

Міністерство освіти і науки України  
Одеський національний технологічний університет  
Кафедра холодильних установок і кондиціонування повітря



## ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

на тему: Проект системи кондиціонування повітря  
для адміністративної будівлі  
у м. Київ

Здобувача (ки) Бузила І.М.

4 курсу ЕН-141 групи

Керівник к.т.н., доц. Піщанська Н.О.

Консультанти: к.т.н., доц. Піщанська Н.О.

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 01.06.2023 р. протокол № 10

Завідувач кафедри ХУіКП Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2023 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

|                      |  |
|----------------------|--|
| Факультет            | Низькотемпературної техніки та інженерної механіки     |
| Кафедра              | Холодильних установок і кондиціонування повітря        |
| Ступінь вищої освіти | Бакалавр   |
| Спеціальність        | 142 Енергетичне машинобудування                        |
| Освітня програма     | Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря |

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри  
д.т.н., проф. Хмельнюк М.Г.

«17» березня 2023 року

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Бузила Ігор Миколайович

1. Тема роботи Проект системи кондиціонування повітря  
для адміністративної будівлі  
у м. Київ

Затверджена наказом ОНТУ від 26.08.2022 р. наказ № 490-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 01.06.2023 р.

3. Вихідні дані роботи

План приміщення. Місто: Київ, географічна широта-51, розрахункова зовнішня  
температура літом- 28,7°C , ентальпія-56,1 кДж/кг, взимку температура -22°C,  
ентальпія -20,7кДж/кг; напрямок фасада: південь; параметри внутрішнього повітря  
 $t_{в}=22\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi_{в}=60\%$  – теплий період;  $t_{в}=20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\phi_{в}$ = не менше 40 % – холодний період.

4. Перелік питань, які потрібно розробити

Вступ, техніко-економічне обґрунтування проекту, тепловий розрахунок (теплий період), втрати  
теплоти через огорожуючі конструкції приміщень в зимовий період року, визначення витрати  
повітря систем кондиціонування повітря, побудова тепловологісних процесів в  $d - h$  діаграмі,  
визначення схеми СКП, підбір та розрахунок устаткування, тепловий розрахунок холодильної  
машини, тепловий розрахунок холодильної машини, проектування та розрахунок вентиляційної  
мережі, автоматизація, економічний аналіз, охорона праці, цивільний захист

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

План адмінбудівлі із нанесенням системи повітроводів, аксонометричні схеми  
повітроводів – припливна система, витяжна система, центральний кондиціонер,  
обв'язка зволожувача повітря

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

| Розділ             | Консультант         | Підпис, дата   |                  |
|--------------------|---------------------|----------------|------------------|
|                    |                     | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці      | доц. Піщанська Н.О. | 17.03.23 р.    | 9.05.23 р.       |
| Цивільний захист   | доц. Піщанська Н.О. | 17.03.23 р.    | 18.05.23 р.      |
| Економічна частина | доц. Піщанська Н.О. | 17.03.23 р.    | 22.05.23 р.      |

7. Дата видачі завдання 17.03.2023 р.

Керівник \_\_\_\_\_ Піщанська Н.О.

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_ Бузила І.М.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № | Назва етапів кваліфікаційної роботи  | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|---|--|--------------------------------|----------|
| 1 | Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи  | 04.04.23                       | Викон.   |
| 2 | Підготовка основних розділів роботи  | 28.04.23                       | Викон.   |
| 3 | Підготовка розділу з охорони праці   | 03.05.23                       | Викон.   |
| 4 | Підготовка економічного розділу  | 08.05.23                       | Викон.   |
| 5 | Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи                      | 15.05.23                       | Викон.   |
| 6 | Підготовка графічної частини кваліфікаційної роботи                          | 26.05.23                       | Викон.   |
| 7 | Підготовка презентації та доповіді   | 31.05.23                       | Викон.   |
| 8 | Відгук керівника, рецензування, підготовка до захисту кваліфікаційної роботи | 08.06.23                       | Викон.   |
|   |  |                                |          |

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Бузила Ігор Миколайович

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Піщанська Нонна Олександрівна

*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 \_\_\_\_\_ Бузила Ігор Михайлович \_\_\_\_\_

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота складається з: 80 сторінок друкованого тексту, 2 рисунки, 7 таблиць, 20 посилань на літературні джерела.

Метою проекту системи кондиціонування повітря (СКП) є підвищення комфортності відвідувачів адміністративної будівлі а також персоналу. Здійснено тепловологісний розрахунок приміщень, визначено витрату повітря  $G = 4,8 \text{ кг/с}$  ,  $L_{\text{кд}} = 14400 \text{ м}^3/\text{год}$ . У дипломному проекті розраховано систему кондиціонування приміщень адміністративної будівлі у м. Київ і запропоновано для її реалізації центральний кондиціонер каркасно-панельного типу японської фірми McQuay, модель Easdale STD15, з витратою повітря  $19500 \text{ м}^3/\text{год}$  і холодонавантаженням  $70,3 \text{ кВт}$ . Забезпечення холоду здійснюється компресорно-конденсаторним агрегатом з повітряним охолодженням конденсатору італійської фірми Aermec, модель ANL400, холодопродуктивністю  $76 \text{ кВт}$ , працюючий на фреоні 134а. Запропоновано до використання сучасні енергоефективні апарати і машини, а також оптимальні режими їхньої роботи, оптимізація й автоматизація даної системи, спосіб регулювання роботи системи кондиціонування повітря (теплий, перехідний) з різними режимами роботи, забезпечить економічний ефект (зниження витрат на систему, наступний монтаж, налагодження, експлуатацію, ремонт, а також енерговитрати) на  $20\%$  менше, ніж типові проекти для аналогічних об'єктів і їхніх параметрів. Також в роботі приділено увагу питанням цивільного захисту, охорони праці, здійснено економічна оцінка проекту.

За допомогою спроектованої СКП можна створити, автоматично підтримувати та регулювати задані параметри мікроклімату приміщень.

**Ключові слова:** система кондиціонування повітря, теплонавантаження, вологонавантаження, витрата повітря, *d-h* діаграма вологого повітря, центральний кондиціонер, компресорно-конденсаторний блок.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## ABSTRACT

Qualification work consists of 80 pages of printed text, 7 tables, 2 figures, 20 references.

The purpose of the air conditioning system project is to increase the comfort of visitors to the administrative building as well as staff. The thermal and humidity calculation of the premises was carried out, the air consumption  $G = 4.8 \text{ kg/s}$ ,  $Lkd = 14400 \text{ m}^3/\text{h}$  was determined. The diploma project calculated the air conditioning system of the premises of the administrative building in Kyiv and proposed for its implementation a central air conditioner of the frame-panel type of the Japanese company McQuay, model Easdale STD15, with an air consumption of  $19500 \text{ m}^3/\text{h}$  and a cooling load of  $70.3 \text{ kW}$ . Cold is provided by a compressor-condenser unit with air-cooled condenser of the Italian company Aermec, model ANL400, with a cooling capacity of  $76 \text{ kW}$ , operating on Freon 134a. It is proposed to use modern energy-efficient devices and machines, as well as optimal modes of their operation, optimization and automation of this system, a method of regulating the operation of the air conditioning system (warm, transitional) with different modes of operation, which will provide an economic effect (reduction of costs for the system, subsequent installation, setup, operation, repair, as well as energy costs) by 20% less than typical projects for similar objects and their parameters. The work also paid attention to issues of civil protection, labor protection, and an economic evaluation of the project was carried out.

With the help of the designed SCP, it is possible to create, automatically maintain and adjust the specified parameters of the microclimate of the premises.

**Keywords:** air conditioning system, heat load, moisture load, air consumption, d-h diagram of humid air, central air conditioner, compressor-condenser unit.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 5    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## Зміст

|    |   |    |
|----|---|----|
|    | Вступ   | 7  |
| 1  | Техніко-економічне обґрунтування проекту                                    | 10 |
| 2  | Тепловий розрахунок (літній період)   | 12 |
| 3  | Втрати теплоти через огорожуючі конструкції приміщень в зимовий період року | 23 |
| 4  | Визначення витрати повітря систем кондиціонування повітря                   | 25 |
| 5  | Побудова тепловологісних процесів в $d - h$ діаграмі                        | 26 |
| 6  | Визначення схеми СКП  | 27 |
| 7  | Підбір та розрахунок устаткування   | 28 |
| 8  | Тепловий розрахунок холодильної машини                                      | 38 |
| 9  | Проектування та розрахунок вентиляційної мережі                             | 43 |
| 10 | Автоматизація СКП   | 50 |
| 11 | Охорона праці   | 55 |
| 12 | Економічна частина  | 67 |
| 13 | Цивільний захист  | 73 |
|    | Перелік літератури  | 79 |

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 6    |

## Вступ

### Системи комфортного кондиціювання повітря

Основне призначення систем комфортного кондиціювання повітря – забезпечити чистоту повітря і умови теплового комфорту в приміщеннях будівлі. Звичайно це системи кондиціювання повітря житлових і цивільних будівель, окремих локальних зон виробничих будівель, таких як кабіни кранівників гарячих цехів, приміщення пульта управління електростанцій і так далі; у виробничих будівлях зазвичай потрібно комбіновані СКП: технологічні і комфортні. Розглянемо деякі особливості, які слід враховувати при проектуванні систем кондиціювання повітря в адміністративних будівлях.

Сучасні адміністративні будівлі в більшості випадків будують багаторушними (не менше трьох ярусів). Є вестибюль, фойє, кімнати відпочинку, курильні, санітарні вузли, а також службові і підсобні приміщення. Кондиціювання повітря влаштовується в адміністративних приміщеннях.

У залах з людьми особливу увагу слід приділити вибору системи повітрярозподілу. Людина, вимушена сидіти як правило спокійно на місці, дуже сприйнятлива до змін температури і потоків повітря. Система повітрярозподілу приміщення повинна поєднуватися з архітектурнокомпозиційним рішенням залу і його декором. Висока якість цього рішення є синтезом архітектурних, технологічних та інженерних рішень і засобів їх реалізації. До того, як в театрах було застосовано охолодження повітря загальноприйнятим способом вентиляції, застосовувалася подача повітря з повітроводів, або камери статичного тиску, прокладених під підлогою, знизу через ґрати ,або спеціальних розподільників повітря у вигляді "грибків". Пройшовши через кабінети, повітря віддалялося через ґрати в післятоку. Ця схема розподілу повітря дістала назву "знизу-вгору". Ця схема була рекомендована для приміщень, не обладнаних кондиціюванням повітря, і театрів цілорічного функціонування при повітряному опалюванні, поєднаному з системою вентиляції. Обмеження було пов'язане з тим, що при

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

робочій різниці температур більше 2°C, що характерно для охолодження повітря, глядач знаходився в умовах, сприяючих простудним захворюванням.

Кондиціонування повітря - це створення і автоматична підтримка (регулювання) в закритих приміщеннях всіх або окремих його параметрів (температури, вологості, чистоти, швидкості руху повітря) на певному рівні з метою забезпечення оптимальних метеорологічних умов, найбільш сприятливих для самопочуття людей або ведення технологічного процесу. Кондиціонування повітря здійснюється комплекс технічних засобів, званим системою кондиціонування повітря. До складу систем кондиціонування входять технічні засоби забору повітря, підготовки, тобто додання необхідних кондицій (фільтри, теплообмінники, зволожувачі або осушувачі повітря), переміщення (вентилятори) і його розподілу, а також кошти хладо- і тепlopостачання, автоматики, дистанційного керування і контролю. Промислове кліматичне великих громадських, адміністративних і виробничих будівель обслуговуються, як правило, комплексними автоматизованими системами управління.

Автоматизована система кондиціонування підтримує заданий стан повітря в приміщенні незалежно від коливань параметрів навколишнього середовища (атмосферних умов).

Основне обладнання системи кондиціонування для підготовки і переміщення повітря агрегується (компонується в єдиному корпусі) в апарат, званий кондиціонером. У багатьох випадках всі технічні засоби для кондиціонування повітря скомпоновані в одному блоці або в двох блоках, і тоді поняття «система кондиціонування» і «кондиціонер» однозначні.

Перш ніж перейти до класифікації систем кондиціонування, слід зазначити, що загальноприйнятої класифікації досі не існує і пов'язано це з багатоваріантністю принципів схем, технічних і функціональних характеристик, які залежать не тільки від технічних можливостей самих систем, але і від об'єктів застосування (кондиціонованих приміщень).

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

*Сучасні системи кондиціонування можуть бути класифіковані за такими ознаками:*

- за основним призначенням (об'єкту застосування): комфортні і технологічні;
- за принципом розташування кондиціонера по відношенню до обслуговуваного приміщення: центральні та місцеві;
- за наявністю власного (що входить в конструкцію кондиціонера) джерела тепла і холоду: автономні і неавтономні;
- за принципом дії: прямоточні, рециркуляційні та комбіновані;
- за способом регулювання вихідних параметрів кондиціонованого повітря: з якісним (однотрубних) і кількісним (двотрубних) регулюванням;
- за ступенем забезпечення метеорологічних умов в приміщенні, що обслуговується: першого, другого і третього класу;
- за кількістю обслуговуваних приміщень (локальних зон): однозональні і багатозональні;
- по тиску, що розвивається вентиляторами кондиціонерів: низького, середнього і високого тиску.

Крім наведених класифікацій, існують різноманітні системи кондиціонування, обслуговуючі спеціальні технологічні процеси, включаючи системи з змінюються в часі (за певною програмою) метеорологічними параметрами.

*Комфортні системи кондиціонування призначені для створення і автоматичної підтримки температури, відносної вологості, чистоти і швидкості руху повітря, що відповідають оптимальним санітарно-гігієнічним вимогам для житлових, громадських і адміністративно-побутових будівель або приміщень.*

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 1 Техніко-економічне обґрунтування проекту

Система кондиціонування повітря вимагає створення досить складних устроїв, що істотно впливають на вартість будівництва й експлуатаційні видатки. У зв'язку із цим техніко-економічна оцінка СКП завжди становить інтерес для замовника. Така оцінка виконується не тільки в процесі проектування, але й наперед проектної стадії, що особливо важливо для вибору того або іншого варіанта системи або для рішення питання про доцільність устрою СКП у тих випадках, коли будівельні норми вимагають обґрунтування для проектування усередині будинку повітряного середовища з оптимальними параметрами.

Метою проекту системи кондиціонування повітря (СКП) є:

- Підвищення комфортності відвідувачів адміністративної будівлі а також персоналу.

За допомогою спроектованої СКП можна створити, автоматично підтримувати та регулювати задані параметри мікроклімату приміщень. При цьому чим більше коло підтримки і регулювання параметрів, чим більше їх наближеність до оптимальних сполучень, тим складніше та дорожче обслуговуючий процес.

Основні економічні вимоги до проекту укладаються в наступному: мінімальна вартість устаткування й будівельно-монтажних робіт, тривалий термін служби, максимально можлива економія електроенергії, води, тепла й особливо дорогого холоду.

СКП комфортного призначення розраховуються на підтримку параметрів повітря в кондиціонованих приміщеннях, оптимальних для самопочуття людей, що перебувають у них. Параметри визначаються умовами тепло- і вологообміну, які, у свою чергу залежать від характеру виконавчої ними роботи, нервової напруги, одягу, а також температури, вологості й швидкості руху навколишнього повітря й інших факторів.

При виборі параметрів повітря в приміщенні необхідно враховувати, що вартість устаткування й експлуатація СКП не виправдано збільшиться, якщо

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

обрані значення температури й відносної вологості будуть завищені для холодного періоду року й занижені для теплого.

У дипломному проекті передбачається спроектувати систему кондиціонування в адміністративній будівлі м. Київ із центральним кондиціонером з рециркуляцією.

У даному розрахунку ми маємо вихідні дані, які необхідно підтримувати, апарати й машини, а також витрати на електроенергію на приводи вентилятора, електродвигуна, компресора, насосів для подачі холодильного агента й води, все це вимагає необхідні грошові витрати. Знаючи ці витрати по апаратах і всі інші витрати, ми знаходимо шляхи зниження цих витрат, розглядаючи використання різних, більше ефективних апаратів і машин, а також режимів їхньої роботи, оптимізацію й автоматизацію даної системи, способу регулювання роботи системи кондиціонування повітря (теплий , перехідний) з різними режимами роботи, що при якісному підході до розрахунків і в пошуку варіантів, може дати економічний ефект (зниження витрат на систему, наступний монтаж, налагодження, експлуатацію, ремонт, а також енерговитрати) на 20% менше, ніж типові проекти для аналогічних об'єктів і їхніх параметрів.

Система кондиціонування повітря необхідна для підтримки необхідних параметрів повітря в приміщенні, незалежних від зовнішніх впливів (температури, вологовмісті, випромінюванні) і внутрішніх (теплоприпливи від устаткування, від людей, освітлення), які б сприяли створенню мікроклімату в приміщенні, необхідного по санітарно-гігієнічних нормах для нормального функціонування людського організму.

Проектована система кондиціонування повітря повинна забезпечувати комфортні умови для людей, які приходять до адмінбудівлі та персоналу.

Капітальні вкладення на створення СКП складаються з витрат, пов'язаних з придбанням устаткування, вартості виробничої площі, на якій воно розміщується, витрат на будівельні й монтажні роботи.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## 2 Тепловий розрахунок (літній період)

### 2.1 Вихідні дані

Адміністративне приміщення розрахована на 50 людей.

Місто: Київ, географічна широта-51 °,

розрахункова зовнішня температура літом- 28,7°С , ентальпія-56,1 кдж/кг, взимку температура -22°С, ентальпія -20,7кдж/кг.

Напрямок фасада: Південь.

