

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
КАФЕДРА ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК І КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ БАКАЛАВРА**

на тему «Інноваційні технології проєктування енергоефективної системи  
кондиціонування реабілітаційного центру при лікарні м. Одеса»

**Частина 4**

на тему: «Проект системи кондиціонування аква комплексу  
реабілітаційного центру при лікарні м. Одеса»

Здобувача Гітрука М.А.

4 курсу групи ЕНск-141

Керівник к.т.н.доц. Жихарева Н.В.

Консультанти: к.т.н.доц. Жихарева Н.В.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 31 травня 2024 р. протокол № 12.

Завідувач кафедри ХУіКП \_\_\_\_\_ Михайло ХМЕЛЬНЮК

(назва кафедри)

(підпис)

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ХОЛОДУ, КРІОТЕХНОЛОГІЙ ТА ЕКОЕНЕРГЕТИКИ  
ФАКУЛЬТЕТ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

Кафедра Холодильних установок і кондиціонування повітря  
Освітній ступень Бакалавр  
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»  
(шифр і назва)  
Освітньо- професійна програма Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.**

01 березня 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА**

Гітрук Максим Анатолійвич  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Проект системи кондиціонування аква комплексу реабілітаційного центру при лікарні м. Одеса».

Затверджена наказом академії від 19.10.2023 наказ № 602-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи: 12.06.2024 р.

3. Вихідні дані роботи: м. Одеса, басейн реабілітаційного аква центру м.Одеса, температура повітря в приміщенні в літку  $26^{\circ}\text{C}$ , відносна вологість  $65\%$  температура повітря в приміщенні в зимку  $26^{\circ}\text{C}$ , температура зовнішнього повітря  $28,6^{\circ}\text{C}$ .

4. Перелік питань, які потрібно розробити: розрахунок процесів кондиціонування повітря, вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря, розрахунок теплопритоків, обґрунтування вибору обладнання СКП, підбір обладнання, осушення повітря а басейні.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): актуальність теми, план басейну, Розтин повітроводів. Кондиціонер.

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	к.т.н.доц. Жихарева Н.В.	01.05.2022	12.06.2022

7. Дата видачі завдання: 01.02.2024

Керівник \_\_\_\_\_ Жихарева Н.В.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Гітрук М.А.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ.	07.03-12.03	Виконано
2.	Техніко-економічне обґрунтування вибору типу СКП	13.03-15.03	Виконано
3.	Розрахунок процесів кондиціонування повітря.	16.03-04.04	Виконано
4.	Розрахунок вологовиділень	05.04-22.04	Виконано
5.	Наукове обґрунтування вибору і підбір обладнання.	22.04-1.05	Виконано
6.	Охорона праці.	10.05-18.05	Виконано
7.	Висновки.	19.05-27.05	Виконано

Здобувач – дипломник \_\_\_\_\_ Гітрук М.А.

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Жихарева Н.В.

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web-ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Гітрук Максим Анатолійович

**АНОТАЦІЯ**

Кваліфікаційна робота бакалавра Гітрука тема “ Проект системи кондиціонування аква комплексу реабілітаційного центру при лікарні м. Одеса” складається з: 62-сторінки тексту, 4 рисунка, 17-таблиць, 18 посилань на літературні джерела.

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто систему кондиціонування АКВАРІУС АКВ-3-193 з жидкісним повітрянагрівачем , кешенькових фільтрів тонкої очистки, осушувачем повітря Danterm CDP 125, працюють сисеми на R407c, мова про дослідження та розробку системи кондиціонування повітря для аква комплексу реабілітаційного центру при лікарні м. Одеса. Це основні завдання, які полягли в основу кваліфікаційної праці.

В роботі проведений розрахунок процесів кондиціонування повітря та підбір холодильного обладнання для збереження виробництва холоду : вибір розрахункових параметрів внутрішнього й зовнішнього повітря; розрахунок теплопритоків і вологопритоків; обґрунтування вибору і підбір обладнання для систем кондиціонування повітря.

**Ключові слова:** системи кондиціонування, басейн, вентиляція приміщення, осушення повітря, теплопритоки, реабілітаційний аква центр, вологе повітря

## ANNOTATION

Hitruk's bachelor's qualification work on the topic "Project of the water conditioning system of the rehabilitation center at the Odessa hospital" consists of: 62 pages of text, 4 figures, 17 tables, 18 references to literary sources.

In this qualification work, the AQUARIUS AKV-3-193 air conditioning system with a liquid air heater, pocket filters, a Danterm CDP 125 dehumidifier, working systems on R407c, research and development of an air conditioning system for the aqua complex of the rehabilitation center at the hospital is considered. Odesa. These are the main tasks that formed the basis of qualification work.

In the work, the calculation of air conditioning processes and the selection of refrigeration equipment to preserve cold production are carried out: the selection of calculation parameters of internal and external air; calculation of heat inflows and moisture inflows; justification of the choice and selection of equipment for air conditioning systems.

Keywords: air conditioning systems, swimming pool, room ventilation, air drying, heat inflows, rehabilitation aqua center, moist air

## Зміст

ВСТУП.....	7
1 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАСЕЙНУ .....	9
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТИПУ СКП .....	12
3. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОЇ РОКУ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ.....	16
3.1. Характеристика будівельних конструкцій .....	16
3.2. Вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря..	19
3.3. Розрахунок теплоприпливів .....	20
3.4. Розрахунок теплоприпливів через огороження за спрощеним інженерним методом.....	20
3.4.1. Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження....	20
3.4.2 Розрахунок надходження теплоти в приміщення.....	20
3.5. Розрахунок теплоприпливів через огороження за спрощеним інженерним методом.....	21
3.5.1. Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження....	21
3.5.2 Надходження теплоти через внутрішні огороження.....	22
3.5.3 Надходження теплоти через заклені поверхні за рахунок сонячної радіації і теплопередачі .....	23
3.6. Тепловиділення від інших джерел .....	24
3.6.1. Розрахунок теплоприпливів від людей.....	24
3.6.2. Розрахунок теплоприпливів від устаткування.....	24

					<i>КРБ.ХУіКП 602-03.П.3.4</i>							
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>								
<i>Розроб.</i>	<i>Гітрук</i>				<i>Розрахунково- пояснювальна записка</i>			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>		
<i>Перевір.</i>	<i>Жихарева</i>								5	60		
<i>Реценз.</i>								<i>Група ЕНск-141</i>				
<i>Н. Контр.</i>												
<i>Затверд.</i>												

3.6.3. Розрахунок теплоприпливів від штучного освітлення.....	26
3.6.4. Розрахунок основних теплоприпливів з відкритої поверхні гарячої води.....	27
4. РОЗРАХУНОК ВОЛОГОВИДІЛЕНЬ .....	28
4.1. Вологовиділення від людей .....	28
4.2. Вологовиділення з поверхні відкритої води.....	28
5. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ .....	31
6. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИДІЛЕНЬ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ПЕРІОДУ РОКУ.....	33
6.1. Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження.....	33
6.2. Надходження теплоти через внутрішні огороження.....	34
6.3. Надходження теплоти через засклені поверхні .....	35
7. ЗАГАЛЬНІ ТЕПЛО- І ВЛАГОВИДІЛЕННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ В ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ .....	37
8.ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ.....	39
8.1. Обґрунтування вибору обладнання СКП .....	39
9. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ .....	43
9.1 Розрахунок повітрянагрівачів .....	43
9.2 Розрахунок повітряного охолоджувача .....	47
9.3. Підбір повітряного фільтру.....	50
10. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	51
10.1. Освітлення .....	60
10.2. Захист від шуму і вібрації .....	61
ВИСНОВОК.....	63
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ .....	65

					<i>КРБ.ХУіКП 602-03.ІІ.3.4</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Гітрук</i>			<i>Розрахунково- пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрюшив</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Жихарева</i>					<i>в</i>	<i>вв</i>
<i>Реценз.</i>						<i>. Група ЕНск-141</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

## ВСТУП

Система кондиціювання басейну реабілітаційного аква центру з осушенням є одним з центральних систем басейну. У приміщенні басейнів реабілітаційного аква центру формується повітряне середовище з підвищеним значенням відносної вологості і температури, вода знезаражується шляхом додавання у воду хлору, який, розчиняється у воді, а потім хлоропроїзводні випаровуються в повітря приміщення басейну разом з молекулами води. При проектуванні вентиляції і кондиціювання басейну важливим початковим елементом для будь-якого проектанта є підвищена вологість. Для басейнів якнайкраща температура повітря  $+26-+28^{\circ}\text{C}$  або трохи нижче. Такі рекомендації лікарів при реабілітації - підтримувати температуру повітря приблизно на  $1^{\circ}\text{C}$  вище за температуру води. При такій різниці температур людям, плаваючим в басейні, комфортно, а випаровування вологи мінімально. Таким чином, питання про систему кондиціонування басейнів є гострим інженерним завданням.

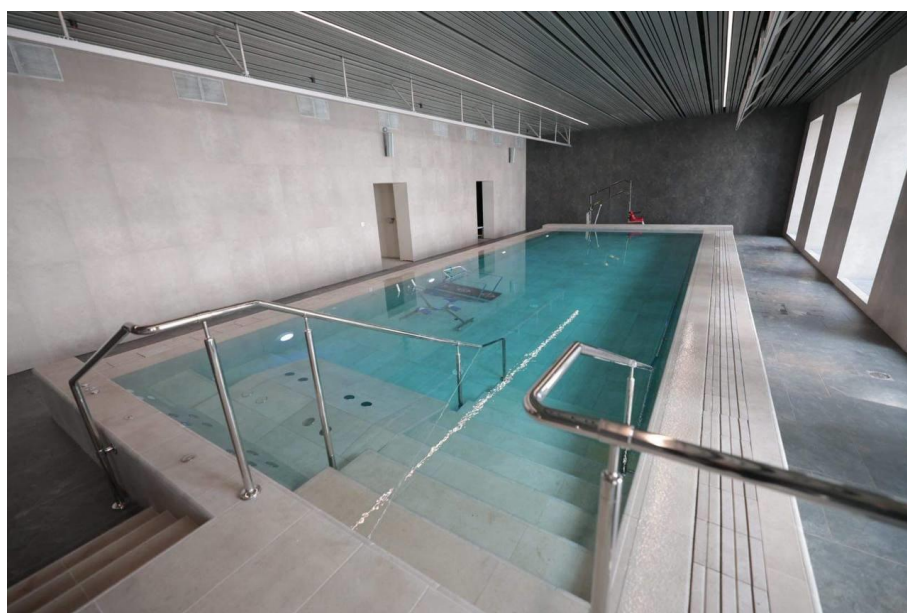


Рисунок 1.1 – Приміщення басейну

					ОКРАМЛЕННЯ ДОКУМЕНТУ 1602000В.00.37В	Арх.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

У приміщенні з басейном реабілітаційного аква центру потрібний особливий мікроклімат, що дозволяє людям відчувати себе комфортно. Оптимальне значення відносної вологості повітря в приміщенні з басейном 65%. Таку відносну вологість можливо забезпечити, застосовуючи спеціальні осушувачі (наприклад, європейського лідера данської фірми Dantherm, АКВАРІУС фірми ВЕЗА). Для кліматичних умов м. Одеси осушення вентиляцією можна виробляти до зовнішньої температури 19-22°C. При вищих температурах зовнішнього повітря вступ вологи з припливним повітрям починає превалювати над кількістю вологи повітря, що видаляється витяжною вентиляцією. Це додаткова кількість вологи разом з вологою, що випаровується з дзеркала басейну, в цей період повинно видалятися спеціальним компресорно-конденсаційним осушувачем.

Економію енерговитрат можна отримати, використовуючи в припливно-витяжній вентиляції агрегат з рекуперацією тепла, наприклад припливно-витяжний агрегат фірми Systemair VX 700 E. При температурах зовнішнього повітря вище 28°C з'явиться необхідність охолоджувати припливне повітря, проте рекуператор зменшуватиме необхідну холодопродуктивність кондиціонера-осушувача.

Спроектована система кондиціювання повітря басейну АКВАРІС з додатковим блоком осушення повітря. Були враховані проаналізовані гігієнічні вимоги до показників якості повітря та їх реалізація при проектуванні систем та вимоги щодо забезпечення мінімальної кількості припливного зовнішнього повітря, основні розрахункові шкідливості і розрахунковий повітрообмін та розрахунок вмісту хлору в повітряному середовищі басейну.

