З	3x2	6	38	1	3,03	0,1	0,05		1,1	819,918	431,7	439,05			
			Пл		4,324x2,106	по зонах	38				0,05		1,05	122					
			СТ		4,324x2,106	9,106	38	1	0,533		0,05		1,05	208,943					
Q _{CO} =1850,311Вт																			
2	Фітнес - Бар	21	ЗС1	Пд	7,254x3,3	17,941	41	1	0,625	0			1	459,661				93,6	449,68
			Вікно	Пд	3x2		41	1	3,03	0			1	745,38	431,7	1512,4			
			Пл		7,254x4,324	по зонах	41					1	419						
			Ст		7,254x4,324		41	1	0,533				1	685,448					
Q _{CO} =3278,609Вт																			
3	Коридор №1	21	ЗС1	З	1,604x3,3	3,493	41	1	0,625	0,05			1,05	93,984				46,8	
			Дв	З	0,9x2		41	1	3,3	0,05		3	4,05	986,337	444,04	723,89			
			Пл		1,604x9,360	по зонах	41					1	201						
			Ст		1,604x9,360		41	1	0,533				1	328,089					
Q _{CO} =2286,5Вт																			
4	Зала №1	21	ЗС1	З	7,036x3,3		41	1	0,625	0,05	0,05		1,1	654,48			1500	93,6	513,92
			ЗС2	Пн	4,415x3,3	8,569	41	1	0,625	0,10	0,05		1,15	252,532					
			Вікно	Пн	3x2		41	1	3,03	0,10	0,05		1,15	857,187	431,7	1497,8			
			Пл		7,036x4,415	по зонах	41				0,05		1,05	415					
			СТ		7,036x4,415		41	1	0,533		0,05		1,05	712,782					
Q _{CO} =2282,261Вт																			
5	Зала №2	21	ЗС1	Пн	4,427x3,3	8,609	41	1	0,625	0,10			1,1	242,669			1500	93,6	513,92
			Вікно	Пн	3x2		41	1	3,03	0,10			1,1	819,918	431,7	1501,8			
			Пл		4,427x7,036		41					1	416						
			Ст		4,427x7,036		41	1	0,533				1	680,685					
Q _{CO} =1553,552Вт																			

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
6	Хол	21	ЗС1	Пд	4,238х3,3	10,2534	41	1	0,625	0			1	340,207				78	
			Дв	Пд	1,866х2		41	1	3,03	0		3	4	1718,81	782,67	818,53			
			Вікно	Пд	1х2		41	1	3,03				1	248,46	143,9	317,17			
			Пл		4,238х2,322	по зонах	41					1	350						
			Ст		4,238х2,322		41	1	0,533	0			1	544,024					
Q _{CO} =4259,031 Вт																			
7а	Вбиральня	21	ЗС1	Пд	2,162х3,3		41	1	0,625	0	0,05		1,05	191,965				31,2	
			ЗС2	Сх	2,162х3,3		41	1	0,625	0,1	0,05		1,15	210,248					
			Пл		2,162х2,162	по зонах	41				0,05		1,05	62					
			Ст		2,162х2,162		41	1	0,533	0	0,05		1,05	107,254					
Q _{CO} =540,267 Вт																			
7б	Вбиральня	21	ЗС1	Сх	2,16х3,3		41	1	0,625	0,1			1,1	200,921				31,2	
			Пл		2,16х2,162	по зонах	41						1	62					
			Ст		2,16х2,162		41	1	0,533	0			1	102,052					
Q _{CO} =333,773 Вт																			
8	VIP зала	21	ВС1		3,556х3,3		5	1	5,65				1	331,508				93,6	256,96
			Пл		3,556х7,036	по зонах	41						1	334					
			Ст		3,556х7,036		41	1	0,533				1	546,762					
Q _{CO} =861,71Вт																			
9	Коридор №2	21	Пл		1,839х2,162	по зонах	41	1					1	53				15,6	
			Ст		1,839х2,162		41	1	0,533				1	86,886					
Q _{CO} =139,886 Вт																			
10	Адміністрація	21	ЗС1	Сх	3,063х3,3	6,1079	41	1	0,625	0,1			1,1	172,166				62,4	
			Вікно	Сх	2х2		41	1	3,03	0,1			1,1	546,612	287,8	679,03			
			Пл		3,063х3,684+ 1,839х1,522	по зонах	41						1	188					
			СТ		3,063х3,684+ 1,839х1,522		41	1	0,533	0			1	307,757					
Q _{CO} =1831,165 Вт																			
11	Кімната інвентарю	21	ЗС1	Сх	1,839х3,3		41	1	0,625	0,1			1,1	171,061				62,4	
			Пл		1,839х2,162	по зонах	41						1	53					
			СТ		1,839х2,162		41	1	0,533				1	86,886					
Q _{CO} =248,547 Вт																			

Продовження табл. 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
12	Кімната відпочинку	21	3C1	Cx	2,56x3,3	4,448	41	1	0,625	0,1			1,1	125,378				46,2	
			BC1		2,162x3,3		5	1	5,65				1	201,552					
			BC2		3,684x3,3		5	1	5,65				1	343,441					
			Вікно	Cx	2x2		41	1	3,03	0,1			1,1	546,612	287,8	454,73			
			Пл		3,684x2,56	по зонах	41							126					
CT		3,684x2,56		41	1	0,533	0				1	206,097							
Q _{CO} =1957,01 Вт																			
13	Хаз. кімната	21	3C1	Cx	1,178x3,3		41	1	0,625	0,1			1,1	109,576				31,2	
			Пл		1,178x3,684	по зонах	41						1	58					
			CT		1,178x3,684		41	1	0,533				1	94,837					
Q _{CO} =231,213 Вт																			
14	Гараж	16	3C1	Cx	4,746x3,3	11,662	36	1	0,625	0,1	0,05		1,15	301,749				43.2	
			3C2	Пн	4,892x3,3	7,624	36	1	0,625	0,1	0,05		1,15	197,261					
			3C3	3	1,901x3,3		36	1	0,625	0,05	0,05		1,1	155,264					
			Ворога	Пн	2x4,26		36	1	3,3		3		4	1613,41	1864,5	982,93			
			Вікно	Cx	2x2		36	1	3,03				1	436,32	252,13	982,93			
			Пл		4,892x4,746	по зонах	36						1	310					
			CT		4,892x4,746		36	1	0,533				1	445,496					
Q _{CO} =5331,759 Вт																			
15	Кімната обладнання	16	3C1	Пн	3,556x3,3		36	1	0,625	0,1			1,1	290,436				62,4	
			3C2	3	2,845x3,3		36	1	0,625	0,05			1,05	221,803					
			Пл		2,845x3,556	по зонах	36						1	135					
			Ст		2,845x3,556		36	1	0,533				1	194,122					
Q _{CO} =778,961Вт																			
ΣQ _{CO} = 24773,68 Вт																			

Таблиця 2.7

Розрахунок опалювальних приладів

№ пр.	Примі- щення	Qco	qв, Вт /м	qг, Вт/м	lv, м	lg, м	Qтр, Вт	β1	β2	Qпр, Вт	Gпр, кг/год	Δtср	qном, Вт/м²	qпр, Вт/м²	Fр, м²	β3	np, шт.	Ппри йнят, шт.
1	Кухня	1343,78	80	100	0,74	13	1369,2	1,06	1,1	111,5	50,048	72,5	730	948,68	0,127	1,442	0,18	0
2	Фітнес Бар	2365,61	80	100	0,74	14,7	1534	1,06	1,1	985,01	88,106	72,5	730	970,39	1,097	1,025	1,51	2
3	Коридор №1	1714,42	80	100	0,74	3,21	380	1,06	1,1	1372,42	63,853	72,5	730	957,97	1,549	1,009	2,16	0
4	Зала №1	1215,84	80	100	0,74	22,7	2333,4	1,06	1,1	-884,22	45,283	72,5	730	944,89	-1,012	0,911	-1,56	0
5	Зала №2	682,96	80	100	0,74	4,55	513,9	1,06	1,1	220,45	25,436	72,5	730	923,34	0,258	1,203	0,3	1
6	Хол	2687,9	80	100	0,74	2,48	307,2	1,06	1,1	2411,42	100,109	72,5	730	975,36	2,673	0,992	3,8	3
7а	Вбиральня	403,58	80	100	0,74	4,24	483,4	1,06	1,1	-31,48	15,031	72,5	730	904,12	-0,038	-0,609	0,09	0
7б	Вбиральня	252,49	80	100	0,14	2,16	362,44	1,06	1,1	-73,706	9,404	72,5	730	887,31	-0,09	0,303	-0,42	0
8	VIP зала	383,51	80	100	0,74	7,75	834,4	1,06	1,1	-367,45	14,284	72,5	730	902,27	-0,44	0,834	-0,74	0
9	Коридор №2	100,98	80	100	0,74	1,6	219,2	1,06	1,1	-96,3	3,761	72,5	730	855,38	-0,122	0,478	-0,36	0
10	Адміністрація	1373,57	80	100	0,74	6,37	695,8	1,06	1,1	747,35	51,158	72,5	730	949,51	0,851	1,041	1,15	2
11	Кімната інвентарю	179,34	80	100	0,14	1,96	325,29	1,06	1,1	-113,422	6,679	72,5	730	875,25	-0,14	0,541	-0,36	0
12	Кімната відпочинку	1054,43	80	100	0,74	5,36	595,2	1,06	1,1	518,75	39,272	72,5	730	939,52	0,597	1,071	0,79	2
13	Хаз. кімната	176,37	80	100	0,74	2,6	318,8	1,06	1,1	-110,55	6,569	72,5	730	874,67	-0,137	0,532	-0,36	0
14	Гараж	4479,21	80	100	0,74	12,6	1321,6	1,06	1,1	3289,77	166,825	72,5	730	995,49	3,573	0,987	5,10	2
15	Кімната обладнання	661,25	80	100	0,74	8,69	928,2	1,06	1,1	-174,13	24,628	72,5	730	922,15	-0,204	0,676	-0,43	0
Загальна кількість опалювальних приладів 12 шт.																		

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

3.1. Розробка принципів схем припливно-витяжної вентиляції

При всьому різноманітті систем вентиляції, обумовленому призначенням приміщень, характером технологічного процесу, видом шкідливих виділень і т.п., їх можна класифікувати за наступними характерними ознаками [1]:

1. За способом створення тиску для переміщення повітря: з природним і штучним (механічним) імпульсом.
2. За призначенням: припливної або витяжної.
3. По зоні обслуговування: місцеві і загально обмінні.
4. По конструктивному виконанню: каналні та безканалні.

Вибір схеми повітрообміну для конкретного приміщення здійснюється за ДБН В 2.5-67:2013.