Стіна – шари будівельні по ходу теплової хвилі:

1 шар - штукатурка цементно-піщана

$\lambda=0,56 \text{ Вт/м}^0\text{С}; \quad \gamma=1800 \text{ кг/м}^3; \delta=25 \text{ мм}$

2 шар - керамзитобетоний блок

$\lambda=0,32 \text{ Вт/м}^0\text{С}; \quad \gamma=1800 \text{ кг/м}^3; \delta=600 \text{ мм}$

3 шар - штукатурка із складного розчину (пісок, вапно, цемент)

$\lambda=0,49 \text{ Вт/м}^0\text{С}; \quad \gamma=1700 \text{ кг/м}^3; \delta=15 \text{ мм}$

Покрівля – шари – покриття без горища:

1. Плита покриття із залізобетону:

$S = 16,1 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \lambda = 1,69 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \gamma = 2500 \text{ кг/м}^3; \delta = 220 \text{ мм}$

2. Цементний розчин

$S = 1,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \lambda = 0,58 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \gamma = 1800 \text{ кг/м}^3; \delta = 12 \text{ мм}$

3. Утеплювач:

$S = 1,43 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \lambda = 0,05 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \gamma = 150 \text{ кг/м}^3; \delta = 110 \text{ мм}$

4. Рубероїд:

$S = 1,04 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \lambda = 0,17 \text{ Вт/м}\cdot\text{с}^0; \gamma = 780 \text{ кг/м}^3; \delta = 22 \text{ мм}$

Висота приміщення: 4м

$S_{\text{вікна}} = 2,01 \cdot 3,6 = 7,24 \text{ м}^2,$

Прийняття внутрішніх розрахункових параметрів повітря,

згідно [4]:

$t_{\text{в}}=22 \text{ }^\circ\text{С}, \varphi_{\text{в}}=60 \text{ \%}$  – літо;

$t_{\text{в}}=20 \text{ }^\circ\text{С}, \varphi_{\text{в}}=$  не менше 40 % – зима .

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Приймаємо клас кондиціонування - третій клас Розрахункові параметри: параметри Б.

Розглядається тепловий розрахунок для приміщення адмінбудівлі.

## 2.2 Приплив теплоти від припливного зовнішнього повітря

У зв'язку з тим, що при розрахунку систем кондиціонування повітря, довкілля, як правило, має відмінні, вищі параметри, необхідно виробляти облік від тепло припливів з зовнішнім повітрям.

$$Q_{\text{пр}} = G_{\text{пр}} (h_{\text{пр}} - h_{\text{в}}) \quad (2.2.1)$$

З метою мінімізувати приплив теплоти з припливним повітрям, знижують витрату припливного повітря до мінімуму, по-друге, при економічній доцільності застосовують теплоутилізацію. Облік тепла від вентиляції проводять на етапі побудови процесів в  $h - d$  діаграмі при визначенні навантаження на теплообмінні апарати.

Приймаємо мінімальну витрату повітря на одну людину  $L=20 \text{ м}^3/\text{год}$  из [4].

$$G_{\text{пр}}=L*\rho*n, \quad (2.2.2)$$

$$G_{\text{пр}}=20*1,2*1030/3600=6,87 \text{ кг/с.}$$

## 2.3 Приплив теплоти через зовнішні стіни, перекриття

Кількість теплоти, що поступає в приміщення через зовнішні стіни або перекриття площею  $F$  складається з середніх величин тепла що поступає за рахунок конвективного теплообміну і тепла від сонячної радіації.

$$Q_{\text{огр}}= Q_{\text{конв.}}+ Q_{\text{с.р.}}[\text{Вт}] \quad (2.3.1)$$

Облік тепла що поступає від сонячної радіації може бути врахований в складовій умовної температури  $t_{\text{ум}}$  рівною :

$$t_{\text{ум}} = t_{\text{з.ср.}}+ A_{\text{ин}} \cdot \theta_1+\Delta t_{\text{с.р.}} \quad [^{\circ}\text{C}] \quad (2.3.2)$$

де  $t_{\text{з.ср.}}$  - середня за добу температура повітря в найжаркіший місяць літа, прийнята равной розрахунковою температури [4];

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$A_{\text{тн}}$  - амплітуда температурних коливань, при допущенні заміни дійсної зміни температури довкілля, гармонійними коливаннями, рівна половині середньодобового коливання температури повітря;

$$A_{\text{тн}}=12,7/2=6,35$$

$\theta_1$  - гармонійні коливання з максимумом о 15 годині, визначається вираженням:

$$\theta_1 = -\cos 2\pi (Z - \tau_{\text{дек}} - \tau_{\text{літо}} - \Delta t) / T \quad (2.3.3)$$

де -  $Z$  поточна година доби;  $\tau_{\text{дек}}$  – декретна година, для України це 2 години,  $\tau_{\text{літо}}$  - літній час, для України 1 година;  $\Delta t$  - поправка рівна 1 годині для місцевостей, розташованих на відстані більше 100км від морів і океанів [2];

$\Delta t_{\text{с.р.}}$  - температурна добавка, еквівалентна дії сонячної радіації.

Величина  $\Delta t_{\text{с.р.}}$  дорівнює кількості тепла що поступає на зовнішнє огороження від сонячної радіації с поправкою на коефіцієнт поглинання тепла  $\rho$ , залежний від міри чорноти поверхні, (кольору поверхні) розділене на коефіцієнт теплообміну на зовнішній поверхні,

$$\Delta t^{\text{с.р.}} = \rho (J_{\text{пр}} + J_{\text{р}}) / \alpha_{\text{зов.}} \quad (2.3.4)$$

а середнє значення різниці температур від сонячної радіації рівне

$$\Delta t^{\text{с.р.}}_{\text{ср.}} = \rho \cdot J_{\text{ср}} / \alpha_{\text{зов.}} \quad (2.3.5)$$

де  $J_{\text{ср}}$  середньої кількості тепла за добу для даної стіни з урахуванням її орієнтації по сторонах світу.

Слід пам'ятати, що дані  $J_{\text{пр}}$ ,  $J_{\text{р}}$  в таблиці приведені для істинного сонячного часу, наприклад Одеса - часовий пояс плюс 2 години, тобто дані треба скоректувати на дві години.

Коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огороження -  $\alpha_{\text{зов.}}$ , визначають по формулі для вертикального огороження -

$$\alpha_{\text{з.в.}} = 5,8 + 11,6\sqrt{\omega}, \quad (2.3.6)$$

і горизонтального перекриття

$$\alpha_{\text{з.г.}} = 8,7 + 2,6\sqrt{\omega}, \quad (2.3.7)$$

де  $\omega$ - швидкість вітру [3]

$$\alpha_{\text{з.в.}}^{\text{в}} = 5,8 + 11,6\sqrt{1} = 17,4 - \text{для стін}$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$\alpha_3^r = 8,7 + 2,6\sqrt{1} = 11,3 \text{ – для даху}$$

$$\Delta t^{c.p.} = 0,4 * (141 + 60) / 17,4 = 4,62 \text{ – північна стіна о 20 годині}$$

$$\Delta t^{c.p.} = 0,9 * 147 / 11,3 = 11,7 \text{ – дах о 20 годині}$$

На підставі вищевикладеного і прийнятих допущень, можемо записати вираження для визначення зміни умовної температури впродовж доби:

$$t_{ум} = t_{з.ср.} + A_{тн} \cdot \theta_1 + \rho(J_{пр} + J_p) / \alpha_{зов}, \quad (2.3.8)$$

$$t_{ум} = 30,9 + 6,35 * 0,99 + 4,62 = 41,81^\circ\text{C} \text{ – північна стіна о 20 годині}$$

$$t_{ум} = 30,9 + 6,35 * 0,99 + 11,7 = 45,8^\circ\text{C} \text{ – дах о 20 годині}$$

Цей вираз є графіком функції  $t_{ум}$  від часу доби і орієнтації стіни. Зміна умовної температури, як і зміна зовнішньої температури, повторюється в часі з періодом  $T=24$  години.

Проведемо заміну періодичних змін умовної температури гармонійними коливаннями з амплітудою  $At_{ум}$  біля середнього значення рівного

$$t_{ум}^{cp} = t_{з.ср.} + \rho \cdot J_{cp} / \alpha_{зов} \text{ и запишемо зміну } t_{ум}, \quad (2.3.9)$$

$$t_{ум}^{cp} = 30,9 + 0,4 * 73 / 17,4 = 32,6^\circ\text{C} \text{ – північна стіна о 20 годині}$$

$$t_{ум}^{cp} = 30,9 + 0,9 * 328 / 11,3 = 57,02^\circ\text{C} \text{ – дах о 20 годині}$$

$$t_{ум} = t_{ум}^{cp} + At_{ум} \cdot \theta_2, \quad [^\circ\text{C}] \quad (2.3.10)$$

де  $At_{ум}$  - амплітуда коливань умовної температури рівна середньоарифметичному між  $At_{ум}^{max}$  вдень и  $At_{ум}^{max}$  вночі отримані при розрахунку  $t_{ум}$ ;

$$At_{ум} = 7,5 \text{ – північна стіна}$$

$$At_{ум} = 40 \text{ – дах}$$

$\theta_2 = \theta_1$  – для стін південної, південно-західної, західної, північно-західної і північної орієнтації;  $\theta_2$  – для північно-східної, східної і південно-східної орієнтації повинно бути скоректовано на 3 години вперед (за результатами розрахунків) і може бути записано

$$\theta_2 = -\cos 2\pi (Z - \tau_{дек} - \tau_{літо} - \Delta\tau + 3) / T, \text{ де } - Z \text{ час від 1 до 24 годин.} \quad (2.3.11)$$

$$\theta_2 = \theta_1 = 0,99 \text{ – північна стіна 20 годин}$$

$$t_{ум} = 32,6 + 7,5 * 0,99 = 40^\circ\text{C} \text{ – північна стіна о 20 годині}$$

$$t_{ум} = 57,02 + 40,7 * 0,99 = 97,42^\circ\text{C} \text{ – дах для о 20 годині}$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



$$v=2^{22,4}*(0,83+3*1,89/22,4)*(0,85+0,15*0/12,33)=5*10^6 \text{ – для стіни}$$

$$\Sigma R=0,04+1,82+0,03=1,89$$

$$\Sigma D=12,33*1,82=22,4$$

$$At_{\tau}^{BH}=3,6/5*10^6=7,2*10^{-7} \text{ – північна стіна}$$

$$v=2^{4,513}*(0,83+3*2,567)/4,513*(0,85+0,15*16,1/1,04)=177,2 \text{ – для даху}$$

$$\Sigma R=2,3+0,132+0,118+0,017=2,567$$

$$\Sigma D=1,04*2,3+16,1*0,132=4,513$$

$$At_{\tau}^{BH}=40,7/177,2=0,23 \text{ – дах}$$

Кількість тепла що поступає в приміщення через масивні огороження залежить від температури внутрішньої поверхні огороження  $t_{\tau, BH}$ , а його зміна в часі від амплітуди коливання цієї внутрішньої температури  $At_{\tau}^{BH}$ . Таким чином, можна записати вираження для визначення кількості тепла, що поступає в приміщення :

$$q^{BH} = \alpha_{BH}(t_{\tau}^{BH}_{ср} + At_{\tau}^{BH} \cdot \theta_{BH} - t_B) \text{ [Вт/ м}^2\text{]}, \quad (2.3.17)$$

де  $t_{\tau}^{BH}_{ср}$  – середня температура внутрішньої поверхні стіни визначається через середній тепловий потік і коефіцієнт тепловіддачі  $\alpha_{BH}$  на внутрішній поверхні вертикального обгороджування,

$$t_{\tau}^{BH}_{ср} = q_{ср} / \alpha_{BH} + t_B; \text{ [}^\circ\text{C]} \quad (2.3.18)$$

$$t_{\tau}^{BH}_{ср} = 9,05/8,7 + 20 = 21,04 \text{ }^\circ\text{C}$$

$At_{\tau}^{BH}$  – амплітуда коливань температури на внутрішній поверхні ;

$\theta_{BH}$  – гармонійні коливання температури на внутрішній поверхні огороження з максимумом, з урахуванням запізнювання відносно  $\theta_2$  на величину  $\varepsilon$ , залежній від теплової інерції конструкції  $D$ , що захищає, і чисельно рівною

$$\varepsilon = 2,7 \cdot \Sigma D - 0,4, \quad (2.3.19)$$

Вираження для  $\theta_{BH}$  можна записати:

$$\theta_{BH} = -\cos 2\pi (Z - \tau_{дек} - \tau_{літо} - \Delta\tau - \varepsilon) / T, \quad (2.3.20)$$

де -  $Z$  час от 1 до 24 годин.

$$\varepsilon = 2,7*22,4 - 0,4 = 60,13 \text{ – для стіни}$$

$$\varepsilon = 2,7*1,4,513 - 0,4 = 11,78 \text{ – для даху}$$

$$\theta_{BH} = -\cos(6,28*(20 - 2 - 1 - 3,60,13)/24) = 0,98 \text{ – північна стіна о 20 годині}$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |



де  $L_{\Gamma}$ ,  $L_{\text{в}}$  – розмір горизонтальних і вертикальних виступаючих елементів затінювання, м;

$$L_{\Gamma}=0,15\text{м}$$

$$L_{\text{в}}=0,15\text{м};$$

$A_{\text{с.о}}$  – сонячний азимут скління (для вертикально затінюючих пристроїв), тобто кут, між горизонтальною проекцією сонячного променя і нормалі до даної площини скління.

$$A_{\text{с.о.}}=70\text{– північна стіна о 20 годині}$$

Південну стіну я розраховую для скляних дверей з розмірами:

$$\beta = \arctg\left(\frac{\cos A_{\text{с.о.}}}{\text{tgh}}\right), \quad (2.4.4)$$

$\beta$  – кут (для горизонтальних затінюючих пристроїв), град. між вертикальною площиною скління і проекцією сонячного променя на вертикальну площину, перпендикулярну площині скління:

$$\beta=\arctg*(\cos(70)/\text{tg}(10))=63\text{– північна стіна о 20 годині}$$

$$K_{\text{ин}}=(1-0,15*\text{ctg}(63)/3.6)*(1-0,15*\text{tg}(70)/2,01)=0,783\text{– північна стіна о 20 годині}$$

$H$ ,  $B$  – висота і ширина вікна

$$H=2,1\text{ м}$$

$$B=1,6\text{ м}$$

$h=10$  висота стояння сонця

$a$ ,  $c$  – відстані від горизонтального і вертикального елементів затінювання до укосу світлового отвору, м.

$$a=0 \quad c=0$$

$K_{\text{опр}}$  – коефіцієнт опромінення, залежний від кутів

$$\gamma_1 = \arctg \frac{L_{\hat{a}}}{B+c} \dots i \dots \beta_1 = \arctg \frac{L_{\hat{a}}}{H+a}, \quad (2.4.5)$$

$$K_{\text{опр}} = K_{\text{опр.г}} * K_{\text{опр.в.}} \quad (2.4.6)$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Дорівнює множенню коефіцієнтів опромінення  $K_{\text{опр.г}}$  і,  $K_{\text{опр.в}}$ , відповідно для горизонтальної і вертикальної сонцезахисної конструкції, що приймаються залежно від розрахованого відповідного кута

$$\gamma_1 = \arctg(0.15/1,6) = 4,3$$

$$\beta_1 = \arctg(0.15/2,1) = 2.6$$

$$K_{\text{опр}} = 0,84 * 0,92 = 0,77$$

$$q_{\text{с.р.}} = (93 * 0,783 + 45 * 0,77) * 0,4 * 0,51 * 0,8 = 17,54 \text{ Вт} - \text{північна стіна о 20 годині}$$

Теплоприплив обумовлений теплопередачею.

Умовна температура зовнішнього середовища при вертикальному заповненні світлових отворів;

$$t_{\text{в.усл}} = t_{\text{н.ср}} + 0,5 A_{t_n} \beta_2 + \frac{J_{\text{пр}} K_{\text{инс.в}} + J_{\text{р}} K_{\text{обл}}}{\alpha_n} \rho \cdot \tau_2, \quad (2.4.7)$$

$\beta_2$  – коефіцієнт, що враховує гармонійну зміну температури зовнішнього повітря, для години доби

$$\text{О 20 годині } \beta_2 = 0,26$$

де  $\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує затінювання світлового отвору рамою вікна  $\tau_2 = 0,7..0,9$ ;

$t_{\text{н.}}$  – температура зовнішнього повітря;

$J_{\text{пр}}$ ,  $J_{\text{р}}$  – кількість теплоти відповідно до прямої і розсіяної радіації, що поступає в кожну годину розрахункової доби на вертикальну поверхню;

$\rho$  – приведений коефіцієнт поглинання сонячної радіації заповненням світлових отворів;

$\alpha_{\text{зов}}$  – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні обгороджування,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$  залежний від швидкості вітру.

$$t_{\text{в.ум.}} = 30,9 + 0,5 * 12,7 * 0,26 + ((141 * 0,783 + 60 * 0,77) / 17,4) * 0,4 * 0,8 = 35,6 - \text{північна стіна о 20 годині.}$$

Теплоприпливи обумовлені теплопередачею

$$q_{\text{тепл}} = 1/R_0 \cdot (t_{\text{в.ум.}} - t_{\text{в}}), \quad (2.4.8)$$

$$q_{\text{тепл}} = (35,6 - 25) / 0,42 = 25,2 \text{ Вт} - \text{північна стіна о 20 годині}$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Питома кількість теплоти, Вт, що поступає в приміщення в кожну годину розрахункової доби через вікна від сонячної радіації і теплопровідності:

$$Q_{\text{скл}} = q^{c.p.} + q_{\text{тепл}}, \quad (2.4.9)$$

$$Q_{\text{скл}} = (17,54 + 25,2) * 3 = 127 \text{ Вт} - \text{північна стіна о 20 годині}$$

Приймаю, що теплове навантаження через вікна буде максимальним о 20 годині.

Вона доводиться на робочий час, тому її необхідно компенсувати.

