

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 оздоровчого комплексу у м. Дніпрі

Здобувача Осадча М.П.

(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕН-141а групи

Керівник доц. каф. ХУКП Подмазко О.С.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: проф. каф. ХУКП Хмельнюк М.Г.

доц. каф. ХУКП Когут В.О.

(посада, прізвище та ініціали)

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від 28.05.2026 р. протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП \_\_\_\_\_ Михайло ХМЕЛЬНЮК

(назва кафедри)

(підпис)

(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

# ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

|                      |                                                                 |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Інститут             | Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського |
| Кафедра              | Холодильні установки 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.

«16» березня 2026 р.

## ЗАВДАННЯ

### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Осадча Марина Павлівна

- Тема роботи Проект системи кондиціонування повітря оздоровчого комплексу у м. Дніпрі  
Затверджена наказом академії від 26.09.2025 р. наказ № 499-03
- Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2026 р.
- Вихідні дані роботи: м. Дніпро; оздоровчий комплекс площею  $292 \text{ м}^2$ ; температура зовнішнього повітря в літку  $t = 31,2 \text{ }^\circ\text{C}$ ; температура в приміщеннях комплексу  $t = 22 \text{ }^\circ\text{C}$ ; робоча речовина R404a
- Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; огляд систем, що використовують штучний холод; розрахунки процесів літнього та зимового режимів; припливної та вентиляційної мережі; припливної установки; основного холодильного обладнання; автоматичне регулювання; економічних показників проекту; охорона праці; цивільний захист.
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план приміщень з витяжною та припливною вентиляцією; розріз кондиціонера; аксонометричні схеми повітропроводів; презентація

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

| Розділ             | Консультант               | Підпис, дата   |                  |
|--------------------|---------------------------|----------------|------------------|
|                    |                           | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці      | Когут В.О., доц. ХУКП     | 01.02.2026р.   | 15.05.2026 р.    |
| Цивільний захист   | Хмельнюк М.Г., проф. ХУКП | 01.02.2026р.   | 15.05.2026 р.    |
| Економічна частина | Хмельнюк М.Г., проф. ХУКП | 01.02.2026р.   | 15.05.2026 р.    |

7. Дата видачі завдання

01.02.2026 р.

Керівник \_\_\_\_\_

Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_

Осадча Марина Павлівна

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                                   | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | вступ; огляд систем, що використовують штучний холод; розріз кондиціонера                             | 15.02.2026                     | виконано |
| 2     | розрахунки процесів літнього та зимового режимів; аксонометричні схеми повітропроводів                | 15.03.2026                     | виконано |
| 3     | розрахунки припливної та вентиляційної мережі; припливної установки                                   | 01.04.2026                     | виконано |
| 4     | розрахунки основного холодильного обладнання; план приміщень з витяжною та припливною вентиляцією     | 01.05.2026                     | виконано |
| 5     | автоматичне регулювання; економічних показників проекту; охорона праці; цивільний захист; презентація | 30.05.2026                     | виконано |

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Осадча Марина Павлівна

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Подмазко Олександр Степанович

*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 Осадча Марина Павлівна

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра на тему «Проект системи кондиціювання повітря оздоровчого комплексу у м. Дніпрі»

Здобувач-дипломник: Осадча Марина Павлівна, гр. ЕН-141а

Керівник роботи: Подмазко Олександр Степанович, доцент кафедри ХУКП

Робота містить 82 с., 22 рис., 21 табл., 19 літературних джерел, 12 слайдів ілюстративного матеріалу

**Об'єкт дослідження:** Оздоровчий комплекс у м. Дніпрі

**Мета роботи:** Розробити систему кондиціювання повітря та розглянути холодильне обладнання яке використовується в оздоровчому комплексі.

Як відомо системи кондиціювання повітря (СКП) бувають, як комфортні, так і технологічні в залежності де вони використовується. Згідно теми кваліфікаційної роботи ми використовуємо комфортне кондиціювання. Вхідні данні для кваліфікаційної роботи: барометричний тиск  $P = 1010$  гПа; ентальпія зовнішнього повітря  $h = 58,6$  кДж/кг; температура зовнішнього повітря  $t = 31,2$  °С; розрахункова швидкість вітру  $1$  м/с; амплітуда добових коливань температури  $\Delta t = 12,5$  °С; ентальпія зовнішнього повітря  $h = -21,2$  кДж/кг; температура зовнішнього повітря  $t = -22$  °С. У кваліфікаційній роботі розглянуті та розраховані такі питання, такі як: огляд систем кондиціювання повітря, тепло припливи в приміщення, розрахунок повітропроводів, та елементів центрального кондиціонера. Розробленні креслення: план приміщення; розміщення центрального кондиціонера (ЦК); розрізи по ЦК та аксонометрія повітропроводів. Розглянуті питання, пов'язані з холодильним обладнання, що використовується в оздоровчому комплексі. Також в роботі приділено увагу питанням цивільного захисту, охорони праці та дана економічна оцінка проекту.

**Ключові слова:** Центральний кондиціонер, крію медицина, холодильник, повітропроводи, аксонометрія, чилер, система кондиціювання повітря, тепло навантаження, волого навантаження, робоча речовина R404a, витрата повітря, випарник, конденсатор

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 4    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## ABSTRACT

Bachelor's qualification work on the topic "Air conditioning system project for a health complex in the city of Dnipro"

Diploma applicant: Osadcha Marina Pavlivna, gr. EN-141a

Supervisor: Podmazko Oleksandr Stepanovych, associate professor of the Department of Humanities and Social Sciences

The work contains 82 pages, 22 figures, 21 tables, 19 literary sources, 12 slides of illustrative material

**Object of research:** Health complex in the city of Dnipro

**Purpose of work:** To develop an air conditioning system and consider the refrigeration equipment used in the health complex.

As is known, air conditioning systems (ACS) are both comfortable and technological, depending on where they are used. According to the topic of the qualification work, we use comfortable air conditioning. Input data for the qualification work: barometric pressure  $P = 1010 \text{ hPa}$ ; enthalpy of outdoor air  $h = 58.6 \text{ kJ/kg}$ ; outdoor air temperature  $t = 31.2 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ; calculated wind speed  $1 \text{ m/s}$ ; amplitude of daily temperature fluctuations  $\Delta t = 12.5^{\circ}\text{C}$ ; enthalpy of outdoor air  $h = -21.2 \text{ kJ/kg}$ ; outdoor air temperature  $t = -22^{\circ}\text{C}$ . The qualification work considered and calculated the following issues: review of air conditioning systems, heat inflows into the premises, calculation of air ducts, and elements of the central air conditioner. Drawings were developed: room plan; location of the central air conditioner (CA); sections along the CA and axonometry of air ducts. Issues related to refrigeration equipment used in the health complex were considered. The work also paid attention to issues of civil protection, labor protection, and an economic assessment of the project was given.

**Keywords:** Central air conditioning, cryomedicine, refrigerator, air ducts, axonometry, chiller, air conditioning system, heat load, moisture load, working fluid R404a, air flow, evaporator, condenser

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 5    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## ЗМІСТ

|                                                          |    |
|----------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                               | 7  |
| 1. ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУ.....                             | 10 |
| 2. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІЮВАННЯ ПОВІТРЯ .....       | 20 |
| 3. РОЗРАХУНОК ВЕНТИЛЯЦІЙНИХ МЕРЕЖ.....                   | 27 |
| 4.РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ .....                  | 33 |
| 5. РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ.....               | 47 |
| 6. ВИБІР СХЕМИ І ПРИЛАДІВ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ..... | 60 |
| 7. ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ.....                     | 65 |
| 8. ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                    | 70 |
| 9. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.....                                 | 74 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....                      | 81 |

|           |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |
|-----------|--|---------------|--------|------|------------------------------------------------------------------------|--|--|--|------------------|--|------|---------|--|
|           |  |               |        |      | Проект системи кондиціювання повітря оздоровчого комплексу у м. Дніпрі |  |  |  |                  |  |      |         |  |
|           |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |
|           |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |
| Змн.      |  | № докум.      | Підпис | Дата | ПОЯСНЮВАЛЬНА<br><br>ЗАПИСКА                                            |  |  |  | Літ.             |  | Маса | Масштаб |  |
| Розроб.   |  | Осадча М.П.   |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |
| Перевір.  |  | Подмазко О.С. |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |
| Т. Контр. |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |
| Реценз.   |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  | Арк.             |  | 6    | Аркушів |  |
|           |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  | ОНТУ гр. ЕН-141а |  |      |         |  |
| Н. Контр. |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |
| Затверд.  |  |               |        |      |                                                                        |  |  |  |                  |  |      |         |  |

## Вступ

Як відомо, системи кондиціювання повітря (СКП) бувають, як комфортні, так і технологічні в залежності де вони використовуюється. Згідно теми кваліфікаційної роботи ми використовуємо комфортне кондиціювання.

Кондиціювання повітря – це автоматизоване підтримка в закритих приміщеннях всіх або окремих параметрів повітря (температура, відносна вологість, чистота та швидкість руху повітря) з метою забезпечення оптимальних умов найбільш сприятливих для самопочуття людей, ведення технологічного процесу, забезпечення схоронності цінностей культури.

Для медичних приміщень відокремлюють 10 обов'язкових вимог:

1. Медичне приміщення розташоване в центральному районі міста або в рамках інших сформованих районах міста, близько до транспортних розв'язок.
2. Професійний менеджмент медичної будівлі з прозорою системою бухгалтерського обліку та системою "відкритої книги" для обліку експлуатаційних витрат, їх розподілу та відшкодування.
3. Окрема, чітко позначена вхідна група в будівлю з фойє.
4. Чистий висота стель не менше 2,7 м на площі не менше 90% використовуваних офісних приміщень.
5. Парковка (включаючи стихійну парковку на вулиці) всередині будівлі або на прилеглий до будівлі території з розрахунку не менше 1 машино місця на 100 кв.м орендованих або продаваних площ.
6. Енергопостачання приміщень, щонайменше 50 Вт на 1 кв. м площі при повному освітленні і підключеному обладнанні, забезпечене або електропостачанням по 1 категорії, або за допомогою дизель-генератора.
7. Система опалення, вентиляції та кондиціювання: щонайменше, 2-трубна (1 контур) з індивідуальним регулюванням температури для кожного офісу, забезпечує чотириразовий повітрообмін в годину (з подачею свіжого повітря).
8. Відкрите планування з сіткою колон, що забезпечує гнучкість перепланування.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 7    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

9. Оптоволоконні цифрові телефонні лінії, ISDN, Інтернет-послуги в офісній будівлі.

10. Коефіцієнт приміщень загального користування, що підлягають до оплати, не більше 12%.

Сучасна медицина все більше використовує особливі властивості лікування холодом. Джерелами є рідкий азот, кріогель, лід або холодне сухе повітря. Використання холоду в медичних цілях ґрунтується на тому, що в умовах різкого падіння температури наш організм мобілізує свої внутрішні резерви.

В результаті короткочасного і сильного охолодження кровоносні сосуди звужуються, а потім — розширюються не тільки діючі, але і резервні капіляри. В області аплікації значно покращується притік крові та обміну речовин. Крім того завдяки попередньому охолодженню шкіри посилюються лікувальні ефекти багатьох косметичних процедур та препаратів, в тому числі — антицелюлітних.

Використання холоду складає основу двох напрямків медицина - кріохірургію та кріотерапію. Хірурги використовують холод в медичних цілях наступним чином: вони практично видаляють зі шкіри рубці і бородавки, тату і кератози, а також інші дефекти. Для цього необхідні частини шкіри охолоджують за допомогою рідинного азоту до  $-180...-100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . В результаті клітини, не витримав таких температур, гинуть і відторгаються. Низька температура одночасно здійснює знеболювальний, антисептичний і кровоспинний ефекти. Крім того використання холоду допомагає стимулювати імунітет і регенерувати нові клітини на оброблених поверхнях.

Даний метод широко використовується в медичних цілях не тільки дерматологами, але і гінекологами, урологами, нейрохірургами і онкологами.

В медицині також використовується мініатюрні кріо інструменти. Такі інструменти заморожують або охолоджують до потрібної температури ділянки органів і тканин, вражених хворобою. При температурі охолоджувальної води  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  температура інструмента може сягнути  $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Для охолодження головного мозку при травмах черепа використовується термоелектричний апарат "Гіпотерм". Теплодіючий елемент має форму шолому, на внутрішній поверхні якого підтримується температура від  $-20$  до  $50^{\circ}\text{C}$ . За допомогою гіпер-гіпотермічного апарату "Крипласт" можливо стабільно підтримувати температуру на поверхні площею  $49\text{ см}^2$  в інтервалі від  $-4$  до  $50^{\circ}\text{C}$  при присутності кровообігу. Охолоджувальний елемент цього апарату має гнучку основу і гнучке з'єднання між термоелементами, що дозволяє приймати йому форму в відповідності з охолоджувальною або нагрівальною частиною тіла. Товщина виконуючого елемента складає  $10 - 12\text{ мм}$ .