Повітря повинно розподілятися таким чином, щоб не було не вентиляованих застійних зон. Це положення у значній мірі залежить від розташування припливних і витяжних отворів.

Припливне повітря необхідно подавати безпосередньо в приміщення з постійним перебуванням людей. По ДБН можна вибрати одну зі схем організації повітрообміну: згори-вниз, згори-вгору, знизу-вгору, знизу-вниз.

Крім цих схем використовують комбіновані схеми [7].

Схема «згори-вниз» передбачає подачу повітря біля стелі і витяжку біля підлоги приміщення, в схемі «згори-вгору» подача і видалення повітря відбувається в верхній зоні. Обидві схеми вигідно використовувати в тому випадку, якщо припливне повітря в холодний період року має температуру нижче температури приміщення, тобто при наявності надлишків теплоти. За цією схемою припливне повітря проходить по всій висоті приміщення, поглинає теплоту і надходить в робочу зону нагрітим. Це дозволяє приймати різницю температур припливного і внут-

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

рішнього повітря рівну 5–10°C. Змішання припливного і внутрішнього повітря створює в робочій зоні слабкі вторинні токи, сприятливі для самопочуття людини.

Загалом в приміщеннях з персональними ЕОМ, тобто в приміщеннях комп'ютерних залів використовують схему повітрообміну «згори-вгору».

Система вентиляції повинна мати високу економічність, а її маса та габарити мінімальними, слід використовувати ті види енергії, які відповідають вимогам економічного використання енергоресурсів.

З огляду на район розташування, призначення об'єкта, призначення приміщень і досвід побудови сучасних систем, приймаємо систему вентиляції наступного типу.

Принципова схема прийнятої до розрахунку системи вентиляції представлена на рис. 3.1.

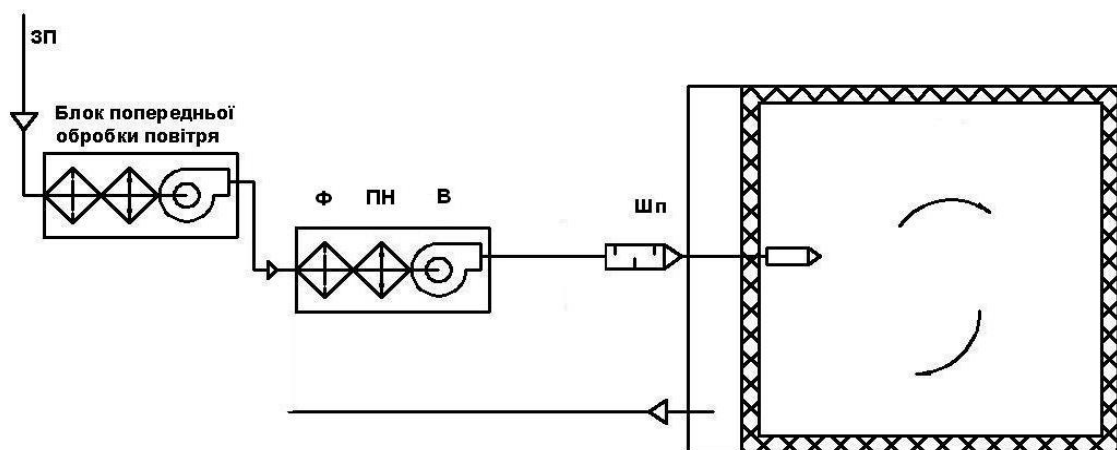


Рис. 3.1 Принципова схема прийнятої системи вентиляції

На приведеній схемі вказана типова система вентиляції для сучасного будинку в наших кліматичних умовах. Система починається з повітрозабірника, розташувати який треба якнайдалі вентиляційних пристроїв видалення повітря, шахт та інших місць, через які може проводитись видалення забрудненого повітря. Важливою умовою для повітрозабірника є не пропускати атмосферні опади. Далі йде

фільтр, основна задача якого не пропускати крупні механічні частинки в систему вентиляції. Останнім в цьому блоці розташований повітрянагрівач.

Характерним для цієї схеми є встановлення пікового електронагрівача повітря в системі забору повітря. Згідно метеорологічних спостережень температура повітря в нашому регіоні на протязі всієї зими знаходиться в рамках 0.. -5°C, тому встановлювати постійно функціонуючий нагрівач повітря в системі повітрязабору не рекомендують. Замість цього встановлюють електронагрівач повітря, який включається за сигналом автоматики якщо температура повітря буде нижче -5 °C і виконує задачу, відповідно до режиму роботи вентиляції, – підняти температуру повітря до вказаного інтервалу 0.. -5 °C, який відповідає умовам роботи всього обладнання, яке встановлено в проектованій системі. Для вказаної системи за проектом встановлений вентилятор системи забору повітря, який, як правило, іде в моноблоку для всього блоку забору повітря і виконую функцію подачі необхідної кількості повітря до блоку обробки повітря.

Вказана базова система працює без регенератора повітря, який ми плануємо застосовувати, і в техніко-економічному аналізі довести доцільність цього застосування, тому блок обробки повітря починається з фільтра, далі йде магістральний повітрянагрівач, основна задача якого – довести параметри повітря до необхідних згідно умов проекту і передати необхідну теплову енергію потоку повітря, яке направляється до приміщень. Повітрянагрівач інтегрований до системи опалення будинку. Далі повітря проходить вентилятор, в якому його температура ще незначно підвищується і під відповідним напором подається в магістральну систему до повітророзподільників.

Вказана вище система вентиляції має суттєвий недолік, а саме – забезпечуючи умови повітрообміну марно викидається до атмосфери дорогий теплова енергія. Тому практично всі виробники систем вентиляції і кондиціонування ведуть розробки по значному скороченню викидів теплової енергії і поверненню її до приміщень. Для цього використовують рекуператори в системах обробки повітря, які дозволяють повернути значну частину енергії. Використання цих апаратів

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

в системах вентиляції дозволяє значно зберігати енергетичні ресурси, проводити відповідний вибір енергетичного обладнання і оптимізувати витрати як на системи опалення будинків так і на системи вентиляції.

Є ще суттєві недоліки використання цих систем, які виявилися при експлуатації в міських умовах: необхідність встановлення додаткових фільтрів для уникнення закупорки каналів рекуператора; як наслідок підвищення потужності вентиляторів; необхідність періодичного огляду і очистки рекуператора.

Все це веде до підвищення затрат, але значна кількість повернутої теплової енергії і постійне зростання цін на неї, зменшення потужності і вартості енергоустановки є суттєвою причиною для збалансованого використання цих систем утилізації тепла в системах вентиляції.

Згідно з ДБН В 2.5-67:2013 і санітарних норм, на даному об'єкті назначаємо єдину систему вентиляції для всіх приміщень за виключенням кімнати обладнання, кухні та вбиралень.

Аксонетрична схема системи вентиляції і повітряного опалення приведена у графічній частині.

3.2. Розрахунок вентиляційних систем

3.2.1 Визначення необхідного повітрообміну для всіх приміщень будівлі

Вентиляційні системи будівлі та їх продуктивність обирають в результаті розрахунку повітрообміну [2].

Послідовність розрахунку необхідного повітрообміну наступна:

1. задаються параметри припливного і видаляемого повітря;
2. визначають необхідний повітрообмін для заданого періоду по шкідливим виділенням, людям, мінімальній кратності;
3. обирають максимальний повітрообмін з усіх розрахунків за різними факторами.
- 4.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Повітрообмін за нормативною кратністю визначають за формулою:

$$L = K_{p\min} \cdot V_p, \text{ м}^3/\text{год}$$

де $K_{p\min}$ – мінімальна кратність повітрообміну, 1/год.

V_p – розрахунковий об'єм приміщення, м^3 .

Результати розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Повітрообмін по людях визначається за формулою:

$$L = n_{\text{л}} \cdot l_{\text{л}}, \text{ м}^3/\text{год},$$

де $l_{\text{л}}$ – повітрообмін на одну людину, $\text{м}^3/\text{год} \cdot \text{чол.}$;

$n_{\text{л}}$ – кількість людей в приміщенні.

За [15] визначаємо, що для приміщень, де люди знаходяться більше трьох годин безперервно, $l_{\text{л}} = 60 \text{ м}^3/\text{год} \cdot \text{чол.}$

Повітрообмін за вуглекислим газом визначається за формулою:

$$L = \frac{M_{\text{CO}_2}}{Y_{\text{пдк}} - Y_{\text{п}}}, \text{ м}^3/\text{год.},$$

де M_{CO_2} – кількість CO_2 , яке виділяється в приміщення, г/год.;

$Y_{\text{пдк}}$ – гранично допустима концентрація CO_2 в повітрі, $\text{г}/\text{м}^3$, при довгостроковому перебуванні $= 3,45 \text{ г}/\text{м}^3$;

$Y_{\text{п}}$ – вміст газу в припливному повітрі, $\text{г}/\text{м}^3$. $Y_{\text{п}} = 0,5 \text{ г}/\text{м}^3$ [15].

Розрахунок виділень вуглекислого газу від людей.

Кількість CO_2 , яке міститься в повітрі, що видихається людиною, залежить від інтенсивності праці й визначається за формулою:

$$M_{\text{CO}_2} = n_{\text{л}} \cdot m_{\text{CO}_2}, \text{ г}/\text{год.},$$

де $n_{\text{л}}$ – кількість людей, які знаходяться в приміщенні, люд.;

m_{CO_2} – питоме виділення CO_2 однією людиною, визначається за таблицею [15].

Доросла людина при легкій праці виділяє $m_{\text{CO}_2} = 25 \text{ г}/\text{год} \cdot \text{чол.}$

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3.2.2. Аеродинамічний розрахунок повітропроводів

Аеродинамічний розрахунок повітропроводів проводять для визначення розмірів поперечного перетину ділянок сіті. В системах з механічним збудженням руху повітря втрати тиску визначають вибір вентилятора. В цьому випадку підбір розмірів поперечного перетину повітропроводів проводять за допустимими швидкостями руху повітря.

Аеродинамічний розрахунок складається з двох етапів:

- 1) розрахунок ділянок основного напрямку;
- 2) ув'язка відгалужень.

Послідовність розрахунку

1. Визначаємо навантаження розрахункових ділянок, які характеризуються сталістю витрати повітря;
2. Обираємо основний напрямок, для чого знаходимо найбільш протяжний ланцюг ділянок;
3. Пронумеруємо ділянки магістралі й відгалужень, починаючи з ділянки, найбільш віддаленої з найбільшою витратою.
4. Розміри перетину повітропроводу визначаємо за формулою:

$$F^{OP} = \frac{L}{3600 \cdot g_p}, \text{ м}^2$$

де L – витрата повітря на ділянці, м³/год.

g_p - рекомендована швидкість руху повітря м/с, визначаємо по табл. [6].