Теплоприплив через стіни:

$$Q_{\text{вн}}(\text{Північ}) = 3,67 * (24 * 6 - (3 * 2,01 * 3,6)) = 536 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{вн}}(\text{Схід}) = 228 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{вн}}(\text{Південь}) = 928 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{вн}}(\text{Захід}) = 67 \text{ Вт}.$$

Сумарний теплоприплив через стіни :

$$\Sigma Q_{\text{через стіни}} = 536 + 228 + 928 + 67 = 1759 \text{ Вт}.$$

Теплоприплив через вікна:

$$Q_{\text{вн}}(\text{Схід}) = 22 * 9 + 15 * 2 = 229 \text{ Вт},$$

$$Q_{\text{вн}}(\text{Південь}) = 23 * 3 = 69 \text{ Вт}.$$

$$Q_{\text{вн}}(\text{Північ}) = 42,4 * 3 = 127 \text{ Вт}.$$

Сумарний теплоприплив через вікна:

$$\Sigma Q_{\text{через окна}} = 229 + 69 + 127 = 425 \text{ Вт}.$$

Теплоприплив через дах:

$$Q = 7786 \text{ Вт}.$$

Сумарний максимальний теплоприплив через обгородження складе:

$$\Sigma Q_{\text{обг}} = 1759 + 425 + 7786 = 9970 \text{ Вт}, \text{ о 20 годині},$$

## 2.5 Розрахунок теплоприплива від людей

$$Q_{\text{люд}} = n * q_{\text{люд}}, \quad (2.5.1)$$

$n = 50$  – кількість людей;

Виділення тепла і вологи людьми залежить від енергії, що витрачається ними, і температури повітря в приміщенні.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

$q=140$  Вт для людей знаходячихшись в спокої;

$Q_{\text{люди}}=50*140=7$  кВт.

## 2.6 Вологовиділення від людей

$$W_{\text{л}}=n*w_{\text{л}}-\text{кг/с}, \quad (2.6.1)$$

$w_{\text{л}}$ - кількість вологи, залежно від температури приміщення, кг/с ,

$n$  – кількість людей,

Для людей тих, що знаходяться в спокої і при температурі в приміщенні  $25^{\circ}\text{C}$

$w_{\text{л}}=50$  г/г.

$n = 50$  чоловік.

$W_{\text{л}}=50*0,017=0,85$ кг/с

$W_{\text{л}}=0,017$ кг/с

## 2.7 Тепловиділення від устаткування

Оскільки в офісі буде устаткування 20 комп'ютерів та обладнання.

$20*250=5000$  Вт.

Розрахунок теплоприплива від штучного освітлення:

$$Q_{\text{осв.}}=q_{\text{осв.}}*A_{\text{пл.}}+h_{\text{осв.}}, \quad (2.7.1)$$

$q_{\text{осв.}}=15$  Вт/м<sup>2</sup> – максимальна питома встановлена потужність освітлення;

$A_{\text{пл.}}= 432$  – площа освітлюваної поверхні;

$h_{\text{осв.}}= 1$  – для люмінесцентних ламп;

$Q_{\text{осв.}}=15*18*24+1=6481$  Вт.

теповиділення від устаткування приймаємо рівними  $Q_{\text{эл}}=10$ кВт

## 2.8 Загальний теплоприплив

$$Q_{\text{заг}}=Q_{\text{ог}}+Q_{\text{ск}}+Q_{\text{кр}}+Q_{\text{уст}}+Q_{\text{люд}} - \text{для приміщення} \quad (2.8.1)$$

$Q_{\text{ог}}$  – теплове навантаження через огородження,

$Q_{\text{люд}}$  – теплове навантаження від людей,

$Q_{\text{уст}}$  – теплове навантаження від устаткування,

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$Q_{ск}$  – теплове навантаження через скління,

$Q_{ск}$  – теплове навантаження через дах,

$$Q_{заг}=0,57+0,127+4,976+10+7=22,6 \text{ кВт}$$

Джерелом основних вологовиділень в приміщенні є люди, отже

$$W_{заг}=W_{л}=0,017 \text{ кг/с}$$

## 2.9 Загальні тепловологовиділення у приміщеннях

$$Q_{заг}=Q_{пр4}+Q_{пр9}+Q_{пр10}+Q_{пр11}+Q_{пр12}+Q_{пр3} \quad (2.9.1)$$

$$Q_{заг}=7+2,078+1,172+1,159+1,215+18,86=31,4 \text{ кВт}$$

$$W_{заг}=0,085 \text{ кг/с}$$

Тепловологістне відношення процесу в офісі:

$$\varepsilon = Q_{общ} / W_{общ}, \quad (2.9.2)$$

$$\varepsilon = 31400 / 0,85 = 36323 \text{ кДж/кг.}$$

## 3 Втрати теплоти через огорожуючі конструкції приміщень в зимовий період року

Основні і додаткові втрати теплоти слід визначати підсумовуючи втрати теплоти через окремі обгороджуючі конструкції  $Q$ , Вт, з округленням до 10Вт для приміщень по формулі:

$$Q = 1/R_0 \cdot F \cdot (t_n - t_v) \cdot (1 + q_{дод}) \cdot n, \quad (3.1)$$

де  $F$  – розрахункова площа обгороджуючої конструкції,  $m^2$ ,

$R$  - опір теплопередачі обгороджуючої конструкції,  $m^2 \cdot ^\circ C / \text{Вт}$ , опір теплопередачі конструкції слід визначати по [2] (окрім підлог на ґрунті),

$t_v$  – розрахункова температура повітря, в приміщенні для зимового періоду,

$t_n$  – розрахункова температура зовнішнього повітря для холодного періоду року при розрахунку втрат теплоти через зовнішні обгороджування, або температуру повітря холоднішого приміщення - при розрахунку втрат теплоти через внутрішні обгороджування,

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |





$$L_{\text{кд}} = 3600 * G_{\text{max}} / \rho_{\text{п}} \quad (4.2)$$

$\rho_{\text{п}} = 1,2 \text{ кг/м}^3$  – щільність повітря

$$L_{\text{кд}} = 3600 * 4,8 / 1,2 = 14400 \text{ м}^3/\text{Г}$$

## 5 Побудова тепловологісних процесів в $d - h$ діаграмі

### 5.1 Побудова літнього режиму СКП

Зовнішнє повітря з параметрами  $t_{\text{Н}} = 28,7 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $h_{\text{Н}} = 56,1 \text{ кДж/кг}$ .

Для літнього процесу кондиціювання витрата повітря для асиміляції тепловологозбитків в приміщенні актового залу визначимо:

$$G = 4,8 \text{ кг/с}, L_{\text{кд}} = 14400 \text{ м}^3/\text{год.}$$

При висоті стелі  $h = 4\text{м}$  приймаємо робочу різницю температур при якій припливне повітря асимілює надлишки вологи і тепла в приміщеннях  $\Delta t_{\text{р}} = 7^\circ\text{C}$ .

При побудові літнього режиму функціонування СКП на  $h-d$  діаграмі відмічаємо параметри зовнішнього повітря  $t_{\text{Н}}$ , і повітря в приміщенні  $t_{\text{В}}$ . Через  $t_{\text{В}}$  проводимо під ухилом лінію, по якій протікає процес  $E^n$ . Від  $t_{\text{В}}$  піднімаємо по  $d - \text{const}$  на  $1^\circ\text{C}$  і знаходимо  $t_{\text{В}'}$  – підігрівши у воздуховоде. По  $E^n$  опускаємося на  $\Delta t_{\text{р}} = 7^\circ\text{C}$  і потрапляємо в  $t_{\text{П}}$ . По  $d - \text{const}$  опускаємося на  $1^\circ\text{C}$  і отримуємо  $t_{\text{П}'}$ . Сполучаємо  $\text{Н}-\text{П}'$ , знаходимо 50% от  $t_{\text{З}}$  – отримуємо  $t_{\text{С}}$  – точку суміші. Параметри усіх точок заносимо в таблицю 4.1

Таблиця 4.1

Параметри повітря літнього режиму кондиціювання

|  | $t_{\text{Н}}$ | $t_{\text{С}}$ | $t_{\text{В}}$ | $t_{\text{В}'}$ | $t_{\text{П}'}$ | $t_{\text{П}}$ |
|--|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|
| $t_i, (^\circ\text{C})$                          | 23,7           | 21             | 25             | 26              | 17              | 18             |
| $h_i, \left(\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}\right)$ | 53,6           | 48             | 50             | 51              | 39              | 40             |
| $d_i, \left(\frac{\text{г}}{\text{кг}}\right)$   | 12             | 11             | 10             | 10              | 8.8             | 8.8            |

## 5.2 Побудова зимового режиму СКП

Зовнішнє повітря з параметрами  $t_H = -22^\circ\text{C}$ ,  $h_H = -20,7\text{кДж/кг}$ .

При побудові зимового режиму функціонування СКП на  $h-d$  діаграмі відмічаємо параметри зовнішнього повітря  $t_H$ , і повітря в приміщенні  $t_B$ . Зовнішнє повітря ( $t_H$ ) підігріваємо до  $t=15^\circ\text{C}$  и получаем  $t_{H'}$ . Через  $t_B$  проводимо під ухилом лінію, по якій протікає процес  $\varepsilon$ . По  $\varepsilon$  опускаємося на  $\Delta h_p=6\text{кДж/кг}$  і потрапляємо в  $t_P$ . По  $d\text{-const}$  опускаємося на  $1^\circ\text{C}$  і получаем  $t_{P'}$ . Соединяем  $H'-P'$ , знаходимо 50% від  $t_H$  – отримуємо  $t_C$  – точку суміші. Параметри усіх точок заносимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2

Параметри повітря зимового режиму кондиціонування

|                         | $t_H$ | $t_C$ | $t_B$ | $t_{H'}$ | $t_P$ | $t_{P'}$ |
|-------------------------|-------|-------|-------|----------|-------|----------|
| $t_i, (^\circ\text{C})$ | -22   | 16.5  | 18    | 17       | 14.5  | 13.5     |
| $h_i, (\text{кДж/кг})$  | -20,7 | 23    | 31.5  | 16       | 25    | 23       |
| $d_i, (\text{г/кг})$    | 0.3   | 2.6   | 5,4   | 4.5      | 4.1   | 4.1      |

## 6 Визначення схеми СКП

Вибираємо конструкцію центрального кондиціонера каркасною аналогічно каркасним кондиціонерам фірми. Для забезпечення холодом пропонується компресорно-конденсаторний агрегат з повітряним охолодженням конденсатора який буде змонтований на даху адмінбудівлі. Припливна, витяжна та рециркуляційні установки будуть встановлені окремо. Відокремлені блоки дозволяють встановити устаткування що зменшить масогабаритні розміри центральної установки.

## 7 Підбір та розрахунок устаткування

|      |      |          |        |      |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |  |  |  |  | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |  |  |  |  |      |

КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19

## 7.1 Розрахунок охолоджувача повітря

Повітроохолоджувачем прийнято називати теплообмінний апарат, призначений для охолодження (а в більшості випадків і для осушення) повітря. Рух повітря в повітроохолоджувачах - примусовий.

Процес охолодження і осушення повітря в повітроохолоджувачі протікає в наступній послідовності: в перших рядах по ходу повітря охолоджується при постійному вологовмісті; найбільш інтенсивне охолодження повітря відбувається в нижній частині обрешітки в місцях, де ребра примикають до поверхні трубок, в тих рядах повітроохолоджувача, де охоложене повітря зустрічається з поверхнею обрешітки, що має температуру нижче за точку роси потоку повітря, починається процес конденсації вологи з повітря; найбільша конденсація вологи матиме місце в останніх рядах повітроохолоджувача. По висоті ребра інтенсивність вологовипадіння при осушенні повітря буде різною. Найбільша інтенсивність випадання вологи має місце біля основи ребра і знижується по його висоті. На виході із повітроохолоджувача при перемішуванні частини охолодженого повітря і частини осушеного повітря біля основи обрешітки, отримуємо суміш з відносною вологістю близько 90 %.

Для розрахунків використовуємо побудову умовного процесу охолодження і осушення, яке виробляється шляхом з'єднання прямою лінією точок початкового і кінцевого стану повітря.

Початкові дані для розрахунку:

$t_n = 28,7^{\circ}\text{C}$  – початкова температура повітря;

$h_n = 56,1 \text{кДж/кг}$  – початкова ентальпія повітря;

$t_k = 19,5^{\circ}\text{C}$  – кінцева температура повітря;

$h_k = 39 \text{кДж/кг}$  – початкова ентальпія повітря

$G_v = 11,17 \text{кг/с}$  – витрата повітря через повітроохолоджувач;

Задані перепадом температур в теплообміннику  $7^{\circ}\text{C}$  і визначаємо витрати холодної води:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$G_{\text{вх}} = \frac{3,6 \cdot G_{\text{г}} \cdot (h_{\text{н}} - h_{\text{к}})}{c_w \cdot \Delta t}, \quad (7.1.1)$$

$$G_{\text{вх}} = (1,005 \cdot 14440 \cdot (56,1 - 39)) / (4,187 \cdot 7) = 8344 \text{ кг/год}$$

Загальна кількість трубок :

$$N = \frac{p \cdot H_{\text{тр}}}{h}, \quad (7.1.2)$$

де  $H_{\text{тр}}$  – висота трубної решітки, м;

$h$  – крок труб по висоті,  $h = 0,05$  м.

Приймаємо  $p = 12$ ; при  $H_{\text{тр}} = 1,45$  м, загальна кількість трубок:

$$N = \frac{12 \cdot 1,45}{0,05} = 348.$$

Приймаємо швидкість руху води в трубках 1 м/с. Тоді

$$m = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot w}, \quad (7.1.3)$$

$$m = 8344 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0,00011 \cdot 1) = 21$$

Приймаємо  $m = 21$  і визначаємо число ходів

$$n = \frac{N}{m}, \quad (7.1.4)$$

$$n = \frac{348}{21} = 16,5,$$

приймаємо  $n = 16$

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot m}, \quad (7.1.5)$$

$$w = \frac{14400}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,0001108 \cdot 21} = 1,9 \text{ м/с}$$

Визначуваний коефіцієнт теплопередачі,  $k$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

$$k = A \cdot (v\rho)^{0,37} \cdot w^{0,18}, \quad (7.1.6)$$

$A$  – емпіричний коефіцієнт, визначуваний за результатами випробувань

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

залежно від конструкції теплообмінника.

$$k=20,94 \cdot (3,32)^{0,37} \cdot 1,01^{0,18} = 32,7 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{°C}$$

Відносний водяний еквівалент:

$$W_B = (1.005 \cdot 14400) / (4.187 \cdot 8344) = 0.414$$

Коефіцієнт ефективності ребристої поверхні:

$$\dot{A}_i = \frac{t_a - t_i}{t_a - t_0}, \quad (7.1.7)$$

$$E_n = \frac{28,7 - 16}{28,7 - 10} = 0,675,$$

Приймаємо  $E_n = 0,65$ .

Необхідна поверхня теплообмена:

$$F = (1.29 \cdot 1.001 \cdot 14400) / (4.8 \cdot 32.7) = 118,5 \text{ м}^2$$

## 7.2 Розрахунок повітрянагрівача

Початкові дані для розрахунку воздухонагревателя: початкові і кінцеві параметри повітря  $t_n = -22^\circ\text{C}$   $t_k = 15^\circ\text{C}$ , расход воздуха  $G_B = 14400 \text{ кг/год}$ , початкова і кінцева температура теплоносія  $t_1 = 110^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 70^\circ\text{C}$

Приймаємо площу фронтального перерізу  $3,7 \text{ м}^2$

1. Масова швидкість повітря у фронтальному перерізі кондиціонера

КЦКП-50,  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$

$$v\rho = \frac{G_B}{3600 \cdot F_f}, \quad (7.2.1)$$

$F_f$  – площа фронтального перерізу кондиціонера,  $\text{м}^2$ ;

$G_B$  – витрата повітря,  $\text{кг/год}$ ;

$$v\rho = \frac{14400}{3600 \cdot 3,7} = 1,08 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2).$$

Кількість теплоти для нагріву повітря,  $\text{Вт}$ :

$$Q = 0,278 \cdot c_a \cdot G_a \cdot (t_e - t_i), \quad (7.2.2)$$

$c_B$  – теплоємність повітря;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$Q=0.278*1,006**(15+19)=382251 \text{ Вт.}$$

Витрата теплоносія, кг/год:

$$G_w = \frac{3,6 \cdot Q}{c_w \cdot (t_1 - t_2)}, \quad (7.2.3)$$

$c_w$  – теплоємність води;

$$G_w = \frac{3,6 \cdot 382251}{4,187 \cdot (110 - 70)} = 8217 \text{ кг/год.}$$

Задаючись швидкістю руху теплоносія в трубах  $w$  от 1,2 до 1,5 м/с, визначаємо число ходів і площу живого перерізу для проходу води.

Заздалегідь також слід задатися числом рядів трубок по ходу руху повітря,  $p$ .

Загальна кількість трубок :

$$N = \frac{p \cdot H_{\partial\partial}}{h}, \quad (7.2.4)$$

де  $H_{\text{тр}}$  – висота трубної решітки , м;

$h$  – крок труб по висоті,  $h = 0,05\text{м}$ .

Приймаємо  $p = 2$ ; при  $H_{\text{тр}} = 1,8\text{м}$ , загальна кількість трубок:

$$N = \frac{2 \cdot 1,8}{0,05} = 72.$$

Розраховуємо число трубок, що підключаються до подаючого колектора по заданому значенню швидкості руху води в трубах:

$$m = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot w}, \quad (7.2.5)$$

де  $f_w$  – площа живого перерізу мідної трубки,  $\text{м}^2$ ;

приймаємо швидкість руху води в трубах 1,3 м/с.