В останній час в медицині використовуються кріосауни. Дія на організм людини в такій "сауні навпаки" здійснюється за допомогою сухого повітря екстремально низької температури. Поява миттєвого ефекту кріотерапії (омолодження, зниження слідів втоми) проходить за рахунок того, що у кров виділяється значна частина ендорфінів.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 1. ОСНОВНІ ВИХІДНІ ДАНІ ПРОЕКТУ

Асоціативно слово "холодильник" в нашій свідомості пов'язане лише з побутовим (максимум — торговим) обладнанням. Насправді існує безліч галузей, де буквально життєво необхідне використання холодильної та морозильної техніки. Важливі сфери, де холодильне обладнання знаходить застосування, — медицина і фармацевтика. Ця техніка ділиться на дві великі складові — фармацевтичні холодильники і медичні морозильники. Таке термінологічне розділення обумовлено сферою їх застосування. Фармацевтична ("фармакологічна") холодильна техніка служить для зберігання лікарських препаратів і речовин, біологічних зразків (сироватки, вакцини), різних реагентів для біохімічних досліджень, поживних середовищ. Виходячи з функціональної специфіки, робоча температура холодильного обладнання знаходиться вище нульової позначки за Цельсієм і охоплює діапазон 2...23 °С У випадках, коли потрібно транспортування лікарських препаратів або проб крові, не обійтися без спеціального холодильного обладнання - медичного авто холодильника. Необхідність перевозити речовини і препарати, що вимагають різних умов зберігання, обумовлює діапазон температур від –8 °С до +18 °С. Призначення медичної морозильної техніки - забезпечувати довгострокове зберігання донорської крові, її проб і компонентів. Медичні морозильники забезпечують температурний режим в межах від –85 °С до –15 °С. Різновидом медичних морозильників є швидко заморожувачі. Назва говорить сама за себе: вони призначені для швидкісної заморозки крові, плазми. Також можуть використовуватися і для зберігання компонентів крові. У багатьох виробників є комбіновані моделі. Це коли "під одним дахом" уживаються холодильна та морозильна камера — зовсім як у звичайного двокамерного холодильника.

Існують також ультра-низькотемпературні морозильники, призначені для вирішення завдань кріоконсервування — таких, як збереження крові та кісткового мозку, вірусів, моноклональних антитіл, репродуктивного матеріалу.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Їх можна назвати справжніми "богатирами заморозки" — робочі температури цих агрегатів починаються з  $-80^{\circ}\text{C}$  і можуть досягати значень  $-152^{\circ}\text{C}$ ! (Для досягнення більш низьких температур використовується рідкий азот).

Здавалося б, чим відрізняється звичайний побутовий холодильник від спеціалізованого фармацевтичного. У камері холодильника, який стоїть у нас вдома, необов'язково підтримувати необхідний температурний режим. Холод розподілений нерівномірно і коливання температури по всьому об'єму камери можуть досягати 10 градусів. Холодильник-"професіонал" позбавлений цих недоліків і володіє деякими додатковими функціями. Внутрішня і зовнішня поверхня медичних холодильників і морозильників може бути виконана з полімеру, пофарбованого алюмінію або сталі (нержавіюча, оцинкована, гальванізована). Поверхня з "нержавійки" забезпечує велику довговічність і стійкість до впливів хімічно активних субстанцій; крім того, вона простіше в обслуговуванні. У деяких моделей на поверхню нанесено акрилове покриття, відоме своїми антибактеріальними властивостями. Не дивно, що цьому питанню приділяється така пильна увага, оскільки вимоги, які пред'являються у медичній техніці, на порядок жорсткіше, ніж для побутових приладів. В ультранизькотемпературних морозильниках використовується каскадна система охолодження, оскільки тільки вона може забезпечити підтримання настільки низьких температур. Спрощено принцип її дії можна описати таким чином: кілька холодильних ланцюгів, в яких конденсатор кожної наступної ланцюга охолоджується випарником попередньої. Кількість ланцюгів зазвичай не перевищує чотирьох. Каскадний холодильний агрегат використовує кілька холодоагентів з різними фізичними властивостями (наприклад, R23, R404 A). Зазвичай термоізоляційним матеріалом для медичного холодильного та морозильного обладнання служить спінений поліуретан. Проте останнім часом все частіше можна зустріти вакуумну ізоляцію (такий же принцип використовується в посудині Дьюара, призначеному для зберігання і транспортування зріджених газів). На практиці ця технологія реалізується у

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 11   |

вигляді вакуумно-ізоляційних панелей, VIP-панелей (vacuum isolation panel). Вони складаються з безлічі осередків, розділених бар'єрної плівкою, всередині яких — вакуум. VIP-панелі володіють прекрасними ізоляційними властивостями, що дозволяє зменшити товщину стінок і дверей (якщо вона металева або пластикова), а отже, збільшити обсяг камер при тих же габаритах.

Холодильники традиційно представлені в "стоячому" виконанні. Морозильники випускаються в двох різних "форм-факторах" — горизонтальному і вертикальному. Перші ще називають скринями, а другі — шафами. Ларі більш місткі шаф при однакових лінійних розмірах, а шафи зручніше при частому зверненні до вмісту. Внутрішній об'єм холодильників може варіюватися приблизно від 160 до 1400 літрів. Морозильники менш місткі — від 100 до 800 літрів. Холодильні прилади, що мають значний об'єм, дозволяють поміщати в них різне наукове устаткування. Двері холодильної (морозильної) шафи може бути непрозорими (металевими) або скляними. Для забезпечення кращої теплоізоляції використовуються подвійні або навіть потрійні стекла. На скляні двері наноситься захисна плівка, яка перешкоджає утворенню конденсату і охороняє вміст від ультрафіолетових і інфрачервоних променів. Крім усього цього, плівка не дасть розлетітися осколкам, якщо скло буде випадково розбите. Двері можуть бути як розсувними, так і орними. Конструкція медичних холодильників забезпечує повну герметичність при їх закритті. Це дає можливість заповнення камери холодильника різними газами, що може бути корисно в тому випадку, якщо є необхідність створення особливих умов зберігання (наприклад, у випадку, якщо необхідно відсутність кисню).

Все в спеціалізованому медичному холодильному та морозильному обладнанні підпорядковано одній головній меті — збереження вмісту.

Управління температурними режимами здійснюється за допомогою мікропроцесорного регулятора. Датчик температури володіє дуже високою чутливістю, що також допомагає приладу чітко дотримуватися заданих

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

параметрів зберігання. Система циркуляції повітря, застосовувана в медичних холодильниках, влаштована таким чином, щоб забезпечувати рівномірний розподіл повітряних мас по всьому об'єму камер. Це одночасно дозволяє домагатися однорідності розподілу температури по камері і допомагає чітко дотримуватися заданого температурного режиму.

Більшість моделей медичних холодильників і морозильників мають можливість запирання (замок), щоб запобігти несанкціонованому доступу до зберігаються в них речовин. А у деяких є можливість установки другого замку для підвищеної надійності. Якщо стався збій в електропостачанні або випадково була залишена відкритою двері, то прилад дасть про це знати - передбачено візуальне і звукове сповіщення про зміну температури всередині холодильного приладу, яке має своє автономне джерело живлення. Конструктивні і технічні особливості морозильників позбавляють обслуговуючий персонал від необхідності його розморожувати. Розморожування відбувається в автоматичному режимі, без участі людини.

Деякі холодильники і морозильники мають можливість підключення до комп'ютера з метою дистанційного спостереження та управління температурним режимом.

На міжнародному ринку представлено декілька виробників спеціалізованої медичної холодильної та морозильної техніки. Кращою вважається техніка американської фірми Revco. Це найбільший поширений в світі виробник подібного обладнання з найширшим асортиментом, що включає в себе абсолютно все для медичних установ і аптек. Також великим попитом користується холодильне та морозильне обладнання, що випускається під торговою маркою SANYO. Це обладнання, як і все японське, відрізняється надійністю і завидною функціональністю. Крім перерахованих, можна також назвати фірми Frigera і WAECO. Перша — компанія з Чехії, що випускає низькотемпературне обладнання. Друга займається виробництвом медичних авто холодильників. З вітчизняних виробників можна відзначити холодильну і

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

морозильну техніку під маркою POZIS. Досить широкий асортимент та європейська якість допомогли створити їй серед професіоналів відмінну репутацію. Холодильна техніка від "Бірюса" також відома не тільки домогосподаркам, але і тим, хто займається технічним оснащенням медустанов. Також затребувані медичні морозильники російського "ЗІЛа". Трохи осібно стоїть продукція торгової марки ГЕМОТЕРМ, яка є аналогом морозильної техніки SANYO.

### ***Кріотерапія з використанням штучного холоду.***

При кріотерапевтичній процедурі охолоджується епітелій людини. Людина знаходиться в кабіні з середовищем зниженої температури (повітря, азотоповітряна суміш). Мета кріотерапії: дія на складову терморегуляції управління гомеостазом, шляхом пониження температури поверхневих шарів, що містять холодіві рецептори, до температури нижче 12 °С, вище –2 °С . Лікарем заздалегідь задається температурний рівень і глибина, на якій його необхідно досягти, також обмовляється потрібний час процедури. Температурний рівень на поверхні тіла людини відповідає приведену вище діапазону. Час процедури задається не більше трьох хвилин. Глибина цільового охолодження не виходить за рамки епітелію. В ході процедури, охолоджується переважно тонкий поверхневий шар шкіри, в якому розташовані теплові рецептори. Кріотерапія має широке вживання в медицині. Цей метод використовується в ревматології, дерматології, спортивній медицині, косметології. Найбільш перспективний напрям використання — профілактика захворювань, зміцнення імунітету. Варто відзначити, що даний метод без лікувальний, лікувальний ефект досягається тільки за рахунок фізичних чинників.

Вчені Шакуров О.В. і Жердев О.О. запропонували інженерний розрахунок знаходження параметрів холодильної установки і режимів теплообміну в кабіні, що забезпечують необхідне проходження процедури. Будь-яка установка для кріотерапії складається з трьох основних частин (рис.1): блоку охолодження

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

робочого тіла (в діючих установках — каскадна холодильна машина, запас рідкого азоту), блоку подачі робочого тіла (де відбувається його циркуляція для охолодження) і kabіни (у якій знаходиться людина при проведенні процедури, може містити одну людину або групу залежно від конструкції).

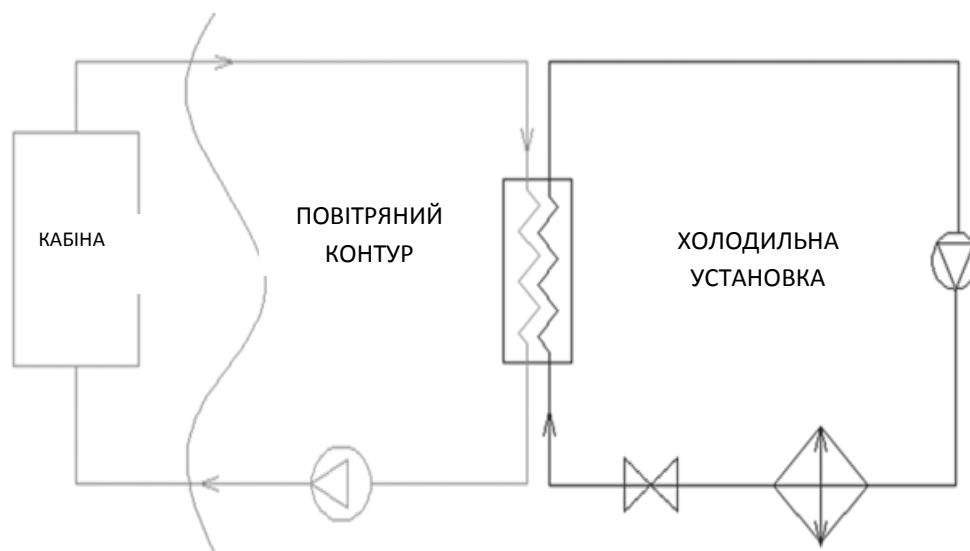


Рис. 1.1 Схема запропонованої установки

В запропонованій схемі роль блоку охолодження виступає паро компресорна холодильна машина. У блоці подачі робоче тіло — повітря, яке охолоджується в теплообміннику і подається вентилятором на сопла. Направлені соплові потоки омивають тіло людини і забезпечують проведення процедури.