Розрахункова швидкість для магістральних повітропроводів приймається біля 6–12 м/с, для відгалужень – не більше 8 м/с.

5. Знаючи орієнтовну площу перетину, визначаємо стандартний повітропровід й розраховуємо фактичну швидкість повітря:

$$g_\phi = \frac{L}{3600 \cdot F_\phi}, \text{ м/с}$$

6. Визначаємо R, R_g по табл. [6].
7. Визначаємо коефіцієнти місцевих опорів.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

8. Загальні втрати тиску в системі дорівнюють сумі втрат тиску в повітроводах по магістралі та в вентиляційному обладнанні:

$$\Delta P = \Sigma(R\beta l + Z)_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{об}},$$

де R – питомі втрати тиску на 1м повітроводу, Па/м² визначаються по табл.12.17 [15];

β - коефіцієнт, який враховує фактичну шорсткість стінок повітроводу, визначаємо по табл. 12.14 [15];

Z - втрати тиску в місцевих опорах, Па, визначаємо за формулою:

$$Z = \Sigma \xi \cdot P_g,$$

де P_g – динамічний тиск повітря на ділянці, Па, визначаємо по табл. 12.17 [15];

$\Sigma \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

9. Методика розрахунку відгалужень аналогічна.

Після розрахунку відгалужень проводять нев'язка.

Швидкість повітря приймаємо $V_{\text{п}} = 5$ м/с.

Розрахунок підведених повітроводів виконується в таблиці 3.2, а відведених - в таблиці 3.3.

Аеродинамічний розрахунок проводиться тоді, коли накреслена аксонометрична схема системи вентиляції і визначені довжини трубопроводів.

Системи В-1 (витяжка) включають в себе наступні кімнати: барна зала, хол, коридор 1; 2, зала 1; 2, VIP зала, адміністрація, кімната інвентарю, кімната відпочинку, підсобна кімната, гараж. Мета – витяжка відпрацьованого повітря з приміщення.

Сумарні витрати даної системи становлять: 3036,4 м³/год.

Системи П-1 (приток) включають в себе наступні кімнати: барна зала, хол, коридор 1; 2, гральна зала 1; 2, VIP зала, адміністрація, кімната інвентарю, кімната відпочинку, підсобна кімната, гараж. Мета – подача нагрітого повітря в приміщення з метою його опалення і забезпечення свіжим повітрям.

Сумарні витрати даної системи становить: 3036,4 м³/год.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

3.3 Підбір обладнання

Підбір вентиляторів

Вентилятори підбирають по вільному графіку та індивідуальним характеристикам [3].

Вентилятори, які розміщуються поза приміщенням, яке обслуговується обираємо з урахуванням втрат повітря в припливній системі, вводячи підвищуючи коефіцієнти.

Витяжна система і припливна вентиляція:

1. На основі зроблених розрахунків, до системи приймають вентиляторів.

Для П1 – ВР-300-45-2,5 (АИР100S2)

$n = 2850$ об/хв.; $N = 4,0$ кВт;

$L = 3100$ м³/год.; $\Delta P_v = 2000$ Па.

Для В1 – ВР-300-45-2,5 (АИР100S2)

$n = 2850$ об/хв.; $N = 4,0$ кВт;

$L = 3100$ м³/год.; $\Delta P_v = 2000$ Па.

Витяжна система і припливна вентиляція:

На основі зроблених розрахунків, до системи приймають два вентиляторів ВР-300-45-2,5.

Таблиця 3.4

Параметри вентилятора

Частота обертання робочого колеса вентилятора об/хв.	Тип електродвигуна	Потужність електродвигуна, кВт	Продуктивність ВР, м ³ /год.	Повний тиск ВР, Па	Вага ВР, кг (не більш)
2850	АИР100S2	4,0	2400-3400	1950-2200	27,4

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5

Габаритні та приєднані розміри вентилятора

Індекс вентилятора	Розміри, мм								
	A	B _{max}	H	A ₁	B ₁	d	d ₁	a	h
ВР-300-45-2,5	465	562	518	162	140	250	280	175	100

Таблиця 3.6

Акустичні характеристики вентиляторів ВР-300-45-2,5

n, об/год.	значення L _{pi} , дБ в октавних смугах f _i , Гц							L _p ,
	125	250	500	1000	2000	4000	8000	сума дБ
1350	74	78	80	76	72	67	59	84
2850	93	97	99	95	91	86	78	103

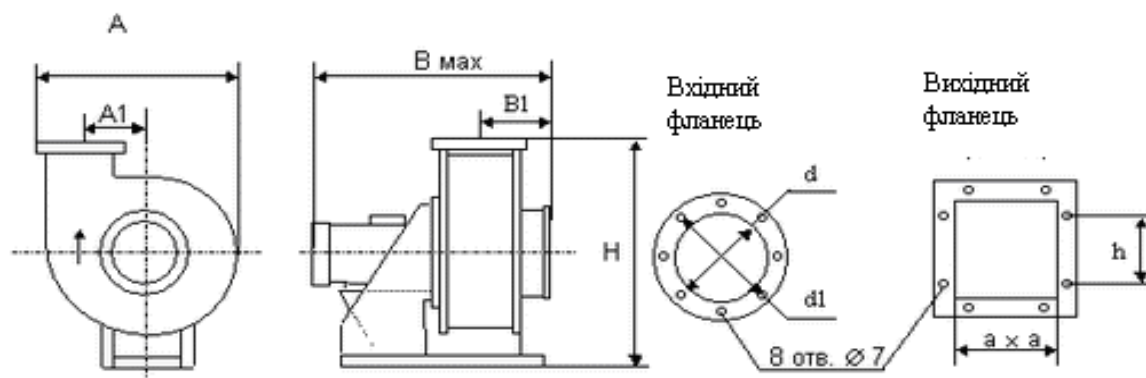


Рис. 3.2 Склад та устрій вентилятора ВР-300-45-2.5

Підбір повітряного фільтра

Для фільтрації вхідного повітря використовують – повітряні фільтри кишенькового типу.



Рис. 3.3 Загальний вигляд повітряного фільтра кишенькового типу

Повітряні фільтри кишенькового типу використовується очистки зовнішнього і рециркуляційного повітря від пилу в системах припливної вентиляції і центральних кондиціонерах. Клас фільтрації – EU3, EU4 або EU5. Фільтр працездатне і зберігає технічні характеристики при температурі зовнішнього середовища (очищуємого повітря) від – 40°C до +70°C. Завдяки використанню високоефективних фільтруючих матеріалів, самих передових технологій та обладнань, якість даних повітряних фільтрів відповідає кращим світовим аналогам.

Таблиця 3.7

Основні характеристики повітряного фільтра

Клас фільтра	Розміри, мм			Кількість карманів
	Висота	Ширина	Глибина	
EU3	592	287	300	3
	592	592	300	6
EU4	592	287	300	3
	592	592	300	6
EU5	592	287	300	3
	592	592	300	6

До установки застосовують забірні решітки типу РН 500х800.



Рис. 3.4 Загальний вид решітки типу РН

Для забезпечення норм шуму застосовують – глушители шуму, пластинчаті А7Е.178.001.

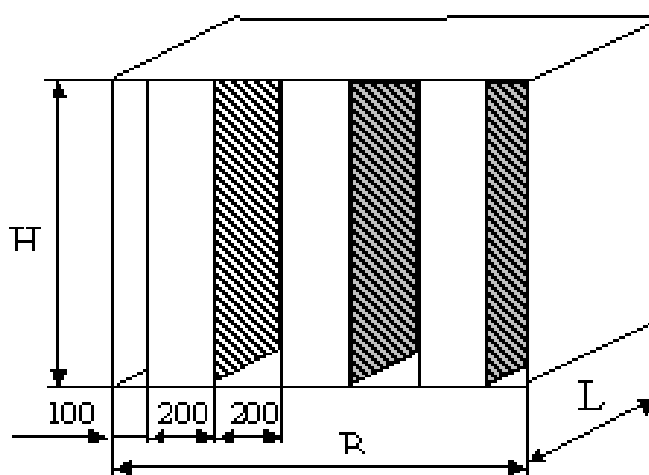


Рис. 3.5 Схема глушителя шуму

Таблиця 3.8

Габаритні розміри шумоглушителя

Шифр	Позначення	Розміри, мм		
		В	Н	Л
ГП 1-1	А7Е 178. 001	1200	500	100

Для подачі і забору повітря в/з приміщення застосовують – регульовані вентиляційні решітки.



Рис. 3.6 Загальний вид регульованої вентиляційної решітки

Регульовані вентиляційні решітки застосовуються для розподілу припливу та витяжки повітря в системах вентиляції, кондиціонування та повітряного опаленнялюбих типів: жилих квартир, офісів, магазинів, промислових приміщень.

Наявність рухомих жалюзі дозволяє розподілити потік повітря відповідно з вимогами до приміщення.

Корпус решітки зроблений з оцинкованої сталі, а напрямні лопатки – з алюмінію. Решітка пофарбована термоусадковим порошковим покриттям в білий цвіт. В комплект решітки входить монтажна рама, яка дозволяє спростити монтажі при необхідності зняти решітку для очистки і промивання.

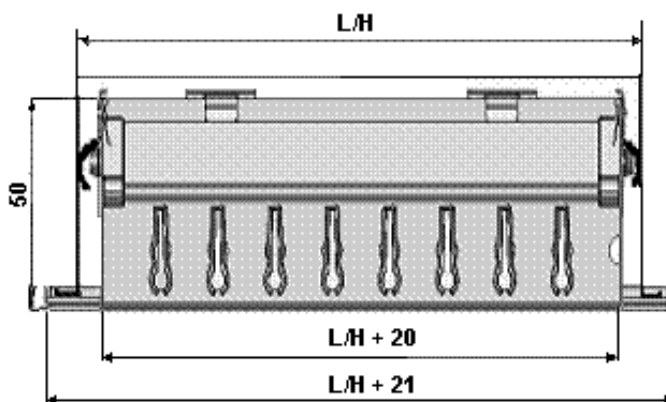


Рис. 3.7 Схема вентиляційної решітки

Таблиця 3.9

Однорядна решітка РВ-1-НхL

РВ-1-НхL	Довжина L, мм							
Висота Н, мм	100	150	200	250	300	400	500	600
100	213	222	231	267	302	374	426	483
150		248	267	286	320	392	445	518
200			302	320	356	410	463	556
250				361	382	438	518	597
300					425	504	553	606
400						587	656	734
500							746	834

Таблиця 3.10

Дворядна решітка РВ-2-НхL

РВ-2-НхL	Довжина L, мм							
Висота Н, мм	100	150	200	250	300	400	500	600
100	305	320	330	381	432	480	580	680
150		356	381	406	457	533	649	700
200			432	457	508	584	660	746
250				536	559	667	775	876
300					609	710	786	889
400						838	934	1039
500							1066	1180

Також в системі використовуються різні види припливних клапанів, заглушок, заслінок та інше обладнання.