Тоді

$$m = \frac{8217}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,00011 \cdot 1,3} = 15,7.$$

Приймаємо  $m = 16$  і визначаємо число ходів:

$$n = \frac{N}{m}, \quad (7.2.6)$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 31   |

$$n = \frac{72}{16} = 4,5,$$

приймаємо  $n=4$

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot m}, \quad (7.2.7)$$

$$w = \frac{8217}{3600 \cdot 1000 \cdot 0,0001108 \cdot 16} = 1,28 \text{ м/с}$$

Визначуваний коефіцієнт теплопередачі,  $k$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

$$k = A \cdot (\nu\rho)^{0,37} \cdot w^{0,18}, \quad (7.2.8)$$

$A$  – емпіричний коефіцієнт, визначуваний за результатами випробувань залежно від конструкції теплообмінника.

$$k = 21,68 \cdot (3,01)^{0,37} \cdot 1,28^{0,18} = 34 \text{ Вт/ м}^2 \cdot \text{°С}$$

Середня логарифмічна різниця температур замінюється різницею середніх температур води і повітря:

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_i + t_e}{2}, \quad (7.2.9)$$

$$\Delta t_{cp} = \frac{110 + 66,5}{2} - \frac{-19 + 15}{2} = 90 \text{ °С.}$$

Знаходимо необхідну площу поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}}, \quad (7.2.10)$$

$$F = \frac{379970}{34 \cdot 90} = 124 \text{ м}^2.$$

Вибираємо число рядів трубок повітрянагрівача  $p = 4$  і фактичну поверхню теплообміну  $120 \text{ м}^2$ .

Коефіцієнт запасу:

$$a = (145,5 - 142,5) / 145,5 \cdot 100 = 2 \text{ \%}.$$

Аеродинамічний опір воздухонагревателя:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$\Delta P_a = A \cdot (v\rho)^m, \quad (7.2.11)$$

Б, m – емпіричні коефіцієнти;

$$\Delta P_a = 6,05 \cdot 3,01^{1,66} = 37,68 \text{ кПа.}$$

Гідрравлічний опір воздухомнагревателя:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot l_{\text{вода}} \cdot w^{1,69}, \quad (7.2.12)$$

де  $l_{\text{вода}}$  – приведена довжина ходу води в трубах, визначається як множення числа ходів на довжину трубок:

$$\Delta P_w = 1,968 \cdot 7,4 \cdot 1,28^{1,69} = 22,1 \text{ кПа.}$$

### 7.3 Блок-камера стільникового зволоження

По висоті блок-камери встановлені стільникові насадіння збирані з гофрованих гігроскопічних листів. Над стільниковими насадками розташовується окропитільний водорозподільник, сполучений гнучким шлангом з нагнітальною стороною насоса. Нижня частина стільникової насадки розташовується над піддоном, куди стікає зрошуюча вода після проходження по поверхності гофрованих гігроскопічних листів. До поддону приєднується водопровідний трубопровід. Кульовий клапан в піддоні сполучений з водопровідним трубопроводом, що підводить, і забезпечує підтримку постійного рівня води в поддоні. Надлишок води в піддоні зливається через переливання. Для запобігання віднесенню крапель води потоком воздуха на виході з блок-камери стільникового зволоження встановлені прості сепаратори.

Ефективність адиабатного зволоження залежить від глибини насадок по ходу повітря і швидкості припливного повітря в їх фасадному перерізі. Фірма "Вега" може поставити блок-камери з глибиною стільникових насадок по ходу повітря 100, 200 і 300 мм. У фасадному перерізі сотихвих блоків швидкість припливного повітря рекомендується зберігати не вище  $v_{\text{ф.рек}} = 2,3 \text{ м/с}$ . Ефективність адиабатного зволоження  $E_a$  не залежить від коефіцієнта зрошування В. Витрата зрошуючої води має бути достатньою тільки для підтримки гігроскопічного матеріалу насадки зрошувального шару в стані гігроскопічного

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

насичення. Поверхня контакту між повітрям і вологою поверхністю з температурою  $t_{\omega}=t_{вх}$  визначається розмірами зволоженого матеріалу в шарі. У зрошуваних шарах з гігроскопічних матеріалів необхідний натиск насоса залежить від висоти розташування зрошувального водорозподільника над блоком зрошуваної насадки.

Оцінимо витрату такою, що скидається в каналізацію вдопроводной води при зрошуванні стільникових блоків через приєднувальні трубопроводи від водопровотак. Вище вчислено, що в припливному агрегаті Easdale STD15 при розмірах фасадного перерізу зрошуваного блоку 210x240 дм рекомендована продуктивність припливного повітря  $L_{пн}= 3000 \text{ м}^3/\text{г}$ . Найчастіше в системах вентиляції і кондиціонування режими адіабатного зволоження використовуються для збільшення вологості припливного зовнішнього повітря.

Для зрошуваного блоку розміром 210 x 240 знаходимо витрату, що подається.

Початкові дані:

початкова температура повітря -  $t_{н} = 28,7^{\circ}\text{C}$ ;

кінцева температура повітря -  $t_{к} = 19,5^{\circ}\text{C}$ ;

витрата повітря через блок сотового зволоження -  $G_{в} = 14400 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ ;

температура по мокрому термометру -  $t_{1} = 10^{\circ}\text{C}$ .

Температурний коефіцієнт адіабатної ефективності :

$$E_a = \frac{t_i - t_e}{t_i - t_1}, \quad (7.3.1)$$

$$E_a = \frac{28,7 - 19,5}{28,5 - 10} = 0,49.$$

Приймаємо  $E_a=0,5$

При  $E_a=0,5$  для зрошуваного блоку разів мером 210x240 знаходимо витрату води, що подається, в годину з водопроводу на зрошування стільникового блоку:

$$Q_{зр}=16*60=960\text{кг/г}.$$

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

По h - d діаграмі знаходимо  $d_{\text{вих}}=8,8\text{г/кг}$  и  $\varphi_{\text{вих}}=71\%$

$$\Delta Q_{\text{звл}}=50000*1.19*(8.8-0.6)/1000=487.9\text{кГ/Г.}$$

$$\Delta Q_{\text{кан}}=Q_{\text{зр}}-\Delta Q_{\text{звл}} \quad (7.3.2)$$

$$\Delta Q_{\text{кан}}=960-487=472,1\text{кГ/Г.}$$

#### 7.4 Розрахунок кишенькового фільтра

Оцінимо тривалість експлуатації кишенькового фільтра. Як фільтруючий матеріал використовується скло-волокнистий матеріал ФСВУ в установці Easdale STD15 при повітря-продуктивності  $L_v=14400\text{ м}^3/\text{ч}$ , з таблиці вибираємо для даного агрегату Easdale STD15 застосовується фільтр ФМ-68-360-6-X-G4 з поверхнею фільтруючого матеріалу  $F=32.7(\text{м}^2)$

Обчислимо по формулі питома повітряне навантаження:

$$УФ=L_v/F (\text{м}^3/\text{м}^2*\text{ч});$$

$$УФ=14400/32,7=1229 (\text{м}^3/\text{м}^2*\text{ч})$$

Для порівняння з осередковим фільтром ФяУб, де питома повітряне навантаження  $УФ=7000(\text{м}^3/\text{м}^2*\text{ч})$ , застосування кишенькового фільтра дозволить понизити навантаження:

$$n=7000/1229=5,7(\text{раза})$$

Пилемкість матеріалу ФСВУ:  $ПФ=570(\text{г/м}^2)$ .

Оцінимо час експлуатації кишенькового фільтра з матеріалом фільтра ФСВУ:

$$\tau_{\text{ф}}=ПФ*10^3*F_{\text{ф}}/((C_{\text{вх}}-C_{\text{вих}})*L_v)=570*10^3*32,7/((0,5-0,1)*40200)=1159(\text{ч})$$

При роботі СКП 10 годин на день буде потрібна зміна запиленого фільтра через:

$$\tau_{\text{дн.}}=1159/10=116(\text{дней})$$

#### 7.5 Блок шумопоглинання

На рівень комфортності від роботи систем вентиляції і кондиціонування повітря значний вплив робить рівень шуму, проникаючого в обслуговувані приміщення при роботі устаткування цих систем. Для глушення аеродинамічного

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 35   |

і механічного шуму від роботи устаткування в припливних і витяжних агрегатах КЦКП застосовуються блоки шумоглушіння. У панельному каркасному блоці в перерізі по усій довжині блоку встановлені перфоровані пластини, заповнені шумопоглинаючим матеріалом. Для поліпшення обтікання повітряним потоком шумоглушачих пластинів на вході повітря на кінцях пластинів передбачені обтічники. Шум створюється хвильовим рухом пружного середовища. Звукова хвиля характеризується звуковим тиском, що виражається формулою.

$$L=20*\lg*[p_{cp}/p_0], \text{ дБ}, \quad (7.5.1)$$

де  $p_{cp}$  — середньоквадратичне значення звукового тиску в точці виміру, Па;

$p_0$  — порогова, величина звукового тиску, рівна  $2*10^5$  Па.

Проходячи через блок шумоглушника, повітряний потік омиває перфоровані шумоглушачі пластини. Звукові хвилі з повітряного потоку проникають в шумоглушачий матеріал, що заповнює пластини. Проходячи по лабіринту волокон шумоглушачого матеріалу, звук втрачає звуковий тиск, що знижує енергію тиску звукової хвилі порівняно з пороговою величиною звукового тиску  $p_0$ . Чим більше довжина шляху повітряного потоку по блоку, тим значніше зниження величини звукового тиску  $p_{cp}$  і, отже, рівня шуму.

У приміщеннях, що кондиціонують слід підтримувати наступні рівні звукового тиску:

- палати лікарень і санаторіїв, операційні лікарень — 25 дБ;
- житлові кімнати, житла будинків відпочинку, спальні приміщення в дитячих дошкільних закладах — 30 дБ;
- кабінети лікарів лікарень, поліклінік, номери готелів — 35 дБ ;
- учбові класи, читальні зали — 40 дБ;
- зали кафе, ресторанів, їдалень — 50 дБ;
- театри. будинки культур — 45 дБ;
- спортивні зали, торговельні приміщення — 55 дБ;
- робочі приміщення адміністративних будівель з мовним зв'язком по телефонах — 45 дБ А;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- робочі місця в шумних цехах — 70 дБ.

Суб'єктивне уявлення про рівень створюваного шуму можна скласти по наступних прикладах:

- потужний оркестр — 130 дБ А;
- рух потягу в метро — 90 дБ;
- нормальна розмова — 70 дБ;
- шум в установі — 60 дБ;
- тиха розмова — 50 дБ;
- шепіт — 40 дБ.

Існуючий в приміщенні шум від роботи устаткування систем вентиляції і кондиціонування повітря не повинен заважати праці і відпочинку. Поєтому при проектуванні систем вентиляції і кондиціонування повинні враховуватися рівні шуму, здаваемого вентиляторами, насосами, холодильними машинами.

Для припливного агрегату наявність технологічних блоків з боку всмоктування приточного вентилятора забезпечує наступне зниження потужності звуку :

- зовнішній воздухозабір — 3 дБ;
- кишенькові фільтри — 26 дБ;
- теплообмінник — 16 дБ;
- повітрянагрівач — 8 дБ;
- блок адіабатного зволоження — 10 дБ;
- повітряохолоджувач — 17 дБ;

Разом: 80 дБ.

Розрахунок показує, що з боку всмоктування припливного агрегату від його роботи на вулицю не проникатиме шум. З боку припливу вентилятора, що працює на мережу, деяке шумоглушення здійснюється на мережевих ділянках. Проте при поганій аеродинаміці місцевих опорів і високих скоростях повітря може створюватися додаткове шумообразование. Зниження звукової потужності в мережі воздуховодов визначається розрахунком послідовно для кожного елемента мережі і потім підсумовується:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$\Delta L_{p,сет} = \sum_{i=1}^n \Delta L_{pi} \text{ дБ}, \quad (7.5.2)$$

де  $L_{pi}$  — зниження рівня звукової потужності на окремій ділянці мережі, дБ;  
 $n$  — число елементів мережі, в яких враховується зниження звукової потужності.  
 Необхідне зниження звукової потужності від равертилятора, що ботає, обчислюється за формулою

$$\Delta L_{шум.гл} = L_{вн} - \Delta L_{p,сет} - L_{p,пом}, \text{ дБ}. \quad (7.5.3)$$

Допустимий рівень шумності в приміщенні від працюючого вентилятора  $L_{p,пом}$  визначається нормативними вимогами. Приймаємо, що система кондиціонування повітря обслуговує будинок культури і  $L_{p,пом} = 40$  дБ. У мережі воздуховодов багато прямих ділянок, швидкість повітря не вище 5 м/с, і це забезпечує зниження шуму на 10 дБ. У приміщеннях будинку культури роздача припливного повітря здійснюється через ежекторних розподільників повітря, які знижують рівень шуму на 10 дБ. Загальне зниження в приточній мережі звукової потужності.

$$\Delta L_{p,сет} = 10 + 10 = 20 \text{ дБ}.$$

За характеристиками припливного вентилятора у вибраному режимі роботи отримаємо рівень шуму від вентилятора  $L_{вн} = 87,2$  дБ. По формуле обчислюваний необхідне зниження звукової потужності в блоці глушника КЦКП- 50:

$$\Delta L_{шум.гл} = 87,2 - 20 - 40 = 27,2 \text{ дБ}.$$

повітрозабірний клапан — 3 дБ;

осередковий фільтр — 26 дБ;

повітроохолоджувач з сепаратором — 17 дБ.

Разом: 46 дБ.

По номограмі вибраний режим роботи витяжного вентилятора характеризується створюваний шумом,  $\eta_{вн} = 81$  дБ. По нормах, в приміщенні може бути шум  $L_{p,пом} = 40$  дБ. Відповідно до визначаємо необхідну звукову потужність глушника на стороні всмоктування у витяжний агрегат:

$$\Delta L_{шум.гл} = 87,2 - 46 - 40 = 1,2 \text{ дБ А}.$$

Розрахунок показує, що на стороні всмоктування витяжного агрегату не вимагається встановлювати шумоглушник.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## 8 Тепловий розрахунок холодильної машини

### 8.1 Тепловий розрахунок компресора

Для роботи холодильної машини використовуємо фреон R-134a.

Температура кипіння залежить від робочої температури рідини:  $t_{\text{води}} = 4 \text{ }^\circ\text{C}$

$$t_o = t_{\text{пов}} - \Delta t_o, \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_o = 4 - 7 = -3 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Приймаємо  $\Delta t_o = 5 \text{ }^\circ\text{C}$  – розрахункова різниця температур для пластинчатих випарників.

Температура конденсації визначається за емпіричною залежністю:

$$t_k = t_n + (8...15) \text{ }^\circ\text{C}. \quad (8.1.1)$$

$t_n = 30,9^\circ\text{C}$  – температура зовнішнього повітря.

$$t_k = 30,9 + 9,1 = 40 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Задаємося переохолодженням рідкого холодильного агента в конденсаторі:

$$\Delta t_k = 5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Визначаємо температуру в точці 3

$$t_3 = t_k - \Delta t_k, \text{ }^\circ\text{C}. \quad (8.1.2)$$

$$t_3 = 40 - 5 = 35 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Задаємося перегрівом парів холодильного агента в обмотках ел. двигуна компресора:  $\Delta t_{\text{вс}} = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Визначаємо температуру в точці 1:

$$t_1 = t_o + \Delta t_{\text{вс}}, \text{ }^\circ\text{C}. \quad (8.1.3)$$

$$t_1 = 0 + 5 = 5 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Будуємо цикл в  $\lg p-h$  діаграмі та визначаємо параметри точок процесів .

Таблиця 5. Параметри у вузлових точках процесу:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

|                     | 1    | 2   | 3   | 4    |
|---------------------|------|-----|-----|------|
| $P, Bar$            | 0,29 | 1   | 1   | 0,29 |
| $t, ^\circ C$       | 5    | 50  | 35  | 0    |
| $h, \frac{кДж}{кг}$ | 401  | 432 | 255 | 255  |

Холодопродуктивність:

$$Q_0^+ = G_{\hat{A}} \cdot (h_{\hat{A}} - h_{\hat{O}}) = 13,4 \cdot (56 - 39) \cdot 1,1 = 250,6 \text{ кВт.} \quad (8.1.4)$$

$$V, \frac{м^3}{с} = 0,074.$$

Тепловий розрахунок:

Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4, \text{ кДж/кг} \quad (8.1.5)$$

$$q_0 = 401 - 255 = 146 \text{ кДж/кг.}$$

Питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_v = \frac{q_0}{v_1}, \text{ кДж/м}^3 \quad (8.1.6)$$

$$q_v = 146/0,074 = 1921 \text{ кДж/м}^3$$

Питома адіабатна робота стиснення компресора:

$$l_a = h_2 - h_1, \text{ кДж/кг} \quad (8.1.7)$$

$$l_{км} = 432 - 401 = 31 \text{ кДж/кг.}$$

Питоме тепло відведене в конденсаторі:

$$q_k = h_2 - h_4 \text{ кДж/кг} \quad (8.1.8)$$

$$q_k = 432 - 255 = 177 \text{ кДж/кг}$$

Масові витрати агенту:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 40   |

$$M_a = Q_0/q_0 \text{ кг/с} \quad (8.1.9)$$

$$M_a = 70/146 = 0.48 \text{ кг/с}$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_{\delta} = M_a \cdot V_1 \text{ м}^3/\text{с} \quad (8.1.10)$$

$$V_{\delta} = 1,7 \cdot 0,074 = 0,13 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт подачі компресора

$$\lambda = 0.92 - 0.02 \cdot \frac{P_k}{P_0} \quad (8.1.11)$$

$$\lambda = 0,92 - 0,02 \cdot 1/0,29 = 0,85$$

Теоретичний об'єм компресора:

$$V_h = V_{\delta}/\lambda = 0,13/0,85 = 0,15 \text{ м}^3/\text{с}. \quad (8.1.12)$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = G_a \cdot l_a, \text{ кВт} \quad (8.1.13)$$

$$N_a = 1.7 \cdot 31 = 52.7 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = \frac{N_a}{\eta_e}, \text{ кВт} \quad (8.1.14)$$

$$N_e = 94.3$$

Термодинамічна ефективність машини.