## **1 ОСОБЛИВОСТІ ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ ЖИТТЄЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БАСЕЙНУ ДЛЯ РЕАБІЛІТАЦІЇ**

Вентиляція басейну і система кондиціонування басейну реабілітаційного аква центру є одним з центральних елементів будь-якої споруди басейну, будь це спортивний комплекс або невеликий приватний басейн чи басейн лікарні. Довговічність споруди, надійність і максимальна можливість використання басейну залежить від того, наскільки грамотно пропрацювала вентиляція і кондиціонування басейну.

При проектуванні вентиляції і кондиціонування басейну реабілітаційного аква центру важливим початковим елементом для будь-якого проєктанта є підвищена вологість. Для басейнів якнайкраща температура повітря - 26-28°C Такі рекомендації лікарів - підтримувати температуру повітря приблизно на 1°C вище за температуру води. При такій різниці температур людям, плаваючим в басейні, комфортно, а випаровування вологи мінімально. Необхідно підтримувати нормальну комфортну температуру, як і для житлових приміщень. досягти тільки за допомогою правильного підбору устаткування.

Для підтримки комфортних умов і розумного рівня випаровування води вологість в приміщенні басейну реабілітаційного аква центру повинна складати 60-65%.

### **Якість повітря в басейні**

Вентиляції басейну реабілітаційного аква центру потрібна для підтримки нормальних умов, для забезпечення асиміляції хімічних виділень з поверхні води, окрім звичайних метаболічних виділень людини.

У воду басейну додаються хімікати в цілях забезпечення санітарно-гігієнічних вимог шляхом нейтралізації різних органічних речовин і мікроорганізмів.

Основне завдання проектування системи повітрерозподілення - досягти ефективного зниження вологості і прийнятної якості повітря в басейні. Збільшення витрати повітря системи вентиляції басейну для зниження вологості не зможе вирішити проблему конденсації і утворення застійних зон, в яких скупчуватиметься вологе повітря.

Що дозволяє забезпечити правильне розподілення в басейні

Припливні і витяжні отвори. Зазвичай в басейнах стелі достатньо високі. Розташовані під стелею припливні дифузори часто не справляються з подачею потоку вниз, до води і підлоги. Необхідно поклопотатися про регульованість повітряних ґраток для напрямку потоку на потрібні поверхні.

Повітроводи

Правильний розподіл повітря багато в чому залежить від якості монтажу повітроводів, які слід встановлювати так, щоб в них не утворювався конденсат. Всі стики припливних і витяжних повітроводів повинні бути щільно герметизовані, включаючи їх з'єднання з припливними ґратами, вентиляторами, витяжними ґратами.

Особливу увагу слід приділити витяжним повітроводам, що працюють під розрідженням. Коли в них з'являються щілини, туди засмоктується повітря з приміщень, що не кондиціонують, внаслідок чого утворюється конденсат, і порушується нормальна робота устаткування для зниження вологості.

Пароізоляція басейну

Басейни реабілітаційного аква центру слід будувати настільки паронепроникними, наскільки це можливо. При цьому пароізоляцію потрібно укладати безпосередньо за внутрішнім покриттям стін. Тоді вологе повітря і пара затримуватимуться усередині басейну, а не проходитимуть в холодніші пористі стіни.

Осушення повітря

Осушувачі повітря для басейнів відрізняються від стандартних кондиціонерів. Вони розробляються для видалення значно більшої кількості вологи з повітря.

При цьому у осушувачів повітря холодопродуктивність по явному теплу значно нижче, ніж у стандартних кондиціонерів, що серйозно впливає на габарити устаткування.

З урахуванням того, що кліматичне устаткування басейнів працює у важких атмосферних умовах по 24 години в добу сім днів в тиждень, воно потребує регулярного і професійного технічного обслуговування.

У басейнах реабілітаційного аква центру широко використовуються осушувачі повітря конденсаційного типу. Вони спеціально розроблені для видалення великої кількості вологи, мають низьке значення чинника сухого тепла і використовують стандартний цикл холодильної машини.

У басейні відбувається постійний витік тепла: через стіни, потовк, з вентиляційним повітрям і унаслідок охолодження води при випаровуванні, тому необхідний постійний підігрів води і повітря. При цьому не має значення, який тип устаткування використовується для осушення повітря. Якщо це устаткування дозволяє використовувати відведене в процесі осушення повітря тепло для підігріву води в басейні, енерговитрати можна істотно понизити.

Підбір устаткування для осушення повітря в басейні здійснюється, перш за все, виходячи з необхідного рівня вологості. Також беруться до уваги кратність повітрообміну, параметри зовнішнього повітря і архітектурні особливості приміщення.

## 2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТИПУ СКП

СКП потребують створення доволі складних пристроїв, що суттєво впливають на вартість будівництва та експлуатаційні витрати. У зв'язку з цим техніко-економічна оцінка СКП викликає інтерес у замовника. Така оцінка виконується не тільки в процесі проектування, але і на передпроектній стадії, що особливо важливо для вибору того чи іншого варіанту системи або для вирішення питання про доцільність облаштування СКП у тих випадках, коли будівельні норми вимагають обґрунтування для проектування всередині будівлі повітряного середовища з оптимальними параметрами.

Головні економічні вимоги до проекту полягають у наступному: мінімальна вартість обладнання та будівельно-монтажних робіт, тривалий термін служби, максимально можлива економія електроенергії, води, тепла та особливо коштовного холоду.

Особливість СКП АКВАРІУС – частина повітря, близько 70%, повертається в приміщення, частина, що залишилася, разом з цінним теплом, безповоротно видаляється на вулицю. Щоб уникнути таких втрат у схемі АКВ-3, застосовується рідинний рекуператор, ККД якого досягає 40-50 %. Цей пристрій повертає до 50 % тепла повітря, що викидається в атмосферу.

АКВАРІС дозволяє ще більше заощаджувати тепла на нагрівання припливного повітря. Повітря, що видаляється після обробки в рекуператорі, має температуру порядку +12 °С, замість +28 °С.

## Холодна пора року

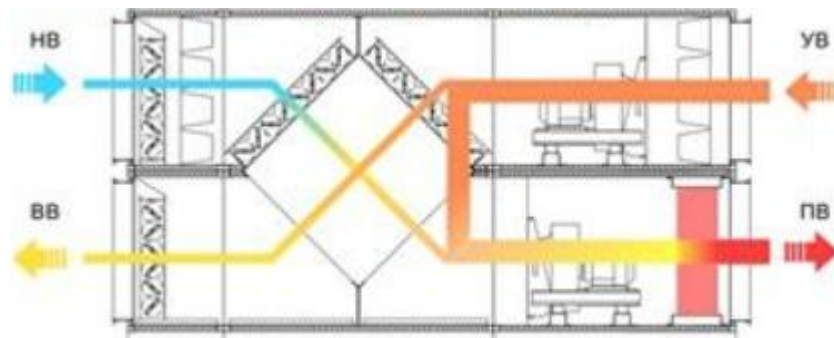


Рисунок 2.1 – Робота СКП вдень в холодну пору року

Робота вдень. Здійснюється робота установки в режимі припливно-витяжної вентиляції з частковою рециркуляцією витяжного повітря на приплив. Додатково виконує свою роботу пластинчастий рекуператор. Таким чином, здійснюється постійний контроль та підтримання вологості у приміщенні басейну, а також суттєва економія теплової енергії на нагрівання повітря. Кількість зовнішнього повітря визначається з міркувань забезпечення необхідного санітарного мінімуму для дихання і хорошого самопочуття відвідувачів. Зазвичай це становить близько 20+40% загальної продуктивності установки.

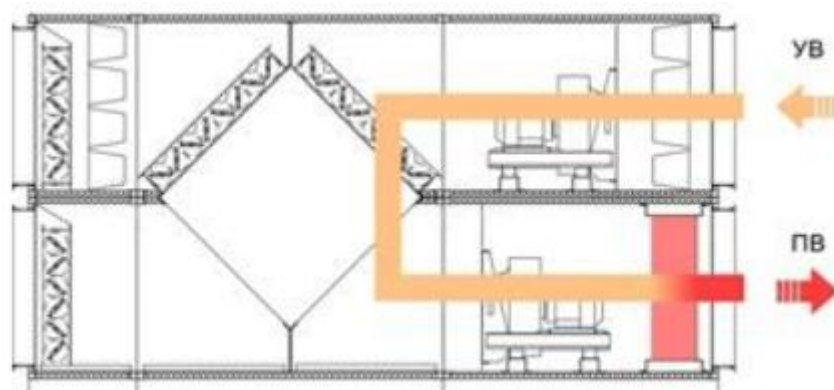


Рисунок 2.2 – Робота СКП вночі в холодну пору року

Робота вночі. Автоматика контролює температуру та вологість усередині приміщення. При зниженні температури у приміщенні нижче заданого значення установка вмикається в режим швидкого прогрівання приміщення. У цьому режимі повітря витягується з приміщення, знову нагрівається у водяному повітрянагрівачі установки і подається назад. У разі підвищення вологості установка працює також точно, але з невеликим підмішуванням зовнішнього повітря - для отримання більш сухої суміші.

### Тепла пора року

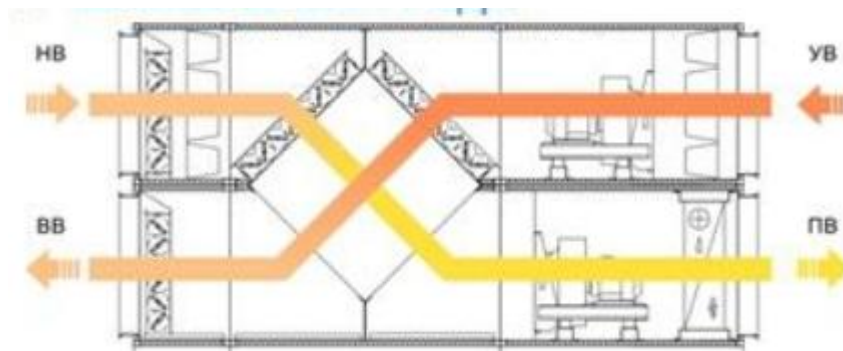


Рисунок 2.3 – Робота СКП вдень в теплу пору року

Робота вдень. Установка подає у приміщення виключно зовнішнє тепле повітря, і при цьому витяжний витягується з приміщення та викидається на вулицю. Рециркуляція повітря не відбувається.

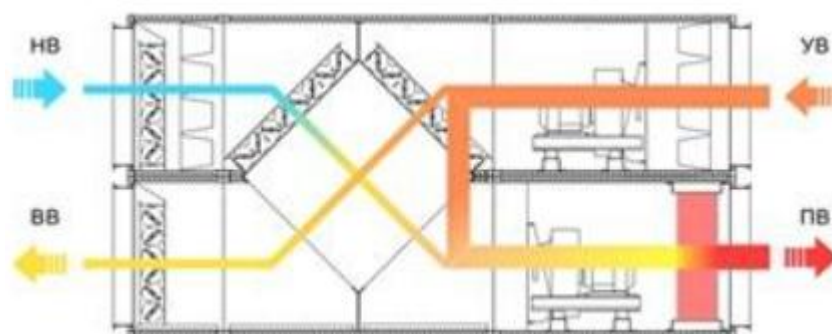


Рисунок 2.4 – Робота СКП вночі в теплу пору року

Робота вночі. Автоматика контролює вологість усередині приміщення, і за її підвищенні понад критичного значення дає команду на запуск установки у звичайному режимі вентиляції. При зниженні вологості до прийняттого рівня установка переводиться на черговий режим.

### 3. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ ТЕПЛОЇ РОКУ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

#### 3.1. Характеристика будівельних конструкцій

Характеристика будівельних конструкцій :

Місцезнаходження об'єкту - місто Одеса

Найменування об'єкту – Аква комплекс реабілітаційного центру при лікарні м. Одеса.

Географічна широта -  $49^\circ$ .

Визначаємо необхідну товщину теплоізоляції стін та покрівлі.

#### Початкові дані:

Місто : Одеса

$t_n=28,6^\circ\text{C}$ ,  $h_n=58$  кДж/кг,  $A_{m.c}=13^\circ\text{C}$ .

Параметри у приміщенні:  $t_v=26^\circ\text{C}$ ,  $\varphi_v=65\%$ .

Висота приміщення: 6 м.