Сучасні кріотерапевтичні установки для організації режиму теплообміну в кабіні використовують газ при температурах біля  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в умовах наближених до природної конвекції, що є неефективним по економічних міркуваннях. С цієї точки зору варто підвищити температурний рівень в кабіні пацієнта, при цьому організувати теплообмін і режими дії виходячи з вимог медичних працівників.

Вибір паро компресорної холодильної машини обумовлений зручністю експлуатації, технологічністю, широкою поширеністю і зручністю автоматизації. Паро компресорний холодильний цикл на поширених холодильних агентах малоефективний при температурах нижче  $-40\ldots-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 15   |

Вживані сьогодні методи охолодження незручні у зв'язку з труднощами доставки рідкого азоту в невеликих кількостях і складністю каскадних холодильних машин. Виходячи з цих умов вироблений розрахунок теплообміну в кабіні за умов ефективності даного циклу. За наявності струминного натікання потоку повітря на тіло людини, можливо створити ефективнішу установку для кріотерапії засновану на новому методі охолодження поверхні тіла. Розрахунок проводився по методиці В.В. Будріка, основою розрахунку є залежність динаміки руху ізотерм в біо тканині від умов що оточує шкіру людини середовища, а також створення підвищеного коефіцієнта тепловіддачі за допомогою соплової подачі повітря. Застосовуючи холодне повітря з температурою  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$  в умовах струминного натікання на тіло, можна забезпечити ефективне охолодження біо тканини (шкіри). Парокомпресорний холодильний цикл дозволяє ефективно охолоджувати середовище до даної температури. Тіло пацієнта запропоновано розділити на зони, що враховують антропометричні характеристики, для обліку індивідуальних особливостей кожної людини. На кожен ділянку подача повітря здійснюється з окремого сопла. Організуючи інтенсивність тепловіддачі від поверхні тіла на рівні  $90\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$ , отримуємо такі ж результати, що і за вище розглянутих умов охолодження людини в установці з температурою  $-100\text{ }^{\circ}\text{C}$  в умовах природної конвекції. Розрахований варіант установки дозволяє направленими струменями керовано обдувати тіло людини, система сопел орієнтована на антропометричні характеристики людини. В результаті розрахунку отримана номінальна холодопродуктивність установки для забезпечення процедури  $Q = 8,2\text{ кВт}$ . Температура повітря, що подається в камеру, складає  $t = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Задана область регулювання холодопродуктивності складає  $\Delta Q = \pm 2,5\text{ кВт}$ .

Розроблений проект установки в порівнянні з існуючими аналогами не має основних проблем (таких як доставка рідкого азоту, велика різниця температур між середовищем і тілом людини, дорожнеча, некерованість процесу проведення процедури, неможливість індивідуалізувати процес процедури під

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 16   |

особливості окремої людини), орієнтована на експлуатацію середніми медичними працівниками (холодильна машина не складніша, ніж звичайне торговельне холодильне устаткування) і дозволяє понизити ціну на процедури, в порівнянні з аналогами.

## 1.1 Характеристика будівельних конструкцій

Назва об'єкту: оздоровчий комплекс.

Місце розташування - місто Дніпро.

Географічна широта  $48^{\circ}$ .



Рис. 1.2. План приміщення

## Каркасно-монолітна споруда

Стіни виготовлені з силікатної цегли ( $\delta_{\text{кр}} = 240$  мм), вкритого з двох сторін цементною штукатуркою ( $\delta_{\text{шт}} = 25$  мм), з утеплювача пінополіуретан ( $\delta_{\text{вт}} = 150$  мм).

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів:

штукатурка  $\lambda = 0,96 \text{ Вт/(мК)}$ ;

силікатного  $\lambda = 0,87 \text{ Вт/(мК)}$ ;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

утеплювач пінополіуретан  $\lambda = 0,047 \text{ Вт/(мК)}$ .

Тоді для стін коефіцієнт теплопередачі розраховуємо за формулою:

$$\kappa_{ст} = \left( \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right)^{-1}, \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$$

$$\kappa_{ст} = \left( \frac{1}{7} + \frac{0.15}{0.047} + \frac{0.025}{0.96} + \frac{0.7}{0.87} + \frac{1}{23} \right)^{-1} = 0.44, \text{ Вт/(м}^2\text{К)} \quad (1.1)$$

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

$\delta_i$  та  $\lambda_i$  – товщина та теплопровідність і-го шару огороження;

$\alpha_n = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$  – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні стіни.

Перекрыття зроблено з наступних матеріалів:

залізобетонна плита:  $\delta = 180 \text{ мм}$ ;  $\lambda = 2,04 \text{ Вт/(мК)}$ ;

пінополіуретан:  $\delta = 120 \text{ мм}$ ;  $\lambda = 0,047 \text{ Вт/(мК)}$ ;

цементно-пісчана стяжка:  $\delta = 20 \text{ мм}$ ;  $\lambda = 0.93 \text{ Вт/(мК)}$ ;

руберойдовий килим:  $\delta = 5 \text{ мм}$ ;  $\lambda = 0,17 \text{ Вт/(мК)}$ .

Тоді, для перекрыття коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$\kappa_{пер} = \left( \frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right)^{-1}, \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$\kappa_{пер} = \left( \frac{1}{7} + \frac{0.18}{2.04} + \frac{0.12}{0.047} + \frac{0.02}{0.93} + \frac{0.005}{0.17} + \frac{1}{23} \right)^{-1} = 0.3 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)} \quad (1.2)$$

Вибираємо коефіцієнт теплосвоєння матеріалу S шару на границі розділення. Потім розраховуємо опір R, теплову інерцію шару огороження D, теплову інерцію огороження  $\Sigma D$  за формулами наведеними нижче:

$$R = \frac{\delta}{\lambda} \quad (1.3)$$

де  $\delta$  – товщина шару огороження;

$\lambda$  – теплопровідність шару огороження.

$$D = R \cdot S \quad (1.4)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Таблиця 1.1- Характеристика огорожуючих конструкцій приміщення

| №                            | Конструкція і матеріал                             | Щільність $\rho$ , кг/м <sup>3</sup> | Товщина $\delta$ , м | Коефіцієнти                                 |                                |                                |                            |
|------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|----------------------------|
|                              |                                                    |                                      |                      | Питома теплопровідність $\lambda$ , Вт/(мК) | Теплозасвоєння, $S$ , Вт/(м²К) | Термічний опір, $R$ , (м²К/Вт) | Теплова інерція $\Sigma D$ |
| 1                            | Вікна с двухкамерного склопакета з звичайного скла |                                      |                      |                                             |                                | 0.43                           |                            |
| 2                            | Зовнішня стіна                                     |                                      |                      |                                             |                                |                                |                            |
|                              | штукатурка                                         | 1800                                 | 0.025                | 0.96                                        | 9,7                            | 0.027                          | 0.26                       |
|                              | Силікатна Цегла                                    | 1800                                 | 0.24                 | 0.87                                        | 10.90                          | 0.57                           | 6.21                       |
|                              | Пінополіуретан                                     | 80                                   | 0.029                | 0.047                                       | 0,67                           | 3.19                           | 2.13                       |
|                              | штукатурка                                         | 1800                                 | 0.025                | 0.96                                        | 9,7                            | 0.027                          | 0.26                       |
| 4                            | Внутрішні перегородки                              |                                      |                      |                                             |                                |                                |                            |
|                              | штукатурка                                         | 1800                                 | 0.01                 | 0.96                                        | 9,7                            | 0,01                           | 0,097                      |
|                              |                                                    |                                      |                      |                                             |                                |                                |                            |
|                              | Гіпсокартон                                        | 1050                                 | 0.0125               | 0.36                                        | 5.48                           | 0.035                          | 0.19                       |
|                              | штукатурка                                         | 1800                                 | 0.01                 | 0.96                                        | 9,7                            | 0,01                           | 0,097                      |
| Загальна товщина перегородки |                                                    |                                      | 0.0325               |                                             |                                |                                |                            |
| Перекрыття                   |                                                    |                                      |                      |                                             |                                |                                |                            |
|                              | з/б плита                                          | 2500                                 | 0.18                 | 2.04                                        | 18.7                           | 0.07                           | 1.3                        |
|                              | Пінополіуретан                                     | 80                                   | 0.035                | 0.047                                       | 0,67                           | 3.19                           | 2.13                       |
|                              | цем.пісч. шар                                      | 1800                                 | 0.02                 | 0.93                                        | 19.1                           | 0.21                           | 4                          |
|                              | полімерний руберойд                                | 600                                  | 0.015                | 0.17                                        | 6.7                            | 0.088                          | 0.59                       |

|      |      |          |        |      |                       |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |  | 19   |

## 2. РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

### 2.1 Вибір розрахункових параметрів внутрішнього та зовнішнього повітря

Розрахункові літні параметри зовнішнього повітря категорії Б:

барометричний тиск  $P=1010$  гПа;  
ентальпія зовнішнього повітря  $h=58,6$  кДж/кг;  
температура зовнішнього повітря  $t=31,2$  °С;  
розрахункова швидкість вітру  $1$  м/с;  
амплітуда добових коливань температури  $\Delta t=12,5$  °С.

Розрахункові зимові параметри зовнішнього повітря:

барометричний тиск  $P=1010$  гПа;  
ентальпія зовнішнього повітря  $h=-21,2$  кДж/кг;  
температура зовнішнього повітря  $t=-22$  °С;

Об'єкт представляє собою один поверх багатоповерхової будівлі каркасно-монолітної сучасної споруди, який складається з зали адміністративного призначення, обіднього залу, процедурних, службових та адміністративних приміщень. Система кондиціювання даного об'єкту носить комфортний характер. Системи кондиціювання повітря комфортного призначення розраховуються на підтримку параметрів повітря, оптимальних для самопочуття людей. Параметри визначаються умовами тепло- та волого обміну, які в свою чергу залежать від конструкції людини, стану її здоров'я, характеру роботи, яку він виконує, нервового напруження, одягу, а також від температури, вологості та швидкості руху навколишнього повітря. Керуючись нормами проектування, приймаємо наступні значення температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в приміщенні. Внутрішні параметри повітря у приміщенні:

температура повітря в приміщенні влітку  $t_{\text{в}}=23$  °С;  
температура повітря в приміщенні взимку  $t_{\text{в}}=21$  °С;  
відносна вологість повітря в приміщенні влітку  $\phi_{\text{в}}=50$  %;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

відносна вологість повітря в приміщенні взимку  $\phi_v = 45\%$ .

### 2.3 Розрахунок теплових виділень від різних джерел

Тепловиділення від людей

$$Q_{пов}^l = n_{люд} \cdot q_{пов} \text{ Вт}; \quad (2.1)$$

$n_{люд} = 51$  чел.; – кількість людей одночасно перебувають у приміщенні;

Приймаємо роботу легкої важкості, тоді

$$Q_{пов}^l = 51 \cdot 151 = 7701 \text{ Вт};$$

Тепловиділення від штучного освітлення

$$Q_{осв} = q_{осв} \cdot F_{пол} \cdot z, \text{ Вт} \quad (2.2)$$

$q_{осв}$  – тепловиділення від висвітлення на  $1 \text{ м}^2$  площі стелі;

$F_{пола}$  – площа стелі;

$Z$  – освітленість.

$$Q_{осв} = 10 \cdot 291,35 \cdot 0,7 = 2039,45 \text{ Вт}$$

Надходження теплоти від офісного обладнання

$$Q_{обл} = N_{обл} \cdot n = 8550 \text{ Вт} \quad (2.3)$$

Зазвичай величина теплонадходжень приймаються в розмірі 30% від споживаної потужності.

Для різних видів обладнання величина теплонадходжень буде наступна (з урахуванням частоти використання): комп'ютер (системний блок + монітор) - 300 Вт, лазерний принтер, копіювальний апарат-200-600 Вт, холодильник - 150 Вт, електрочайник-300-600 Вт, мікрохвильова піч - 200-350 Вт.

Тоді приймаємо в приміщення 29 одиниць медичного обладнання, та

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 21   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

допоміжного – комп’ютери – 19 шт., принтери, факс – 6 шт., чайник – 2 шт., холодильник – 1 шт., мікрохвильова піч – 1шт.