Теоретичний коефіцієнт перетворення:

$$\text{COP}_{\text{теор}} = q_0/l_{\text{км}} = 146/31 = 4,71 \quad (8.1.15)$$

Коефіцієнт перетворення циклу Карно:

$$\text{COP}_k = T_0/(T_k - T_0) = 273/(313-273) = 6,8 \quad (8.1.16)$$

Дійсний коефіцієнт перетворення:

$$\text{COP}_d = Q_0/N_e = 250,6/73,3 = 3,42 \quad (8.1.17)$$

Теоретична ступінь термодинамічної досконалості:

$$\eta_{\text{теор стс}} = \text{COP}_{\text{теор}}/\text{COP}_k = 4,71/6,8 = 0,69 \quad (8.1.18)$$

Дійсна ступінь термодинамічної досконалості:

$$\eta_{d \text{ стс}} = \text{COP}_d/\text{COP}_k = 3,42/6,8 = 0,5 \quad (8.1.19)$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## 8.2 Розрахунок повітряного конденсатора

Конденсатор служить для передачі теплоти робочої речовини охолоджуючому середовищу або джерелу теплоти високої температури. По роду охолоджуючого середовища конденсатори можна розділити на дві великі групи: з водяним і повітряним охолодженням. У даному розрахунку застосовується конденсатор повітряноохолоджуваній. Завдання теплового розрахунку полягає у визначенні площі теплопередаючій поверхні апарату і його основних геометричних розмірів.

Теплове навантаження

$$Q_k = Q_0 + N_e, \text{ кВт} \quad (8.2.1)$$

де  $Q_0$ -холодопродуктивність, кВт;

$N_e$ - ефективна потужність, кВт.

$$Q_k = 250,6 + 94,3 = 344,9 \text{ кВт.}$$

Приймаємо  $\Delta t_{\text{в03}} = 7^\circ\text{C}$ ,

$$t_{\text{в2}} = t_{\text{в1}} + \Delta t, \text{ }^\circ\text{C} \quad (8.2.2)$$

де  $t_{\text{в1}}$  – поверхнева температура повітря,  $^\circ\text{C}$ .

$$t_{\text{в2}} = 30,9 + 7 = 37,9 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура конденсації

$t_k = 40^\circ\text{C}$ .

Середня логарифмічна температура різниць

$$\theta = \frac{\Delta T_{\text{в}}}{\ln \frac{T_{\text{к}} - T_{\text{в1}}}{T_{\text{к}} - T_{\text{в2}}}}, \text{ К} \quad (8.2.3)$$

$$\theta = \frac{7}{\ln \frac{313 - 303,9}{313 - 310,9}} = 4,8 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Витрата повітря через конденсатор

$$G_{\text{в}} = \frac{Q_{\text{к}}}{c_p \cdot \Delta T_{\text{в}}}, \text{ кг/с,} \quad (8.2.4)$$

$$G_{\text{в}} = 250,6 / 1,006 / 7 = 35,58 \text{ кг/с.}$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_B}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (8.2.5)$$

де  $\rho_B = 1,169 \text{ кг/м}^3$ - щільність повітря при  $T_{B1} = 301,6 \text{ К}$ .

$$V_{\dot{a}} = \frac{35,58}{1,169} = 30,43 \text{ л}^3/\text{л}.$$

Живий перетин апарату

$$F_{жс} = \frac{V_{\dot{a}}}{\omega}, \text{ м}^2 \quad (8.2.6)$$

де  $\omega = 7 \text{ м/с}$  – прийнята швидкість повітря.

$$F_{жс} = \frac{30,43}{7} = 4,35 \text{ л}^2.$$

## 9 Проектування та розрахунок вентиляційної мережі

### 9.1 Аеродинамічний розрахунок витяжної мережі повітроводів

Розрахунок мережі повітроводів для системи В1 і В2, де В1 і В2– це 2 паралельних лінії припливної магістралі.

У зал необхідно подати  $L=14400 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Для системи В1 і В2 об'ємна витрата повітря буде рівна:

$$L_1=L_2=14400/2=7200 \text{ м}^3/\text{ч}$$

З урахуванням витрати із-за нещільності в системі розподілу повітря устаткування підбираємо по наступних об'ємних витратах повітря для системи В1=В2

$$L_1^n = 1.05 \cdot L_1, \text{ м}^3/\text{год} \quad (9.1.1)$$

$$L_1^n = 1.05 \cdot 7200 = 7560 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Для ділянки №1 магістрального повітровода знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{діл}\#1} = L_1^n / 5 \quad (9.1.2)$$

$$L_{\text{діл}\#1} = 7560 / 5 = 1512 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Задаємося швидкістю повітря  $v=7 \text{ м/с}$

Знаходимо діаметр повітровода:

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

$$d=(L/(3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (9.1.3)$$

$$d=(1512/(3600 \cdot 0,785 \cdot 2))^{0,5}=0,5 \text{ м}$$

Приймаємо повітровод діаметром:  $d=0,5 \text{ м}$

Знайдемо площу перерізу:

$$F=(\pi d^2)/4 \quad (9.1.4)$$

$$F=(3,14 \cdot 0,5^2)/4=0,19 \text{ м}^2$$

Уточнюємо швидкість у повітровод:

$$V_{\text{в. факт.}} = L/(F \cdot 3600) \quad (9.1.5)$$

$$V_{\text{в. факт.}} = 1512/(0,19 \cdot 3600) = 2,2 \text{ м/с.}$$

Число Рейнольдса знаходимо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu} \quad (9.1.6)$$

$$Re=(6,17 \cdot 0,3)/0,0000156=118653, \text{ де } d_{\text{екв}}=d$$

$\nu$ —кінематичний коефіцієнт в'язкості приймаємо рівним

$$\nu = 15,6 \cdot 10^{-6} \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right). \quad (9.1.7)$$

коэффициент опору розвиненого турбулентного руху знаходиться як:

$$\lambda = 0,3164/Re^{0,25} = 0,3164/118653^{0,25} = 0,017 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт} \quad (9.1.8)$$

Динамічний тиск розраховуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в. факт.}}^2}{2} \quad (9.1.9)$$

$$\Delta p_{\text{дин.}} = (1,2 \cdot 6,638^2)/2 = 26,441 \text{ [Па]}$$

Величину параметра  $R$  знаходимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} = (0,015/0,3) \cdot 26,441 = 0,132 \quad (9.1.10)$$

Втрати тиску по довжині повітровода знаходяться :

$$\Delta p_l = R \cdot l = 0,132 \cdot 9,7 = 1,282 \text{ [Па]} \quad (9.1.11)$$

Сумарні втрати тиску на ділянках місцевих опорів розраховуються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,41 \cdot 26,441 + 7 = 17,841 \text{ [Па]} \quad (9.1.12)$$

Коефіцієнти місцевих опорів :

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- коліно  $\xi = 0,31$  для  $\angle = 90^\circ$
- відведення  $\xi = 0,13$  для  $\angle = 45^\circ$
- відведення  $\xi = 0,09$  для  $\angle = 30^\circ$
- припливний потрійний прохід  $\xi = 0,13$
- конфузор  $\xi = 0,1$

П1

|  |          |          |          |          |          |          |       |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|-------|
|  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        |       |
| $L, \text{м}^3/\text{год.}$                                    | 4690     | 9380     | 14070    | 18760    | 2345     | 21105    |       |
| $v, \text{м/с}$<br>(задаємо)                                   | 7        | 7        | 7        | 7        | 7        | 7        |       |
| $d,$<br>(розраховуємо)   | 0,4869   | 0,6886   | 0,8434   | 0,9738   | 0,3443   | 1,0329   |       |
| $d,$ (по госту<br>підбираємо)                                  | 0,5      | 0,7      | 0,85     | 1        | 0,35     | 1,05     |       |
| $F, \text{м}^2$ (<br>розраховуємо)                             | 0,196    | 0,385    | 0,567    | 0,785    | 0,096    | 0,865    |       |
| $v, \text{м/с}$<br>(перераховуємо)                             | 6,638    | 6,774    | 6,891    | 6,638    | 6,774    | 6,774    |       |
| $\rho, \text{кг/м}^3$  | 1,2      | 1,2      | 1,2      | 1,2      | 1,2      | 1,2      |       |
| $\Delta p \text{ дін} = (\rho \cdot v^2)/2$<br>( розраховуємо) | 26,441   | 27,531   | 28,492   | 26,441   | 27,531   | 27,531   |       |
| $Re$   | 207199   | 299004   | 372539   | 414398   | 149502   | 448505   |       |
| $\nu$  | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 |       |
| $\lambda_{тр}$   | 0,015    | 0,014    | 0,013    | 0,012    | 0,016    | 0,012    |       |
| $R$  | 0,784    | 0,532    | 0,429    | 0,330    | 1,266    | 0,321    |       |
| $\Delta p$ по<br>довжині $= R \cdot l$                         | 6,666    | 3,193    | 1,760    | 2,539    | 7,847    | 2,500    | 24,50 |
| $l$ - довжина, м   | 8,500    | 6,000    | 4,100    | 7,700    | 6,200    | 7,800    |       |
| $\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p \text{ дін}$              | 17,841   | 9,753    | 9,849    | 13,081   | 7,000    | 15,535   | 73,05 |
| $\Sigma \xi =$   | 0,41     | 0,10     | 0,10     | 0,23     | 0,00     | 0,31     |       |



|  |  |  |  |  |  |  |       |
|--|--|--|--|--|--|--|-------|
|  |  |  |  |  |  |  | 104,6 |
|  |  |  |  |  |  |  | 3     |

## 9.2 Аеродинамічний розрахунок припливної мережі повітроводів

Розрахунок мережі воздуховодов для системи П1 і П2, де П1 і П2 - це 2 паралельних лінії витяжної магістралі.

В зал необхідно подати  $L=14400 \text{ м}^3/\text{год.}$

Для системи П1 і П2 об'ємна витрата повітря буде рівна:

$$L_1=L_2=14400/2=7200 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для ділянки №1 магістрального воздуховода знаходимо витрату повітря

$$L_{\text{діл.№1}}=L^{\text{п1}}/8 \quad (9.1.1)$$

$$L_{\text{діл.№1}}=7200/8=900 \text{ м}^3/\text{год.}, \text{ (на першій ділянці } L=900 \text{ м}^3/\text{год.)}$$

Задаємося швидкістю повітря  $v=6 \text{ м/с}$

Знаходимо діаметр повітряпровода:

$$d=(L/(3600 \cdot 0,785 \cdot v))^{0,5} \quad (9.1.2)$$

$$d=(900/(3600 \cdot 0,785 \cdot 6))^{0,5}=0,23 \text{ м}$$

Приймаємо повітряповод діаметром:  $d=0,25 \text{ м}$

Знайдемо площу перерізу:

$$F=(\pi d^2)/4 \quad (9.1.3)$$

$$F=(3,14 \cdot 0,25^2)/4=0,049 \text{ м}^2$$

Уточнюємо швидкість у повітряпровод:

$$V_{\text{в. факт.}}=L/(F \cdot 3600) \quad (9.1.4)$$

$$V_{\text{в. факт.}}=900/(0,237 \cdot 3600)=1,05/\text{с.}$$

Число Рейнольдца знаходимо по формулі:

$$Re = \frac{v_{\text{в. факт.}} \cdot d_{\text{екв.}}}{\nu}; \quad (9.1.5)$$

$$Re=(1,05 \cdot 0,55)/0,0000156=37190, \text{ де } d_{\text{екв}}=d$$

$\nu$ —кінематичний коефіцієнт в'язкості приймаємо рівним

$$\nu = 15,6 \cdot 10^{-6} \left( \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \right). \quad (9.1.6)$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Коефіцієнт опору розвиненого турбулентного руху знаходиться як:

$$\lambda = 0,3164 / \text{Re}^{0,25} = 0,3164 / 37190^{0,25} = 0,022 \text{ м}^2 \cdot \text{с} / \text{Вт} \quad (9.1.7)$$

Динамічний тиск розраховуємо по формулі:

$$\Delta p_{\text{дин.}} = \frac{\rho \cdot v_{\text{в.факт}}^2}{2} ; \quad (9.1.8)$$

$$\Delta p_{\text{дин.}} = (1,2 \cdot 1,05^2) / 2 = 0,66 \text{ [Па]}$$

Величину параметра R знаходимо:

$$R = \frac{\lambda}{d_{\text{екв.}}} \cdot \Delta p_{\text{дин.}} = (0,022 / 0,25) \cdot 0,66 = 0,58 \quad (9.1.9)$$

Втрати тиску по довжині повітряпровода знаходяться:

$$\Delta p_l = R \cdot l = 0,58 \cdot 5,6 = 3,25 \text{ [Па]} \quad (9.1.10)$$

Сумарне втрати тиску на ділянках в местах місцевих опорів розраховуються:

$$\Delta p_{\xi} = \xi \cdot \Delta p_{\text{дин.}} + \Delta p_{\text{решетки}} = 0,31 \cdot 0,66 + 7 = 7,2 \text{ [Па]} \quad (9.1.11)$$

**В1**

|  |        |        |        |         |        |         |        |        |  |
|--|--------|--------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--|
|  | 1      | 2      | 3      | 4       | 5      | 6       | 7      | 8      |  |
| L, м <sup>3</sup> /год.<br>(беремо з<br>розрахунків) | 5025   | 7537,5 | 10050  | 12562,5 | 15075  | 17587,5 | 20100  | 40200  |  |
| v, м/с<br>(задаємось)                                | 6      | 6      | 6      | 6       | 6      | 6       | 6      | 6      |  |
| d,<br>(розраховуємо)                                 | 0,5444 | 0,6667 | 0,7699 | 0,8607  | 0,9429 | 1,0185  | 1,0888 | 1,5398 |  |
| d, (по госту<br>підбираємо)                          | 0,55   | 0,7    | 0,8    | 0,9     | 0,95   | 1,05    | 1,1    | 1,6    |  |
| F, м <sup>2</sup> (<br>розраховуємо)                 | 0,237  | 0,385  | 0,502  | 0,636   | 0,708  | 0,865   | 0,950  | 2,010  |  |
| v, м/с<br>(перераховуємо)                            | 5,878  | 5,443  | 5,557  | 5,488   | 5,911  | 5,645   | 5,878  | 5,557  |  |
| ρ, кг/м <sup>3</sup>                                 | 1,2    | 1,2    | 1,2    | 1,2     | 1,2    | 1,2     | 1,2    | 1,2    |  |
| Δp<br>дін=(ρ·v <sup>2</sup> )/2<br>(                 | 20,731 | 17,777 | 18,526 | 18,071  | 20,962 | 19,119  | 20,731 | 18,526 |  |

|      |      |          |        |      |                         |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |  |  |  | 48   |

|   |                    |              |              |              |              |              |              |              |       |
|---|--------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------|
| розраховуємо)                           |                    |              |              |              |              |              |              |              |       |
| $R_e$                                   | 205126             | 232641       | 274227       | 302810       | 357257       | 368527       | 410252       | 54845<br>5   |       |
| $v$                                     | 15,6*<br>$10^{-6}$ | 0,00001<br>6 | 0,00001<br>6 | 0,00001<br>6 | 0,00001<br>6 | 0,00001<br>6 | 0,00001<br>6 | 0,0000<br>16 |       |
| $\lambda_{тр}$                          | 0,015              | 0,014        | 0,014        | 0,013        | 0,013        | 0,013        | 0,013        | 0,012        |       |
| $R$                                     | 0,560              | 0,366        | 0,320        | 0,271        | 0,286        | 0,234        | 0,236        | 0,135        |       |
| $\Delta r$ по довжині= $R \cdot l$      | 3,138              | 1,024        | 1,793        | 1,381        | 1,142        | 1,146        | 2,191        | 0,269        | 12,08 |
| $l$ - довжина, м                        | 5,6                | 2,8          | 5,6          | 5,1          | 4,0          | 4,9          | 9,3          | 2,0          |       |
| $\Delta r \xi = \xi \cdot \Delta r$ дін | 13,427             | 8,778        | 8,853        | 8,807        | 9,096        | 12,927       | 13,427       | 11,631       | 86,94 |
| $\Sigma \xi =$                          | 0,31               | 0,10         | 0,10         | 0,10         | 0,10         | 0,31         | 0,310        | 0,25         |       |
|   |                    |              |              |              |              |              |              |              | 99,03 |

B2

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

|  | 1        | 2        | 3        | 4        | 5        | 6        | 7        |        |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|
| L, м <sup>3</sup> /год.<br>(беремо з<br>розрахунків) | 5025     | 7537,5   | 10050    | 12562,5  | 15075    | 17587,5  | 20100    |        |
| v, м/с<br>(задаємось)                                | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        | 6        |        |
| d,<br>(розраховуємо)                                 | 0,5444   | 0,6667   | 0,7699   | 0,8607   | 0,9429   | 1,0185   | 1,0888   |        |
| d, (по госту<br>підбираємо)                          | 0,55     | 0,7      | 0,8      | 0,9      | 0,95     | 1,05     | 1,1      |        |
| F, м <sup>2</sup> (<br>розраховуємо)                 | 0,237    | 0,385    | 0,502    | 0,636    | 0,708    | 0,865    | 0,950    |        |
| v, м/с<br>(перераховуємо)                            | 5,878    | 5,443    | 5,557    | 5,488    | 5,911    | 5,645    | 5,878    |        |
| ρ, кг/м <sup>3</sup>                                 | 1,2      | 1,2      | 1,2      | 1,2      | 1,2      | 1,2      | 1,2      |        |
| Δр дін=(ρ·v <sup>2</sup> )/2<br>( розраховуємо)      | 20,731   | 17,777   | 18,526   | 18,071   | 20,962   | 19,119   | 20,731   |        |
| Re   | 205126   | 232641   | 274227   | 302810   | 357257   | 368527   | 410252   |        |
| v  | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 | 0,000016 |        |
| λтр  | 0,015    | 0,014    | 0,014    | 0,013    | 0,013    | 0,013    | 0,013    |        |
| R  | 0,560    | 0,366    | 0,320    | 0,271    | 0,286    | 0,234    | 0,236    |        |
| Δр по<br>довжині=R*1                                 | 3,138    | 1,024    | 1,793    | 1,381    | 1,142    | 1,146    | 3,157    |        |
| l - довжина, м                                       | 5,6      | 2,8      | 5,6      | 5,1      | 4,0      | 4,9      | 13,4     |        |
| Δрξ=ξ·Δр дін   | 13,427   | 8,778    | 8,853    | 8,807    | 9,096    | 12,927   | 13,427   |        |
| Σξ=  | 0,31     | 0,10     | 0,10     | 0,10     | 0,10     | 0,31     | 0,310    | 12,782 |
|  |          |          |          |          |          |          |          | 75,314 |
|  |          |          |          |          |          |          |          | 88,096 |

## 10 Автоматизація СКП

Процес підготовки повітря перед подачею його в кондиціоноване приміщення являє собою сукупність технологічних операцій і називається технологією кондиціонування повітря. Технологія тепло-вологісної обробки кондиціонованого

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 50   |

повітря визначається початковими параметрами повітря, що подається в кондиціонер, і необхідними (що задаються) параметрами повітря в приміщенні.