Напрямок фасаду : Захід

**Стіна:** штукатурка  $\delta=20$  мм; залізобетон  $\delta=80$ мм; Rookwool  $\delta=?$  мм, штукатурка  $\delta=20$  мм.

**Кровля:** безгорищне покриття: залізобетона плита  $\delta=200$  мм Rookwool  $\delta=?$ мм;

вирівнюючий слой (цементно-пісчаний)  $\delta=20$  металлочерепиця  $\delta=0,5$  мм.

*Визначаємо необхідну товщину термоізоляції стін:*

*Стіни виконані з таких матеріалів:*

штукатурка  $\delta = 20$  мм;  $\lambda = 0,7$  Вт/(м · К);

залізобетон  $\delta = 80$  мм;  $\lambda = 2,04$  Вт/(м · К);

штукатурка  $\delta = 20$  мм;  $\lambda = 0,7$  Вт/(м · К);

плитка кафельна  $\delta = 10$  мм;  $\lambda = 1,05$  Вт/(м · К);

Rookwool  $\lambda = 0,037$ Вт/(м · К);

$k$  - коефіцієнт теплопередачі, приймаємо  $k_{cm} = 0,4$  згідно ДБН В 2.6-31:2006, табл 1 для м.Одеса

### Товщина шару ізоляції стіни

$$\delta_{bc} = \lambda_{bc} \left[ \frac{1}{k} - \left( \frac{1}{a} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{ai}} \right) \right] \quad (3.1)$$

$$\delta_{bc} = 0.0037 \left[ \frac{1}{0,04} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{7} + 2 * \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,08}{2,04} + \frac{0,01}{1,05} \right) \right] - 0,088 \text{ м}$$

,приймаємо 0,1м.

де  $\alpha_{вн} = 7 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стіни до повітря в приміщенні;

$\delta_i$  и  $\lambda_i$  - товщина и теплопровідність 1-го шару огороження;

$\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$  - коефіцієнт тепловіддачі з наружної поверхні стіни.

### Кровля плоска, виконана із наступних матеріалів:

залізобетонна плита  $\delta = 200 \text{ мм}$ ;  $\lambda = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

Rockwool  $\lambda = 0,037 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

цементно-пісчаний шар  $\delta = 20 \text{ мм}$ ;  $\lambda = 0,93 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$ ;

металочерепиця  $\delta = 50 \text{ мм}$ .

Приймаємо  $k_{кр} = 0,35 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ .

$$\delta_{bc} = \lambda_{bc} \left[ \frac{1}{k} - \left( \frac{1}{a} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{ai}} \right) \right]$$

$$0.0037 \left[ \frac{1}{0,04} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{7} + \frac{0,02}{0,7} + \frac{0,2}{2,04} + \frac{0,005}{27} \right) \right] = 0,09 \text{ м} \quad (3.2)$$

### Товщина шару ізоляції кровлі

$$\delta_{bc} = \lambda_{bc} \left[ \frac{1}{k} - \left( \frac{1}{a} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{a_{ai}} \right) \right] \quad (3.3)$$

$$0.047 \left[ \frac{1}{0,5} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{7} + \frac{0,025}{0,93} + \frac{0,15}{2,04} + \frac{0,001}{0,17} \right) \right] = 0,08$$

Опір теплопередачі приймаємо згідно з ДБН В2.6-31:2006.  $R=0.25 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{В}$  для стіни та  $R=0.3 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{В}$  для покрівля. Обираємо коефіцієнт теплозасвоєння матеріалів  $S$  із БНіП. Потім розраховуємо опір  $R$ , теплову інерцію шару огороження  $D$ , теплову інерцію огороження  $\Sigma D$  за формулами наведеними нижче:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт} \quad (3.4)$$

де  $\delta$  - товщина шару огороження;  $\lambda$  - теплопровідність матеріалу шару.

$$D = R \cdot S \quad (3.5)$$

Результати розрахунку зводимо до таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 - Теплова інерція матеріалів

Конструкція та матеріал	Щільність $\rho$ , $\text{кг}/\text{м}^3$	Товщина, $\delta$ , м	Коефіцієнти			
			Питома теплопровідність, $\lambda$ , $\text{Вт}/(\text{мК})$	Теплозасвоєння, $S$ , $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$	Термічний опір, $R$ , $(\text{м}^2\text{К}/\text{Вт})$	Теплова інерція, $D$
Металевопластикові вікна					0,36	0,9
Зовнішня стіна						
штукатурка	1600	0,02	0,7	8,69	0,028	0,243
RoovWool	100	0,01	0,037	9,2	2,7	24,84
залізобетон	400	0,08	2,04	17,98	0,039	0,7
штукатурка	1600	0,02	0,7	8,69	0,028	0,243

Кер.плитка	2000	0,01	1,05	11,63	0,01	0,12
Безгорищне покриття						
металочере пиця	800	0,05	0,27	5	0,185	0,92
цементно- пісчаний шар	1800	0,02	0,93	8,69	0,021	0,18
RookWool	80	0,12	0,05	9,2	2,7	24,84

Висновок: В цьому розділі я розраховував коефіцієнт теплопередачі стіни і перекриття з врахуванням всіх їхніх шарів.

### **3.2. Вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря.**

Розрахункові літні параметри повітря категорії Б:

барометричний тиск -  $P = 1010$  мм. рт. стовпа;

В теплий період року:

ентальпія зовнішнього повітря -  $h = 62,0$  кДж/кг;

температура зовнішнього повітря -  $t = 28,6$  °С;

розрахункова швидкість руху повітря –  $3,3$  м/с.

В холодний період року:

ентальпія зовнішнього повітря -  $h = -18,3$  кДж/кг;

температура зовнішнього повітря -  $t = -18$  °С;

розрахункова швидкість руху повітря -  $3,3$  м/с.

Керуючись нормами проектування, приймаємо наступні значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в приміщені.

Розрахункові параметри повітря у приміщенні:

температура повітря у приміщенні влітку -  $t_{п} = 26^{\circ}\text{C}$ ;

відносна вологість повітря у приміщенні влітку -  $\varphi_{п} = 65\%$ ;

амплітуда добових коливань температури  $\Delta t = 11,5^{\circ}\text{C}$ .

### 3.3. Розрахунок теплоприпливів

У приміщенні басейну підтримується постійна температура повітря  $26^{\circ}\text{C}$ . Відносна вологість  $\varphi=65\%$ , і швидкість повітря в робочій зоні не більше  $0,2 \text{ м / с}$ . характеристика огорожуючих конструкцій приміщення приведена в таблиці 3.

### 3.4. Розрахунок теплоприпливів через огороження за спрощеним інженерним методом

Усі розрахунки проводимо для **приміщення №1**. Для інших приміщень рахуємо за аналогічним розрахунком і отримані данні заносимо в таблиці.

#### 3.4.1. Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження

#### 3.4.2 Розрахунок надходження теплоти в приміщення

Теплове навантаження приміщення складається з надходження теплоти через огороження  $Q_{огр}$ , з інфільтрацією  $Q_{інф}$  і витрати теплоти на технологічні потреби  $Q_{т}$ .

$$Q = Q_{огр} + Q_{інф} + Q_{т}, \text{ Вт}, = 11538 \text{ Вт} \quad (3.6)$$

Теплота в приміщення може надходити через: зовнішні непрозорі огороження  $Q_{огр}$ , внутрішні огороження  $Q_{в}$ , світлові прорізи, за рахунок сонячної радіації  $Q_{р}$ , від виробничого устаткування і технологічних процесів  $Q_{т}$ , з інфільтраційним повітрям  $Q_{інф}$ , від штучного освітлення  $Q_{ос}$ , людей.

Надходження тепла через зовнішні непрозорі огороження в контрольній роботі визначається за спрощеним інженерним методом [11].

Теплоприпливи через зовнішні огороження визначаються рівнянням:

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{кр}} + Q_{\text{н.ст}} + Q_{\text{в.}} + Q_{\text{ост}}, \text{ Вт}, \quad (3.7)$$

$$Q_{\text{огор}} = 205 + 71,8 + 1878 + 2727 = 4882 \text{ Вт}$$

де

$Q_{\text{кр}}$  – кількість теплоти, що надходить крізь покрівлю, Вт;

$Q_{\text{н.ст}}$  - кількість теплоти, що надходить крізь зовнішні конструкції, Вт;

$Q_{\text{в}}$  - кількість теплоти, що надходить крізь внутрішні огороження, Вт;

$Q_{\text{ост}}$  - кількість теплоти, що надходить крізь засклені поверхні (вікна), Вт.

### **3.5. Розрахунок теплоприпливів через огороження за спрощеним інженерним методом**

#### **3.5.1. Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження**

Теплоприпливи через покрівлю визначають за формулою:

$$Q_{\text{кр}} = k_1 \cdot k_{\text{кр}} \cdot F_{\text{кр}} \cdot \theta_{\text{кр}}, \text{ Вт}, \quad (3.8)$$

$$Q_{\text{кр}} = 1 \cdot 2 \cdot 130,6 \cdot 11,6 = 2727 \text{ Вт}$$

$k_1$  – коефіцієнт, що враховує конструктивні особливості покрівлі, приймається: для двосхилої покрівлі (без вентиляції горища – 1, з гарною вентиляцією горища – 0,75), для плоскої покрівлі (білого кольору – 1, інших кольорів – 1,5);

$k_{\text{кр}}$  – коефіцієнт теплопровідності покрівлі, [Вт/(м<sup>2</sup>·К)];

$F_{\text{кр}}$  – площа горизонтальної проекції покрівлі, [м<sup>2</sup>];

$\theta_{кр}$  – умовний температурний напір між зовнішнім повітрям і повітрям у приміщенні.  $\theta_{кр} = f(t_3, t_3 - t_B, \Delta t_c, m.огр.)$ ; є складною функцією і визначається за таблицями в залежності від основних величин таблиця 1 [11].

Теплоприпливи через зовнішні огороження визначаємо за формулою:

$$Q_{н.с} = k_{ст} \cdot a \cdot (F_c + 0,5 \cdot F_3) \cdot \theta_{ст}, \text{ Вт}, \quad (3.9)$$

$$Q_{н.с} = 1.1 \cdot 0.7(72 + 50)6 = 205 \text{ Вт}$$

де

$k_{ст}$ - коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни,  $[\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})]$ ;

$a = 0,7 \dots 0,9$  – коефіцієнт, що враховує затінення верхнього поверху стіни виступаючою покрівлею;

$F_c$  – площа зовнішніх стін, освітлюваних сонцем, крім північної,  $[\text{м}^2]$ ;

$F_3$  – площа затінених стін, включаючи північну,  $[\text{м}^2]$ ;

$\theta_{ст}$  - умовний температурний напір через стіну між зовнішнім повітрям і повітрям у приміщенні.  $\theta_{ст} = f(t_H, t_H - t_B, \Delta t_c, m.огр., \text{ колір.стін.})$ .

### 3.5.2 Надходження теплоти через внутрішні огороження

Теплоприпливи через внутрішні перегородки і міжповерхові перекриття, що відокремлюють приміщення, які кондиціонують, від приміщень, які не кондиціонують, визначають за формулою:

$$Q_B = k_{в.ст} \cdot F_{в.ст} \cdot (t_{см.п} - t_{п}), \text{ Вт}, \quad (3.10)$$

$$Q_B = 1.4 \cdot 23 \cdot 2 = 72 \text{ Вт}$$

де

$k$ -коефіцієнт теплопередачі перегородок або перекриттів.

Температура в суміжних приміщеннях, які не кондиціонуються приймається:

- а)  $t_{\text{см.п}}=0,5 \cdot (t_{\text{н}} + t_{\text{в}})$ , [°C], - у суміжному приміщенні за малі збитки теплоти;
- б)  $t_{\text{см.п}} \approx t_{\text{н}}$ , [°C], - у суміжному приміщенні за малих явних теплоприпливів;
- в)  $t_{\text{см.п}}= t_{\text{н}}+\Delta t$ , [°C],- у суміжному приміщенні за великих явних теплоприпливів;

$\Delta t$  – приймають від 3 до 10°C.

Теплоприпливи  $Q_{\text{в}}$  розраховують у тих випадках, коли різниця температур складає більше 5°C.

Теплоприпливи через підлогу, що лежить на ґрунті або розташована над прохолодним підвалом, приймають рівними нулеві.

### 3.5.3 Надходження теплоти через засклені поверхні за рахунок сонячної радіації і теплопередачі

Теплоприпливи від сонячної радіації розраховують при температурі зовнішнього повітря більше 10 °C.