Визначаємо теплоприлив від внутрішніх стін для 4 приміщень:

$$Q_{\text{пер}} = k_{\text{пер}} \cdot F_{\text{пер}} (t_{\text{пер}} - t_B); \text{ Вт} \quad (2.4)$$

$$Q_{\text{пер}} = 0,3 \cdot 16,8(27,1 - 23) = 20,664 \text{ Вт}$$

$$t_{\text{пер}} = \frac{t_n + t_B}{2}; ^\circ\text{C} \quad (2.5)$$

$$t_{\text{пер}} = \frac{31,2 + 23}{2} = 27,1^\circ\text{C}$$

Визначаємо повне тепlopостачання

$$Q_{\text{пол}} = Q_{\text{люд}} + Q_{\text{осв}} + Q_{\text{обл}} + Q_{\text{огр}}, \text{ Вт}, \quad (2.6)$$

$$Q_{\text{нов}} = 7701 + 2039,45 + 8550 + 14018,45 = 32309,8 \text{ Вт}$$

Таблиця 2.1

| № | Приміщення    | Люд. | Площа  | Q <sub>обл</sub><br>Вт | Q <sub>люд</sub><br>Вт | Q <sub>осв</sub><br>Вт | Q <sub>огор</sub><br>Вт | ΣQ<br>Вт |
|---|---------------|------|--------|------------------------|------------------------|------------------------|-------------------------|----------|
| 1 | Адміністр-зал | 10   | 56,52  | 2100                   | 1510                   | 396,64                 | 2696,7                  | 6703,34  |
| 2 | Медичне прим. | 11   | 61,77  | 2100                   | 1661                   | 432,39                 | 2051,7                  | 6245,09  |
| 3 | Медичне прим  | 7    | 40,16  | 600                    | 1057                   | 281,12                 | 1251,8                  | 3189,92  |
| 4 | Медичне прим. | 10   | 57,66  | 1800                   | 1510                   | 403,62                 | 3815,1                  | 7528,72  |
| 5 | Медичне прим. | 7    | 40,93  | 900                    | 1057                   | 286,51                 | 1410,9                  | 3654,41  |
| 6 | Обідний зал   | 6    | 34,31  | 1050                   | 906                    | 240,17                 | 2792,2                  | 4988,37  |
|   | Σ             | 51   | 291,35 | 8550                   | 7701                   | 2039,45                | 14018,45                | 32309,8  |

## 2.4 Розрахунок волого виділень

Волого виділення від людей

$$W_l = n \cdot W_{\text{люд}}, \text{ кг/с} \quad (2.7)$$

де  $n$  - число людей у приміщенні;

$W_l = 0.000035 \text{ кг/с}$  – волого виділення від однієї людини;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$W_{\text{л}} = 51 \cdot 0.000035 = 0,00178 \text{ кг/с};$$

Волого виділення від вологого прибирання:

$$W_{\text{вол.пр.}} = \sigma F_n (d_{\text{е}}'' - d_{\text{е}}) \cdot 0.1, \text{ кг/с} \quad (2.8)$$

де  $\sigma$  - коефіцієнт волого обміну,  $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$

$$\sigma = \frac{\alpha}{c_p^{\text{в}}} = \frac{\alpha}{c_p^{\text{с.в.}} + c_p^{\text{п}} \cdot d_{\text{сп}}}, \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \quad (2.9)$$

$$\sigma = \frac{8,7}{1,006 \cdot 10^3 + 1,86 \cdot (10 + 18) / 2} = 0,0084 \text{ кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}),$$

де  $c_p$  – ізобарна теплоємність,  $[\text{кДж}/\text{кг} \cdot \text{К}]$ ;

$d_{\text{е}}, d_{\text{е}}''$  - вологовміст повітря при заданій відносній вологості і на лінії насичення.

$$W_{\text{вол.пр.}} = 0,0084 \cdot 253,76 \cdot (18 - 9) \cdot 10^{-3} \cdot 0,1 = 0,0022 \text{ кг/с}$$

Сумарні волого виділення в приміщення:

$$W_{\text{нов}} = W_{\text{л}} + W_{\text{вол.пр.}}, \text{ кг/с} \quad (2.10)$$

$$W_{\text{нов}} = 0,00178 + 0,0022 = 0,0039 \text{ кг/с}$$

Визначаємо тепло вологісну характеристику:

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{нов}}}{W_{\text{нов}}}, \text{ кДж/кг} \quad (2.11)$$

$$\varepsilon = \frac{32,309}{0,0039} = 8284,3 \text{ кДж/кг}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Таблиця 2.2

| № | Приміщення    | $W_{\text{л}}$<br>кг/с | $W_{\text{вол.пр.}}$<br>кг/с | $W_{\text{пов}}$<br>кг/с | $\varepsilon$ | $\Sigma Q$<br>Вт |
|---|---------------|------------------------|------------------------------|--------------------------|---------------|------------------|
| 1 | Адміністр-зал | 0,00035                | 0,00043                      | 0,00078                  |               | 6703,34          |
| 2 | Медичне прим. | 0,00038                | 0,00047                      | 0,00085                  |               | 6245,09          |
| 3 | Медичне прим  | 0,00024                | 0,0003                       | 0,00054                  |               | 3189,92          |
| 4 | Медичне прим. | 0,00035                | 0,00044                      | 0,00079                  |               | 7528,72          |
| 5 | Медичне прим. | 0,00024                | 0,00031                      | 0,00055                  |               | 3654,41          |
| 6 | Обідний зал   | 0,00021                | 0,00026                      | 0,00047                  |               | 4988,37          |
|   | $\Sigma$      | 0,00178                | 0,0022                       | 0,00398                  | 9198,4        | 32309,8          |

Масова витрата повітря:

По балансу загальної теплоти:

$$G_1 = \frac{Q_{\text{пов}}}{h_g - h_n}, \quad \text{кг/с}; \quad (2.12)$$

де  $h_g = 43$  кДж/кг- ентальпія повітря приміщенні;

$h_n = 38$  кДж/кг- ентальпія припливного повітря;

$$G_1 = \frac{32,309}{43 - 38} = 6,46 \quad \text{кг/с},$$

По балансі явної теплоти:

$$G_2 = \frac{Q_{\text{явн}}}{c_p \Delta t_p}, \quad \text{кг/с} \quad (2.13)$$

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

$$c_p = 1.006 + 1.86 \cdot d, \quad \text{кДж} \quad (2.14)$$

$$c_p = 1,006 + 1,86 \cdot 7,5 \cdot 10^{-3} = 1,02 \quad \text{кДж}$$

$$G_2 = \frac{22515}{1,02 \cdot 5} = 4,4 \quad \text{кг/с}$$

По балансі вологи:

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 24   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$G_3 = \frac{W_{\text{ног}}}{d_6 - d_n}, \text{ кг/с} \quad (2.15)$$

де  $d_6$  - вологовміст повітря в приміщенні, кг/кг<sub>св</sub>;

$d_n$  - вологовміст припливного повітря, кг/кг<sub>св</sub>;

$$G_3 = \frac{0,0039}{(8,9 - 7,9) \cdot 10^{-3}} = 3,9 \text{ кг/с.}$$

Приймаємо  $G_T = 6,46 \text{ кг/с.}$

Таблиця 2.3

| № | Приміщення                 | $\Sigma Q_{\text{теп}}$<br>Вт | $G_{\text{теп}}$<br>кг/с | $L_{\text{теп}}$<br>м³/год |
|---|----------------------------|-------------------------------|--------------------------|----------------------------|
| 1 | Адміністр-зал              | 6703,34                       | 1,34                     | 4020                       |
| 2 | Медичне прим.              | 6245,09                       | 1,25                     | 3750                       |
| 3 | Медичне прим               | 3189,92                       | 0,64                     | 1920                       |
| 4 | Медичне прим.              | 7528,72                       | 1,5                      | 4500                       |
| 5 | Медичне прим.              | 3654,41                       | 0,73                     | 2190                       |
| 6 | Обідний зал                | 4988,32                       | 1                        | 3000                       |
|   | <b><math>\Sigma</math></b> | 32309,8                       | 6,46                     | 19380                      |

### Холодний період року

$$G_x = G_T = 6,46 \text{ кг/с}$$

Тепловиділення від людей:

$$Q^3 = Q^l = 7701 \text{ Вт}$$

Тепловиділення від освітлення:

$$Q^3 = Q^l = 2039,45 \text{ Вт}$$

Теплопритоки через огороження:

$$Q_{\text{огор}} = Q_{\text{ст}} + Q_{\text{вік}} = -1475 - 312 = -1787 \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ст}} = k_{\text{ст}} F (t_n - t_6), \text{ Вт} \quad (2.16)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$Q_{ст} = 0,44 \cdot 10,84 \cdot (-22 - 20) = -200,3 \text{ Вт}$$

де  $F_{ст}$  – площа стін,  $\text{м}^2$ ;

$k_{ст}$  – коефіцієнт теплопередачі через стіни,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

$t_n - t_v$  – різниця температур зовнішнього повітря й повітря в приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$Q_{вік} = F_{вік} \cdot k_{вік} (t_n - t_v), \text{ Вт} \quad (2.17)$$

$$Q_{вік} = 0,6 \cdot 8 \cdot (-22 - 20) = -201,6 \text{ Вт}$$

де  $F_{вік}$  – площа вікон,  $\text{м}^2$ ;

$k_{вік}$  – коефіцієнт теплопередачі через вікна,  $\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$ ;

$t_n - t_v$  – різниця температур зовнішнього повітря й повітря в приміщенні,  $^{\circ}\text{C}$ .

Повний тепло притік і волого виділення:

$$Q_{пов} = Q_d + Q_{осв} + Q_{уст} + Q_{огр}, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

$$Q_{пов} = 6577,8 + 8550 + 2039,45 + 7701 = 24868,25 \text{ Вт}$$

Таблиця 2.4

| № | Приміщення                 | $Q_{огр}$<br>Вт | $Q_{обл}$<br>Вт | $Q_{осв}$<br>Вт | $Q_{люд}$<br>Вт | $\Sigma Q$<br>Вт |
|---|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------------|
| 1 | Адміністр-зал              | 1613,01         | 2100            | 396,64          | 1510            | 5619,65          |
| 2 | Медичне прим.              | 1131,17         | 2100            | 432,39          | 1661            | 5324,56          |
| 3 | Медичне прим               | 506,02          | 600             | 281,12          | 1057            | 2444,14          |
| 4 | Медичне прим.              | 1639,6          | 1800            | 403,62          | 1510            | 5353,22          |
| 5 | Медичне прим.              | 913,27          | 900             | 286,51          | 1057            | 3156,78          |
| 6 | Обідний зал                | 774,42          | 1050            | 240,17          | 906             | 2970,59          |
|   | <b><math>\Sigma</math></b> | 6577,8          | 8550            | 2039,45         | 7701            | 24868,25         |

$$W_{пов}^3 = W_{пов}^l = 0,0039 \text{ кг/с}$$

$$h_n = h_g - \frac{Q_{пол}^3}{G}, \text{ кДж/кг} \quad (2.19)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$h_n = 38 - \frac{24,868}{6,46} = 34,15 \text{ кДж/кг}$$

$$\varepsilon = \frac{Q_{\text{пол}}^3}{W_{\text{пол}}}, \text{ кДж/кг}$$

$$\varepsilon = \frac{24,868}{0,0039} = 6376 \text{ кДж/кг}$$

Таблиця 2.5 - Сумарна таблиця розрахунку тепло притоків

| № | Приміщення    | $\Sigma Q_{\text{хол}}$<br>Вт | $G_{\text{хол}}$<br>кг/с | $L_{\text{хол}}$<br>м <sup>3</sup> /год |
|---|---------------|-------------------------------|--------------------------|-----------------------------------------|
| 1 | Адміністр-зал | 5619,65                       | 1,46                     | 4380                                    |
| 2 | Медичне прим. | 5324,56                       | 1,38                     | 4140                                    |
| 3 | Медичне прим  | 2444,14                       | 0,63                     | 1890                                    |
| 4 | Медичне прим. | 5353,22                       | 1,39                     | 4170                                    |
| 5 | Медичне прим. | 3156,78                       | 0,82                     | 2460                                    |
| 6 | Обідний зал   | 2970,59                       | 0,78                     | 2310                                    |
|   | <b>Σ</b>      | 24868,94                      | 6,46                     | 19380                                   |

### 3. РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ ТА ВЕНТИЛЯЦІЙНОЇ МЕРЕЖІ.

#### 3.1. Проектування та розрахунок припливної мережі.

Припливно-витяжна система повітря розподілення в більшості випадків досить громіздка. Методика їхнього розрахунку зводиться до визначення перетинів повітровід і втрат напору, як по окремих ділянках, так і в галузях.

Ціль аеродинамічного розрахунку системи повітророзподілення:

- 1) Вибір діаметрів для круглих повітроводів і розмірів перетину для прямокутних повітроводів ;
- 2) Визначення втрат тиску в системах, включаючи усмоктувальний і нагнітальний повітроводи.