Підбір калорифера

Для підігріву припливного повітря використовуємо калорифер, який обігрівається водою. Припливне повітря необхідно нагрівати від температури зовніш-

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03		Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата			

нього повітря $t_3 = -5^\circ\text{C}$ до температури, яку позначимо на $i-d$ діаграмі, тобто до $t_n = 32^\circ\text{C}$. Далі повітря попадаючи в кімнату завдяки процесу тепло-волого асиміляції змішуючись з повітрям в кімнаті охолоджується до необхідної температури.

Підбір калорифера здійснюємо за наступною методикою:

Приймаємо масову швидкість руху теплоносія $\vartheta_p = 8 \text{ кг}/(\text{м}^2\text{с})$

Розраховуємо орієнтовну площу живого перетину калориферної установки.

$$f_{\text{кюр}} = L_n \cdot \rho_n / (3600 \cdot \vartheta_p), \text{ м}^2$$

$$f_{\text{кюр}} = 3065 \cdot 1,332 / (3600 \cdot 8) = 0,14 \text{ м}^2$$

де L_n – витрата повітря, яке нагрівають, $\text{м}^3/\text{год.}$;

ρ_n – густина повітря, $\text{кг}/\text{м}^3$.

По $f_{\text{кюр}}$ і табл. [10] приймаємо калорифер типу КВС-9п, для якого:

Площа поверхні нагріву $F_k = 19,56 \text{ м}^2$, площа живого перетину за повітрям $f_k = 0,1376 \text{ м}^2$, за теплоносієм (водою) $f_{\text{тр}} = 0,001159 \text{ м}^2$.

Розраховуємо необхідну кількість калориферів, які встановлені паралельно по повітрю: $m_{\parallel\text{в}} = f_{\text{кюр}}/f_k$. Приймаємо $m_{\parallel\text{в}} = 1$ шт.

Розраховуємо дійсну швидкість руху повітря.

$$(\vartheta_p)_d = L_n \cdot \rho_n / (3600 \cdot f_k \cdot m_{\parallel\text{в}}), \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$$

$$(\vartheta_p)_d = 3065 \cdot 1,332 / (3600 \cdot 0,1376) = 8,24 \text{ кг}/\text{м}^2\text{с}$$

Визначаємо витрату тепла на нагрів повітря, $\text{Вт}/\text{год.}$:

$$Q_{\text{к.у.}} = 0,278 \cdot L_n \cdot C_v \cdot (t_k - t_{\text{нб}}), \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{к.у.}} = 0,278 \cdot 3065 \cdot 1,2(32 - (-5)) = 24731 \text{ Вт}$$

Східну величину можна отримати графоаналітичним способом на $d-I$ діаграмі.

Розраховуємо кількість теплоносія, яке проходить через калорифер.

$$W = (Q_{\text{к.у.}} \cdot 3,6) / \rho_v \cdot C_v \cdot (t_r - t_o), \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$W = (24731 \cdot 3,6) / 4,19 \cdot 1000 \cdot (95 - 70) = 0,84 \text{ м}^3/\text{год.}$$

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Визначаємо дійсну швидкість руху води в трубах калорифера.

$$w = W / (3600 \cdot f_{\text{тр}} \cdot n \cdot m), \text{ м/с}$$

$$w = 0,84 / (3600 \cdot 0,001159 \cdot 1) = 0,2 \text{ м/с}$$

По табл. 4.40 [5] визначаємо коефіцієнт тепловіддачі $K = 33,5 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$

Визначаємо необхідну поверхню нагріву калориферної установки

$$F_{\text{кутр}} = Q_{\text{ку}} / (K(t_{\text{ср т}} - t_{\text{ср в}})), \text{ м}^2$$

$$F_{\text{кутр}} = 24731 / (33,5 \cdot (85 + 60/2) - (32 - (-5)/2)) = 16,67 \text{ м}^2$$

$$N_k = F_{\text{кутр}} / F_{\text{ку}} = 16,67 / 19,56 = 0,85, \text{ приймаємо } 1 \text{ шт.}$$

Визначаємо запас поверхні нагріву

$$\text{Запас} = (F_k - F_{\text{кутр}}) / F_{\text{кутр}} \cdot 100\% = 17\% \leq 10 \dots 20\%$$

Умова виконана.

Визначимо аеродинамічний опір калориферної установки по табл. [10]

$$P_k = 65,1 \text{ Па.}$$

Висновки за розділом

У розділі обґрунтовано вибір та проведено розрахунки системи вентиляції для приміщень фітнес-центру з акцентом на енергоефективність та комфорт.

Обрано припливно-витяжну систему з механічним спонуканням.

Для приміщень з комп'ютерною технікою прийнято схему повітрообміну «згори-вгору», що є найбільш ефективним при наявності значних тепловиділень.

Система включає блоки фільтрації, повіронагрівачі (основний та піковий електричний для температур нижче -5°C) та вентиляційні установки.

Ключовим елементом системи є рекуператор, який дозволяє повертати частину тепла від витяжного повітря припливному. Це значно знижує витрати енергії на опалення, попри складність обслуговування (необхідність додаткових фільтрів та очищення).

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Розрахунок повітрообміну:

Необхідна кількість повітря визначена за трьома критеріями:

- за нормативною кратністю (об'єм приміщення);
- за кількістю людей: прийнято норму 60 м³/год на одну особу (для тривалого перебування);
- за концентрацією вуглекислого газу (CO₂).

Для подальших розрахунків обрано максимальне значення з отриманих результатів.

Виконано підбір калориферів (наприклад, типу КВС-9п) та розраховано їхні робочі параметри (поверхня нагріву, швидкість повітря, витрата тепла).

Запроєктована система забезпечує санітарні норми повітряного середовища при мінімальних енерговитратах завдяки використанню сучасної автоматики та технології рекуперації тепла.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.03	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

Визначення повітрообміну

№ прим.	Найменування	Об'єм прим. V, м³	Кратність повітрообміну, к		Приток L _п , м³/год	Витяжка, L _в м³/год	На людину			На площу приміщення		
			Приплив	Витяжна			п _{люд} , чол	L _{люд} , м³/год х люд	L _{люд} , м³/год	A, м²	к, м³/год х люд.	L _{плоч.} , м³/год
1	Кухня	29,2	15	15	438	438	2	60	120	9,11		0
2	Бар	100,2	4	4	400,8	400,8	7	60	420	31,4	8	251,2
3	Коридор №1	47,9	3	3	143,7	143,7		60	0	15,02	8	120,16
4	Зала №1	99,6	6	6	597,6	597,6	8	60	480	31,09	8	248,72
5	Зала №2	99,6	6	6	597,6	597,6	8	60	480	31,15	8	249,2
6	Хол	100,1	3	3	300,3	300,3		60	0	31,6	8	252,8
7а	Вбиральня	50,9	1,8	2	91,62	101,8		60		15,92		0
7б	Вбиральня							60		0		0
8	VIP зала	67	4	4	268	268	4	60	240	20,303	8	162,424
9	Коридор №2	27	3	3	81	81		60	0	8,5	8	68
10	Адміністрація	44,9	5	5	224,5	224,5		60	0	14,083	8	112,664
11	Кімната інвентарю	13,1	1	1	13,1	13,1		60	0	3,97	8	31,76
12	Кімната відпочинку	30,3	1	1	30,3	30,3		60	0	9,431	8	75,448
13	Хазяйська кімната	14	0,5	0,5	7	7		60	0	4,34	8	34,72
14	Гараж	74,5	5	5	372,5	372,5		60	0	23,22	8	185,76
Σ без кухні і вбиралень					3036,4	3036,4			1620	259,257		1792,856

Продовження таблиці 3.1

№ прим.	Найменування	за виділенням CO ₂ від людей					
		п _{люд} , чол.	m _{co2} , г/ГОДхлюД	Mco ₂ , г/год	У _{пдк} , г/м3	У _п , г/м ³	Lco ₂ , м ³ /ГОД
1	Кухня	2	25	50	3,45	0,5	18,9
2	Фітнес-Бар	7	25	175	3,45	0,5	66,3
3	Коридор№1						
4	Зала №1	8	25	200	3,45	0,5	75,7
5	Зала №2	8	25	200	3,45	0,5	75,7
6	Хол						
7а	Вбиральня						
7б	Вбиральня						
8	VIP зала	4	25	100	3,45	0,5	37,8
9	Коридор №2						
10	Адміністрація						
11	Кімната інвентарю						
12	Кімната відпочинку						
13	Хазяйська кімната						
14	Гараж						
Σ без кухні і вбиралень							274,4

Розрахунок підведених повітроводів

Таблиця 3.2

Кімнати входні в состав ділянки	№ ділянки	Витрати повітря L, м³	Площа повітрообміну F, м²	Розрахунковий розмір		Назначений розмір		F дійсн, м²	V дійсн, м/с	Еквівалентний діаметр d _в , мм	Довжина ділянки l, м	Втрати тиску Па		Прискорений тиск P _{дин} , Па	Сума коефіцієнтів місцевих опорів Σζ	Втрати тиску на місцеві опори Z, Па	Загальні втрати тиску на ділянці (Rl+Z), Па
				A, м	B, м	A, м	B, м					на 1 м, R	На всій ділянці, Rl				
Коридор 1	1	143.7	0,0027	0,052	0,052	0,05	0,05	0,0025	5,33	50	8,1	2,5	20,3	17,41	0,52	9,06	29,3
Зала 1 + Коридор1	2	741.3	0,0165	0,129	0,129	0,125	0,125	0,0157	5,26	125	4,24	5,5	23,3	16,96	0,22	3,73	27,1
Зала 1,2 + Коридор 1	3	1338.9	0,0304	0,175	0,175	0,18	0,18	0,0324	4,68	180	4,58	2,5	11,5	13,43	0,22	2,95	14,4
Фітнес Бар	4	400.8	0,0177	0,134	0,134	0,14	0,14	0,0196	4,51	140	6,97	3,5	24,4	12,47	0,25	3,12	27,5
Барна зала + Хол	5	701.1	0,0337	0,184	0,184	0,18	0,18	0,0324	5,19	180	12,42	3,5	43,5	16,51	2,62	43,26	86,7
Хол	6	303	0,016	0,127	0,127	0,125	0,125	0,0157	5,09	125	4,22	3,6	15,2	15,88	0,22	3,49	18,7
Адміністрація	7	224.5	0,0033	0,058	0,058	0,056	0,056	0,0032	5,08	56	2,38	0,9	2,1	15,82	0,22	3,48	5,6
VIP Зала + Коридор 2 + Хазяйська кімната + Гараж + Кімната відпочинку + Серверна	8	771.9	0,0158	0,126	0,126	0,125	0,125	0,0157	5,02	125	2,91	4,5	13,1	15,45	0,22	3,40	16,5
Коридор 2 + Хазяйська кімната + Гараж + Кімната відпочинку + Серверна	9	503.9	0,0102	0,101	0,101	0,1	0,1	0,01	5,09	100	4,79	2,2	10,5	15,88	3,02	47,96	58,5
Хазяйська кімната + Кімната відпочинку + Серверна	10	274.9	0,0028	0,053	0,053	0,056	0,056	0,0032	4,38	56	1,01	2	2,0	11,76	0,22	2,59	4,6
Кімната відпочинку + Серверна	11	267.9	0,0025	0,05	0,05	0,05	0,05	0,0025	4,83	50	2,53	2,5	6,3	14,30	0,22	3,15	9,5
Серверна	12	224.6	0,0008	0,029	0,029	0,05	0,05	0,0025	1,46	50	1,71	1	1,7	1,31	0,22	0,29	2,0
Гараж	13	224.5	0,0067	0,082	0,082	0,08	0,08	0,0064	5,18	80	8,56	1,6	13,7	16,45	0,62	10,20	23,9
Всі кімнати	14	3046	0,0797	0,283	0,283	0,28	0,28	0,0784	5,09	280	10	1,7	17,0	15,88	5,78	91,80	108,8