Теплоприпливи залежать від географічної широти, орієнтації будинку, часу року, розрахункової години. Теплоприпливи від сонячної радіації через засклені поверхні розраховують за формулою:

$$Q_{\text{ср}}=F \cdot [q_{\text{с}} \cdot k_{\text{п}} \cdot k_{\text{заб}} \cdot k_{\text{зат}} + k_{\text{о}} \cdot (t_{\text{з}} - t_{\text{в}})], \text{ Вт}, \quad (3.11)$$

$$Q_{\text{ср}}= 1878 \text{ Вт}$$

де

$q_{\text{с}}$  - питомий тепловий потік внаслідок сонячної радіації (прямої та розсіяної) через чисте одинарне скло, [Вт/м<sup>2</sup>], визначається по таблиці 3.

$F$  – площа заскленої поверхні, що піддається прямій радіації, [м<sup>2</sup>];

$k_{\text{п}}$ ,  $k_{\text{заб}}$ ,  $k_{\text{зат}}$  – коефіцієнти, що враховують, відповідно, вплив плетінь і конструкцій заскленої поверхні [16], можливість забруднення,  $k_{\text{заб}}=0.75$ , затінення шторами, маркізами і т.д.

### 3.6. Тепловиділення від інших джерел

#### 3.6.1. Розрахунок теплоприпливів від людей.

Кількість теплоти, що виділяє людина, залежить:

- 1) від категорії роботи;
- 2) від температури усередині приміщення.

У розрахунку теплоприпливів від людей необхідно враховувати явні  $Q_{\text{явн}}$ , скриті  $Q_{\text{скр}}$  та повні  $Q_{\text{пол}}$  теплоприпливи :

$$Q_{\text{л}}^{\text{я}} = n \cdot q_{\text{я}}, \text{ Вт} \quad Q_{\text{л}}^{\text{п}} = n \cdot q_{\text{п}}, \text{ Вт} \quad Q_{\text{л}}^{\text{ск}} = n \cdot q_{\text{ск}}, \text{ Вт} \quad (3.12)$$

де

$q_{\text{я}}$ ,  $q_{\text{п}}$ ,  $q_{\text{ск}}$  – питомі кількості теплоти, відповідно, явної, повної, скритої, що виділяються однієї людиною, Вт/чол;

$n$  - кількість людей.

$$Q_{\text{л}}^{\text{п}} = 2 \cdot 100 = 200 \text{ Вт}$$

№ приміщення	n, чол.	$q_{\text{я}}$ , Вт/чол	$Q_{\text{п}}$ , Вт
1	14/11	200/170	4670
2	5/7	200/170	2250
3	3/1	200/170	770
4	0/2	200/170	340
5	1/0	200/170	200
6	4/2	200/170	1140

#### 3.6.2. Розрахунок теплоприпливів від устаткування

Кількість теплоти, яка виділяється механічним устаткуванням, визначається за формулою:

$$Q_{об} = k_{од} \cdot k_{загр} \cdot \xi \sum_{i=1}^n N_y, \text{ ВТ} \quad (3.13)$$

де

$k_{од} = 0,8$  – коефіцієнт одночасності;

$k_{загр} = 0,7$  – коефіцієнт навантаження, що характеризує відношення  
дійсної потужності до номінальної або встановленої;

$\Sigma N_y = 900$  – номінальна потужність, [Вт];

$\xi = 0,8$  – витрачена частина потужності і теплоти, яка приймається:

$$Q_{об} = 0,8 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 900 \cdot 3 = 1210 \text{ Вт}$$

№ приміщення	п, обл.	$N_y$ , Вт	$Q_{п}$ , Вт
1	3	900	1210
2	4	300	538
3	1	3200	1334
4	1	2500	1120
5	0	0	0
6	2	400	358

### 3.6.3. Розрахунок теплоприпливів від штучного освітлення

Розрахунок теплоприпливів від штучного освітлення визначають за формулою:

$$Q_{осв.} = K_{осв} \cdot K_{чт} \cdot S_{ст.}, \text{ Вт} \quad (3.14)$$

Де

$K_{осв}$  - Коеф. освітлення

Коеф. обліку частки тепла –  $18 \text{ Вт/м}^2$

$F_{ст}$  – площа стелі

$$Q_{осв.} = 0,6 \cdot 18 \cdot 130,6 = 1410 \text{ Вт}$$

№ приміщення	Косв	F, м <sup>2</sup>	Qосв,Вт
1	0,6	130,6	1410
2	0,6	32,6	352
3	0,4	3,6	26
4	0,4	2,5	18
5	0,4	1,5	10,8
6	0,6	11,2	121

### 3.6.4. Розрахунок основних теплоприпливів з відкритої поверхні гарячої води

Для розрахунку явних теплоприпливів:

$$Q_{\text{явн}}^{\text{от.п.в.}} = (5.6 + 4v) \cdot (t_w - t_{\text{п}}) \cdot F, \text{ Вт} \quad (3.15)$$

де F – площа поверхні гарячої води, [м<sup>2</sup>];

v = 0,33 м/с – швидкість руху повітря над поверхнею води, [м/с];

t<sub>w</sub> – температура обробки водою, [°C];

t<sub>п</sub> = 26 °C – температура поверхні, [°C].

$$Q_{\text{явн}}^{\text{от.п.в.}} = (5.6 + 4 \cdot 0,33) \cdot (70 - 26) \cdot 2,8 = 64 \text{ Вт}$$

№ приміщення	tб, °C	Fб, м <sup>2</sup>	Q <sub>явн</sub> <sup>от.п.в.</sup> , Вт
1	70	2,8	852,5
2	40	1	97
3	40	0,4	39
4	32	0	0
5	32	0	0
6	40	1	97

## 4. РОЗРАХУНОК ВОЛОГОВИДІЛЕНЬ

Розрахунок вологовиділень проводимо для **приміщення №1**. Для інших приміщень рахуємо за аналогічним розрахунком і отримані данні заносимо в таблиці.

### 4.1. Вологовиділення від людей

Вологовиділення від людей визначають за формулою:

$$W_{\text{л}} = n \cdot w_{\text{п}}, \text{ кг/с}, \quad (4.1)$$

де

$w_{\text{п}}$  – питомі вологовиділення, що залежать від температури приміщення, [кг/с];

$n$  - кількість людей.

$$W_{\text{л}} = (3 \cdot 4,17 + 10 \cdot 1,39) \cdot 10^{-5} = 26,41 \cdot 10^{-5} \text{ кг/с}$$

№ приміщення	n, чел.	Gl, Вт	Wl, кг/с
1	14/11	0,000047	0,001175
2	5/7	0,000047	0,000564
3	3/1	0,000047	0,000188
4	0/2	0,000047	0,000094
5	1/0	0,000047	0,000047
6	4/2	0,000047	0,000282

### 4.2. Вологовиділення з поверхні відкритої води

Вологовиділення з поверхні відкритої води, вологої або мокрої підлоги визначають за рівнянням:

$$W_{\text{в}} = \sigma \cdot F \cdot (d''_{\text{в}} - d_{\text{в}}), \text{ кг/с}, \quad (4.2)$$

де

$\sigma = \alpha_{\text{в}} / C_{\text{п}} = 0,007 / 1,023 = 0,0068$  - співвідношення Л' юіса;

$C_{\text{п}} = C_{\text{с}} + C_{\text{п}} d_{\text{ср}} = 1,006 + 1,86 \cdot 0,009 = 1,023$  [кДж/(кг·К)] - теплоємність вологого повітря,

$F$  - площа відкритої поверхні води, [м<sup>2</sup>];

$d_w = 0,0271$  - Влаговміст повітря над пов бака  
 $d''_v = 0,028$  - вологовміст насиченого повітря в приміщенні, [кг/кг];  
 $d_b = 0,015$  - вологовміст повітря в приміщенні, [кг/кг];

$$W_B = 0,0068 \cdot 42,2 \cdot (0,0271 - 0,015) = 0,00346 \text{ кг/с}$$

№ приміщення	F, m <sup>2</sup>	Q <sub>осв</sub> , Вт
1	42,2	0,00346
2	1	0,00008
3	0,4	0,00003
4	0	0
5	0	0
6	1	0,00008

Загальні вологовиділення показані в таблиці

№ приміщення	$\Sigma W$ , кг/с
1	0,00482
2	0,001
3	0,00031
4	0,000181
5	0,0001
6	0,000282

$$Q_{\text{явн}} = \Sigma Q - Q_{\text{скр}} \quad (4.3)$$

$$Q_{\text{явн}} = 13443 - 3617 = 9826 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{скр}} = \Sigma W \cdot (r_0 - 2,3 \cdot t''_w) \quad (4.4)$$

№ приміщення	Q <sub>заг</sub> прих, Вт	Q <sub>пр</sub> , Вт	Q <sub>явн</sub> , Вт
1	2264	13443	11179
2	1275	4814	3539
3	438	2582	2143
4	180	1613	1433
5	74	297	223
6	832,6	2627	1795

Визначаємо тепловологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{\Sigma Q}{\Sigma W}, \text{кДж/кг} \quad (4.5)$$

$$\varepsilon = 9292 \text{ кДж/кг}$$

## 5. ВИЗНАЧЕННЯ ВИТРАТИ ПОВІТРЯ СИСТЕМ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Для розрахунку продуктивності систем кондиціонування повітря величина  $G_{\text{п}}$  приймається максимальною з розрахованих за різними балансами:

- за надлишками загальної теплоти в теплий період:

$$G_1 = \frac{Q_{\text{об}}}{(h_{\text{в}} - h_{\text{п}})}, \text{ кг/с} \quad (5.1)$$

$$G_1 = \frac{13443}{(61 - 46)} = 0,896 \text{ кг/с}$$

- за надлишками явної теплоти в теплий період:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{явн}}}{(t_{\text{в}} - t_{\text{п}}) \cdot C_{\text{вв}}}, \text{ кг/с} \quad (5.2)$$

$$G_2 = \frac{11179}{26 - 21} = 2,22 \text{ кг/с}$$

- за вологовиділеннями:

$$G_3 = \frac{W_{\text{об}}}{(d_{\text{в}} - d_{\text{п}})}, \text{ кг/с} \quad (5.3)$$

$$G_3 = \frac{0,001447}{0,0138 - 0,01} = 0,381 \text{ кг/с}$$

де

$Q_{\text{общ}}$ ,  $Q_{\text{явн}}$  – повні і явні надлишки тепла в теплий період, кВт;

$t_{\text{в}}$ ,  $h_{\text{в}}$ ,  $d_{\text{в}}$  – температура, ентальпія і вологовміст у приміщенні,  
відповідно, [ $^{\circ}\text{C}$ ], [кДж/кг], кг/кг;

$t_{\text{п}}$ ,  $h_{\text{п}}$ ,  $d_{\text{п}}$  – те ж припливного повітря;

$W$  – надходження вологи в приміщення, кг/с;

$G_{\text{вр}}$  – розрахункова кількість газових шкідливостей, кг/год;

$C_{\text{пдк}}$  – припустима концентрація шкідливостей у робочій зоні, кг/м<sup>3</sup>;

$C_{\text{н}}$  – концентрація шкідливостей в зовнішньому повітрі, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{вр}}$  – щільність шкідливих речовин, кг/м<sup>3</sup>.

За максимальним значенням витрати приточного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера:

$$L_{k\partial} = \frac{3600 \cdot G_{\max}}{\rho_{\partial}}, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (5.4)$$

$$L_{k\partial} = \frac{3600 \cdot 2,222}{1,185} * 1,03 = 6867$$

За повною продуктивністю підбираємо кондиціонер.

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

$$G_{ku} = \frac{\rho_{\partial} \cdot L_{k\partial}}{3600}, \text{ кг/с}, \quad (5.6)$$

$$G_{ku} = \frac{1,2 \cdot 6667}{3600} = 2,28 \text{ кг/с}$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.

## 6. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИДІЛЕНЬ ДЛЯ ХОЛОДНОГО ПЕРІОДУ РОКУ

### 6.1. Розрахунок теплоприпливів через зовнішні масивні огороження

Усі розрахунки проводимо для приміщення №1. Для інших приміщень рахуємо за аналогічним розрахунком і отримані данні заносимо в таблиці.