В техніці кондиціонування застосовують кількісне і якісне регулювання. При кількісному регулюванні необхідний стан повітря досягається шляхом зміни витрати повітря при постійних його параметрах. Кількісне регулювання застосовується в багатозональних системах, а в однозональних - якісне. Для одержання оптимальних параметрів СКП використовуються обоє зазначені методи. Підтримка температури здійснюється по датчиках, розташовуваних у приміщенні, що обслуговується. Непряме регулювання вологості приточного повітря здійснюється терморегуляторами без прямого виміру вологості. Недивлячись на те, що СКП с рециркуляцією повітря енергетично ефективна, її застосування має обмеження по санітарно-гігієнічних нормах.

У даному дипломному проекті представлена система центрального кондиціонера з рециркуляцією повітря. З метою зменшення втрат тепла (холоду) частина повітря, що віддаляється, надходить у камеру змішення (КЗ), де змішується зі свіжим припливним повітрям. Температура змішаного повітря визначається температурою зовнішнього повітря, що й видаляється, а також їх кількістю.

Регулювання кількості змішаного й припливного повітря производится за допомогою трьох заслінок: припливної (ПЗ), витяжної (ВЗ) і рециркуляційної (РЗ). Заслінки в припливному і витяжному каналах повинні працювати синфазно, а в рециркуляційному каналі - протифазно щодо витяжної й припливної. Це дозволяє реалізувати будь-який ступінь рециркуляції від 0 до 100 %. При повністю відкритих припливної і витяжної заслінках і повністю закритої рециркуляційній заслінці система перетворюється в прямоточну (ступінь рециркуляції 0 %). При повністю закритих припливної і витяжних заслінках і повністю відкритої рециркуляційної заслінці ступінь рециркуляції складе 100 %. Загальна витрата повітря  $G_{об}$  визначають по розрахунковій кількості, необхідному для асиміляції тепло і вологозбитків. Мінімальна кількість зовнішнього повітря

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 51   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

$G_H$  визначається розрахунками для асиміляції шкідливих парів і газів або забезпечення санітарних норм. Тоді маса рециркуляційного повітря  $G_p$  визначиться як  $G_p = G_{об} - G_H$ .

У холодний період зовнішнє повітря  $G_H$  підігрівається у повітрянагрівачі. Вологовміст повітря регулюється терморегулятором, датчик якого встановлений після камери зрошення.

Адіабатне зволоження доводить вологовміст повітря до стану П.

Максимальна теплопродуктивність повітрянагрівача першого підігріву:

$$QT1 = G_H \cdot (h_{T1} - h_H),$$

а повітрянагрівача другого підігріву:

$$QT2 = G_{об} \cdot (h_P - h_{T2}).$$

Якщо ентальпія зовнішнього повітря стає вище ентальпії рециркуляційного, те доцільно змішувати зовнішнє повітря с рециркуляційним. Далі суміш зазнає політропного охолодження із крапки  $C_{Hy}$  до крапки П за допомогою охолодження холодильною машиною.

У цьому режимі послідовність обробки повітря наступна:

$$H+V=C \rightarrow P \rightarrow V.$$

Температура повітря, що подається в каналний кондиціонер контролюється реле температури. У приміщеннях датчик температури регулює задану температуру повітря й побічно - вологість повітря.

До подачі в приміщення проводиться попередня підготовка повітря. Далі повітря подається в приміщення для асиміляції тепла й вологи. При цьому в кожне приміщення подається різна кількість повітря, змінюване системою автоматичного регулювання по датчиках, розташованих у приміщеннях.

У цій системі необхідно управляти вхідними й вихідними заслінками в кожному приміщенні, незалежно від стану заслінок в інших приміщеннях, причому припливні й витяжні заслінки повинні управлятися синхронно. Необхідно управляти також швидкістю вентиляторів, трьохходовими клапанами, водяним насосом і т.д. , двигунів вентиляторів від перегріву й загоряння.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

У центральному (загальному) каналі повітря підігрівається або охолоджується до певної температури й потім надходить у приміщення. У кожному приміщенні є датчик температури. Залежно від різниці між необхідною температурою в приміщенні й реальною температурою, обмірюваної датчиком, пристрій керування повинен встановлювати в необхідне положення вхідні й вихідні заслінки, змінюючи цим витрату повітря, що проходить через кожне приміщення.

У випадку, якщо більшість заслінок закриті, тиск у загальному каналі при незмінній продуктивності вентиляторів зростає, що приведе до неприпустимого збільшення швидкості потоку повітря через інші заслінки й виникненню акустичного шуму (свисту). Для виключення такої ситуації в загальних приточному і витяжному каналах установлені датчики статичного тиску.

По сигналах від цих датчиків змінюється швидкість обертання вентиляторів, завдяки чому тиск у каналі підтримується на постійному рівні й, отже, швидкість потоку повітря через будь-яку кількість відкритих у цей момент заслінок залишається незмінною.

Циркуляційний насос забезпечує постійну (незалежно від положення трьохходового клапана) швидкість циркуляції теплоносія через калорифер, а трьохходовий клапан регулює кількість теплоносія, що надходить для цієї мети в калорифер, пропускаючи при необхідності частина теплоносія по байпасній лінії повз нього.

Витрата повітря в приточно- витяжних системах забезпечується зміною продуктивності припливно- витяжних вентиляторів. Якщо при низькій температурі зовнішнього повітря повної потужності калорифера для підтримки заданої температури недостатньо, то знижується продуктивність (швидкість обертання) вентиляторів. Слід пам'ятати, що при зниженні швидкості обертання вентиляторів кількість, надходячого у приміщення повітря може не відповідати вимогам санітарних норм. Однак, це дозволяє забезпечити роботу каналного кондиціонера. У літній період у випадку роботи на охолодження при високій (вище розрахункової) температурі зовнішнього повітря.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Контроль запиленості фільтра оцінюється падінням тиску на ньому, яке виміряється диференціальним датчиком тиску. Датчик вимірює різницю тисків повітря до й після фільтра.

Припустиме падіння тиску на фільтрі вказується в його паспорті (звичайно 150-300 Па). Це значення встановлюють при налагодженні системи на диференціальному датчику тиску. Коли падіння тиску досягає значення уставки, від датчика надходить сигнал про граничну запиленість фільтра й необхідність його обслуговування або заміни. Якщо протягом 24 годин після видачі сигналу граничної запиленості фільтр не буде очищений або замінений, відбудеться аварійна зупинка системи.

Аналогічні датчики встановлюються на вентиляторах. Якщо вийде з ладу вентилятор або ремінь приводу вентилятора, то система буде зупинена в аварійному режимі.

Система автоматичного керування установкою центрального кондиціонування повинна виконувати наступні функції:

- керуючі (включення, вимикання, затримки);
- захисні (відключення при аваріях, попередження ушкоджень установки);
- регулюючі (підтримка комфортних умов при мінімальних експлуатаційних витратах).

Керуючі функції забезпечують виконання закладених алгоритмів нормального функціонування системи. До них ставляться функції:

- послідовність пуску;
- послідовність зупину;
- резервуючі й доповнюючі.

Послідовність пуску:

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Для забезпечення нормального пуску кондиціонера необхідно дотримувати наступної послідовності:

Попереднє відкриття повітряних заслінок:

Попереднє відкриття повітряних заслінок до пуску вентиляторів виконується у зв'язку з тим, що не всі заслінки в закритому стані можуть витримати перепад тисків, створюваний вентилятором, а час повного відкриття заслінки електроприводом доходить до 2 хв. Вхідна напруга керування електроприводом може бути 0-10 В (пропорційне позиційне керування при плавнім регулюванні) або ~24 В (~220 В) – двопозиційне керування (відкрите – закрите).

Рознесення моментів запуску електродвигунів:

Асинхронні електродвигуни мають більші пускові струми. Так, компресори холодильних машин мають пускові струми, в 7-8 раз перевищуючі робоче (до 100 А). Якщо одночасно запуснути вентилятори, холодильні машини й інші приводи, то через велике навантаження на електричну мережу будинку сильно впаде напруга, і електродвигуни можуть не запуснитися. Тому запуск електродвигунів необхідно розносити за часом.

## 11 Охорона праці

Для підтримання комфортабельних умов в будинку культури використовується центральний кондиціонер, який розміщується у венткамері. Повітря, яке подається у залу охолоджується водою. Для зняття теплового навантаження води використовується чиллер, який працює на фреоні.

Фреони і їх вплив на людину

Фреони (інша їхня назва - хлорфторуглероды) являє собою безбарвні гази або рідини, без заходу, як правило, добре розчинні в органічних розчинниках, а також у багатьох мастилах і практично нерозчинні у воді. Фреони - це суміш метану й етана, у яких атоми водню заміщаються атомами фтору й хлору.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Завдяки своїм термодинамічним властивостям, фреони знайшли широке практичне застосування як холодоносії в холодильних машинах, у кондиціонерах, у парфумерії й медицині для створення аерозолів. Усі холодоагенти, використовувані в побутових приладах, є негорючими й нешкідливими для людей речовинами. Крім використання як холодоносіїв, фреони застосовують у якості пропелантов, для гасіння пожеж (наприклад, фреон 13В1). У промисловості найчастіше використовуються фреони R-12, R-22, R-134а, R-407С, R-410А.

Склад R407С: R32 – 23%; R125 –25%; R134а –52%;

Токсичність R407С:

практично нешкідливий при вдиханні пари.

при термічній розкладанні під дією високої температури виділяє токсичні речовини.

при влученні на шкіру в рідкій фазі можливі обмороження.

По шкалі "шкідливості" фреонів Хладон R407 (Фреон R407С) ставиться до речовин А1 групи небезпеки. Ці речовини мають наркотичну дію, викликає слабкість, що переходить у порушення, сплутаність свідомості, сонливість, при більших концентраціях - задуху. При влученні на шкіру рідкий фреон може викликати "обмороження" (некроз).

#### Класифікація приміщень

Класи вибухонебезпечних зон:

Вибухонебезпечна зона - це приміщення або обмежений простір у приміщенні або зовнішній установці, у якому є або можуть утворюватися вибухонебезпечні суміші.

Якщо обсяг вибухонебезпечної суміші, що звертається в технологічному процесі, перевищує 5 % вільного обсягу приміщення або якщо при запаленні вибухонебезпечної суміші розвивається надлишковий тиск вибуху, що перевищує 5 кПа, то вибухонебезпечною зоною вважається весь обсяг цього приміщення. При меншому обсязі або при меншому тиску вибуху вибухонебезпечною зоною

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

вважається простір у межах до 5 м по горизонталі й вертикалі від технологічного апарата.

Клас вибухонебезпечної зони, згідно з яким виконуються вибір і розміщення електроустановок, в залежності від частоти і тривалості присутнього вибухонебезпечного середовища визначається технологами разом з електриками проектної або експлуатаційної організації.

Клас вибухонебезпечних зон характерних виробництв та категорія і група вибухонебезпечної суміші повинні відображатися в нормах технологічного проектування або в галузевих переліках виробництв з вибухопожежонебезпеки.

Газо-, пароповітряні вибухонебезпечні середовища утворюють вибухонебезпечні зони класів 0, 1, 2, а пилоповітряні - вибухонебезпечні зони класів 20, 21, 22.

Даний об'єкт належить до 2 класу вибухонебезпечних зон.

Вибухонебезпечна зона класу 2 - простір, у якому вибухонебезпечне середовище за нормальних умов експлуатації відсутнє, а якщо воно виникає, то рідко і триває недовго. У цих випадках можливі аварії катастрофічних розмірів (розрив трубопроводів високого тиску або резервуарів значної місткості) не повинні розглядатися під час проектування електроустановок. Частоту виникнення і тривалість вибухонебезпечного газо-, пароповітряного середовища визначають за правилами (нормами) відповідних галузей промисловості.

#### Класи пожежонебезпечних зон :

Пожежонебезпечною зоною називається простір усередині й поза приміщенням, у межах якого постійно або періодично є в обігу горючі (спаленні) речовини й у якім вони можуть перебувати при нормальному технологічному процесі або при його порушеннях.

Розрізняють 4 класу пожежонебезпечних зон: П-I; П-II; П.- ПА; П-III

Даний об'єкт належить до П-III класу пожежонебезпечних зон так як розташований поза приміщеннями, що містять горючі матеріали.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

П-Ш - розташовані поза приміщеннями, що містять горючі матеріали. Зони класу П-Ш розташовані поза приміщенням зон, у яких є в обігу горючі рідини або тверді горючі речовини.

#### Категорії приміщень і будинків по пожежобезпеці

Для правильного вибору заходів щодо пожежного захисту необхідно встановити категорію пожежної небезпеки будинку (спорудження). ЗАЛЕЖНО від категорії пожежної небезпеки будинку (спорудження) і необхідної площі поверхів встановлюють ступінь вогнестійкості будинку (спорудження), кількість поверхів, довжину шляху евакуації, і т.д.

Категорії приміщень і будинків (або частин будинків між протипожежними стінами - пожежних відсіків) виробничого й складського призначення по вибухопожежної і пожежної небезпеки встановлюють залежно від кількості й пожежовибухонебезпечних властивостей, що перебувають у них речовин і матеріалів.

Приміщення й будинку відповідно до норм технологічного проектування ОНТП 24 - 86 підрозділяються на категорії А, Б, В, Г и Д.

Данна споруда належить до категорії Д так як використовують негорючі речовини й матеріали в холодному стані.

Д - використовують негорючі речовини й матеріали в холодному стані. Допускається відносити до категорії Д приміщення, у яких перебувають горючі рідини в системах змащення, охолодження й гідроприводу встаткування не більш 60 кг в одиниці встаткування при тиску не більш 0.2 МПа, кабельні електроподводки до встаткування, окремі предмети меблів на робочих місцях.

Категорія вибухопожежоної і пожежної небезпеки приміщень і будинків визначається для найбільш несприятливого відносно пожежі або вибуху періоду, виходячи з виду приміщення, що перебувають в апаратах і, горючих речовин і матеріалів, їх кількості й пожароопасных властивостей, особливостей технологічних процесів.

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

## Класифікація приміщень по ступеню небезпеки поразки людей електричним струмом

Відносно небезпеки поразки людей електричним струмом розрізняють три категорії приміщень: приміщення без підвищеної небезпеки, з підвищеною небезпекою і особливо небезпечні. Відповідно до ПУЕ, 1-1-13 приміщення машинного виділення класифікується як приміщення з підвищеною небезпекою – сире, з відносною вологістю повітря понад 75%, температурою повітря більш 30°C; з підлогами із струмопровідних матеріалів (металеві, цегляні, бетонні), з можливістю одночасного дотику до металевих корпусів електроустаткування і заземлених металоконструкцій.

Згідно ПУЕ, на холодильних підприємствах знаходяться в експлуатації електричні установки першої групи (напругою до 1000В) /1/.

Даний об'єкт належить до класу приміщення без підвищеної небезпеки, у яких відсутні умови, що створюють підвищену або особливу небезпеку.

### Розрахунок заземлюючого пристрою.

Згідно вимогам правил пристрою електроустановок, опір захисного заземлення у будь-який час року не повинен перевищувати 4 Ом.

Пропонується наступна система заземлення.

Викопується траншея завглибшки  $t_0 = 0,5$  м. На дні траншеї забиваються вертикальні заземлители з труб діаметром  $d = 0,057$  м і довжиною  $l = 2$  м. Відстань по прямій між забитими трубами  $l' = l = 2$  м.

Визначаємо розрахункове значення питомого опору ґрунту:

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \Psi ; \text{ Омм.} \quad (11.1)$$

де  $\rho_\phi = 40$  Омм – питомий опір ґрунту (глина);

$\Psi = 1,5$  – коефіцієнт, що враховує сезонні коливання вологості ґрунту.

$$R_p = 40 \cdot 1,5 = 60 \text{ Ом}$$

Розподіл вертикального заземлення - в ряд

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Відстань від поверхні до центру заземлителя:  $t = t_0 + \frac{\ell}{2} = 0,5 + \frac{2}{2} = 1,5$  м.

Розраховуємо опір одного вертикального заземлителя  $R_0$ :

$$R_0 = \frac{\rho_{\delta}}{2\pi\ell} \left[ \ln \frac{2\ell}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t+1}{4t-1} \right] \text{ Ом} \quad (11.2)$$

$$R_0 = [60 / (2 * 3.14 * 2)] * [\ln(2 * 2) / 0.057] = 1/2 * \ln(4 * 1.5 + 1) / (4 * 1.5 - 1)] = 22 \text{ Ом}$$

Визначаємо число вертикальних заземлителів виходячи з необхідного опору системи заземлення  $R_{\text{треб}} = 4$  Ом:

$$n = \frac{R_0}{R_{\text{треб}}} ; \text{ шт.} \quad (11.3)$$

$$n = 22 / 4 = 5.6, \text{ шт.}$$

Округляємо до найближчого стандартного (2,4,6,10,20,40,60,100) значення ряду  $n = 6$  штук.