Сума втрат: 457,1

Розрахунок відведених повітроводів

Таблиця 3.3

Кімнати вхідні в состав ділянки	№ ділянки	Витрати повітря $L, \text{ м}^3$	Площа повітрообміну $F, \text{ м}^2$	Розрахунковий розмір, м		Назначений розмір, м		$F_{\text{дійсн}}, \text{ м}^2$	$V_{\text{дійсн}}, \text{ м/с}$	Еквівалентний діаметр $d_e, \text{ мм}$	Довжина ділянки $L, \text{ м}$	Втрати тиску Па		Прискорений тиск $P_{\text{дин}}, \text{ Па}$	Сума коефіцієнтів місцевих опорів $\Sigma \xi$	Втрати тиску на місцеві опори $Z, \text{ Па}$	Загальні втрати тиску на ділянці $(Rl+Z), \text{ Па}$
				A	B	A	B					на 1 м, R	На всій ділянці, Rl				
Зала 1	1	597.6	0,0139	0,118	0,118	0,112	0,112	0,0126	5,49	112	3,77	5,5	20,7	18,48	0,2	3,70	24,4
Зала 1,2	2	1195	0,0277	0,167	0,167	0,16	0,16	0,0256	5,41	160	4,9	2,4	11,8	17,94	0,62	11,12	22,9
Фітнес Бар	3	400.8	0,0176	0,133	0,133	0,125	0,125	0,0157	5,6	125	7,14	5,5	39,3	19,22	0,62	11,92	51,2
Коридор 1	4	143.7	0,0027	0,052	0,052	0,05	0,05	0,0025	5,33	50	4,71	2,5	11,8	17,41	0,52	9,06	20,8
Зала 1,2 + Барна зала + Коридор 1 + Хол	5	2040	0,0557	0,237	0,237	0,25	0,25	0,0625	4,46	250	5,4	1,5	8,1	12,19	1,82	22,19	30,3
VIP Зала	6	268	0,0056	0,075	0,075	0,071	0,071	0,0051	5,48	71	0,83	2,3	1,9	18,41	0,22	4,05	6,0
VIP Зала + Коридор 2	7	349	0,0064	0,08	0,08	0,08	0,08	0,0064	4,95	80	1,61	2	3,2	15,02	0,22	3,30	6,5
Зала 1,2 + Барна зала + Коридор 1 + Хол + VIP Зала + Коридор 2	8	2389	0,0677	0,261	0,261	0,25	0,25	0,0625	5,42	250	3,1	1,85	5,7	18,01	0,22	3,96	9,7
Адміністрація	9	224.5	0,0033	0,058	0,058	0,056	0,056	0,0032	5,08	56	4,1	3	12,3	15,82	0,22	3,48	15,8
Серверна	10	13,1	0,0008	0,029	0,029	0,05	0,05	0,0025	1,46	50	1,4	6	8,4	1,31	0,22	0,29	8,7
Хазяйська кімната	11	7,0	0,0004	0,02	0,02	0,05	0,05	0,0025	0,78	50	1	7	7,0	0,37	0	0,00	7,0
Кімната відпочинку + Хазяйська кімната	12	37,3	0,0021	0,046	0,046	0,05	0,05	0,0025	4,15	50	2,43	5,5	13,4	10,56	0,22	2,32	15,7
Адміністрація + Серверна + Кімната відпочинку + Хазяйська кімната	13	274.9	0,0061	0,079	0,079	0,08	0,08	0,0064	4,73	80	0,1	2,2	0,2	13,71	2,12	29,07	29,3
Зала 1,2 + Барна зала + Коридор 1 + Хол + VIP Зала + Коридор 2 + Адміністрація + Серверна + Кімната відпочинку + Хазяйська кімната	14	2663.9	0,0738	0,272	0,272	0,28	0,28	0,0784	4,71	280	4,15	1,2	5,0	13,60	0,4	5,44	10,4
Гараж	15	372.5	0,0063	0,08	0,08	0,08	0,08	0,0064	4,85	80	3,26	2	6,5	14,42	0,22	3,17	9,7
Всі кімнати	16	3046	0,08	0,283	0,283	0,28	0,28	0,0784	5,1	280	12	1,7	20,4	15,94	5,94	94,71	115,1

Сума втрат: 426,0

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТЕПЛООБМІННИКА

4.1. Огляд регенеративних теплообмінних апаратів, які використовуються для утилізації тепла в системах припливно-витяжної вентиляції

Системи обробки повітря можуть оснащуватися наступними пристроями утилізації теплоти повітря, що видаляється: пластинчастий рекуперативний теплообмінник, роторний регенеративний теплоутилізатор, теплоутилізатор із проміжним теплоносієм, теплоутилізатор на базі теплових трубок.

Пластинчастий рекуперативний теплообмінник

Пластинчастий рекуператор – компактний теплообмінник, у якому витяжне і припливне повітря проходить по системі контактуючих каналів, утворених алюмінієвими пластинами; повітряні потоки рухаються по перехрестноточній схемі й повністю розділені.

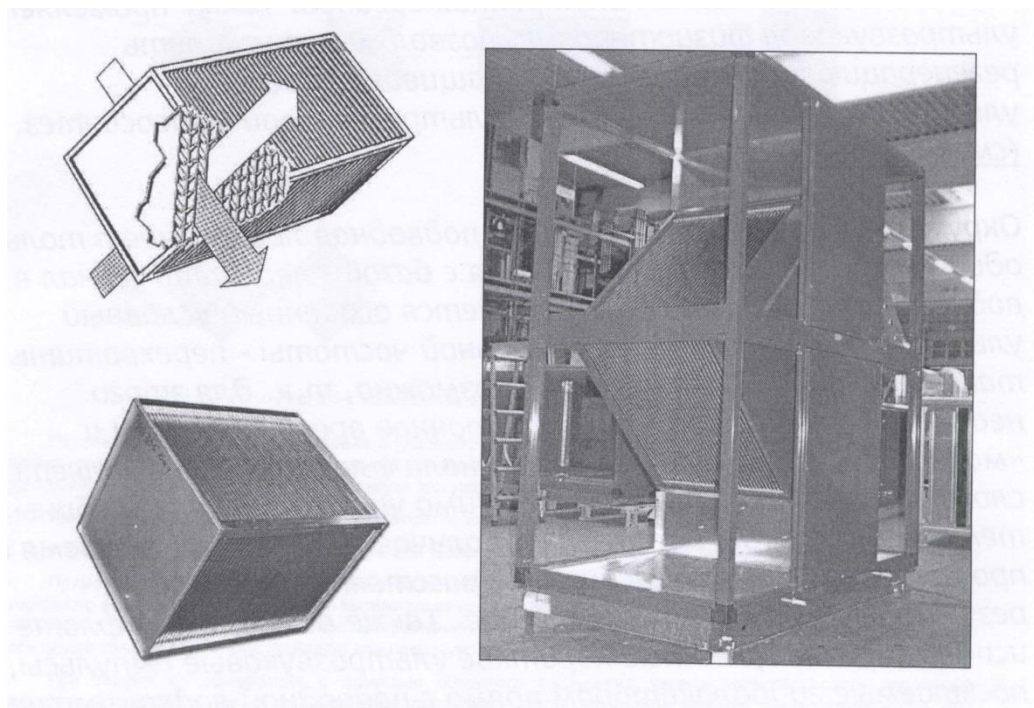


Рис. 4.1 Схема та вид пластинчастого рекуператора

Пластинчасті теплообмінники збирають із гладких пластин або між гладкими пластинами встановлюються хвилясті пластини. Пластинчастий рекуператор виконується у вигляді окремого модуля (рис. 4.1).

За замовленням цей модуль може комплектуватися каплеуловлювачем і пристроєм відводу конденсату.

Випускаються теплообмінники спеціального призначення й виконання:

- гігієнічне виконання – застосовується додаткова герметизація; рекомендується підтримувати з боку припливного повітря більший тиск, чим з боку що видаляється; пластини й рама у теплообмінника покриті епоксидною смолою;
- для кухонь – теплообмінники із гладкими пластинами з дотриманням при цьому необхідної відстані між пластинами для збільшення періоду експлуатації між чищеннями й полегшення очищення;
- для плавальних басейнів – для захисту алюмінієвої поверхні від впливу хлормістячого повітря пластини покриваються шаром епоксидної смоли.

Схеми установки модулів наведені на рис.4.2. Горизонтальна установка рекомендується тільки до бічної довжини 1500 мм. При більших розмірах не гарантується відвід конденсату. Варто враховувати, що горизонтальні моделі в прямокутному виконанні відрізняються від таких же моделей у вертикальному виконанні.

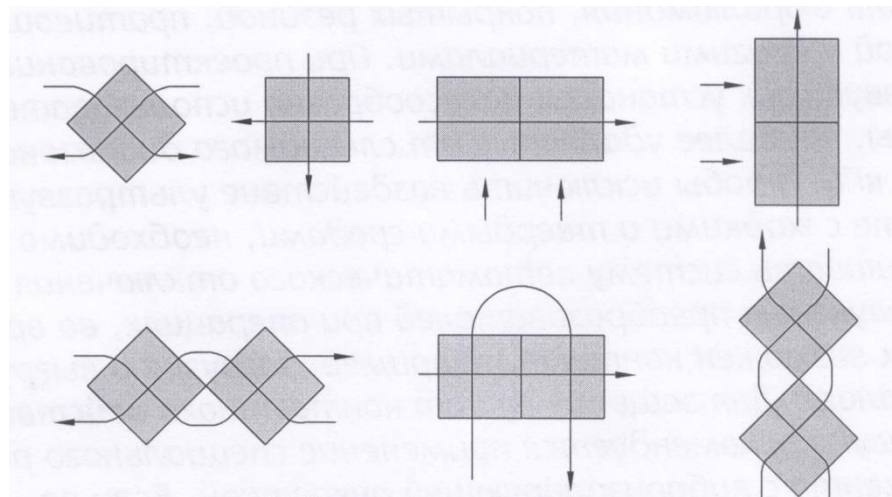


Рис. 4.2 Компонування модулів теплоутилізаторів

Перепад тисків між припливним і видаляємим повітрям не повинен перевищувати максимально допустимого значення 1250Па.