При розрахунку систем повітророзподілення потрібне виконання

наступних умов:

- діаметри повітроводу (розміри перетинів) повинні бути стандартними;
- втрати напору в будь-якій галузі повинні бути нижче розташовуваного;
- швидкість повітря у повітроводах повинна бути в рекомендуємих межах;
- швидкість повітря в магістральних ділянках у напрямку руху повітря повинна зменшуватися;
- діаметр будь-якої збірної ділянки повинен бути більше або дорівнює діаметру підходящих до нього відгалужень.

По кожній розрахованій системі задаємося наступними вихідними даними:

- максимальна швидкість повітря, що допускає на окремих ділянках;
- конфігурація мережі й форма перетинів повітроводу;
- матеріал повітроводу;
- витрата повітря й довжини ділянок;
- характеристик повітроводу (кінцевий, магістральний);
- задані коефіцієнти місцевих опорів на ділянках без обліку коефіцієнта місцевих опорів трійників і хрестовин.

Вичерчуємо в аксонометрії аксонометричну схему магістрального повітроводу й розбиваємо його на ділянки.

Корисний об'єм повітря для систем визначається по формулі:

$$L = G \cdot 3600 / \rho, \quad (3.1)$$

де  $\rho = 1,2 \text{ кг/м}^3$  - щільність повітря.

Розрахунок мережі повітроводів

Для системи корисна об'ємна витрата повітря буде рівна:

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$L_1 = L_{\text{заг}} / 20 = 969 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.2)$$

Задаємось швидкістю повітря  $v=5 \text{ м/с}$

Знаходимо площу повітроводу:

$$F_{\text{заг}} = L / 3600 / v = 19380/3600/10=0,54 \text{ м}^2 \quad (3.3)$$

Приймаємо повітропровід розмірами:  $0,9 \times 0,6 \text{ м}$

Таблиця 3.1. Припливна вентиляція.

| №  | L,<br>м <sup>3</sup> /ГОД | F, м <sup>2</sup> | V,<br>м/с | A×B,<br>м |
|----|---------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 1  | 8721                      | 0,48              | 5         | 0,9х0,5   |
| 2  | 7752                      | 0,43              | 5         | 0,9х0,5   |
| 3  | 6783                      | 0,38              | 5         | 0,8х0,5   |
| 4  | 5814                      | 0,32              | 5         | 0,6х0,5   |
| 5  | 4845                      | 0,27              | 5         | 0,5х0,5   |
| 6  | 3876                      | 0,22              | 5         | 0,4х0,5   |
| 7  | 969                       | 0,05              | 5         | 0,2х0,3   |
| 8  | 1938                      | 0,11              | 5         | 0,3х0,4   |
| 9  | 969                       | 0,05              | 5         | 0,2х0,3   |
| 10 | 2907                      | 0,16              | 5         | 0,3х0,5   |
| 11 | 1938                      | 0,11              | 5         | 0,3х0,4   |
| 12 | 969                       | 0,05              | 5         | 0,2х0,3   |
| 13 | 7752                      | 0,43              | 5         | 0,9х0,5   |
| 14 | 6783                      | 0,38              | 5         | 0,8х0,5   |
| 15 | 5814                      | 0,32              | 5         | 0,6х0,5   |
| 16 | 4845                      | 0,27              | 5         | 0,5х0,5   |
| 17 | 3876                      | 0,22              | 5         | 0,4х0,5   |
| 18 | 2907                      | 0,16              | 5         | 0,3х0,5   |
| 19 | 1938                      | 0,11              | 5         | 0,3х0,4   |
| 20 | 969                       | 0,05              | 5         | 0,2х0,3   |

Використовуючи вказівки за розрахунком і практичним вживанням розподільників повітря компанії ” Євроклімат Україна,,.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

З врахуванням початкових даних визначимо типорозмір і вид розподільника повітря для системи П1. Приймаємо розподільник повітря марки ВМС – вентиляційні решітки з вертикальними подвижними пластинами, розміром 400\*225 ,у якого площа живого січення дорівнює  $f=0,06 \text{ м}^2$ .

При рівні звукової потужності:  $L_A \leq 35 \text{ дБ}$  , далекобійність струменя приточування  $L_{\text{струменя}} = 4-10 \text{ м}$  в залежності від необхідної швидкості в приміщенні  $v = \text{від } 0,5-0,2$  відповідно. Падіння повного тиску через який складає:  $\Delta p = 17 \text{ Па}$ .

Розраховуємо приточну решітку:

$$L_{\pi} = F * 3600 * v; \quad (3.4)$$

При висоті  $h=3 \text{ м}$  приймаємо швидкість повітря  $v=1 \text{ м/с}$

$$F = L_{\pi} / 3600 = 969 / 3600 = 0,27 \text{ м}^3$$

Приймаємо приточну решітку розмірами:  $0,4 \times 0,7 \text{ м}$

### 3.2. Проектування та розрахунок витяжної мережі.

Припливно-витяжна система повітророзподілення в більшості випадків досить громіздка. Методика їхнього розрахунку зводиться до визначення перетинів повітровід і втрат напору, як по окремих ділянках, так і в галузях.

Ціль аеродинамічного розрахунку системи повітророзподілення:

- 1) Вибір діаметрів для круглих повітровідів;
- 2) Визначення втрат тиску в системах, включаючи усмоктувальний і нагнітальний повітровіди.

При розрахунку систем повітророзподілення потрібне виконання наступних умов:

- діаметри повітроводу (розміри перетинів) повинні бути стандартними;
- втрати напору в будь-якій галузі повинні бути нижче розташовуваного;
- швидкість повітря у повітроводах повинна бути в рекомендуємих межах;
- діаметр будь-якої збірної ділянки повинен бути більше або дорівнює

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

діаметру підходящих до нього відгалужень.

По кожній розраховуваній системі задаємося наступними вихідними даними:

- максимальна швидкість повітря, що допускає на окремих ділянках;
- конфігурація мережі й форма перетинів повітроводу;
- матеріал повітровода;
- витрата повітря й довжини ділянок;
- характеристик повітроводу (кінцевий, магістральний);
- задані коефіцієнти місцевих опорів на ділянках без обліку коефіцієнта місцевих опорів трійників і хрестовин.

Вичерчуємо в аксонометрії аксонометричну схему магістрального повітроводу й розбиваємо його на ділянки.

$$F_{\text{общ}} = L / 3600 / v; \text{ м}^2 \quad (3.4)$$

$$F_{\text{общ}} = 19380/3600/10=0,54 \text{ м}^2$$

Приймаємо повітропровід розмірами: 1 x 0,5 м

Витрата повітря на початковому повітроводі:

$$L_1=L_{\text{общ}} / 14 =1384 \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.5)$$

$$F = L / 3600 / v;$$

Розрахунки інших ділянок мережі повітроводів зведені в таблиці

Таблиця 3.2. Витяжна вентиляція

| №  | L,<br>м <sup>3</sup> /год | F, м <sup>2</sup> | V,<br>м/с | A×B,<br>м |
|----|---------------------------|-------------------|-----------|-----------|
| 1  | 1384                      | 0,08              | 5         | 0,2x0,5   |
| 2  | 2768                      | 0,15              | 5         | 0,3x0,5   |
| 3  | 4152                      | 0,23              | 5         | 0,5x0,5   |
| 4  | 1384                      | 0,08              | 5         | 0,2x0,5   |
| 5  | 2768                      | 0,15              | 5         | 0,3x0,5   |
| 6  | 4152                      | 0,23              | 5         | 0,5x0,5   |
| 7  | 9688                      | 0,44              | 6         | 0,9x0,5   |
| 8  | 11072                     | 0,44              | 7         | 0,9x0,5   |
| 9  | 12456                     | 0,47              | 7         | 0,95x0,5  |
| 10 | 13840                     | 0,47              | 8         | 0,95x0,5  |

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 31   |

|    |       |     |    |       |
|----|-------|-----|----|-------|
| 11 | 15224 | 0,5 | 8  | 1x0,5 |
| 12 | 16608 | 0,5 | 9  | 1x0,5 |
| 13 | 17992 | 0,5 | 10 | 1x0,5 |
| 14 | 19380 | 0,5 | 10 | 1x0,5 |

Витрата повітря на вентиляційну решітку:

$$L_{\pi} = F * 3600 * v ; \text{ м}^3/\text{год} \quad (3.6)$$

$$L_{\pi} = 0,54 * 3600 = 1944 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначаємо площу решітки:

$$F = L_{\pi} / 3600 ; \text{ м}^3 \quad (3.7)$$

$$F = 1944 / 3600 = 0,54 \text{ м}^3$$

Приймаємо вентиляційну решітку розмірами: 0,8x0,5 м

## 4 ВИБІР І РОЗРАХУНОК ПРИПЛИВНОЇ УСТАНОВКИ

### 4.1. Підбір центрального кондиціонера

За максимальним значенням витрати приточного повітря визначаємо корисну продуктивність кондиціонера:

Знаходимо сумарну масову витрату повітря для всіх приміщень :

$$G_{\max}=6,46 \text{ (кг/с)}$$

Повна корисна продуктивність кондиціонера:

$$L_{\text{кд}} = \frac{3600 \cdot G_{\max}}{\rho_v} = \frac{3600 \cdot 6.46}{1.2} = 19380 \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.1)$$

для всіх приміщень

Повна корисна продуктивність кондиціонера з врахуванням протічок в мережі повітроводів :

$$L_{\text{повне кд}} = L_{\text{кд}} \cdot 1.05 = 19380 \cdot 1.05 = 20349; \text{ (м}^3\text{/год)} \quad (4.2)$$

За повною продуктивністю підбираємо кондиціонер.

З каталогів фірми ВЕЗА обираємо КЦКП -20 .

Після вибору кондиціонера остаточно розраховуємо масову витрату припливного повітря:

$$G_{\text{КД}} = \frac{\rho_v \cdot L_{\text{повне кд}}}{3600} = \frac{1.2 \cdot 20349}{3600} = 6.78 ; \text{ ( кг/с)} \quad (4.3)$$

За значеннями масової витрати надалі виконуються всі розрахунки тепломасообмінних апаратів.

Згідно з вимогами до кондиціонування медичних приміщень об'єм повітря, що надходить у приміщення на 1 людину 33 м<sup>3</sup>/люд, тоді шляхом побудови процесів кондиціонування повітря в *dh* діаграмі знаходимо параметри точки суміші повітря що надходить на рециркуляцію. Шляхом застосування графічного методу кількість повітря що надходить на рециркуляцію ставить 20%. Таким чином

$$h_c = 49 \text{ кДж / кг}, t_c = 25^\circ\text{C}, d_c = 95 \text{ г / кг}, \varphi_c = 45\%,$$

$$G_n = G_{\text{КД}} \cdot 0.2 = 1.3; \text{ (кг/с)} \quad (4.4)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$G_R = G_{KD} - G_n; \text{ (кг/с)}$$

$$G_R = 6.78 - 1.3 = 5.4; \text{ (кг/с)}$$

#### 4.2 Розрахунок повітроохолоджувача.

Вхідні дані для розрахунків:

$t_{в1}=31,2 \text{ }^{\circ}\text{C}$  – початкова температура повітря;

$h_{в1}=49 \text{ кДж/кг}$  – початкова ентальпія повітря;

$h_{в2}=32 \text{ кДж/кг}$  – кінцева ентальпія повітря;

$t_{в2}=5,5^{\circ}\text{C}$  – кінцева температура повітря;

$G_{в}=6,78$  – витрата повітря через повітроохолоджувач;

$Q_0=24,8 \text{ кВт}$  – кількість тепла;

$W_0=0.0039 \text{ кг/с}$  – кількість вологи;

$\delta_p=0.0003 \text{ м}$  – товщина ребра;

$S_p=0.0023 \text{ м}$  – крок ребра;

$d_n=0.01 \text{ м}$  – зовнішній діаметр трубки;

$d_{вн}=0.008 \text{ м}$  – внутрішній діаметр трубки;

$h_p=0,0102 \text{ м}$  – висота ребра;

$S_1=0.025 \text{ м}$  – крок труби по висоті повітроохолоджувача;

$S_2=0.0216 \text{ м}$  – крок труби по ходу повітря;

$$Q = (h_c - h_k) \cdot G_{в}, \text{ к Вт}$$

$$Q = (49-32) \cdot 6,78 = 115,26 \text{ кВт}$$

$H=0,8 \text{ м}$  – висота повітроохолоджувача;

$B=0,7 \text{ м}$  – ширина повітроохолоджувача;

$$n = \frac{1}{S} = \frac{1}{0.025} \approx 48$$

шт. – кількість ребер.