Теплоприпливи через покрівлю визначають за формулою:

$$Q_{кр} = k_{кр} \cdot F_{кр} \cdot \Delta t, \text{ Вт}, \quad (6.1)$$

$k_{кр}$  – коефіцієнт теплопровідності покрівлі, приймається з теплового періоду [Вт/(м<sup>2</sup>·К)];

$F_{кр}$  – площа горизонтальної проекції покрівлі, [м<sup>2</sup>];

$\Delta t = t_{вн} - t_{зов} = 26 - (-18) = 44^{\circ}\text{C}$  – різниця між температурою повітря в приміщенні та зовнішньою температурою

$$Q_{кр} = 0,4 \cdot 130,6 \cdot 44 = -2298 \text{ Вт}$$

№ приміщення	$K_{кр}$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$F_{кр}$ , м <sup>2</sup>	$Q_{кр}$ , Вт
1	0,4	130,6	-2298
2	0,4	32,6	-574
3	0,4	3,6	-63
4	0,4	2,5	-44
5	0,4	1,5	-26,4
6	0,4	11,2	-197

Теплоприливи через зовнішні огороження визначаємо за формулою:

$$Q_{з.с} = k_{ст} \cdot F_c \cdot \Delta t, \text{ Вт}, \quad (6.2)$$

де

$k_{ст}$ - коефіцієнт теплопередачі зовнішньої стіни, приймається з теплового періоду [Вт/(м<sup>2</sup>·К)];

$F_c$  – площа зовнішніх стін, [м<sup>2</sup>];

$$Q_{з.с} = 0,4 \cdot 172 \cdot 44 = 189,54 \text{ Вт}$$

№ приміщення	$K_{ст},$ Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$F_c, \text{ м}^2$	$\theta_{кр}, (^\circ\text{C})$	$Q_{з.с.}, \text{ Вт}$
1	0,4	172	38	-3027
2	0,4	64	38	-1126
3	0,4	0	38	0
4	0,4	0	38	0
5	0,4	0	38	0
6	0,4	13	38	-229

## 6.2. Надходження теплоти через внутрішні огороження

Так як різниця температур між кондиційованим приміщенням і коридором менша 5°С, а температуру у суміжних кондиційованих приміщеннях приймаємо однаковою, то теплоприливами  $Q_B$  через внутрішні стіни і огороження нехтуємо.

### 6.3. Надходження теплоти через засклені поверхні

Теплоприпливи через засклені поверхні розраховують за формулою:

$$Q_{\text{заскл.пов.}} = F \cdot k_0 \cdot \Delta t, \text{ Вт} \quad (6.3)$$

де

F – площа заскленої поверхні;

$k_0$  = коефіцієнт теплопередачі засклених поверхонь, приймається з теплового періоду [Вт/(м<sup>2</sup>·К)];

$$Q_{\text{заскл.пов.}} = 30 \cdot 0,6 \cdot 44 = -792 \text{ Вт}$$

№ приміщення	F, м <sup>2</sup>	$k_0$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	$\Delta t$ , °С	$Q_{\text{ср}}$ , Вт
1	30	0,6	44	-792
2	6	0,6	44	-158
3	0	0,6	44	0
4	0	0,6	44	0
5	0	0,6	44	0
6	3	0,6	44	-79

### 6.4. Надходження теплоти за рахунок інфільтрації

Теплотою від інфільтрації  $Q_{\text{інф}}$  можна знехтувати, так як людинопотік в приміщення малоресурсного будинку для відпочинку не великий і з

урахуванням розмірів дверей об'єм повітря, проникаючого при відкриванні, також не суттєвий.

№ приміщення	$Q_{кр}$ , Вт	$Q_{зс}$ , Вт	$Q_{в}$ , Вт	$Q_{заскл.пов.}$ , Вт	$Q_{інф}$ , Вт	$Q_{зовн.огор.}$ , Вт
1	-2298	-3027	0	-792	0	-6118
2	-574	-1126	0	-158	0	-1858
3	-63	0	0	0	0	-63
4	-44	0	0	0	0	-44
5	-26,4	0	0	0	0	-26,4
6	-197	-229	0	-79	0	-505

## 7. ЗАГАЛЬНІ ТЕПЛО- І ВЛАГОВИДІЛЕННЯ В ПРИМІЩЕННЯХ В ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ

Враховуючи, що в холодний період року приміщення опалюються, компенсація теплоприливів через зовнішні масивні огороження за рахунок опалення складає 45%.

$$\Sigma Q = 0,45 \cdot Q_{\text{зовн.огор.}} \quad (7.1)$$

$$\Sigma Q = 0,4 \cdot (-6118) = -211,35 \text{ Вт}$$

№ приміщення	$Q_{\text{зовн.огор.}}$ , Вт	$Q_{\text{п.}}$ , Вт	$Q_{\text{об.}}$ , Вт	$Q_{\text{осв.}}$ , Вт	$\Sigma Q$ , Вт
1	-6118	5100	576	3325	2883
2	-1858	2248	192	884	1466
3	-63	816	2048	244	3045
4	-44	408	1600	200	2164
5	-26	204	0	160	338
6	-505	1224	256	314	1183

Вологовиділення для холодного періоду року залишаються такими ж.

№ приміщення	$\Sigma W$ , кг/с
1	0,00482
2	0,001
3	0,00031
4	0,000181
5	0,0001
6	0,000282

$$Q_{\text{явн}} = \Sigma Q - Q_{\text{скр}} \quad (7.2)$$

$$Q_{\text{явн}} = 6554 - 2264 = 4290 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{скр}} = \Sigma W \cdot (r_0 - 2,3 \cdot t_w) \quad (7.3)$$

Визначаємо тепловологісну характеристику

$$\varepsilon = \frac{\Sigma Q}{\Sigma W}, \text{ кДж/кг} \quad (7.4)$$

$$\varepsilon = \frac{6554}{0,0048} / 1000 = 1359 \text{ кДж/кг}$$

$$\varepsilon_{\text{серед}} = 1359 \text{ кДж/кг}$$

## 8.ПРОЕКТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ

### 8.1. Обґрунтування вибору обладнання СКП

На підставі розрахунку, проведеного вище, отримана потрібна масова кількість повітря для кожного приміщення. Тоді корисний об'єм повітря для систем визначається за формулою.

$$L = \frac{3600 \cdot G_g}{\rho}, \quad (8.1)$$

де  $\rho = 1,185 \text{ кг/м}^3$  – щільність повітря.

Для системи П1 корисний об'єм повітря становить:

$$L_1 = \frac{3600 \cdot 1,67}{1,185} = 5015 \text{ м}^3/\text{г}$$

З урахуванням втрат через нещільності у системі повітророзподілу обладнання підбираємо за наступними об'ємними витратами:

для системи П1:

$$L_1^n = 1,04 \cdot L_1, \text{ м}^3/\text{г} \quad (8.2)$$

$$L_1^n = 1,04 \cdot 5015 = 5166 \text{ м}^3/\text{г}$$

За повною продуктивністю підбираємо кондиціонер. АКВ-3-193 з рідинним водонагрівачем



Рисунок 8.1 – Установка АКВАРИУС АКВ-3-193

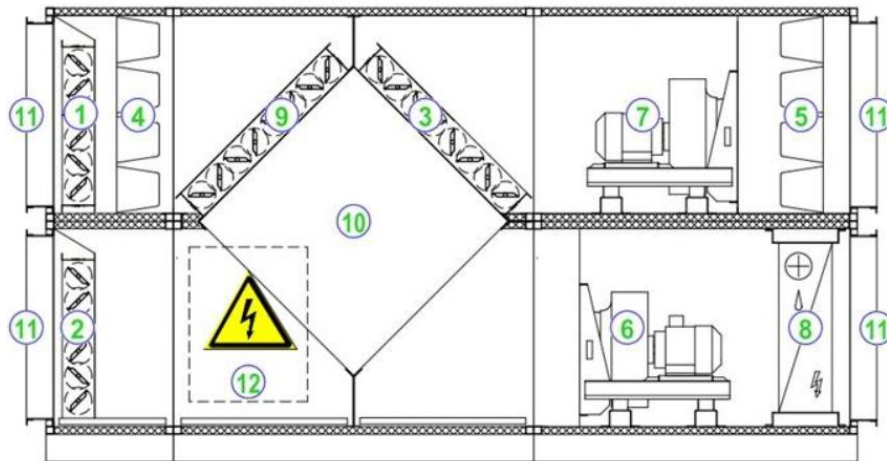


Рисунок 8.2 – Схема становки АКВАРИУС АКВ-3-193

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

$$G_{п} = (\rho \cdot L^n) / 3600 = (1,185 \cdot 5166) / 3600 = 1,7 \text{ кг/с} \quad (8.3)$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.

Розрахунок інших галузей магістралі зведений у таблицю 8.1 .



Таблиця 8.1 - Характеристика вентиляційних систем

Значення системи	L	d
П1	943	315
П2	786	315
П3	629	315
П4	472	250
П5	314	250
П6	157	150
П7	700	315
П8	500	315
П9	467	315
П10	350	250
П11	234	250
П12	117	150

## 9. ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ

### 9.1 Розрахунок повітрянагрівачів

Повітрянагрівачі збирають з базових теплообмінників. Ці теплообмінники виготовляють з біметалевих труб зі спіралью - накатним оребренням. По трубках повітрянагрівачів проходить гаряча вода, а з боку зовнішньої поверхні рухається повітряний потік, що обумовлюється роботою вентиляторів або ежекторів. Ефективність тепловіддачі з боку потоку гарячої води стінки труби значно вище, ніж тепловіддача від зовнішньої поверхні до потоку повітря. Для інтенсифікації тепловіддачі з боку зовнішньої поверхні труби застосовується конструктивний метод розвитку зовнішньої поверхні тепловіддачі до повітря методом зовнішнього оребрення трубок.

Розрахунок повітрянагрівача зводиться до визначення числа рядів труб по ходу повітря і температури теплоносія на вході і виході з апарата.

Вихідні дані:

- $t_1 = 7 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура повітря на вході;
  - $t_2 = 37 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура повітря на виході;
  - $t_{w1} = 110 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура води на вході;
  - $t_{w2} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура води на виході.
- 
- $t_{1^*} = 14 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура повітря на вході;
  - $t_{2^*} = 21 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура повітря на виході;
  - $t_{w1^*} = 70 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура води на вході;
  - $t_{w2^*} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$  - температура води на виході.

Визначаємо кількість теплоти, необхідну для нагріву повітря:

$$Q_m = Gc_p(t_{вых} - t_{ех}), \quad (9.1)$$

де  $G = 2,34$  кг/с - витрата припливного зовнішнього повітря яке нагрівається

$c_p = 1,006$  кДж/кг $^{\circ}$ С - теплоємність повітря;

$t_{вх}, t_{вых}$  - початкова та кінцева температура повітря яке нагрівається,  $^{\circ}$ С.

$$Q_m = 1,7 \cdot 1,006(37 - 7) = 51,3 \text{ кВт.}$$

$$Q_{m2} = 1,7 \cdot 1,006(21 - 14) = 12 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо масову витрату теплоносія:

$$G_w = \frac{G \cdot c_p \cdot (t_{вых} - t_{вх})}{c_w \cdot (t_{wвх} - t_{wвых})}, \text{ кг/с,} \quad (9.2)$$

де  $c_w = 4,2$  - кДж/кг $^{\circ}$ С - теплоємність води;

$t_{wвх}, t_{wвых}$  - початкова та кінцева температура гарячої води на вході та виході з теплообмінника,  $^{\circ}$ С.

$$G_w = \frac{1,7 \cdot 1,006 \cdot (37 - 7)}{4,2 \cdot (110 - 70)} = 0,3 \text{ кг/с.}$$

$$G_{w2} = \frac{1,7 \cdot 1,006 \cdot (21 - 14)}{4,2 \cdot (70 - 40)} = 0,095 \text{ кг/с.}$$

При виборі режимів нагріву повітря необхідно оцінити енергетичну доцільність прийнятих рішень. Для такої оцінки рекомендується використовувати метод термодинамічної ефективності процесів. Відносно до режимів нагріву в теплообміннику з нескінченно-розвиненою поверхнею нагріву  $F_n = \infty$  повітря з початковою температурою  $t_{вх}$  і початковою температурою гарячої води  $t_{wвх}$ , максимально-можливий нагрів витрати повітря при теплоємності  $c_p$  визначається виразом:

$$Q_{f \max} = G \cdot c_p \cdot (t_{w_{ex}} - t_{w_{вих}}) \quad (9.3)$$

$$Q_{f \max} = 1,7 \cdot 1,006 \cdot (110 - 70) = 68,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{f \max 2} = 1,7 \cdot 1,006 \cdot (70 - 40) = 51,3 \text{ кВт}$$