При перепаді тиску повітря 750Па перетікання повітря становить менш 0,1%. Максимальна припустима температура при зазначених значеннях перепаду тиску – 130⁰С.

Застосування одноступінчастих пластинчастих теплообмінників з перехресним током при температурі зовнішнього повітря нижче –10⁰С і витяжного повітря нижче +20⁰С з відносною вологістю від 20 до 40% може привести до обморожування теплообмінника. У цьому випадку передбачається захист за допомогою обвідного повітряного каналу (байпаса) або попереднім підігрівом повітря.

При захисті від обмерзання за допомогою обвідного повітряного каналу встановлюється здвоєний повітряний клапан, що періодично пропускає частину зовнішнього повітря повз утилізатора при обмерзанні теплообмінника (рис. 4.3). Повітряний клапан управляється датчиком перепаду тиску повітря на утилізаторі.

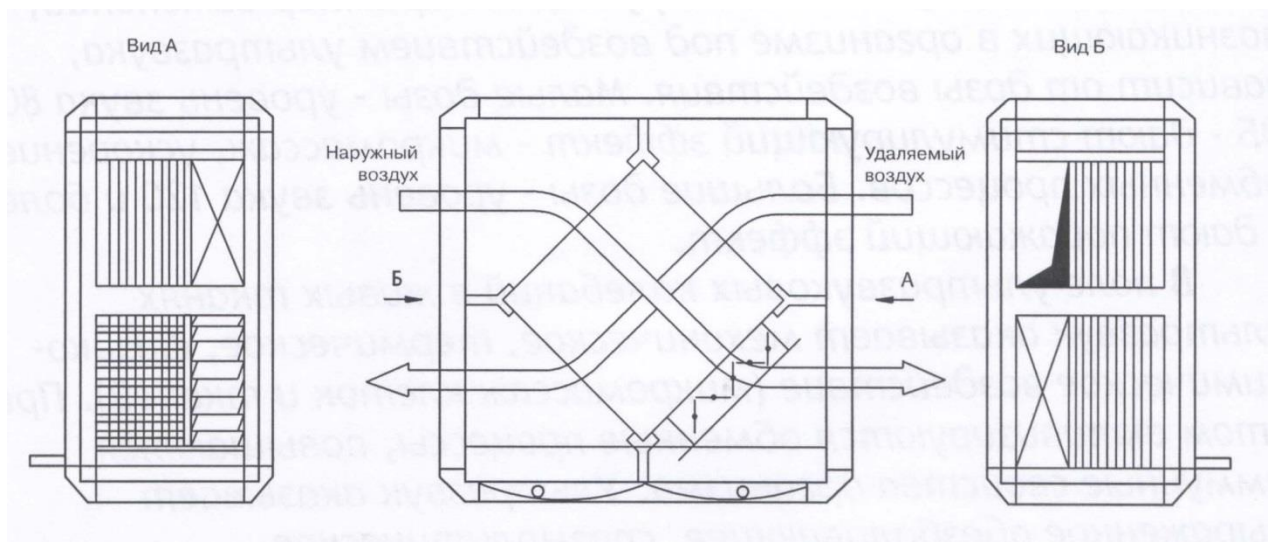


Рис.4.3 Пластинчасті рекуператори з обвідним повітряним каналом і регулювальним клапаном

Одним зі способів протидії цьому явищу – застосування автоматичної схеми, що управляє байпасом залежно від температури витяжного повітря за теплоутилізатором t_{w2} . Схема підбирає ступінь відкриття байпасної обхідної лінії, так, щоб температура t_{w2} не впала нижче граничного значення. Через теплообмінник протікає лише частина зовнішнього повітря, у той же час інша частина проходить через байпас. Температура, що досягається, тоді рівняється температурі змішу-

вання обох потоків t_m за теплоутилізатором. При необхідності застосування нагрівача при розрахунку необхідної потужності, як початкову температуру потрібно приймати t_m (рис. 4.4).

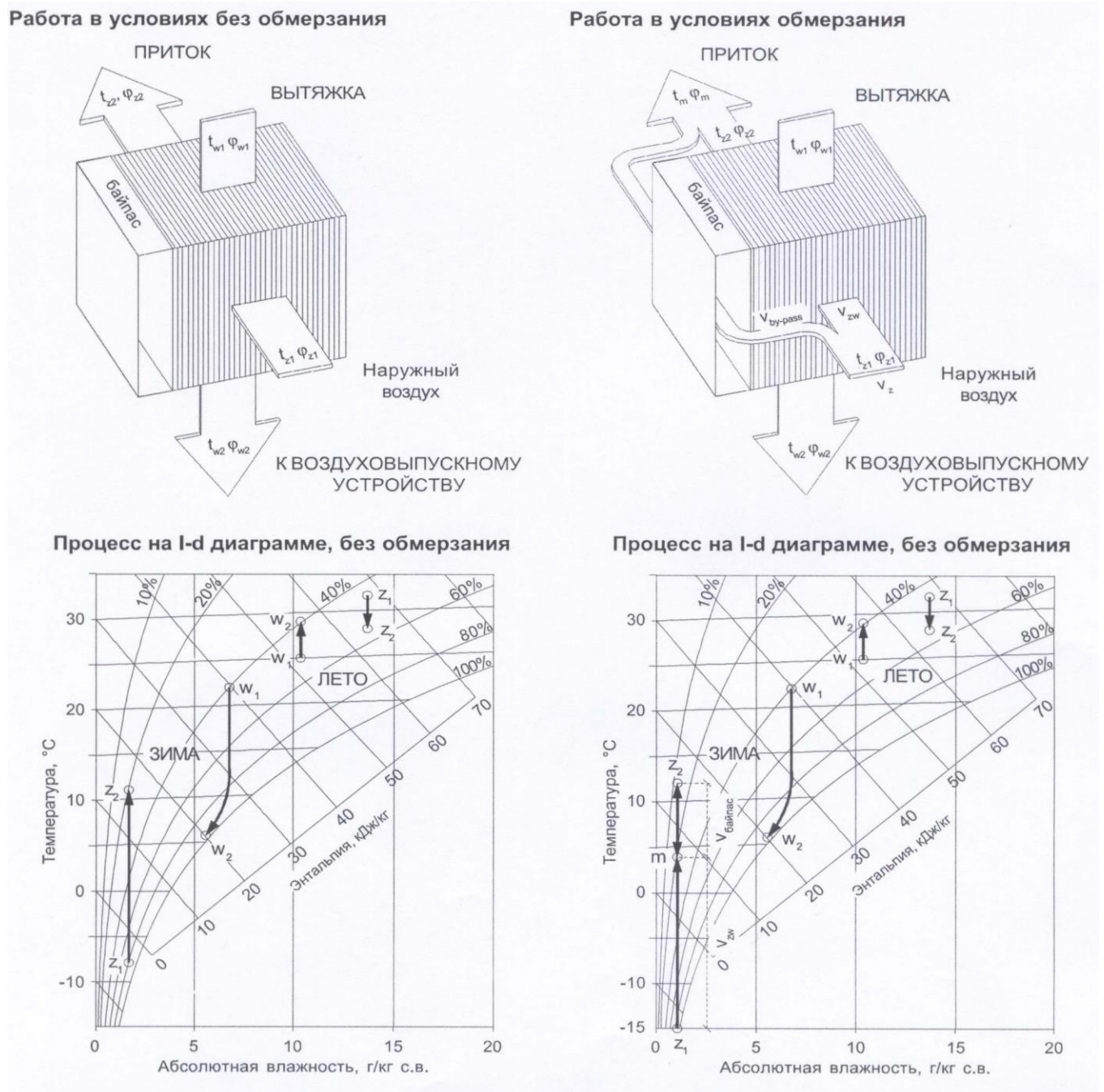


Рис. 4.4 Байпасування і процеси на I-d діаграмі

Основні показники пластинчастих теплоутилізаторів:

- витрата припливного повітря – від 300 м³/год до 70000 м³/год.;
- тепла ефективність може досягати 80%.

Обертовий регенеративний теплоутилізатор

Теплоутилізатори обертові призначені для утилізації теплоти повітря, що видаляється, у системах кондиціонування й вентиляції. Процес теплообміну в теплоутилізаторах здійснюється по регенеративному принципу. Через ротори регенеративних теплоутилізаторів зустрічними потоками рухаються припливне та витяжне повітря (рис. 4.5). Якщо система працює на обігрів, то витяжне повітря віддає теплоту тому сектору ротора, через який він проходить. Коли цей сектор, що нагрівся, ротора попадає в потік холодного припливного повітря, припливне повітря нагрівається, а ротор, відповідно, охолоджується. Якщо система працює на охолодження, то теплота передається від теплового припливного холодному витяжному повітрю. В ентальпійних роторах додатково здійснюється передача вологи.

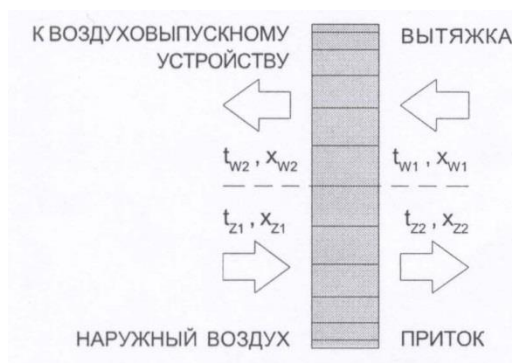


Рис. 4.5 Принципова схема обертового регенеративного теплообмінника

Основні переваги таких теплоутилізаторів у порівнянні з іншими – можливість керування процесом переносу теплоти при зміні числа обертів, ефект самоочищення, незначні розміри й високий ступінь ефективності.

Теплоутилізатор складається зі сталевго корпуса для приєднання повітропроводів і обертового алюмінієвого ротора, що приводиться в рух мотор-редуктором через ремінну передачу. Ротор виготовлений із чередуємих плоских і гофрованих алюмінієвих стрічок, що дозволяє одержати канали в поперечному напрямку для проходу повітря. Обертаючись зі швидкістю 10 об/хв ротор, поперемінно обмивається видаляємим повітрям, що (нагрівається) і припливним повітрям (охолоджується).