Основною метою теплового розрахунків охолоджувача повітря при його проектуванні є визначення необхідної поверхні теплообміну для забезпечення заданої холодопродуктивності (теплового навантаження) і компонування цієї поверхні.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 34   |

Коефіцієнт живого перетину:

$$k_f = \frac{(S_1 - d_n)(S_p - \delta_p)}{S_1 \cdot S_p} \quad (4.5)$$

$$k_f = \frac{(0.025 - 0.01)(0.0023 - 0.0003)}{0.025 \cdot 0.00023} = 0.52$$

Швидкість повітря у фронтальному й вузькому перетинах:

$$\omega_{B.H.} = 1.5 \dots 3 \text{ м/с [7], приймаємо } \omega_{B.H.} = 3 \text{ м/с;}$$

$$\omega_{B.H.} = k_f \cdot \omega_B \quad (4.6)$$

Звідси  $\omega_B = 5,77 \text{ м/с;}$

Площа фронтального перетину:

$$f'_B = \frac{G_B}{\gamma_B \cdot \omega_{B.H.}}, \text{ м}^2 \quad (4.7)$$

де:  $\gamma_B$  - щільність повітря при початкових параметрах;

$$f'_B = \frac{0,86}{1,05 \cdot 3} = 0,27 \text{ м}^2$$

Знаходимо коефіцієнт вологовипадіння:

$$\xi_h = \frac{h_{B1} - h_{B2}}{C_{B1} (t_{B1} - t_{B2})} \quad (4.8)$$

де:  $C_{B1}$  - теплоємність повітря, знаходиться по середній температурі:

$C_{B1} = 1.0061 \text{ кДж/(кг*К) [6];}$

$$\xi_h = \frac{56 - 18,5}{1.0061(28,7 - 5,5)} = 1,4$$

Температурний напір:

$$\theta_h = \frac{t_{B1} - t_{B2}}{2.3 \lg \frac{t_{B1} - t_h}{t_{B2} - t_h}}, ^\circ\text{C} \quad (4.9)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$\theta_n = \frac{28,7-5,5}{2,3 \lg \frac{28,7-10}{5,5-10}} = 5,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Необхідна поверхня теплообміну:

$$F_n = \frac{10^3 \cdot Q_0}{\alpha_n \cdot \xi_n \cdot \theta_n}, \text{M}^2 \quad (4.10)$$

$$F_n = \frac{10^3 \cdot 32,3}{40 \cdot 1,4 \cdot 5,6} = 103 \text{ M}^2$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E_p = \frac{th(h_p \cdot \sqrt{B})}{h_p \cdot \sqrt{B}} \quad (4.11)$$

$$B = \frac{2 \cdot \alpha_n \cdot \xi}{\delta_p \cdot \lambda_n}, \text{M}^{-2} \quad (4.12)$$

$$B = \frac{2 \cdot 40 \cdot 1,4}{0,0003 \cdot 45} = 6518,51 \text{ M}^{-2}$$

$$\dot{A}_\theta = \frac{th(0,0102 \cdot \sqrt{6518,51})}{0,0102 \cdot \sqrt{6518,51}} = 0,822$$

Коефіцієнт ефективності ребристої поверхні:

$$E_n = \frac{t_\theta - t_n}{t_\theta - t_T} \quad (4.13)$$

$$E_n = 0,64$$

Питоме теплове навантаження на внутрішню поверхню повітроохолоджувача:

$$q_{Fa} = \beta \cdot \alpha_n \cdot \xi \cdot \theta_n, \text{BT/M}^2 \quad (4.14)$$

де:  $\beta$  - ступінь оребрення,  $\beta=16,9$ ;

$$q_{Fa} = 16,9 \cdot 40 \cdot 1,1 \cdot 10,7 = 7956,52 \text{ BT/M}^2$$

Температура кипіння фреону:

$$t_0 = 2^\circ\text{C}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Температура конденсації:

$$t_k = 28,7 + 10 = 38,7^\circ C$$

$$t_1 = t_0 + 10 = 2 + 10 = 12^\circ C$$

$$t_3 = t_k - 5 = 38,7 - 5 = 33,7^\circ C$$

Витрата фреону:

$$G_0 = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{Q_0}{(h_6 - h_5)}, \text{ кг/с} \quad (4.15)$$

$$G_0 = \frac{32,3}{(398 - 247)} = 0,21 \text{ кг/с}$$

Оптимальна масова швидкість фреону:

$$\omega_a \rho_a = 19,3 \cdot q_{Fa}^{0,24}, \text{ кг/м}^2 \text{с} \quad (4.16)$$

$$\omega_a \rho_a = 19,3 \cdot 7956,52^{0,24} = 166,62 \text{ кг/м}^2 \text{с}$$

Витрата фреону через трубку:

$$G_a = 0,785 \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot \omega_a \rho_a, \text{ кг/с} \quad (4.17)$$

$$G_a = 0,785 \cdot 0,01^2 \cdot 166,62 = 0,013 \text{ кг/с}$$

Коефіцієнт тепловіддачі від трубок до киплячого фреону:

$$\alpha_a = A \cdot q_{Fa}^{0,6} \cdot (\omega_a \rho_a)^{0,2} \cdot d_{\text{вн}}^{-0,2}, \text{ Вт/м}^2 \quad (4.18)$$

$$\alpha_a = 5,83 \cdot 7956,52^{0,6} \cdot (166,62)^{0,2} \cdot 0,008^{-0,2} = 9328,88 \text{ Вт/м}^2$$

Повний температурний напір:

$$\theta = \frac{t_{B1} - t_{B2}}{2,3 \lg \frac{t_{B1} - t_0}{t_{B2} - t_0}} \quad (4.19)$$

$$\theta = \frac{28,7 - 5,5}{2,3 \lg \frac{28,7 - 2}{5,5 - 2}} = 11$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Коефіцієнт теплопередачі:

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_i \cdot \xi_i \cdot E_i} + \frac{1}{\alpha_d} \cdot \beta}, \text{ Вт/м}^2\text{К} \quad (4.20)$$

$$k_i = \frac{1}{\frac{1}{40 \cdot 1,1 \cdot 0,64} + \frac{1}{9328,88} \cdot 16,9} = 26,8 \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

Знаходимо необхідну поверхню теплообміну:

$$F_n = \frac{Q_0}{10^{-3} \cdot k_n \cdot \theta}, \text{ м}^2 \quad (4.21)$$

$$F_n = \frac{32,3}{10^{-3} \cdot 26,8 \cdot 11} = 109 \text{ м}^2$$

Поверхня теплообміну одного ряду трубок:

$$F_{n1} = \pi \cdot d_n \cdot L \cdot n_1 \cdot \beta', \text{ м}^2 \quad (4.22)$$

$$F_{n1} = 3,14 \cdot 0,01 \cdot 0,7 \cdot 13,5 \cdot 28 = 8,3 \text{ м}^2$$

Число рядів трубок по ходу повітря:

$$n_2 = n_2' = \frac{F_n}{F_{n1}}, \text{ рядів} \quad (4.23)$$

$$n_2 = n_2' = \frac{109}{8,3} = 13 \text{ рядів}$$

Уточнюємо повну поверхню теплообміну:

$$F_{n1} = \pi \cdot d_n \cdot B \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot \beta', \text{ м}^2 \quad (4.24)$$

$$F_{n1} = 3,14 \cdot 0,01 \cdot 0,7 \cdot 13,5 \cdot 28 \cdot 13 = 108 \text{ м}^2$$

#### 4.2.1 Розрахунок поверхневого повітрянагрівача 1-го підігріву

Вихідні данні для розрахунку повітрянагрівача :початкові та кінцеві параметри повітря  $t_n = -22^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 10^\circ\text{C}$ , витрати повітря  $G_v = 6.78 \text{ кг/с}$ , початкова та кінцева температура теплоносія  $t_1 = 110^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 70^\circ\text{C}$ .

Приймаємо повітрянагрівач ВНП 243.1-163-120-с-d,d-ff-e кондиціонера

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

КЦКП-20 площа фронтального перетину  $1.956\text{ м}^2$ .

Масова швидкість повітря у фронтальному перетині кондиціонера  
КЦКП-20  $\text{кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ . Керуючись [3]

$$\nu\rho = \frac{G_B}{F_f} \quad (4.25)$$

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

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

$$\nu\rho = 6.78/1.956 = 2.88 \text{ кг}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

$$Q = 0.278 \cdot c_\theta \cdot G_\theta \cdot (t_k - t_n) \quad (4.26)$$

$c_\theta$  – теплоємність повітря;

$$Q = 0.278 \cdot 1.006 \cdot 6.78 \cdot (12 - (-22)) = 64.47 \text{ кВт}$$

Витрата теплоносія,  $\text{кг}/\text{год}$ :

$$G_w = \frac{3.6 \cdot Q}{c_w \cdot (t_1 - t_2)} \quad (4.27)$$

$c_w$  – теплоємність води;

$$G_w = 3.6 \cdot 64.469 / (4.2 \cdot (110 - 70)) = 1381 \text{ кг}/\text{год}.$$

Задаючись швидкістю руху теплоносія в трубах  $w$  от 1.2 до 1.5 м/с,  
визначаємо число ходів та площу живого перетину для проходу води.

Попередньо також маємо задатися числом рядів трубок по ходу руху повітря,  $p$ .

Загальна кількість трубок:

$$N = \frac{p \cdot H_{mp}}{h} \quad (4.28)$$

де  $H_{mp}$  – висота трубної решітки, м;

$h$  – крок труб по висоті, м, для КЦКП  $h = 0.05$  м.

Приймаємо  $p = 1$ ; при  $H_{mp} = 1.2$  м, загальна кількість трубок:

$$N = 1 \cdot 1.2 / 0.05 = 24$$

Розраховуємо число трубок, які підключаються до колектора, який подає,  
по заданому значенню швидкості руху води в трубах:

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$m = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot w} \quad (4.29)$$

де  $f_w$  – площа живого перетину мідної трубки (10) мм;  
приймаємо швидкість руху води в трубках 1.5 м/с. Тоді

$$m = 1381 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0000785 \cdot 1.5) = 3.25$$

Приймаємо  $m = 3$  та визначаємо число ходів

$$n = \frac{N}{m} \quad (4.30)$$

$$n = 24 / 3 = 8$$

Уточнюємо швидкість руху води в трубках:

$$w = \frac{G_w}{3600 \cdot \rho_w \cdot f_w \cdot m} \quad (4.31)$$

$$w = 1381 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0000785 \cdot 3) = 1.63 \text{ м/с}$$

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі, К Вт/(м<sup>2</sup>·°С)

$$k = A \cdot (v\rho)^{0.37} \cdot w^{0.18} \quad (4.32)$$

$A$  – емпіричний коефіцієнт, який визначається за результатами випробувань в залежності від конструкції теплообмінника.

$$k = 23.11 \cdot (2.88)^{0.37} \cdot 1.63^{0.18} = 37.32 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)}$$

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

$$\Delta t_{cp} = \frac{t_1 + t_2}{2} - \frac{t_n + t_k}{2} \quad (4.33)$$

$$\Delta t_{cp} = (110 + 70) / 2 - (-22 + 12) / 2 = 95 \text{ °С.}$$

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Delta t_{cp}} \quad (4.34)$$

$$F = 64469 / (37.32 \cdot 95) = 18.18 \text{ м}^2$$

Аеродинамічний опір повітрянагрівача:

$$\Delta P_a = B \cdot (v\rho)^m \quad (4.35)$$

$B, m$  – емпіричні коефіцієнти;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$\Delta P_a = 2.104 \cdot (2.88)^{1.64} = 11.925 \text{ кПа}$$

Гідравлічний опір повітронагрівача:

$$\Delta P_w = 1.968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot w^{1.69} \quad (4.36)$$

де  $l_{\text{хода}}$  – приведена довжина ходу води в трубках визначається як множення числа ходів на довжину трубок.

$$\Delta P_w = 1.968 \cdot (1.63 \cdot 3) \cdot 1.63^{1.69} = 21.97 \text{ кПа}$$

#### 4.2.2 Розрахунок поверхневого повітронагрівача 2-го підігріву

Вихідні данні для розрахунку повітронагрівача: початкові та кінцеві параметри повітря  $t_n = 12^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 19^\circ\text{C}$ , витрати повітря  $G_b = 6.78 \text{ кг/с}$  початкова та кінцева температура теплоносія  $t_1 = 90^\circ\text{C}$ ,  $t_2 = 70^\circ\text{C}$ .