Визначаємо загальний опір вертикальних заземлителів  $R_v$ :

$$R_v = \frac{R_0}{n' \cdot \eta_v} ; \text{ Ом} \quad (11.4)$$

$$R_v = 22 / (6 * 0.65) = 5.6, \text{ Ом}$$

де  $\eta_v = 0.65$  - коефіцієнт використання вертикальних заземлителів

Визначаємо довжину горизонтального смуги (шини)  $L$  при розміщенні заземлителів в ряд:

$$L = (n' - 1) \cdot \ell' ; \text{ м}$$

$$L = (6 - 1) * 2 = 10 \text{ м}$$

Визначаємо опір горизонтального заземлителя:

$$R_{\Gamma} = \frac{\rho_{\delta}}{2\pi \cdot L \eta_{\Gamma}} \cdot \ln \frac{L^2}{t_0 \cdot d} ; \text{ Ом} \quad (11.5)$$

$$R_{\Gamma} = [60 / (2 * 3.14 * 10 * 0.72)] * [\ln * (10^2 / (0.5 * 0.057))] = 13.14 \text{ Ом}$$

де  $\eta_{\Gamma} = 0.72$  – коефіцієнт використання горизонтального заземлителя

Визначаємо загальний опір системи заземлення:

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

$$R_{сист} = \frac{R_g \cdot R_{\Gamma}}{R_g + R_{\Gamma}} ; \text{ Ом} \quad (11.6)$$

$R_{сист} = (13,14 \cdot 5,6) / (13,14 + 5,6) = 3,96 \text{ Ом}$

Оскільки  $R_{сист} < 4 \text{ Ом}$ , отже система заземлення розрахована вірно.\

Класифікація електротехнічного й електроного устаткування по способу захисту від поразки електричним струмом

Дежстандарт МЭК 536-94 визначає класи встаткування.

Поділ на класи відбиває не рівень безпеки встаткування, а лише вказує на те, яким способом здійснюється захист від поразки електричним струмом.

#### Устаткування класу

Устаткування, у яким захист від поразки електричним струмом забезпечується основною ізоляцією, при цьому відсутнє електричне з'єднання відкритих провідних частин, якщо такі є, із захисним провідником стаціонарної проводки. При пробі основної ізоляції захист повинна забезпечуватися навколишнім середовищем (повітря, ізоляція підлоги й т.п.).

#### Устаткування класу I

Устаткування, у яким захист від поразки електричним струмом забезпечується основною ізоляцією й з'єднанням відкритих провідних частин, доступних дотику, із захисним провідником стаціонарної проводки. У цьому випадку відкриті провідні частини, доступні дотику, не можуть виявитися під напругою при ушкодженні ізоляції після спрацьовування відповідного захисту.

#### Устаткування класу II

Устаткування, у яким захист від поразки електричним струмом забезпечується застосуванням подвійної або посиленої ізоляції.

В устаткуванні класу II відсутні засоби захисного заземлення й захисні властивості навколишнього середовища не використовуються в якості заходу забезпечення безпеки.

#### Устаткування класу III

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Устаткування, у якому захист від поразки електричним струмом заснована на живленні від джерела безпечної наднизької напруги й у якому не виникають напруги вище безпечної наднизької напруги.

На данному об'єкті використовується устаткування класу II.

### Пожежна профілактика

Класифікація виробництва по ступеню вибуховий, взривопожарної і пожежній небезпеці.

Одним з найбільш важливих завдань пожежного захисту є захист будівель і споруд від руйнувань і забезпечення їх достатньої стійкості в умовах високих температур при пожежі.

Всі виробництва по взривопожарної і пожежній небезпеці, згідно класифікації, діляться на 5 категорій. Машинні і апаратні відділення хладонових установок відносять до категорії Д, яка характеризується застосуванням речовин, що не згорають і матеріалів в холодному стані

Будівлі і конструкції по вогнестійкості підрозділяються на 8 ступенів. Основні конструкції будівель холодильників повинні бути II ступеню вогнестійкості з матеріалів, що не згорають.

Основними причинами пожеж технічного характеру є:

- а) несправність електроустаткування (коротке замикання, перевантаження);
- б) погана підготовка устаткування до ремонту;
- в) недотримання графіка планового ремонту, знос і корозія устаткування, порушення технологічного режиму

### Пожежна автоматична сигналізація

Пожежна сигналізація є важливим заходом запобігання великих пожеж. При відсутності пожежної сигналізації від моменту виявлення пожежі до виклику пожежних підрозділів проходить великий проміжок часу, що в більшості випадків приводить до повного охоплення приміщення полум'ям. Основне завдання автоматичної пожежної сигналізації - виявлення початкової стадії пожежі,

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 62   |

передача повідомлення про місце й часу його виникнення й при необхідності включення автоматичних систем пожежогасіння.

У цей час найбільш часто використовують теплові, димові, світлові й звукові пожежні повідомлювачі.

Запобігання розвитку пожежі здійснюється не тільки від швидкості його виявлення, але й від вибору засобів способів пожежогасіння.

#### Засоби гасіння пожеж

Для придушення процесу горіння можна знижувати зміст горючого компонента, окиснювача (кисню повітря), знижувати температуру процесу або збільшувати енергію активації реакції горіння.

Автоматичні стаціонарні установки пожежогасіння залежно від використовуваних вогнегасільних речовин підрозділяють на водяні, пінні, газові й порошкові. Найбільш широке поширення одержали установки водяного й пінного гасіння двох типів спринклерні й дренчерные.

На об'єкті використовуються сплинкерна система гасіння пожеж.

Спринклерна установка - найбільш ефективний засіб гасіння звичайних горючих матеріалів у початковій стадії розвитку пожежі. Спринклерні установки включаються в роботу автоматично при підвищенні температури в обсязі, що захищається, вище заданого межі. Уся система складається із трубопроводів, що прокладаються під стелею приміщення й спринклерних зрошувачів, розташовуваних на трубопроводах із заданою відстанню друг від друга.

Спринклерна установка спрацьовує над вогнищем пожежі, а дренчерная зрошує водою весь об'єкт, що захищається.

Вогнегасники є одним з найбільш ефективних первинних засобів пожежогасіння. ЗАЛЕЖНО від, що заряджається речовини вогнегасники підрозділяються на п'ять видів: водні, пінні, вуглекислотні, порошкові, хладоновые.

#### Пожежобезпека:

1) Розрахувати кількість вогнегасників з вуглекислотою для приміщень наступного обсягу  $V=180.5 \text{ м}^3$ ;

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
|      |      |          |        |      |                                | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                |      |

Розраховуємо кількість газового складу вуглекислоти:

$$G_r = 1,25 * G_v * V_n * K_y = 1,25 * 0,7 * 180,5 * 1,5 = 236,9 \text{ кг}; \quad (11.7)$$

$G_v = 0,7 \text{ кг/м}^3$  - концентрація газового складу вуглекислоти;

$K_y = 1 \dots 2$  - коэф. враховуючий особливість газообміну проникнення вуглекислоти через щілини, нещільності;

Розраховуємо кількість балонів:

$$N_{\text{бр.сч.}} = G_r / (V_b * \rho * \alpha_n) = 236,9 / (40 * 0,625 * 1) = 9,5 \text{ шт.}; \quad (11.8)$$

$V_b = 40 \text{ л}$  - обсяг 1- го балона;

$\rho = 0,625 \text{ кг/л}$  - щільність способу гасіння;

$\alpha_n = 1$  - коэф. наповнення балона (100%);

ухвалюємо число балонів = 10 шт.;

#### Виробнича санітарія

Основним завданням виробничої санітарії є вивчення причин, умов і виробничих факторів, що негативно впливають на здоров'я працюючих, підготовка заходів, спрямованих на попередження професійних захворювань, оздоровлення умов праці й підвищення його продуктивності. Відповідно до системи стандартів безпеки праці (ССБП) умови праці характеризуються відсутністю або наявністю небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Небезпечним вважається фактор, вплив якого на працюючого може привести до травми, шкідливих - до захворювань. Обидві категорії небезпечних виробничих факторів можна підрозділити на чотири групи:

фізичні, до яких ставляться шум, пил, вібрація, жара, холод і ін.

Хімічні, які можуть викликати гострі й хронічні отруєння й ін.;

біологічні, що є причиною інфекційних захворювань.

психофізіологічні, які можуть викликати фізичні й нервові перевантаження

ЗАЛЕЖНО від ступеня впливу перерахованих факторів на працюючих будівельні роботи класифікують як важкі, шкідливі, особливо важкі й особливо шкідливі.

Температурний режим повітряного середовища робочих місць

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Температурний режим повітряного середовища робочих місць у виробничих приміщеннях повинен відповідати вимогам діючих будівельних норм і правил (СНіП 2.04.05-86).

Температура повітря в робочій зоні виробничих приміщень повинна бути в межах від +17 до +22°C при легкій роботі й від +13 до +18°C при важкій роботі.

#### Вентиляція:

Розрахувати продуктивність системи вентиляції в приміщенні із заданими параметрами з обліком тах розташування робочих місць з устаткуванням.

Вихідні дані:

Розрахувати продуктивність системи вентиляції в приміщенні із заданими параметрами з обліком тах розташування робочих місць з устаткуванням.

Вихідні дані:

Довжина  $L=7520$  мм;

Ширина  $B=6000$  мм;

$H_p=4000$  мм; - висота стель;

Обсяг приміщення:

$V=L*B*H_p=7,52*6*4=180,5$  м<sup>3</sup>;

Визначаємо витрата повітря при вступі в приміщення збитків тепла:

$L=k*V$ ;

$L_{\text{прип}}=180,5*3=541,5$  м<sup>3</sup>/год

$L_{\text{вит}}=180,5*5=902,5$  м<sup>3</sup>/год

$k$ -кратність циркуляції, 1/год

$k_{\text{прип}}=3$  1/год

$k_{\text{вит}}=5$  1/год

Потужність електродвигуна вентилятора:

$N=(K*L*N*10^{-6})/(3,6*\eta_{\text{вент}}*\eta_{\text{прив.}})$ ;

$K=1,05\dots 1,5$  - коэф. запасу;

$N=300$  Па; - опір ;

$\eta_{\text{вент}}=0,6$ ;

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 65   |

$$\eta_{\text{прив}}=0,95;$$

$$N_{\text{прив}}=(1,2*541,5*300*10^{-6})/(3,6*0,6*0,95)=0,95 \text{ кВт};$$

$$N_{\text{вит}}=(1,2*902,5*300*10^{-6})/(3,6*0,6*0,95)=1 \text{ кВт}.$$

Виробниче освітлення. Норми освітленості приміщень і робочих місць  
Освітлення має важливе санітарно-гігієнічне значення. Зі збільшенням ступеня освітленості підвищується продуктивність праці (іноді на 15 % і більш) і якість робіт, знижується виробничий травматизм і аварійність.

Висвітлення може бути природнім, штучним або змішаним. Штучне висвітлення підрозділяється на робоче, аварійне й охоронне, загальне й місцеве.

Найбільш сприятливим для здоров'я людини є природне висвітлення. ЗАЛЕЖНО від призначення приміщень і виду виконуваної роботи нормована освітленість приміщень може бути від 5 до 5000 лк. Кращими джерелами штучного світла є люмінесцентні лампи. При відключенні мережі для тимчасового висвітлення робочих місць можна використовувати аварійне висвітлення.

#### Освітлення:

Розрахувати систему штучного освітлення для приміщення вентиляційної камери.

Вихідні дані:

$$\text{Довжина } L=7520 \text{ мм};$$

$$\text{Ширина } B=6000 \text{ мм};$$

$$H_p=4000 \text{ мм}; - \text{ висота стель};$$

$$H_p=1500 \text{ мм}; - \text{ висота від підлоги до робочої зони};$$

Розраховуємо площу приміщення:

$$S=L*B=7,52*6=45,12 \text{ м}^2;$$

Вибираємо тип джерела світла – люмінесцентні лампи;

Визначаємо висоту світильника над робочою зоною:

$$H_{\text{раб}} = H - h_{\text{раб}}=4-1,5=2,5 \text{ м};$$

Визначаємо відстань між центрами світильників:

$$L_k/H_{\text{раб}}=1,4 - \text{ постійний коефіцієнт для люмінесцентних світильників};$$

|      |      |          |        |      |                                |      |
|------|------|----------|--------|------|--------------------------------|------|
|      |      |          |        |      | <i>КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19</i> | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                                | 66   |

$$L_k=1,4 * H_{\text{раб}}=1,4 * 2,5=3,5 \text{ м};$$

Визначаємо приблизне число світильників:

$$N=S/L_k^2=45,12/12,25=3,68 \text{ шт.};$$

Ухвалюємо число світильників =4 шт;

Визначаємо світловий потік світильників:

$$\Phi_{\text{л}}=(100 * E_n * S * Z * K)/N * \eta=(100 * 300 * 45,12 * 1,1 * 1,4)/4 * 41=12710 \text{ лм};$$

$E_n=300$  лк - норма освітлення; [1]

$Z=1,1$  - коэф. нерівномірності освітлення;

$K=1,4$  - коэф. запасу;

$N$  - число ламп;

$\eta=41\%$  - коэф. використання світлового потоку ламп; [1]

ухвалюємо до установки лампи ЛБ 40 у кількості 4 шт. кожна з яких має світловий потік рівний 3120 лм;

$$\Phi_{\text{д}}=3120 * 4=12480 \text{ лм.}$$

Визначаємо відхилення світлового потоку:

$$\Delta\Phi = [\Phi_{\text{д}} - \Phi_{\text{л}} / \Phi_{\text{д}}] * 100\% = [(12480 - 12710) / 12480] * 100\% = -1,8\%;$$

Рекомендується для виробничих приміщень відхилення світлового потоку в наступному діапазоні -10%...+20%;

Визначаємо потужність усієї системи висвітлення:

$$P=N * n * P_{\text{л}} = 4 * 4 * 40=640 \text{ Вт};$$

$N$  - число світильників;

$n$  - число ламп;

$P_{\text{л}}$  - потужність однієї лампи;

## 12 Економічна частина

Визначення мети й результатів проекту.

Цілями створення даного проекту є:

автоматизація проектування СКП у розважальному комплексі;

здійснення легкого доступу до системи кондиціонування;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 67   |

Організаційне обґрунтування проекту.

Класифікаційна оцінка проекту:

- клас - монопроект, тому що проект орієнтований на певне середовище застосування;

- тип - техніко - економічний, тому що характеризується показниками швидкості, продуктивності, зниженням собівартості, збільшенням продуктивності роботи;

- вид - комбінований, тому що містить дослідницький, інноваційний і ін. види;

- тривалість - короткостроковий, тому що створюється за порівняно малі строки;

- по ступені складності СКП комплексу може бути віднесений до 3-її групи складності ;

рівень - локальний:.

Навколишнє середовище проекту - сукупність зовнішніх і внутрішніх факторів, що роблять вплив на проект:

Внутрішні фактори: помилки проектування, недолік матеріалів, зміни технології (поява нових технологій кондиціонування, більше раціональних).

Зовнішні фактори: соціальні (зміни в перевагах), політичні (політичні реформи, зміна влади й т.д.).

Проект не відокремлений від навколишніх умов, тому необхідно заздалегідь вивчити об'єкт і його навколишнє середовище .

Результатом готового проекту буде розроблена програма, що здійснює розробку СКП.

#### Життєвий цикл проекту

Життєвий цикл проекту - послідовність фаз проекту, що задається виходячи з потреб керування проектом.

Будь-який проект проходить через певні етапи у своєму розвитку. Стадії життєвого циклу проекту можуть різнитися залежно від сфери діяльності й

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

прийнятої системи організації робіт. Однак, у кожного проекту можна виділити початкову (передінвестиційну) стадію, стадію реалізації проекту й стадію завершення робіт із проекту.

### Економічний розрахунки витрат

#### Розрахунки капітальних витрат

Капітальні вкладення - це одноразові витрати на створення системи кондиціонування повітря.

Капітальні вкладення на обладнання включають:

$$K_{об} = K_{вар} + K_{т} + K_{м} + K_{пр} + K_{буд}, \text{ грн} \quad (12.1)$$

де  $K_{вар}$  - вартість устаткування, грн;  $K_{т}$  - транспортні витрати (можна прийняти 10% від загальної вартості устаткування);

$K_{м}$  - витрати на монтажні роботи (можна прийняти 20% від вартості устаткування);

$K_{пр}$  - вартість проектних робіт можна прийняти 15% від вартості устаткування.