Продуктивність регенеративного теплообмінника можна змінювати за допомогою регулювання швидкості обертання ротора (рис 4.6).



Рис. 4.6 Зміна тепловіддачі обертового регенеративного ТО

Особливості теплоутилізаторів для різних виконань установок:

- гігієнічне виконання – стандартні обертові регенеративні теплоутилізатори не гарантують повного поділу припливного й витяжного повітря; у випадку використання необхідно передбачати продувну камеру;

- вибухобезпечне виконання – теплообмінники поставляються по запити; необхідно дотримувати умов монтажу електродвигуна; застосовуються вибухобезпечні електродвигуни, які регулюються за допомогою частотного перетворювача;

- виконання для басейнів – теплообмінники покриваються епоксидною смолою;

- для кухонь – обертові теплообмінники не застосовуються.

Конструктивні особливості, які необхідно враховувати при монтажі:

- ротори можуть монтуватися в будь-якому робочому положенні, при горизонтальному положенні зміцнюється опорна рама;

- рами не повинні нести навантаження підводящих каналів, подача повітря повинна подаватися перпендикулярно площини ротора;

- ротор повинен мати вільний доступ для проведення обслуговування.

Теплоутилізатор із проміжним теплоносієм

Теплоутилізатор із проміжним теплоносієм (циркуляційна система) складається із двох водоповітряних теплообмінників, з'єднаних між собою замкнутою рециркуляційною системою (рис.4.7). Один теплообмінник перебуває в каналі припливного повітря, а другий – у каналі повітря, що видаляється. Проміжним теплоносієм (теплоносієм у рециркуляційній системі) служить розчин гліколю. Втрати тиску розчину гліколю в теплообміннику при розрахункових умовах приймається в інтервалі від 20 до 40 кПа.

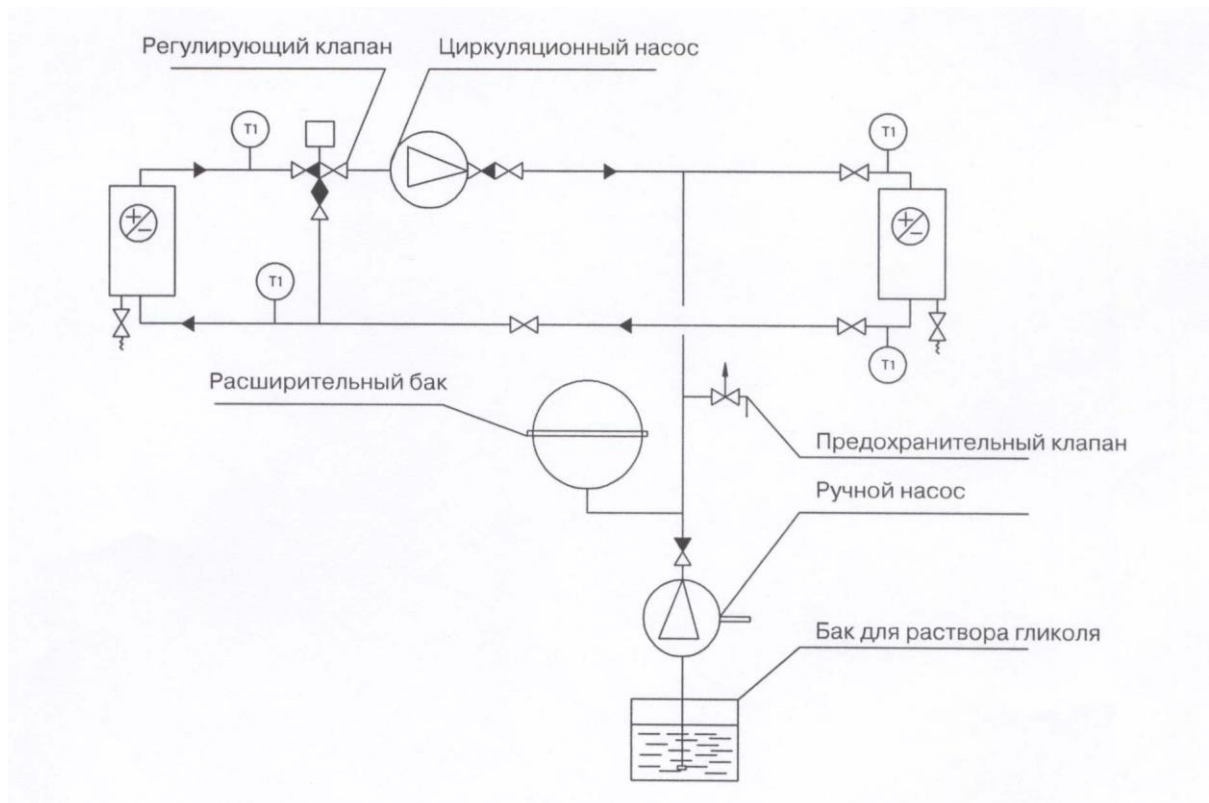


Рис. 4.7 Схема утилізації теплоти з використанням проміжного теплоносія

Гліколевий контур застосовується тоді, коли потрібен повний розділ потоків повітря припливного й що видаляється, або корди установки припливна й витяжна знаходяться в різних кімнатах. ККД що досягається гліколевим контуром становить від 45 до 55%

Особливості систем для різних виконань установок:

- гігієнічне виконання – ця система щонайкраще відповідає пропонованим вимогам, тому що потоки припливного й що видаляється повітря повністю розділені друг від друга;
- виконання для басейна – теплообмінник для каналу повітря, що видаляється, покривається епоксидною смолою.

Теплоутилізатори на базі теплових трубок

Теплові трубки являють собою пучок герметичних мідних труб з алюмінієвим оребренням, заповнених холодоагентом. Теплообмін здійснюється завдяки випару холодоагенту в тепловіддаючому середовищі й конденсації холодоагенту в середовищі, що приймає теплоту. Циркуляція проміжного теплоносія здійснюється під дією природної конвекції або сил капілярного тиску.

У робочому положенні теплові трубки закріплюються вертикально або з нахилом у розділовій перегородці, і кожна її сторона виступає в канали, по яких рухаються потоки, що мають різну температуру. При вертикальній установці канал повітря, що видаляється, перебуває знизу. Одна сторона трубки обмивається потоком з високою температурою й утворить зону відводу теплоти. Пари холодоагенту, що утворилися, переміщуються в зону низького тиску, що обмивається потоком з більш низькою температурою й утворить зону відводу теплоти. холодоагент, що сконденсувався в цій зоні, у вигляді рідини переміщається із зони конденсації в зону випару, де знову перетворюється в пару.

В установці з теплообмінником з теплових трубок повинні бути передбачені: каплеуловлювач, піддон для збору конденсату й обвідний канал (байпас).

4.2. Вибір типу регенератора та розрахунок його для спроектованої системи вентиляції

Більшість припливно-витяжних систем комплектуються роторним теплоутилізатором з гігроскопічною поверхнею. Це насамперед обумовлюються прос-

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

тими експлуатаційними умовами, високим енергетичним ККД та великими витратами повітря, яке обробляється у системі.

4.2.1. Розрахунок роторного рекуператора

Ефективність регенеративного теплообмінника, що обертається, в основному, визначається параметрами теплообмінної поверхні: розмірами і формою каналів для протікання повітря, матеріалом, з якого вона виготовлена і технологією виготовлення.

Як матеріал для виготовлення теплообмінної поверхні використовується алюміній, який має наступні теплофізичні характеристики:

Теплопровідність $\lambda_{ct} = 204 \frac{Вт}{м \cdot К} ;$

Густина $\rho_n = 2700 \frac{кг}{м^3} ;$

Теплоємність $C_{pn} = 0.920 \frac{кДж}{кг \cdot К} .$

Теплообмінник збирається з пластмасових стільникових пластин між якими встановлюються дистанційні проставки. Пакет пластин і проставок утворюють систему прямокутних і щілинних каналів.

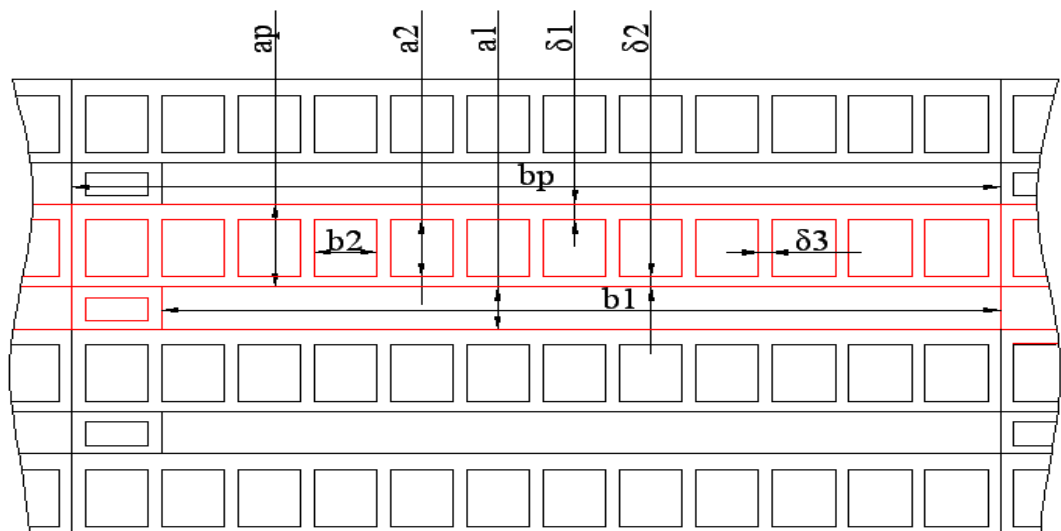


Рис. 4.8 Поперечний перетин пакету теплопередаючого елемента

З рис. 4.8 видно, що канали теплопередаючого елементу мають регулярну структуру що складається з каналів прямокутного перетину і щілинних каналів, що чергуються. Враховуючи це можна виділити елемент структури що формує сукупність каналів. Такий елемент на рис.4.8 виділений червоним кольором. У його склад входять канали прямокутної форми одиничної стільникової пластини, проставка і щілинний канал. Знаючи геометричні, теплообмінні і гідравлічні характеристики цього елементу можна розрахувати характеристики теплообмінника довільної форми. Приведемо геометричні характеристики виділеного елементу.