Реальна поверхня теплообмінника  $F_H$  завжди менше, а повітря не може бути нагріте до початкової температури гарячої води  $t_{w_{ex}}$ . Тому реальний нагрів в повітрянагрівачі визначається виразом:

$$Q_m = G \cdot c_p \cdot (t_{вих} - t_{ex}), \text{ кВт}. \quad (9.4)$$

$$Q_m = 1,7 \cdot 1,006 \cdot (37 - 7) = 51,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{m2} = 1,7 \cdot 1,006 \cdot (21 - 14) = 12 \text{ кВт}$$

Термодинамічний показник ефективності теплообміну визначається співвідношенням реального процесу підігріву повітря до максимально можливого.

$$\theta_t = \frac{Q_m}{Q_{f \max} \frac{t_{вих} - t_{ex}}{t_{w_{ex}} - t_{ex}}}, \quad (9.5)$$

$$\theta_t = \frac{51,3}{68,4 \cdot \left(\frac{30}{40}\right)} = 1.$$

$$\theta_{t2} = \frac{12}{51,3 \cdot \left(\frac{7}{30}\right)} = 1.$$

Визначаємо показник співвідношень теплоємностей потоків:

$$W = \frac{G \cdot c_p}{G_w \cdot c_w}, \quad (9.6)$$

$$W = \frac{1,7 \cdot 1,006}{0,3 \cdot 4,2} = 1,36.$$

$$W_2 = \frac{1,7 \cdot 1,006}{0,1 \cdot 4,2} = 1,67.$$

По графіку залежності для теплотехнічної ефективності знаходимо показник числа одиниць переносу тепла:  $N_t = 5,6$ ,  $N_{t2} = 6,8$  [12].

Знаходимо потрібну поверхню теплообмінника:

$$F = \frac{N_t \cdot G \cdot c_p}{K}, \text{ м}^2, \quad (9.7)$$

де  $K$  - коефіцієнт теплопередачі для ребреної стінки,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника:

$$K = A \cdot (v\rho)^{0.37} \cdot \omega^{0.18}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (9.8)$$

$$K = 23,11 \cdot 1,77^{0.37} \cdot 1,6^{0.18} = 31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

$$K_2 = 23,11 \cdot 1,77^{0.37} \cdot 1,6^{0.18} = 31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

$$F = \frac{5,6 \cdot 1,7 \cdot 1,006 \cdot 10^3}{31} = 309 \text{ м}^2.$$

$$F_2 = \frac{6,8 \cdot 1,7 \cdot 1,006 \cdot 10^3}{31} = 375 \text{ м}^2.$$

Величина аеродинамічного опору визначається за формулою:

$$\Delta P_{\text{a03}} = B(v\rho)^m \quad (9.9)$$

де  $B$  - вільний член, що відібражає конструктивні особливості теплообмінника [12];

$v$  - швидкість руху повітря;

$m$  - показник ступеня [12];

$\omega$  - швидкість руху води.

$$\Delta P_{\text{a03}} = 1,034 \cdot 1,77^{1.81} = 2,9 \text{ Па.}$$

$$\Delta P_{\text{a032}} = 1,034 \cdot 1,77^{1.81} = 2,9 \text{ Па.}$$

Гідравлічний опір при проходженні води по трубках теплообмінника:

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot \omega^{1,69}, \text{ кПа}, \quad (9.10)$$

де  $l_{\text{хода}}$  - приведена довжина ходу води в трубках, м.

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot 1,8 \cdot 1,6^{1,69} = 7,83 \text{ кПа.}$$

$$\Delta P_{\omega 2} = 1,968 \cdot 1,8 \cdot 1,6^{1,69} = 7,83 \text{ кПа.}$$

## 9.2 Розрахунок повітряного охолоджувача

$$Q_x = G \cdot (h_n - h_k), \text{ кВт}; \quad (9.11)$$

де  $G$  - витрата зовнішнього повітря, кг/с;

$h_n, h_k$  - початкова й кінцева ентальпія охолоджуваного повітря, кДж/кг.

$$Q_x = 1,7 \cdot (62 - 41) = 35,7 \text{ кВт};$$

З рівняння теплового балансу треба, що витрата холодної води по трубках теплообмінника обчислюється з рівняння:

$$G_w = \frac{G \cdot (h_n - h_k)}{c_w \cdot (t_{w.\text{вх.}} - t_{w.\text{вих.}})}, \text{ кг/с.} \quad (9.12)$$

де  $c_w = 4,2$  - кДж/кг $^{\circ}$ С- теплоємність води;

$t_{w.\text{вх.}}, t_{w.\text{вих.}}$  - початкова й кінцева температура холодної води на вході й виході з теплообмінника,  $^{\circ}$ С.

$$G_w = \frac{1,7 \cdot (62 - 41)}{4,2 \cdot (21,5 - 12,8)} = 0,98 \text{ кг/с.}$$

Термодинамічний показник ефективності теплообміну визначається відношенням реального процесу нагрівання повітря  $K$  максимального-можливого:

$$\theta_t = \frac{28,6 - 16}{28,6 - 12,8} = 0,8$$

Визначаємо показник відносин теплоємностей потоків:

$$W = \frac{G \cdot c_p}{G_w \cdot c_w}, \quad (9.13)$$

$$W = \frac{1,7 \cdot 1,006}{0,98 \cdot 4,2} = 0,415.$$

За графіком залежності для теплотехнічної ефективності знаходимо показник числа одиниць переносу тепла:  $N_t = 2,15$ .

Знаходимо необхідну поверхню теплообмінника:

$$F = \frac{N_t \cdot G \cdot c_p}{K}, \text{ м}^2 \quad (9.14)$$

де  $K$  – коефіцієнт теплопередачі для оребреної стінки,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ .

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника:

$$K = A \cdot (\gamma\rho)^{0,37} \cdot \varpi^{0,18} \quad (9.15)$$

$$\gamma\rho = \frac{5100}{3600 \cdot F_f}$$

$$\gamma\rho = \frac{5100}{3600 \cdot 0,8} = 1,77$$

$$K = 23,11 \cdot 1,77^{0,37} \cdot 1,6^{0,18} = 31 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$$

$$F = \frac{2,15 \cdot 1,7 \cdot 1,006 \cdot 10^3}{31} = 118,6 \text{ м}^2$$

Величина аеродинамічного опору обчислюється по формулі:

$$\Delta P_{\text{в03}} = B(\nu\rho)^m \quad (9.16)$$

де  $B$  - вільний член, що відбиває конструктивні особливості теплообмінника;

$\nu$  - швидкість повітря;

$m$  - показник ступеня, вибирається по таблиці.

$$\Delta P_{\text{в03}} = 1,034 \cdot 1,77^{1,55} = 2,5 \text{ Па}$$

Визначаємо гідравлічний опір у трубках теплообмінника:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot w^{1,69} \quad (9.17)$$

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot 1,8 \cdot 1,6^{1,69} = 7,84 \text{ кПа}$$

### 9.3. Підбір повітряного фільтру

У припливних агрегатах першими по ходу повітря встановлюються повітряні фільтри, що дозволяє вберегти поверхню наступних технологічних блоків від забруднення пилом.

Робота повітряних фільтрів характеризується наступними показниками: ефективністю очищення, пиломісткістю, питомим повітряним навантаженням.

У кишенькових фільтрів поверхню фільтруючого матеріалу збільшено шляхом його кишенькового розташування. Це дозволяє значно збільшити фронтальний перетин і поверхню фільтра для проходження через нього повітря, що очищається. Розвиток фільтрувальної поверхні дає можливість знизити питомі повітряні навантаження на фільтр.

В якості фільтрувального матеріалу в кишенькових фільтрах застосовуються полотна з гнучких пов'язаних волокон або матеріал з голкопробивний отворами.

Висновок: в даному розділі розраховували повітрянагрівачі, кишеньковий фільтр і вибрали припливну установку.

## 10. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці- це зведення законодавчих актів і правил, відповідних їм гігієнічних, організаційних, технічних, і соціально-економічних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатність людини в процесі праці.

Токсичність робочої речовини. Згідно стандартної класифікації шкідливих речовин, встановлено чотири класи небезпеки залежно від семи показників токсичної дії, включаючи середню смертельну концентрацію для піддослідних тварин і гранично допустиму концентрацію (ГДК). В порівнянні з іншими показниками ГДК якнайповніше представляє токсичні властивості хладагента, проте одного цього параметра недостатньо для оцінки реальної небезпеки роботи з хладагентом в умовах експлуатації.

Як робоча речовина в холодильній установці використовується хладагент R407C - азеотропна суміш R32/R125/R134a (масові долі компонентів відповідно 23/25/52%). Розроблений як основна заміна R22. При звичайній температурі і тиску це - безбарвний газ.

Даний фреон був розроблений як альтернатива хладагенту R22 по холодавидатності і тиску насиченої пари.

Гранично допустима концентрація на робочому місці  
ПДК = 1000 ppm.

Температура самозаймання, 733 ° C.

В порівнянні з R22, хладагент R407C надає значно менш шкідливу дію на довкілля (значення потенціалу глобального потепління GWP у R407 майже таке ж, як і в R22, потенціал руйнування озону ODP дорівнює нулю).

При високій температурі, в результаті розкладання холодильного агента (R-407C вживаного в холодильній машині водоохлажвального пристрою), одним з видів хімічно небезпечних і шкідливих речовин утворюється фосген.

Фосген - безбарвний газ з неприємним запахом прілого сіна або гнилих яблук. У газоподібному поляганні важче повітря в 3,5 разу.

Температура кипіння  $t_{кип} = +8^{\circ}\text{C}$ , ПДКсс=0,003мг/м<sup>3</sup>, ПДКрз=0,5мг/м<sup>3</sup>. Погано розчиняється у воді.

Для знезараження рекомендується вода, розчини лугів і лужні оксиди виробництва, газоподібним аміаком і його водні розчини. Для нормального знезараження 1-ний тонни газоподібного фосгену буде потрібно 1000 тонн води або 100 тонн 10 %-ого розчину лугу. Симптоми ураження - солодкуватий присмак в роті, нудота, кашель, задуха, ніяковість в грудях, загальна слабкість. Газоподібний фосген потрапляє в організм через органи дихання і викликає набряк легенів. Потрапляючи в легені фосген, наводить до певних біохімічних і структурних змін в легеневій тканині і капіляри, підвищуючи проникних останніх, що наводить до заповнення легенів плазмою крові (набряк легенів). Токсичний набряк легенів розвивається швидко. При цьому з'являється часте і поверхневе дихання, болісний кашель з рясним виділенням піннявої мокроті, синюшність обличчя та рук. Подальше наростання кисневого голодування і ослаблення серцево-судинної діяльності погіршує стан людини. У цьому періоді за відсутності необхідної невідкладної допомоги настає смерть.

Хоча в приміщення подається вже холодна вода, а не хладагент, і самі чиллера знаходяться на вулиці, а не усередині приміщень, то все одно існує можливість поразки цією шкідливою речовиною, тому потрібно передбачити необхідні заходи захисту.

Класифікація виробництва за мірою вибухової, взривопожарної і пожежної небезпеки згідно ОНТП24-86

Виробництва по взривопожарній і пожежній небезпеці, згідно ОНТП24-86 діляться на категорії А, Б, В, Г і Д.

Дане приміщення відноситься до категорії Д, - тобто в приміщенні знаходяться негорючі речовини і матеріали в холодному стані. Всі машинні і апаратні відділення хладонових установок відносяться до категорії Д.

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню проекрованої установки

При розміщенні проекрованої установки необхідно забезпечити: зручність монтажу, обслуговування і ремонту установки і її елементів, компактність розташування устаткування, що дозволяє скоротити площу для його установки і протяжність трубопроводів; можливість реконструкції і розширення без тривалої зупинки устаткування; дотримання вимог техніки безпеки і протипожежного захисту.

Двері машинних відділень повинні виходити назовні будівель або в коридори, відокремлені дверима від інших приміщень і відкриваються у бік виходу.