Приймаємо повітронагрівач ВНП 243.1-163-120-с-d,d-ff-e кондиціонера КЦКП-20 площа фронтального перетину  $1.956 \text{ м}^2$ .

Масова швидкість повітря у фронтальному перетині кондиціонера КЦКП-20  $\text{кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2)$ .

$$v_p = 6.78 / 1.956 = 3.46 \text{ кг}/(\text{с} \cdot \text{м}^2) \quad (4.37)$$

Кількість теплоти для нагріву повітря, Вт:

$$Q = 0.278 \cdot 1.006 \cdot 20340 \cdot (19 - 12) = 39819 \text{ Вт} \quad (4.38)$$

Витрата теплоносія,  $\text{кг/ч}$ :

$$G_w = 3.6 \cdot 39819 / (4.187(90 - 70)) = 1712 \text{ кг/час} \quad (4.39)$$

Загальна кількість трубок:

$$N = 1 \cdot 1.2 / 0.05 = 24 \quad (4.40)$$

Розраховуємо число трубок, які підключаються до колектора, який подає, по заданому значенню швидкості руху води в трубках:

$$m = 1712 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0000785 \cdot 1.5) = 4$$

Приймаємо  $m = 4$  та визначаємо число ходів

$$n = \frac{N}{m} \quad (4.41)$$

$$n = 24 / 4 = 6$$

$$\text{Уточнюємо швидкість руху води в трубках: } w = 1712 / (3600 \cdot 1000 \cdot 0.0000785 \cdot 4) = 1.5 \text{ м/с} \quad (4.42)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Визначаємо коефіцієнт теплопередачі, кВт/(м<sup>2</sup>·°С)

$$k = 23.11 \cdot (3.46)^{0.37} \cdot 1.5^{0.18} = 39.35 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°С)} \quad (4.43)$$

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

$$\Delta t_{cp} = (90 + 70)/2 - (12 + 19)/2 = 64.5 \text{ °С.} \quad (4.44)$$

Знаходимо потрібну площу поверхні теплообміну:

$$F = 39819 / (39.35 \cdot 64.5) = 15.69 \text{ м}^2 \quad (4.45)$$

Аеродинамічний опір повітронагрівача:

$$\Delta P_a = 2.104 \cdot (3.46)^{1.64} = 16.11 \text{ кПа} \quad (4.46)$$

Гідравлічний опір повітронагрівача:

$$\Delta P_w = 1.968 \cdot (1.63 \cdot 6) \cdot 1.5^{1.69} = 38.19 \text{ кПа} \quad (4.47)$$

### 4.3 Розрахунок адіабатної камери зрошування

Параметри початкового і кінцевого стану повітря  $h_{в.н}=34$  кДж/кг,  $t_{в.н}=19^\circ\text{С}$ ,  $t_{в.к}=8^\circ\text{С}$ .

Витрата повітря через камеру зрошування  $L_{ок}=19380$  м<sup>3</sup>/год. Температура «мокрого» термометра  $t_{мт}=6^\circ\text{С}$ . Керуючись [5].

Знайдемо необхідний коефіцієнт адіабатної ефективності:

$$E = \frac{t_c - t_k}{t_c - t_m} = \frac{16 - 9}{16 - 7} = 0.84$$

Для кожного типорозміру форсункової блок-камери вказується три можливі величини показника  $E_a=0,84$ . Отримання різних величин показників  $E_a$  отримуємо шляхом зміни витрати води. Інтенсивність зрошення водою повітряного потоку прийнято оцінювати через показник В- коефіцієнт зрошення .

$$B = \frac{G_w}{L_n \cdot \rho_n}, \text{ кг води/кг повітря} \quad (4.48)$$

Проведемо оцінку необхідних коефіцієнтів зрошення в режимах адіабатного зволоження в блок – камері форсункового зрошення в приточному агрегаті КЦКП-20 по даним табл. 2.2(10) .

$$\text{При } E_a=0.84 \text{ потрібно } B = \frac{15581}{19380 \cdot 1.2} = 0,67 \text{ кг/кг;}$$

Побудуємо графік залежності коефіцієнта адіабатної ефективності  $E_a$  від

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 42   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

коефіцієнт зрошення В. Знайдемо що для  $E_a=0.84$  ;  $B=0.67$

Далі знайдемо необхідну витрату води:

$$G_w = B \cdot L_n \cdot \rho_n = 0,67 \cdot 19380 \cdot 1.2 = 15581 \text{ кг/ч.} \quad (4.49)$$

#### 4.3.1 Гідравлічний розрахунок трубопроводів та підбір насосу для камери зрошування

Керуючись [4] ,[10] зробимо розрахунок трубопроводу від котла до камери зрошування :

Загальна довжина труб дорівнює:

$$L_{tr}^{заг} = 31 \text{ м.}$$

Витрата рідини:

$$V = 2.41 \text{ л/с}$$

Швидкість руху рідини приймаємо рівною  $\omega = 0.85 \text{ м/с}$ .

Визначимо внутрішній діаметр труби:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{V \cdot 10^{-3}}{0.785 \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{2.41 \cdot 10^{-3}}{0.785 \cdot 0.85}} = 0.06 \text{ (м)} \quad (4.50)$$

де  $v=0,85 \text{ м/с}$  – заздалегідь задана швидкість води в трубопроводі (не більш  $1,5 \text{ м/с}$ )

$V=2,41 \text{ л/с}$  – витрата рідини

Вибираємо поліпропіленову трубу Pilsa PN10 із зовнішнім діаметром  $D=75 \text{ мм}$  і завтовшки стінки  $t=6,9 \text{ мм}$ . Уточнимо внутрішній діаметр труби:

$$d_{вн} = D - 2t = 75 - 2 \cdot 6,9 = 61.2 \text{ (мм)} \quad (4.51)$$

Уточнимо швидкість руху рідини в трубопроводі:

$$\omega = \frac{V \cdot 10^{-3}}{0.785 \cdot d_{вн}^2} = \frac{2.41 \cdot 10^{-3}}{0.785 \cdot 0.0612^2} = 0.82 \text{ (м/с)} \quad (4.52)$$

Визначаємо динамічний тиск:

$$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{999.7 \cdot 0.82^2}{2} = 336 \text{ (Па)} \quad (4.53)$$

де  $\rho$  – щільність води при  $t = 10^\circ\text{C}$

Розраховуємо число Рейнольдса:

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{вн}}{\nu} = \frac{0.82 \cdot 0.0612}{1.306 \cdot 10^{-6}} = 38430 \quad (4.54)$$

$\nu$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості рідини,  $\text{м}^2/\text{с}$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Коефіцієнт опору по довжині:

$$\lambda = 0,1 \cdot \left( \frac{1.46 \cdot k_3}{d_{\text{вн}}} + \frac{100}{Re} \right) = 0,1 \cdot \left( \frac{1.46 \cdot 0.004}{0.0612} + \frac{100}{38430} \right) = 9.803 \cdot 10^{-3}$$

$k_3$  – коефіцієнт абсолютної еквівалентної шорсткості поліпропіленових труб.

Втрати тиску від тертя на довжині 1м:

$$\Delta p_{\text{тр}} = R = \frac{\lambda}{d_{\text{вн}}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{9.803 \cdot 10^{-3}}{0.0612} \cdot 336 = 54 \text{ (Па/м)} \quad (4.55)$$

Втрати тиску по усій довжині труби:

$$R \cdot L_{\text{тр}}^{\text{заг}} = 54 \cdot 31 = 1674 \text{ (Па)} \quad (4.56)$$

Втрати тиску в місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} + \Delta p_{\phi} = ((6 \cdot 1.2) + (3 \cdot 5.7)) \cdot 336 + 20000 = 28160 \text{ (Па)}$$

де,  $\xi$  – коефіцієнти місцевих опорів:

- угольник  $90^\circ \xi = 1.2$

- вентиль  $\xi = 5.7$

- тройник  $\xi = 1.2$

$\Delta p_{\phi}$  – гідравлічний опір форсунок, Па.

Сумарні втрати:

$$\Delta P = R \cdot L_{\text{тр}}^{\text{заг}} + Z = 1674 + 28160 = 29830 \text{ (Па)} \quad (4.57)$$

Визначимо необхідний натиск насоса:

$$H = \frac{\Delta P}{\rho \cdot g} = \frac{29830}{999.7 \cdot 9.8} = 3.04 \text{ (м)} \quad (4.58)$$

Вибираємо насос серії Wilo-Stratos-Z 50/1-9 RG CAN PN 6/10

Потужність насоса складає 0.077 кВт.

Wilo- Stratos-Z 50/1-9 - це економічний циркуляційний насос з сухим ротором для систем водяного опалювання, кондиціонування, закритих контурів охолодження і для промислових циркуляційних установок.

Має функцію автоматичного регулювання, що дозволяє заощадити до 80% електроенергії.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

#### 4.4. Розрахунок повітряного кишенькового фільтру

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

Згідно Європейським нормам EN 779 и EN 1822-1, діючим з 1992 року, існує класифікація фільтрів залежно від ефективності очищення від пилу таблиця 5.2.

Таблиця 5.2 - Класифікація фільтрів

| Клас фільтру<br>EN 779 | Ефективність<br>очищення (%) | Клас фільтру<br>EN 1822-1 | Ефективність<br>очищення (%) |
|------------------------|------------------------------|---------------------------|------------------------------|
| G3                     | 89                           | H10                       | 85                           |
| G4                     | 92                           | H11                       | 95                           |
| F5                     | 40-50                        | H12                       | 99,5                         |
| F6                     | 60-65                        | H13                       | 99,95                        |
| F7                     | 80-85                        | H14                       | 99,995                       |
| F8                     | 90-95                        | U15                       | 99,9995                      |
| F9                     | ≥ 95                         | U16                       | 99,99995                     |
|                        |                              | U17                       | 99,999995                    |

У складі припливних і витяжних установок КЦКП поставляють два види блоків, що фільтрують: осередкові фільтри з трьома видами матеріалу, що фільтрує, і кишенькові фільтри.

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

В кишенькових фільтрів поверхня матеріалу, що фільтрує, збільшена шляхом його кишенькового розташування. Це дозволяє значно збільшити фронтальний перетин і поверхню фільтру для проходження через нього повітря, що очищається. Розвиток поверхні, що фільтрує, дає можливість знизити питомі повітряні навантаження на фільтр.

Як фільтрувальний матеріал в кишенькових фільтрах застосовуються

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

полотна з гнучких зв'язаних волокон або матеріал з іглопробивними отворами.

Міра очищення повітря від пилу оцінюється показником ефективності очищення

$$A_m = ((C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}})/C_{\text{вх}}) \cdot 100\% \quad (4.59)$$

Концентрація пилу в припливному зовнішньому повітрі на вході у фільтр  $C_{\text{вх}}$ , мг/м<sup>3</sup> характеризує початкову запиленість. Для житлових районів промислових міст  $C_{\text{вх}} = 0,5$  мг/м<sup>3</sup>.

Обчислимо запилену припливного повітря на виході з кишенькового фільтру при  $A_m = 92\%$ , керуючись [5]:

$$C_{\text{вых}} = C_{\text{вх}} - (A_m \cdot C_{\text{вх}})/100, \text{ мг/м}^3, \quad (4.60)$$

$$C_{\text{вых}} = 0.5 - (92 \cdot 0.5)/100 = 0.04 \text{ мг/м}^3$$

Для оцінки пропускної спроможності фільтрів застосовується показник питомого навантаження

$$УФ = L/F_\phi, \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2 \quad (4.61)$$

Де  $F_\phi$  – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує, м<sup>2</sup>;

$$УФ = 8672/9.4 = 922.5 \text{ м}^3/\text{ч} \cdot \text{м}^2$$

Обчислюємо час роботи фільтру

$$\tau_\phi = ПФ \cdot 1000 \cdot \frac{F_\phi}{[(C_{\text{вх}} - C_{\text{вых}}) \cdot L]}, \text{ ч}, \quad (4.62)$$

де  $L$  – витрата очищається повітря, що проходить через фільтр, м<sup>3</sup>/ч;

$F_\phi$  – фронтальна поверхня матеріалу, що фільтрує, м<sup>2</sup>;

$C_{\text{вх}}, C_{\text{вых}}$  – концентрація маси пилу до і після фільтру, мг/м<sup>3</sup>.

$$\tau_\phi = 570 \cdot 1000 \cdot \frac{9,4}{[(0.5 - 0.04) \cdot 21230]} = 548.64 \text{ год.}$$

Тривалість в робочих днях експлуатації кишенькових фільтрів

$$\tau = \frac{\tau_\phi}{\tau_{\text{сут}}}, \text{ днів} \quad (4.63)$$

$$\tau = \frac{548.65}{18} = 30 \text{ днів}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 5 РОЗРАХУНОК ОСНОВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 5.1 Тепловий розрахунок компресора

Вихідними даними для розрахунку холодильної машини є кількість холоду, яку вона повинна виробити для СКП, а також режим роботи.