$K_{буд}$  - капітальні вкладення на будівництво;

$$K_{буд} = C_{п} * F, \text{ грн;} \quad (12.2)$$

$C_{п}$  - питома вартість будівельних робіт, грн/м<sup>2</sup>;

$F$  - площа, займана обладнанням (включаючи проходи для обслуговування), м<sup>2</sup>;

$$K_{буд} = 100 * 45,12 = 4512 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків зводяться в таблицю :

| Найменування обладнання | Ціна за одиницю, грн | Одиниці виміру | Кількість одиниць | Загальна вартість обладнання, грн |
|-------------------------|----------------------|----------------|-------------------|-----------------------------------|
|                         |                      |                |                   |                                   |

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 69   |

|                                   |        |     |     |         |
|-----------------------------------|--------|-----|-----|---------|
| Центральний кондиціонер<br>McQuay | 441000 | шт. | 1   | 441000  |
| ККБ Aermec                        | 274600 | шт. | 1   | 274600  |
| Бляшані повітряводи               | 176    | м.  | 130 | 22880   |
| Повітророзподільні<br>решітки     | 44     | шт. | -   | 271590  |
| Усього вартість обладнання        |        |     |     | 1033060 |
| Транспортні витрати               |        |     |     | 187460  |
| Витрати на монтажні роботи        |        |     |     | 274920  |
| Вартість проектних робіт          |        |     |     | 131190  |
| Вартість будівельних робіт        |        |     |     | 161250  |
| УСЬОГО капітальних вкладень       |        |     |     | 1787880 |

Розрахунки експлуатаційних витрат:

Вартість річної витрати допоміжних матеріалів:

$$C_M = C_{M1} + C_{M2}, \text{ грн.} \quad (12.3)$$

де  $C_{M1}$  - вартість річної витрати хладагента на поповнення системи, грн;

$C_{M2}$  - вартість, що витрачається за рік фільтруючого матеріалу, грн.

$$C_{M1} = 0,1 \cdot V \cdot \text{Ц}_{\text{х.а}}, \text{ грн;} \quad (12.4)$$

Де: 0,1-10% від обсягу заповнення системи;

V- Обсяг хладагента, що заправляється в систему, кг;

$\text{Ц}_{\text{х.а}}$ - вартість 1 кг хладона, грн;

$$C_{M1} = 0,1 \cdot 10 \cdot 232,3 = 232,3 \text{ грн.}$$

$$C_{M2} = \frac{\tau \cdot F \cdot \text{Ц}_M}{t_{cp}}, \text{ грн.} \quad (12.5)$$

Де:  $\tau$  - тривалість роботи фільтра за рік годин;

F - робоча поверхня фільтруючого матеріалу,  $\text{м}^2$ ;

$\text{Ц}_M$ - вартість 1  $\text{м}^2$  фільтруючого матеріалу, грн;

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

$t_{cp}$  - тривалість роботи фільтруючого матеріалу, годин;

$$C_{m2} = 1159 * 5,98 * 14 / 116 = 836 \text{ грн};$$

$$C_m = 232,3 + 836 = 1068,780 \text{ грн};$$

Вартість річної витрати електроенергії

$$C_e = 0,7 N_y \cdot T_e \cdot C_e, \text{грн}; \quad (12.6)$$

$N_y$ - сумарна встановлена потужність , кВт;

$T_e$ - кількість годин роботи за рік , год/рік;

$C_e$ - плата за 1 кВт/год споживаної електроенергії , грн/кВт;

0,7 - середнє значення коефіцієнта використання потужності;

$$N_y = N_{уст.1} + N_{уст.2} \quad (12.7)$$

$N_{уст}$ - потужність установки , кВт;

$$N_e = 15 + 31,2 = 46,2 \text{ кВт};$$

$$C_e = 0,7 * 0,3 * 46,2 * 2920 = 28330 \text{ грн};$$

Вартість річних витрат на воду:

$$C_b = V * t_y * C_b * 10^{-3}; \quad (12.8)$$

$V$  - витрата води на підживлення, м<sup>3</sup>/год;

$t_y$  - кількість годин роботи в режимі зволоження;

$C_b$  - ціна 1 м<sup>3</sup> води.

$$C_b = 1080 * 2920 * 1,5 * 10^{-3} = 4730,4 \text{ грн};$$

Вартість річних витрат на сервісне обслуговування кондиціонерів

Кондиціонер вимагає обов'язкового сервісного обслуговування, яке проводиться два рази на рік .Вартість обслуговування установки й плановий ремонт становить 5 - 7% від вартості устаткування. Сума річних витрат на сервіс складе 49796 грн.

Амортизаційні відрахування

Амортизаційні відрахування складають 20% від вартості обладнання:

$$C_a = 0,2 \cdot 683724 = 136744 \text{ грн}.$$

Інші відрахування приймаємо 3% від суми експлуатаційних витрат:

$$C_{пр.} = 0,03 \cdot 29398 = 882 \text{ грн}.$$

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 71   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Результати розрахунків зводимо в таблицю:

| Найменування статей витрат  | Величина     |
|---|--------------|
| Допоміжні витрати, грн/рік  | 1068,7       |
| Вартість річної витрати електроенергії, грн/рік                     | 28330        |
| Вартість річних витрат на сервісне обслуговування й ремонт, грн/рік | 38796        |
| Амортизаційні відрахування, грн/рік                                 | 12744        |
| Інші витрати, грн/рік   | 882          |
| <b>УСЬОГО експлуатаційні витрати, грн/рік</b>                       | <b>42500</b> |

#### Розрахунки строку окупності капітальних вкладень

Після того як була встановлена система кондиціонування повітря покращилися температуро-вологісний режим в будинку культури. У зв'язку із цим збільшилася відвідуваність та покращилась робота персоналу і збільшився прибуток центру. Вона склав 350000 грн. Отже, строк окупності капітальних вкладень складе:

$$T = \frac{K}{P}, \text{ років;} \quad (12.9)$$

де: К - капітальні витрати, грн.;

П - збільшення прибутку, грн.;

$$T = 995920 / 350000 = 2.85 \text{ роки;}$$

С+трок окупності капітальних вкладень становить 3 роки

Економічна ефективність СКП

$$e = \frac{\dot{I}}{\hat{E}}; \quad (12.10)$$

$$e = 350000 / 995920 = 0.36$$

| ПОКАЗНИКИ                                       | Проект |
|---|--------|
| Продуктивність по повітрю, м <sup>3</sup> /год. | 14400  |

|   |         |
|---|---------|
| Холодопродуктивність, кВт                 | 76      |
| Встановлена потужність, кВт               | 38,5    |
| Капітальні вкладення, грн.                | 1787880 |
| Споживання електроенергії, кВт*г/рік      | 94000   |
| Річні експлуатаційні витрати, грн.        | 42500   |
| Економічна ефективність СКП               | 0.30    |
| Строк окупності капітальних вкладень, рік | 3,5     |

Висновок: В данному розділі проведена класифікаційна оцінка проекту, представлені цілі створення даного проекту і етапи виконання проекту. Техніко-економічне обґрунтування проекту показує доцільність вибору даної системи кондиціонування. Надається загальна вартість обладнання та вартість інших робіт. Розрахована вартість річної витрати допоміжних матеріалів, електроенергію, воду та сервісне обслуговування кондиціонерів. Проведено розрахунки строку окупності капітальних вкладень який складає 3 роки. Отже вибір даної системи є доцільним і забезпечить комфортні умови відвідувачів и службовців адмінбудівлі.

### 13 Цивільний захист

Визначення, причини виникнення та класифікація надзвичайних ситуацій.

Постановою Кабінету Міністрів України № 1099 "Про порядок класифікацій надзвичайних ситуацій" затверджено "Положення про класифікацію надзвичайних ситуацій". Згідно з цим положенням, за характером походження подій, що зумовлюють виникнення надзвичайних ситуацій на території України, розрізняють 4 класи надзвичайних ситуацій: техногенного, природного, соціально-політичного та військового характеру. Кожен клас надзвичайних ситуацій поділяється на групи, які містять конкретні їх види:

1. Надзвичайні ситуації техногенного характеру - це наслідок транспортних аварій, катастроф, пожеж, неспровокованих вибухів чи їх загроза, аварії з викидом

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 73   |

(загрозою викиду) небезпечних хімічних, радіоактивних, біологічних речовин, раптового руйнування споруд та будівель, аварій на інженерних мережах і спорудах життєзабезпечення, гідродинамічних аварій на греблях, дамбах тощо.

2.Надзвичайні ситуації природного характеру — це наслідки небезпечних геологічних, метеорологічних, гідрологічних, морських та природних явищ, деградації ґрунтів чи надр, природних пожеж, змін стану повітряного басейну, інфекційних захворювань людей, сільськогосподарських тварин, масового ураження сільськогосподарських рослин хворобами чи шкідниками, зміни стану водних ресурсів та біосфери тощо.

3.Надзвичайні ситуації соціально-політичного характеру — це ситуації, пов'язані з протиправними діями терористичного та антиконституційного спрямування: здійснення або реальна загроза терористичного акту (збройний напад, захоплення і затримання важливих об'єктів ядерних установок і матеріалів, систем зв'язку та телекомунікації, напад чи замах на екіпаж повітряного чи морського судна), викрадення (спроба викрадення) чи знищення суден, встановлення вибухових пристроїв у громадських місцях, викрадення зброї, виявлення застарілих боєприпасів тощо.

4.Надзвичайні ситуації воєнного характеру - це ситуації, пов'язані з наслідками застосування зброї масового ураження або звичайних засобів ураження, під час яких виникають вторинні фактори ураження населення

внаслідок зруйнування атомних і гідроелектричних станцій, складів і сховищ радіоактивних і токсичних речовин та відходів, нафтопродуктів, вибухівки, сильнодіючих отруйних речовин, токсичних відходів, транспортних та інженерних комунікацій:

5.Надзвичайна ситуація об'єктового рівня - це НС, яка не підпадає під зазначеш вище визначення, тобто така, що розгортається на території об'єкта або на самому об'єкті, її наслідки не виходять за межі об'єкта або його санітарно-захисної зони.

Основна частина

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         | 74   |

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій на території дома культури.

Найбільш ефективний засіб зменшення шкоди та збитків, які несе дом культури і кожна окрема особа в результаті НС, — запобігати їх виникненню, а в разі виникнення проводити заходи, адекватні ситуації, що склалася.

Запобігання виникненню надзвичайних ситуацій, потрібно підготувати та реалізувати комплекс заходів, спрямованих на регулювання безпеки, проведення оцінки рівнів ризику, завчасне реагування на загрозу виникнення НС на основі даних моніторингу (спостережень), експертизи, досліджень та прогноз щодо можливого перебігу подій із метою недопущення їх переростання у НС або пом'якшення її можливих наслідків.

Єдина державна система запобігання і реагування на надзвичайні ситуації (СДСЗР) здійснює нагляд за забезпеченням техногенної безпеки на території дома культури, організовує проведення робота із запобігання НС техногенного походження і реагування у разі їх виникнення з метою захисту території та службовців в палаці культури, зменшення матеріальних витрат. Проводиться збір та аналітична обробка інформації про надзвичайну ситуацію, для того щоб оцінити ситуацію у якій зараз знаходиться територія дома культури.

У виконанні робіт, пов'язаних із запобіганням і реагуванням на НС, беруть участь також добровільні громадські об'єднання з відповідним рівнем підготовки, підтвердженого в атестаційному порядку. Свої дії вони узгодили з територіальними органами та уповноваженими з питань НС та цивільного захисту населення, а роботи виконувати під їх керівництвом.

Заходи щодо захисту території дома культури, плануються та проводяться по всій території палацу культури, охоплюють усіх службовців. У цей же час характер та зміст захисних засобів встановлюється залежно від ступеня загрози, місцевих умов із урахуванням важливості виробництва для безпеки службовців та відвідувачів, інших економічних та соціальних чинників. Цей розподіл здійснює Кабінет Міністрів України.

Для території дома культури, встановлені наступні категорії:

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 75   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

- особливої важливості;
- першої категорії;
- другої категорії.

Основні заходи щодо захисту населення плануються та здійснюються завчасно і мають випереджувальний характер. Це стосується, перш за все, підготовки, підтримання у поспійній готовності індивідуальних та колективних засобів захисту, їх накопичення, а також підготовки до проведення евакуації службовців та відвідувачів із зон підвищеного ризику дома культури.

- управління діяльністю службовців, усього населення при загрозі та виникненні надзвичайних ситуацій;

- захист населення та територій від наслідків аварії, катастроф, стихійного лиха;

- медичне обслуговування;

- навчають службовців засобам захисту і діям в умовах надзвичайних ситуацій;

- розробку і своєчасне введення режимів діяльності в умовах радіаційного, хімічного та біологічного зараження

- санітарну обробку;

- знезараження територь, споруд, обладнання, сировини, матеріалів готової продукції;

- готують сили та засоби і ведення рятувальних і інших невідкладних робіт на території дома культури;

- забезпечують населення інформацією про характер і рівень небезпеки, порядок поведінки; морально-психолопчну підготовку і заходи щодо підтримування високої психолопчної стійкості людей в екстремальних умовах;

- заходи, спрямовані на попередження, запобігання або послаблення несприятливих для людей екологічних наслідків надзвичайних ситуацій та інші заходи.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 76   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

Усі ці заходи організуються державною виконавчою владою, органами управління цивільної оборони при чіткому погодженні між ними заходів, що проводяться. Керівники підприємства, організації є безпосередніми виконавцями цих заходів. Заходи розроблені завчасно, відображаються у планах цивільної оборони і виконуються в період загрози та після виникнення надзвичайної ситуації.

З метою недопущення гибелі людей, забезпечення їх нормальної життєдіяльності у надзвичайній ситуації передусім проведено оповіщення населення про можливу загрозу, а якщо необхідно, - організовано евакуацію.

Евакуація — це організоване виведення чи вивезення з небезпечних зон. Безпосередньо евакуацією займається штаб цивільної оборони, усі

організаційні питання вирішують евакуаційні комісії. Евакуація розпочинається після прийняття рішення начальником цивільної оборони, надзвичайною комісією або органами влади.

Діти евакуюються разом з батьками.

Про початок та порядок евакуації службовців сповіщається по мережі сповіщення. Отримавши повідомлення про початок евакуації, беруть речі Воєнізовані формування і ЦО включають підрозділи радіаційної, хімічної, біологічної, інженерної розвідки. Завданнями цих підрозділів є виявлення загального стану в комплексі і визначення меж зараження, руйнування, пожеж. Аварійно-рятувальні й лікувально-евакуаційні заходи проводяться як доповнення до тих заходів, які виконувалися підрозділами ЗС, ЦО, медичних установ при проведенні спеціальних та інших невідкладних робіт в осередках надзвичайних ситуацій. Ці роботи, як правило, виконуються населенням, яке опинилося в осередку або на шляху поширення зараженого повітря, пожежі, повені тощо. Локалізація й гасіння пожеж проводяться з метою збереження матеріальних цінностей держави й окремих громадян протипожежними формуваннями ЗС, ЦО, Міністерства внутрішніх справ, Міністерства з надзвичайних ситуацій, Міністерства охорони навколишнього середовища з

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 77   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

залученням до цих робіт робітників, службовців і населення, що проживав поблизу надзвичайної ситуації.

Для локалізації пожежі створюються протипожежні смути одночасно на кількох ділянках шириною 6-8 м. При наявності часу протипожежні смути поширюються до 20-40 м перед фронтом і до 8-10 м на флангах і в тилу пожеж. Для гасіння пожежі можуть бути застосовані вибухові речовини.

**Висновок:** Проведений аналіз, запобігання НС, дозволяє зробити висновок, що до захисту службовців і території в умовах надзвичайної ситуації необхідно виконати наступні заходи:

1. Збір та аналітична обробка інформації про надзвичайну ситуацію яка склалася на території дома культури.
2. Прогнозування та оцінка соціально-економічних наслідків надзвичайних ситуацій на території дома культури.
3. Організація захисту службовців, відвідувачів і території дома культури від надзвичайної ситуації, надати невідкладну психологічну, медичну й іншу допомогу потерпілим.
4. Оперативне оповіщення службовців та відвідувачів про виникнення або погрозу виникнення надзвичайної ситуації, своєчасне достовірне інформування про обстановку.
5. Проведення невідкладних робіт і ліквідації наслідків надзвичайної ситуації на територіях дома культури.
6. Надати оперативну допомогу потерпілим у випадку виникнення несприятливих побутових або нестандартних ситуацій в домі культури.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 78   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

## Перелік літератури

1. Kibert C. Construction Ecology. Nature as the basis for green buildings. [Spon press]. Canada, 2007. 328 p.
2. Дячук О. «Утилізація тепла і енергоефективність систем вентиляції»
3. Енергоефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання при опаленні та охолодженні [Текст]: ДСТУ Б EN ISO 13790:2011.– На заміну ГОСТ 26629.85; чинний з 01.01.2013. – К. : НДІБК, 2011. – 229 с.
4. Development of a data model for consumption analysis and prediction of large-scale commercial building / [Fangting Song, Yi Jiang, Anne Le Mouel and other] // Building Simulation, 2007. - P. 1601-1609.
5. Проектування. Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції [Текст]. ДСТУ Н Б А.2.2.5:2007.– Уведено вперше ; чинний від 2008.07.01. – К. : Мінрегіонбуд України, 2008. – 44 с.
6. ДБН В.2.2-9:2018 – Громадські будинки та споруди.
7. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинні від 01.01.2014. – Київ: Укрархбудінформ, 2013. – V, 141 с.
8. ДСТУ Б EN 15251:2013. Розрахункові параметри мікроклімату приміщень для проектування та оцінки енергетичних характеристик будівель по відношенню до якості повітря, теплового комфорту, освітлення та акустики. – Чинні від 01.01.2013. – Київ: Укрархбудінформ, 2012. – 71 с.
9. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Чинні від 01.11.2011. – Київ: Укрархбудінформ, 2011. – IV, 123 с.
10. Липа А. И. Кондиционирование воздуха: теоретические основы / А. И. Липа. – Одесса, ВМВ, 2015. – 607с.
11. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха з чиллерами і фанкойлами / Белова Е.М. – М.: Євроклімат, 2003р. – 400.
12. Семенов Ю.В. Системы кондиционирования воздуха з поверхневими повітряохолоджувачами / М. : ТЕХНОСФЕРА, 2014 р. - 272 с.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУІКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 79   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |

13. Павленко В. М., Ткаченко Д. О. Оцінювання ефективності використання рекуператора в системах вентиляції офісних приміщень – 2018р.
14. Е.В. Стефанов «Вентиляція і кондиціонування повітря», 2005 р
15. Ратушняк Г. С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 122 с
16. І.А. Пономарчук. Вентиляція та кондиціонування повітря: Навчальний посібник/ Пономарчук І.А., Волошин О.Б. – Вінниця: ВНТУ, 2004.- 121с.
17. Вентиляція офісу - як це виглядає. – Режим доступу: <https://ventportal.com/ua/node/528>
18. Вентиляція і кондиціонування повітря. – Режим доступу: <https://buklib.net/books/35231/>
19. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
20. Кондиціонування та вентиляція повітря Е. Г. Братуга, А. М. Ганжа, О. В. Круглякова, В. В. Чубарова Харків : НТУ «ХП», 2009. 128 с.

|      |      |          |        |      |                         |      |
|------|------|----------|--------|------|-------------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУіКП.1.490-03.2.19 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                         | 80   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                         |      |