Будівельно-монтажні і архітектурні вимоги включають в себе: скорочення площ приміщень для устаткування систем КП і їх елементів. Естетичну ув'язку елементів систем КП з інтер'єром приміщень, забезпечення мінімальних витрат часу на монтаж, випробування і наладку систем з можливістю по зонного введення їх в експлуатацію. Ув'язку робіт по спорудженню конструкцій будівель з монтажем систем КП. Звуко- і віброізоляцію рухомого устаткування від елементів будівельних конструкцій.

Електробезпека

Електробезпека - система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливої і небезпечної дії електричного струму. Небезпека електричного струму на відміну від інших небезпек посилюється тим, що людина не в змозі без спеціальних приладів виявити напругу дистанційно, а також швидкоплинність поразки - небезпека виявляється, коли людина вже уражена. Аналіз смертельних нещасних випадків показує, що на долю поразок електричним струмом доводиться на виробництві до 40%, в енергетиці - до 60 % ; велика

частина поразок (до 80 %) відбувається в електроустановках напругою до 1000 В (110- 380 В).

Проходячи через живі тканини людини, електричний струм надає термічну (опіки), електролітичну (електроліз) і біологічну дію. Розрізняють також механічні пошкодження від дії електричного струму. Це приводить до різних порушень в організмі, викликавши як місцеве ураження тканин і органів, так і загальну поразку організму. Розрізняють два види поразок електричним струмом: місцеві електричні травми (електротравми) і електричний удар.

Однофазні замикання струму, які можуть виникнути в електричних машинах, апаратах, приладах, на ЛЕП, небезпечні тим, що на корпусах і опорах з'являється напруга, достатня для поразки людини і виникнення пожежі. Струм замикання створює небезпечну напругу не лише на самому устаткуванні, але і біля нього, розтікаючись з підстав і фундаментів.

Захист від поразки електричним струмом і спалахів можна здійснити захисним відключенням (відключають пошкоджену ділянку мережі швидкодіючим захистом), або захисним заземленням (знижують напругу дотику і кроку), або зануленням (відключають устаткування і знижують напругу дотику і кроку на період, поки не спрацює відключаючий апарат).

#### Електробезпека устаткування

Згідно правилам пристрою електроустановок, всі електричні установки діляться на дві групи залежно від напруги до 1000 В і понад 1000 В. Для комфортного СКП в експлуатації знаходяться установки лише першої групи з напругою до 1000 В

Виробниче приміщення всіх типів залежно від ступеня ураження електричним струмом діляться на три категорії:

1) приміщення без підвищеної небезпеки - без струмопровідного пилю, без великої кількості сповільнених металевих предметів (адміністративні, учбові приміщення і т. д.);

2) приміщення з підвищеною небезпекою - сирі, з  $\varphi > 75\%$ , температурою повітря більше  $30^{\circ}\text{C}$ , з підлогою із струмопровідних матеріалів (цегельні, бетонні) з можливістю дотику до металевих корпусів устаткування і заземлених металоконструкцій (вентилі, камери, камери холодильників і ін.);

3) особливо небезпечні приміщення - особливо сирі, з наявністю хімічно активного середовища і два і більш за ознаки, що характеризують приміщення з підвищеною небезпекою.

Дане приміщення холодильної установки відноситься до першої категорії.

Розрахунок системи штучного заземлення

Виконаємо розрахунок системи заземлення.

Розрахункове значення питомого опору ґрунту визначаємо по формулі:

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \gamma, \quad (10.1)$$

де  $\rho_\phi$  – фактичний питомий опір ґрунту

(для чорнозому дорівнює  $30 \text{ Ом}\cdot\text{м}$ );

$\gamma$  - кліматичний коефіцієнт, приймаємо  $\gamma=1,5$

В результаті підстановки числових значень у формулу отримуємо:

$$\rho_p = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом}\cdot\text{м}$$

У якості електродів вибираємо вертикальні сталеві труби діаметром  $d=0,045 \text{ м}$ .

Вертикальні заземлювачі розташовуємо в ряд.

Рядна система розподілу вертикальних заземлювачів.

Довжину вертикального заземлювача вибираємо з умови:  $l/l'=2$ . Відстань між заземлювачами  $l'$  приймаємо рівним 5 м, тоді довжина заземлювача буде рівна

$$L=l'/2, \text{ м} \quad (10.2)$$

$$L = 5/2 = 2,5 \text{ м}$$

Глибину залягання заземлювачів приймаємо рівною  $t_0=0,5$ , тоді

$$t = l/2 + t_0, \text{ м} \quad (10.3)$$

$$t = 2,5/2 + 0,5 = 1,75 \text{ м}$$

Опір одного вертикального заземлювача визначимо по формулі:

$$R_o = \rho_p / (2 \cdot p \cdot l) \cdot (\ln(2 \cdot l/d) + 1/2 \cdot \ln((4 \cdot t + l)/(4 \cdot t - l))), \quad (10.4)$$

Тоді

$$R_o = 45 / (2 \cdot 3,14 \cdot 2,5) (\ln(2 \cdot 2,5/0,045) + 1/2 \ln((4 \cdot 1,75 + 2,5)/(4 \cdot 1,75 - 2,5))) =$$

$$R_o = 14,6 \text{ Ом}$$

Необхідну кількість вертикальних заземлювачів визначаємо по формулі

$$n = R_o / R_{\text{тр}}, \quad (10.5)$$

де  $R_o$  – опір одного вертикального заземлювача;

$R_{\text{тр}}$  – необхідний опір заземлення, в електричних

установках з напругою до 1000 В  $R_{\text{тр}} = 4 \text{ Ом}$ .

В результаті отримуємо:

$$n = 14,6/4 = 3,65$$

Підбираємо найближче стандартне число заземлювачів  $n'=4$ .

Тепер визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_{\text{св}} = R_o / (n' \cdot h_v), \quad (10.6)$$

де  $R_o$  – опір одного вертикального заземлювача;

$n'$  – число заземлювачів;

$h_v$  – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів

вибираємо  $h_v=0,83$ . Тоді

$$R_{\text{св}} = 14,6 / (4 \cdot 0,83) = 4,4 \text{ Ом}$$

Визначимо опір сполучної смуги (шини). При розміщенні заземлювачів в ряд довжина смуги визначається вираженням:

$$L = (n' - 1) \cdot l', \text{ м} \quad (10.7)$$

$$L = (4 - 1) \cdot 5 = 15 \text{ м}$$

Опір сполучної смуги знаходимо по формулі:

$$R_{\Pi} = \rho_p / (2 \cdot p \cdot L \cdot h_r) \cdot \ln(L^2 / (d \cdot t_0)), \quad (10.8)$$

де  $h_r$  – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів, визначуваний  $h_r = 0.89$ . Тоді

$$R_{\Pi} = 45 / (2 \cdot 3,14 \cdot 15 \cdot 0,89) \cdot \ln(15^2 / (0,045 \cdot 0,5)) = 4,94 \text{ Ом}$$

Опір всієї системи визначається вираженням:

$$R_c = R_{\Pi} \cdot R_{\text{св}} / (R_{\Pi} + R_{\text{св}}), \quad (10.9)$$

де  $R_{\Pi}$  – опір сполучної смуги

$R_{\text{св}}$  – опір системи вертикальних заземлювачів.

Після підстановки числових значень отримуємо

$$R_c = 4.94 \cdot 4.4 / (4.94 + 4.4) = 2.33 \text{ Ом}$$

Згідно вимогам, опір захисного заземлення у будь-який час року в установках напругою до 1000 В не повинно перевищувати 4 Ом.

Порівнюючи отримане в результаті розрахунку  $R_c$  з  $R_{\text{тр}}$ , бачимо,

що  $R_c < R_{\text{тр}}$ , а значить вимога виконана.

Пожежна профілактика

Пожежа - горіння поза спеціальним вогнищем, що завдає матеріального збитку і що створює небезпеку для життя людей. Оскільки кількість пожеж з року в рік збільшується то, створюється необхідність створювати на підприємствах умови, при, яких виникнення і поширення пожежі стає мінімальним (підвищувати пожежну безпеку будівлі).

Пожежна безпека - стан об'єкту, при якому зі встановленою вірогідністю унеможливується виникнення і розвиток пожежі (до такої

міри, коли контроль вже неможливий) і дії на людей небезпечних чинників пожежі, а також забезпечується захист людей і матеріальних цінностей.

Заходи щодо пожежної профілактики розділяються на організаційні, технічні, режимні і експлуатаційні.

Організаційні заходи передбачають правильну експлуатацію машин, правильний вміст будівель, території, протипожежний інструктаж робітників і службовців, організацію добровільних пожежних дружин.

До технічних заходів відносяться дотримання протипожежних норм і правил при проектуванні будівель, при обладнанні електропроводів і устаткування, опалювання, вентиляції, освітлення, правильне розміщення устаткування.

Заходи режимного характеру - це заборона куріння в не встановленому місці, виробництво зварювальних і інших вогневих робіт в пожароопасных приміщеннях.

Експлуатаційними заходами є своєчасні профілактичні огляди, ремонти і випробування технологічного устаткування.

Здатність конструкцій чинить опір дії пожежі в перебігу певного часу при збереженні експлуатаційних функцій називається вогнестійкістю. Залежно від величини межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій і меж поширення вогню по цих конструкціях будівлі і споруди по вогнестійкості підрозділяються на вісім мір.

Основні конструкції машинних залів мають бути II мірі вогнестійкості з негорючих матеріалів з межею вогнестійкості 0,75 ч.

Підвищити вогнестійкість будівель і споруд можна облицюванням або обштукатурюванням металевих конструкцій. Велике значення має захист дерев'яних конструкцій, оскільки при нагріві їх поверхні до 270 - 280 °С вони спалахують і продовжують горіти самостійно.

Захист від поширення полум'я в установках вентиляторів досягається за допомогою вогнепреградителів, швидкодіючих заслінок, водяних завіс і тому

подібне. Вогнепреградітелі - це установки які перешкоджають поширенню полум'я по каналах систем вентиляції і кондиціонування повітря.

У приміщеннях як автоматична пожежна сигналізація використовується АДО (автоматичною димовий оповіщувач). Принцип його дії заснований на тому, що продукти горіння впливають на іонізаційний струм, що наводить в дію електромагнітне реле, яке включає систему сигналізації.

Засоби і матеріали, за допомогою яких припиняється горіння, називаються вогнегасящими засобами.

Вогнегасники по вигляду вогнегасячих засобів підрозділяють на рідинні, вуглекислотні, хімпінні, повітря - пінні, хладонові, порошкові і комбіновані.

Вибір типа і розрахунок необхідної кількості вогнегасників слід виробляти залежно від вогнегасячої здатності, граничної площі, класу пожежі горючих речовин і матеріалів приміщенні, що захищається, або на об'єкті згідно ІСО N 3941 - 77.

У нашому випадку для гасіння пожежі можна використовувати порошкові вогнегасники. Необхідна кількість цих вогнегасників для гасіння пожежі:

у торговельному залі ресторану площею 254 - дорівнює 2 болон по 5 л;

у приміщенні де знаходиться припливно-витяжна установка і пульт управління - дорівнює 1 болон на 5 л.

Відстань від можливого вогнища пожежі до місця розміщення вогнегасника не повинна перевищувати: 20 м - для громадських будівель і споруд.

Розрахуємо кількість сплінкерних розеток, необхідних для гасіння приміщення торговельного залу ресторану .

$$n = S/S' = \frac{254}{12} = 21 \quad (10.10)$$

Приймаємо  $n=21$

Визначимо витрату води на пожежогасінню для розеток:

$$G = n \cdot 30 \cdot \frac{3600}{1000} = 21 \cdot 30 \cdot \frac{3600}{1000} = 2268 \text{ (м}^3\text{/ч)} \quad (10.11)$$

Особливу увагу необхідно приділяти евакуації людей з приміщень. Евакуація проводиться по заздалегідь спланованих дорогах, які прагнуть зробити мінімальними для проходження людьми до безпечного місця. Схеми евакуації розташовані в доступних для погляду людини місцях. Всі люди знаходяться в будівлі повинні строго дотримувати ці розроблені інструкції для того, щоб під час екстреної ситуації не сталося тисняви, травм, пошкоджень або інших неприємних речей.

### **10.1. Освітлення**

Освітлення відноситься до одного з основних зовнішніх чинників, що постійно впливають на людину в процесі праці. Позитивний вплив освітлення на продуктивність праці і його якість не викликає сумніву. Так, сонячне освітлення збільшує продуктивність праці в середньому на 10%, а штучне на 13%, при цьому можливість браку знижується на 20-25%.