Параметри щілинного каналу:

Ширина щілини $b_1 = 158,58 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Висота щілини $a_1 = 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Довжина каналу $L_1 = 240 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Повний поперечний переріз щілини:

$$F_1 = a_1 \cdot b_1; \quad F_1 = 4,2925 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Периметр перетину щілини:

$$P_1 = 2 \cdot (a_1 + b_1); \quad P_1 = 0,3234 \text{ м}$$

Гідравлічний діаметр щілини:

$$d_1 = \frac{4 \cdot F_1}{P_1}; \quad d_1 = 5,3098 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Площа поверхні теплообміну щілини:

$$F_{ct} = P_1 \cdot L_1; \quad F_{ct} = 0,00776 \text{ м}^2$$

Об'єм щілини:

$$V_{11} = F_1 \cdot L_1; \quad V_1 = 1,0302 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Відношення висоти щілини до її ширини:

$$a_{a1} = \frac{a_1}{b_1}; \quad a_{a1} = 0,017$$

Параметри прямокутних каналів

Ширина каналу $b_2 = 3,8 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Висота каналу $a_2 = 4,408 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Товщина стінки вгорі $\delta_1 = 0,384 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Товщина стінки внизу $\delta_2 = 0,358 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Товщина вертикальної перегородки (стінки) $\delta_3 = 0,276 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Кількість каналів $n=41$

Висота пластини з каналами $a_p = 5,15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$

Ширина пластини з каналами:

$$b_p = n \cdot (b_2 + \delta_3) + \delta_3; \quad b_p = 0,167 \text{ м}$$

Поперечний перетин каналу:

$$F_{k2} = b_2 \cdot a_2; \quad F_{k2} = 1,675 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Повний поперечний переріз всіх каналів:

$$F_2 = F_{k2} \cdot n; \quad F_2 = 6,8677 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

Периметр перетину каналу:

$$p_2 = 2 \cdot (b_2 + a_2); \quad p_2 = 0,0164 \text{ м}$$

Гідравлічний діаметр каналу:

$$d_2 = \frac{4 \cdot F_{k2}}{p_2}; \quad d_2 = 4,0815 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Площа поверхні каналу:

$$F_k = p_2 \cdot L_1; \quad F_k = 3,9398 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Повна поверхня теплообміну каналу:

$$F_p = F_k \cdot n; \quad F_p = 0,1615 \text{ м}^2$$

Об'єм каналу

$$V_{k2} = F_{k2} \cdot L_1; \quad V_{k2} = 4,0201 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм каналів:

$$V_k = V_{k2} \cdot n; \quad V_k = 1,6482 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Сумарний об'єм займаний пластиною з каналами:

$$V_p = a_p \cdot b_p \cdot L_1 \quad V_p = 2,069 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Відношення ширини каналу до його висоти:

$$a_{a2} = \frac{b_2}{a_2}; \quad a_{a2} = 0,8621$$

Об'єм матеріалу каналів насадки

Об'єм верхньої стінки:

$$v_{20} = b_p \cdot \delta_1 \cdot L_1 \quad v_{20} = 1,5427 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Об'єм нижньої стінки:

$$v_{21} = b_p \cdot \delta_2 \cdot L_1; \quad v_{21} = 1,4382 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Об'єм бічної стінки:

$$v_{22} = a_2 \cdot \delta_3 \cdot L_1 \cdot (n+1); \quad v_{22} = 1,2263 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Об'єм стінок каналу:

$$v_{02} = v_{20} + v_{21} + v_{22}; \quad v_{02} = 4,2073 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Площа поперечного перетину проставки:

$$F_{pr} = (b_2 + 2 \cdot \delta_3) \cdot a_1; \quad F_{pr} = 1,175 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$$

Об'єм матеріалу проставки:

$$v_{pr} = F_{pr} \cdot L_1; \quad v_{pr} = 2,8201 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Об'єм матеріалу всієї поверхні:

$$v_{01} = v_{02} + v_{pr}; \quad v_{01} = 4,4893 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

Геометричні характеристики поверхні теплообміну

Повна поверхня теплообміну:

$$F_t = F_p + F_{ct}; \quad F_t = 0,2391 \text{ м}^2$$

Об'єм порожнеч поверхні теплообміну:

$$V_{vp} = V_k + V_1; \quad V_{vp} = 2,6784 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3$$

Об'єм займаний поверхнею теплообміну:

$$V_{vt} = b_p \cdot (a_p + a_1) \cdot L_1; \quad V_{vt} = 3,1537 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

Лобовий перетин поверхнею теплообміну:

$$F_{ls} = \frac{V_{vt}}{L_1}; \quad F_{ls} = 1,314 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.04	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Компактність поверхні теплообміну – відношення повної поверхні теплообміну до повного об'єму займаною поверхнею:

$$\beta = \frac{F_t}{V_{vt}}; \quad \beta = 758,2918 \frac{\text{м}^2}{\text{м}^3}$$

Пористість поверхні теплообміну - відношення об'єму порожнеч поверхні теплообміну до повного об'єму займаною поверхнею:

$$p = \frac{V_{vp}}{V_{vt}}; \quad p = 0,8493$$

Гідравлічний діаметр поверхні теплообміну:

$$d_z = \frac{4 \cdot p}{\beta}; \quad d_z = 4,4801 \cdot 10^{-3} \text{ м}$$

Площа прохідного поперечного перетину поверхні теплообміну:

$$F_c = F_1 + F_2; \quad F_c = 1,116 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$$

Виходячи з розрахунку, для спроектованої установки підбираємо роторний рекуператор АСМ Airbox R13, який відповідає вимогам високого енергетичного ККД при розрахованому припливі повітря (3000 м³/год).

Таблиця 4.1

Характеристика рекуператора

	Профіль	Діаметр ротора, м	Довжина боксу, м	Маса, кг
АСМ Airbox R13	A20	0,960	0,67/1,5	176

Креслення ротора приведено у графічній частині.

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ЗАХОДІВ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Загальні вимоги з техніки безпеки та охорони праці при монтажі системи вентиляції одноповерхової будівлі фітнес-центру

Монтаж припливно-витяжної вентиляції у фітнес-центрі пов'язаний із роботою на висоті, використанням електроінструментів та монтажем габаритного обладнання. Нижче наведено основні вимоги з техніки безпеки (ТБ) та охорони праці (ОП), структуровані за ключовими напрямками.

1. Загальні вимоги до персоналу

Допуск до робіт: До монтажу допускаються особи віком від 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі на робочому місці.

Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ):

Працівники повинні бути забезпечені:

Захисними касками (обов'язково під час монтажу повітропроводів під стелею).

Спецодягом та взуттям із нековзною підошвою.

Захисними окулярами та респіраторами (при свердлінні отворів у стінах/стелі).

Рукавицями для захисту від гострих країв оцинкованої сталі.

2. Робота на висоті

Оскільки фітнес-центри зазвичай мають високі стелі (понад 3 м), роботи вважаються верхолазними або такими, що виконуються на висоті:

Обладнання: Використовувати лише справні драбини, розсувні стрем'янки або інвентарні риштування (тури). Заборонено використовувати випадкові підставки (бочки, ящики).

Страхування: При роботі на висоті понад 1,3 м без огорож необхідно використовувати запобіжні пояси з кріпленням до надійних конструкцій будівлі.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.05	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

Зона безпеки: Територія під місцем проведення монтажу повинна бути огорожена або позначена попереджувальними знаками, щоб уникнути травмування персоналу об'єктами, що можуть впасти.

3. Електробезпека та робота з інструментом

Усі дрилі, перфоратори та болгарки повинні мати справну ізоляцію кабелів. Заборонено працювати інструментом із пошкодженим корпусом.

Тимчасова електромережа для монтажних потреб повинна бути захищена пристроями захисного відключення (ПЗВ).

Підключення електричних калориферів та щитів керування вентиляцією має виконувати лише кваліфікований електрик із відповідною групою допуску після повного знеструмлення мережі.

4. Монтаж обладнання та повітропроводів

Транспортування: Вентиляційні установки (особливо моноблоки з рекуператором) є важкими. Їх підйом на проектну відмітку слід виконувати за допомогою лебідок або підйомників, що пройшли випробування.

Повітропроводи повинні кріпитися до капітальних конструкцій (балок, перекриттів) за допомогою сертифікованих кронштейнів, шпильок та траверс.

Категорично заборонено підвішувати повітропроводи до інших інженерних мереж (труб опалення, водопроводу) або елементів підвісної стелі.

Під час стикування секцій повітропроводів слід бути обережним, щоб уникнути порізів об фланці або краї металу.

5. Пожежна безпека

Вогневі роботи: Якщо монтаж потребує зварювання кронштейнів, необхідно отримати наряд-допуск та забезпечити місце робіт вогнегасником.

Зберігання матеріалів: Пакувальні матеріали (картон, поліетилен, залишки ізоляції) повинні вчасно прибиратися з приміщення фітнес-центру, щоб не створювати пожежного навантаження.

Ці заходи мінімізують ризики травматизму та забезпечують відповідність робіт державним нормам (НПАОП та ДБН).

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.05	Лист
Зм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі розроблено системи опалення й припливно-витяжної системи вентиляції для фітнес- центру загальною площею 260 м².

Система водяного опалення будівлі фітнес-центру є двотрубною, з нижнім розташуванням подаючого і зворотного трубопроводів зі штучною циркуляцією теплоносія. Примусова циркуляція теплоносія в системі забезпечується циркуляційним нагнітачем, розташованим в окремому приміщенні, в якому знаходяться нагрівальний котел системи опалення Buderus Dakon Daline PTE 24 та обладнання.

В роботі розраховано теплове навантаження на систему вентиляції у зимовому режимі, вибрано розміри повітропроводів, тип повітророзподільника, решта обладнання. Визначені для системи опалення розміри трубопроводів, нагрівальні елементи, тип і потужність котла, інше обладнання. Зроблений розрахунок опалювальних приладів, аеродинамічні розрахунки системи припливно-витяжної вентиляції.

Наведений порівняльний аналіз найбільш поширених систем вентиляції, які використовуються в сучасних будівлях.

У розробленій системі повітряного опалення і вентиляції використаний регенеративний теплообмінний апарат. Виконаний порівняльний аналіз регенераторів, які використовуються у сучасних системах.

Розглянуті загальні вимоги з техніки безпеки та охорони праці при монтажі системи вентиляції в будівлі фітнес-центру.

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

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

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

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

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

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

11. Жуковський С.С., Лабай В.Й. Аеродинамика вентиляції : навч. посібник для студентів вищ. навч. закладів. Львів : Вид-во Нац. ун-ту «Львівська політехніка», 2003. 270 с.

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

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

14. Розрахунок калорифера: як розрахувати потужність приладу для нагрі-вання 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>.

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

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

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		

17. Теплотехнічні процеси та установки : навч. посіб. для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Теплоенергетика» кваліфікаційного рівня «бакалавр» [Електронний ресурс] / укладач Шаповалов Ю.О. : НУК. Електронні текстові дані (1 файл: 6.3 Мбайт). Миколаїв : НУК, 2021. 60 с.

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

					ВКР.144.4241.02.ПЗ.00	Лист
Изм.	Лист	№ документа	Підпис	Дата		