Ретельний і регулярний догляд за установками природного і штучного освітлення має важливе значення для створення раціональних умов освітлення, зокрема, забезпечення необхідних величин освітленості без додаткових витрат електроенергії.

У установках з люмінесцентними лампами і лампами ДРЛ необхідно стежити за справністю схем включення (не повинно бути видимих оку мигань ламп).

Чищення скла світлових отворів повинне робитися не рідше 2 раз на рік для приміщень з незначним виділенням пилу і не рідше 4 раз на рік для приміщень із значними виділеннями пилу, для світильників - 4 - 12 раз на рік, залежно від характеру запиленої виробничого приміщення.

Своєчасно потрібно замінювати лампи, що перегоріли, перевіряти рівень освітленості в контрольних точках виробничого приміщення.

## 10.2. Захист від шуму і вібрації

Виробничий шум супроводжується шумом і вібрацією, джерелами виникнення яких є машини з неврівноваженими масами, що обертаються, технологічні схеми, установки і апарати, в яких переміщення рідин і газів відбувається з великими швидкостями і супроводжується пульсацією.

Механічні коливання устаткування і його вузлів, комунікацій і споруд при дозвукових і частково звукових частотах називають вібрацією.

Розрізняють локальну (місцеву) вібрацію, що передається через руки і загальну вібрацію, що передається через опорні поверхні на тіло людини.

Методи захисту від шуму і вібрації підрозділяють на архітектурно-планувальні і організаційно-технічні.

Архітектурно-планувальні включають; раціональне акустичне планування будівель і генеральних планів об'єктів. Раціональне розміщення устаткування.

Організаційно-технічні методи захисту передбачають: вживання малошумних машин, вдосконалення технології ремонту і обслуговування машин.

Засоби захисту від шуму і вібрації розділяють на наступні види: засоби, що знижують шум в джерелі його виникнення; засоби, що знижують шум на дорозі його поширення; засоби індивідуального захисту.

Шум і вібрацію в джерелі його виникнення зменшують, замінюючи ударні процеси ненаголошеними, застосовуючи деталі з не звучних матеріалів, підтримуючи оптимальні зазори у вузлах, покращуючи умови обтікання деталей і вузлів повітряними, газовими і рідинними потоками.

Шум і вібрацію на дорогах їх поширення ослабляють акустичними засобами звуко- і віброізоляції, звуко- і вібропоглинання, глушення звуку.

Звукоізоляцію забезпечують вживанням ефективних по ізоляції шуму конструкцій обгороджувальних; ущільненням вікон, дверей, отворів і місць проходів комунікацій через конструкції, що захищають; установкою

звукоізолюючих кожухів, екранів, огорожень і кабін. Матеріал повинен добре відображати звукові хвилі, перешкоджаючи їх поширенню.

Звукопоглинання передбачає вживання звукопоглинальних облицювань і об'ємних поглиначів звуку.

Віброізоляцію здійснюють, застосовуючи віброізолюючі опори і пружні прокладки, виконуючи конструкційні розриви між джерелом вібрації і будівельними конструкціями.

Як віброізолюючі опори використовують віброізолюючі фундаменти і опори з пружинними, пружинно-гумовими і гумово-металевими амортизаторами.

Вібропоглинання забезпечують нанесенням на віброючі поверхні огорожень, трубопроводів і воздуховодов матеріалів з великим коефіцієнтом внутрішнього тертя.

Глушники застосовують для зниження аеродинамічного шуму систем вентиляції, кондиціонування повітря і повітряного опалювання. Зменшення шуму в глушниках досягається шляхом вживання звукопоглинальних матеріалів.

До засобів індивідуального захисту від шуму відносять проти галасливі навушники, вкладиші, шлеми і каски, що дозволяють понизити рівень шуму залежно від його частоти на 5-40 дБ. Для захисту від шуму високого рівня застосовують проти галасливі костюми.

Індивідуальний захист від вібрації забезпечується вживанням рукавиць і рукавичок, вкладишів і прокладок, спеціального взуття, нагрудників, поясів і спеціальних костюмів, виготовлених з упругодемпфіруючих матеріалів.

## ВИСНОВОК

Метою кваліфікаційної роботи являється спроектувати систему кондиціонування повітря таким чином щоб було комфортно пацієнтам а також персоналу в басейні. І регулювання заданих параметрів мікроклімату відбувалося автоматично і при цьому підтримувалось.

Першим етапом розрахунку стало підбір будівельної конструкції , розрахунок теплопередачі стін  $K_{ст} = 0,4 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  та кровлі  $K_{кр} = 1,2 \text{ Вт/м}^2\text{К}$  .

Другим етапом дипломного проекту став вибір розрахункових параметрів внутрішнього й зовнішнього повітря. Керуючись нормами проектування, приймали наступні значення температури, відносній вологості й швидкості руху повітря в приміщенні : теплий період року –  $t_{в} = 26^{\circ}\text{C}$ ;  $w = 65 \%$ ; холодний період року -  $t_{в} = 26^{\circ}\text{C}$ ;  $w = 65 \%$ ;

Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря визначається кліматичними умовами місцевості й призначенням. Влітку  $t_3 = 28,6^{\circ}\text{C}$ , взимку  $t_3 = -18^{\circ}\text{C}$  .

Далі визначили теплові втрат через огорожуючі конструкції. Розраховані загальні теплопритоки саме приміщення басейну  $Q = 13443 \text{ Вт}$ . Розраховали тепловиділення від різних джерел і вологовиділення  $W = 0,004822 \text{ кг/с}$  . Побудувала в d,h-діаграмі процеси обробки повітря в літній та зимовий періоди.

У наступному розділі: підібран центральний кондиціонер фірми Веза, України Акваріс АКВ-3-193. Який нам підходить для того щоб підтримати мікроклімат в приміщенні басейну.

В приміщенні з басейном потрібний особливий мікроклімат, що дозволяє людям відчувати себе комфортно. До найважливіших параметрів, що забезпечують комфорт в приміщенні з басейном, відноситься вологість повітря. Оптимальне значення відносної вологості повітря в приміщенні з басейном 65%. Таку відносну вологість можливо забезпечити, застосовуючи

спеціальні осушувачі (наприклад, європейського лідера данської фірми Dantherm). Для кліматичних умов м. Одеси осушення вентиляцією можна виробляти до зовнішньої температури 19-22°C. При вищих температурах зовнішнього повітря вступ вологи з припливним повітрям починає превалювати над кількістю вологи повітря, що видаляється витяжною вентиляцією. Це додаткова кількість вологи разом з вологою, що випаровується з дзеркала басейну, в цей період повинно видалятися спеціальним компресорно-конденсаційним осушувачем.

Рогдануті принципи осушення повітря в басейні та огорожуючи конструкції.

Завдяки охороні праці можливо забезпечити безпеку життєдіяльності людини, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Здійснення заходів щодо зниження виробничого травматизму і професійної захворюваності, а також поліпшення умов роботи праці ведуть до професійної активності трудящих, зростанню продуктивності праці і скорочення втрат при виробництві.

Зробивши необхідні розрахунки і визначивши категорію приміщення, можна зробити висновок, що за повною продуктивністю  $L = 6868 \text{ м}^3/\text{ч}$ . підбираємо кондиціонер. Підбираємо центральний кондиціонер фірма, «ВЕЗА-УКРАЇНА» модель «АКВАРІУС-03-193».

Данна система має низку переваг , які були зазначені вище , а також дозволяє підтримувати оптимальні параметри повітря , згідно з попередніми розрахунками .

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Жихарева Н.В., Хмельнюк М.Г., Ольшевська О.В. Доцільна економічна товщина сучасних ізоляційних матеріалів плодоовочесховищ СКВ [Текст] / Н.В.Жихарева, М.Г.Хмельнюк., О.В.Ольшевська // Холодильна техніка і технологія. – 2015. – № 3 С. 22 – 25.
2. Жихарева Н.В. Методика розрахунку систем кондиціонування повітря басейнів [Текст] / Н.В.Жихарева // Холодильна техніка і технологія. 2015. № 4 С. 12–16.
3. Жихарева Н.В. Особливості розрахунку теплоприпливів в приміщенні при кондиціонуванні [Текст] / Н.В.Жихарева // Холодильна техніка і технологія. 2015. № 6. С. 17–20.
4. Жихарева Н.В. Енергозбереження при експлуатації припливних систем вентиляції та кондиціонування повітря [Текст] / Н.В.. Жихарева., М.Г.Хмельнюк, В.І.Перепека // Холодильна техніка і технологія. –2016 (52). № 2.С. 62–66.
5. Жихарева Н.В. Метод розрахунку річного споживання холоду систем кондиціонування повітря / Н.В.Жихарева // Холодильна техніка і технологія. 2016 № 52(4).С.42–47.
5. Жихарева Н.В.Математичне моделювання нестационарного теплообміну приміщень [Текст] / Н.В.Жихарева. М.Г.Хмельнюк // Холодильна техніка та технологія. – 2017.- том 52, вип.6. – С. 75-78
6. Проектування систем кондиціонування повітря з басейном [Електронний ресурс] : посіб. для практичних та самост. робіт / Н. В. Жихарева, М. Г. Хмельнюк, В. О. Когут ; МОН України, Одеська нац. акад. харчових технологій. — Одеса : ОНАХТ, 2017.
7. Жихарева Н.В. Шляхи підвищення енергоефективності систем кондиціонування повітря в басейні. 2017. [Текст] / Н.В.Жихарева., Бабой Є.О.,

Талибли Р.Е., Жихарева Н. В. // Холодильна техніка і технологія. 2017 № 53(5). С.47–51.

8. Жихарева Н.В. Оптимізація сумарної вартості теплового захисту приміщень та кліматичного обладнання [Текст] / Н.В. Жихарева., М.Г Хмельнюк // Холодильна техніка і технологія. 2017 .53(4). С.42–47.

9. Жихарева Н.В. Шляхи підвищення енергоефективності багатозональних VRF систем кондиціонування повітря. [Текст] / Н.В.Жихарева.// Холодильна техніка і технологія. 2017 № 53(3). С. 26-30..

10. Жихарева Н.В. Дослідження впливу ефекту "теплової хвилі" на холодопродуктивність кондиціонера [Текст] / Н.В.Жихарева // Холодильна техніка і технологія. – 2018. №54(4).С. 27-31.

11. Жихарева Н.В. Підвищення енергоефективності багатозональних VRF систем кондиціонування повітря. [Текст] / Н.В.Жихарева., Є.О.Бабой, А.М.Басов // Холодильна техніка і технологія. 2018. № 54(6). С. 49-45.

12. Жихарева, Н. В Інноваційні технології кондиціонування повітря в нестационарних умовах [Електронний ресурс] : монографія / Н. В. Жихарева ; Одес. нац. технол. ун-т, Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ТЕС, 2022. — 264 с. — Електрон. текст. дані.

13. Жихарева, Н. В Теоретичні основи кондиціонування повітря : конспект лекцій [Електронний ресурс] : / Н. В. Жихарева ; Одес. нац. технол. ун-т, Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса :, 2022. — 108 с. — Електрон. текст. дані

14. Жуковський,С.С. Аеродинаміка вентиляції [Текст] : навч. посіб. / С. С. Жуковський, В. Й. Лабай ; Нац. ун-т "Львівська політехніка". — Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2003. — 372 с. : іл.

15. Жихарева, Н. В. Моделювання та оптимізація систем кондиціонування повітря [Текст] : навч. посіб. / Н. В. Жихарева. — Одеса : ТЕС, 2016. — 170 с.

16. Джеджула, В. В. Д 40 Вентиляція та кондиціонування громадських об'єктів : навчальний посібник / Джеджула В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2021. – 71 с.

17. Плодоовочесховища: проектування, оптимізація, розрахунки [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, В. П. Кочетов, А. В. Форсюк, Н. В. Жихарєва ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій, Нац. ун-т харч. технологій. — Одеса : Бондаренко М. О., 2018. — 228 с.

18. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни "Теоретичні основи кондиціонування повітря з КР" [Електронний ресурс] : для здобувачів вищої освіти СВО бакалавр спец. 142 "Енергетичне машинобудування" галузі знань 14 "Електрична інженерія" освітньої програми "Холодильні машини , установки та кондиціонування повітря" / Н. В. Жихарєва, В. О. Когут ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 40 с.