Режим роботи холодильної установки визначається температурою кипіння холодильного агенту ( $t_0$ ) та температурою конденсації ( $t_k$ ).

Температура кипіння залежить від робочої температури води, яка виходить:  
 $t_{\text{води}} = 10^\circ\text{C}$

Для роботи холодильної машини використовуємо фреон R404, який має достатньо хороші термодинамічні якості.

$$t_0 = t_{\text{пов}} - \Delta t_0, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.1)$$

$$t_0 = 10 - 3 = 7^\circ\text{C}$$

Приймаємо  $\Delta t_0 = 3 \text{ } ^\circ\text{C}$  – розрахункова різниця температур для пластинчатих випарників.

Температура конденсації визначається за емпіричною залежністю:

$$t_k = t_n + (8 \dots 15) \text{ } ^\circ\text{C} \quad (5.2)$$

$t_n = 31,2^\circ\text{C}$  – температура зовнішнього повітря.

$$t_k = 31.2 + 10 = 41,2^\circ\text{C}$$

Задаємось переохолодженням рідкого холодильного агента в конденсаторі:

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

Визначаємо температуру в точці 3:

$$t_3 = t_k - \Delta t_k, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (5.3)$$

$$t_3 = 41.2 - 5 = 36.2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

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

Температура в випарнику-  $t_0 = 7^\circ\text{C}$ .

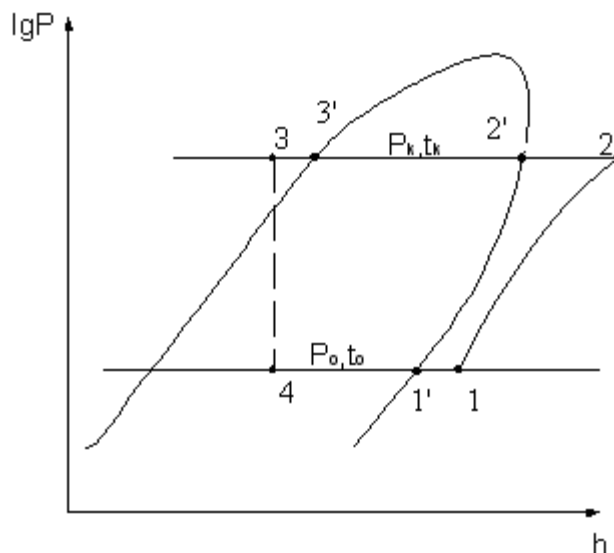
Визначаємо температуру в точці 1:

$$t_1 = t_0 + \Delta t_{\text{вс}}, \text{ } ^\circ\text{C}. \quad (5.4)$$

$$t_1 = 7 + 5 = 12 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Побудуємо цикл в lgr-h діаграмі та визначимо параметри точок процесів.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



Робочий хол. агент: R-404a;

Холодовидатність:

$$Q_0^c = 1,1 * G_{\text{г}} * (h_{\text{в}} - h_{\text{п}}) = 1.1 * 6.78 * (45.8 - 38) = 58.2 \text{ кВт}; \quad (5.5)$$

Температура кипіння фреону:  $t_0 = +7^\circ\text{C}$ ;

Температура конденсації фреону:  $t_k = +37.4^\circ\text{C}$ ;

Будуємо холодильний цикл у  $\lg P$ - $h$  діаграмі та знімаємо дані з точок циклу, які заносимо в таблицю 5.1

Таблиця 5.1 – Параметри холодильного циклу

|                           | 1    | 2    | 3    | 4   |
|---------------------------|------|------|------|-----|
| $t, ^\circ\text{C}$       | 12   | 49.5 | 36   | 6.7 |
| $P, \text{бар}$           | 7.5  | 18.7 | 18.7 | 7.5 |
| $h, \text{кДж/кг}$        | 377  | 395  | 257  | 257 |
| $v, \text{м}^3/\text{кг}$ | 0,02 | -    | -    | -   |

Далі керуючись [9]:

Питома масова холодовидатність:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 377 - 257 = 120 \text{ кДж/кг} \quad (5.6)$$

Питома робота компресора:

$$l_{\text{км}} = h_2 - h_1 = 395 - 377 = 18 \text{ кДж/кг}; \quad (5.7)$$

Питома теплота конденсації:

$$q_k = h_2 - h_3 = 395 - 257 = 138 \text{ кДж/кг}; \quad (5.8)$$

Питома об'ємна холодовидатність:

$$q_v = \frac{q_o}{v_1} = \frac{120}{0,02} = 6000 \text{ кДж/м}^3; \quad (5.9)$$

Хол. коефіцієнт Карно:

$$\text{cop}_k = \frac{T_o}{(T_k - T_o)} = \frac{280}{(314.2 - 280)} = 8.19; \quad (5.10)$$

Адіабатний хол. коефіцієнт:

$$\text{COP}_a = q_o / l_{\text{км}} = 120 / 18 = 6.66; \quad (5.11)$$

Ступінь термодинамічної досконалості:

$$\eta_{\text{стк}} = \frac{\text{COP}_a}{\text{COP}_k} = \frac{6.66}{8.19} = 0,81; \quad (5.12)$$

Масова витрата хол. агенту:

$$M_a = Q_o^u / q_o = 58.2 / 120 = 0,48 \text{ кг/с}; \quad (5.13)$$

Дійсний об'єм всмоктуваного пару:

$$V_d = M_a \cdot V_{\text{вс}} = M_a \cdot V_1 = 0.48 \cdot 0.02 = 9.7 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}; \quad (5.14)$$

З графіку залежності виду компресора та співвідношення

$$\left( \frac{P_k}{P_o} \right) = 2.49 \text{ знаходимо коефіцієнт подачі компресора } \lambda = 0.85;$$

Розрахунок коефіцієнт подачі компресора:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_{w'} = 0.95 \cdot 0.9 = 0.85$$

$$\lambda_c = 1 - c \left( \left( \frac{P_k}{P_o} \right)^n - 1 \right) = 1 - 0.03 \left( \left( \frac{18.7}{7.5} \right)^1 - 1 \right) = 0.95; \quad (5.15)$$

$$\lambda_{w'} = \frac{T_o}{T_k} = \frac{280}{314.2} = 0.9; \quad (5.16)$$

Теоретичний об'єм спірального компресора:

$$V_h = \frac{Q_o^u}{(\lambda \cdot q_v)} = \frac{58.2}{(0.85 \cdot 6000)} = 0.011 \text{ м}^3/\text{с}; \quad (5.15)$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot l_{\text{км}} = 0.48 \cdot 18 = 8.64 \text{ кВт}; \quad (5.16)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$b - \text{коефіцієнт: } b = 0.0025$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b \cdot t_0 = 0.9 + 0.0025 \cdot 7 = 0.92$$

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i} = \frac{8.64}{0.92} = 9.39 \text{ кВт}, \quad (5.17)$$

де  $\eta_i$  - індикаторний к.п.д.;

Ефективна потужність компресора:

$$N_{тр} = V_h \cdot P_{itr} = 0.011 \cdot 50 = 0.55 \text{ кВт}$$

де  $P_{itr}$  – середній індикаторний тиск тертя,

приймаємо  $P_{itr} = 50$

Ефективна потужність компресора:

$$N_e = N_i + N_{тр} = 9.39 + 0.55 = 9.94 \text{ кВт}, \quad (5.18)$$

де  $N_{тр}$  - потужність тертя, кВт;

Електрична потужність компресора:

$$N_{ел} = \frac{N_e}{\eta_{ед}} = \frac{9.94}{0.9} = 11 \text{ кВт}, \quad (5.19)$$

де  $\eta_{ед}$  - к.п.д. електродвигуна, кВт;

Вибираємо двигун: АИР132М2

Номінальна потужність: 11 кВт;

Частота обертання вала: 2900 об/хв.;

ККД 88%.

Дійсний хол. коефіцієнт:

$$\text{COP}_д = \frac{Q_o^ч}{N_{ел}} = \frac{58.2}{11} = 5.29; \quad (5.20)$$

Ступінь термодинамічної досконалості:

$$\eta_{стс} = \frac{\text{COP}_д}{\text{COP}_к} = \frac{5.29}{8.19} = 0.65; \quad (5.21)$$

## 5.2 Вибір системи відведення теплоти конденсації. Розрахунок апаратів, підбір вентиляторів

Конденсатор служить для передачі теплоти робочої речовини середі, що охолоджує, або джерелу теплоти високої температури. По роду середи, що охолоджує, конденсатори можна розділити на дві великі групи: з водяним і повітряним охолодженням. У даному розрахунку застосовується конденсатор

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

повітряним охолодженням. Завдання теплового розрахунку полягає у визначенні площі теплопередаючої поверхні апарату і його основних геометричних розмірів.

Теплове навантаження

$$Q_k = Q_0 + N_e, \text{ кВт}, \quad (5.22)$$

де  $Q_0$  - холодопродуктивність, кВт;

$N_e$  - ефективна потужність, кВт.

$$Q_k = 58.2 + 9.94 = 68.14 \text{ кВт}.$$

Для подальших розрахунків приймаємо 4 конденсатори, оскільки загальна потужність 68.14 кВт, то потужність одного конденсатора становитиме 17 Вт

Приймаємо  $\Delta t_{\text{пов}} = 6^\circ\text{C}$

$$t_{B2} = t_{B1} + \Delta t, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (5.23)$$

де  $t_{B1}$  – зовнішня температура повітря  $^\circ\text{C}$ .

$$t_{B2} = 31.2 + 6 = 37.2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Температура конденсації

$$t_k = \frac{t_{B1} + t_{B2}}{2} + 10, \text{ }^\circ\text{C}, \quad (5.24)$$

$$t_k = \frac{31.2 + 37.2}{2} + 10 = 44.2 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Середня логарифмічна різниця температур

$$\theta = \frac{T_k - T_{B1}}{\ln \frac{T_k - T_{B1}}{T_k - T_{B2}}}, \text{ К} \quad (5.25)$$

$$\theta = \frac{6}{\ln \frac{317.2 - 304.2}{317.2 - 304.2}} = 9.69 K$$

Витрата повітря через конденсатор

$$G_B = \frac{Q_K}{c_p \cdot \Delta T_B}, \text{ кг/с}, \quad (5.26)$$

$$G_B = \frac{68.14}{1.006 \cdot 6} = 11 \text{ кг/с},$$

$$V_B = \frac{G_B}{\rho_B}, \text{ м}^3/\text{с} \quad (5.27)$$

де  $\rho_B = 1,169 \text{ кг/м}^3$  - щільність повітря при  $T_{B1} = 304.2 \text{ К}$ .

$$V_B = \frac{11}{1.169} = 9.4 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Живий перетин апарату

$$F_{\text{ж}} = \frac{V_B}{\omega}, \text{ м}^2, \quad (5.28)$$

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

$$F_{\text{ж}} = \frac{9.4}{7} = 1.3 \text{ м}^2.$$

основні розміри, що характеризують поверхню теплообміну:

Зовнішній діаметр труби  $d_n$ , м.....0.014

Внутрішній діаметр труби  $d_{\text{вн}}$ , м.....0.012

Крок труб по фронту і в глибину  $s$ , м.....0.028

Товщина ребер  $\delta_r$ , м.....0.0005

Крок ребер  $S$ , м.....0.004

Матеріал труб.....Мідь

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Матеріал ребер.....Сталь

Рєбра.....Пластинчасті суцільні

Розташування труб в пучку.....Коридорне

Розміри апарату по фронту. Живий перетин апарату пов'язаний з основними розмірами, що характеризують поверхню теплообміну співвідношенням

$$F_{\text{ж}} = L_1 \cdot (s - d_{\text{н}}) \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{п}}}{u}\right), \text{ м}^2 \quad (5.29)$$

Звідси загальна довжина труби в одній секції конденсатора

$$L_1 = \frac{F_{\text{ж}}}{(s - d_{\text{н}}) \cdot \left(1 - \frac{\delta_{\text{п}}}{u}\right)}, \text{ м}, \quad (5.30)$$

$$L_1 = \frac{1.3}{(0.028 - 0.014) \cdot \left(1 - \frac{0.0005}{0.004}\right)} = 39.95 \text{ м}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, віднесений до зовнішньої поверхні обребреної труби. При коридорному розташуванні труб з пластинчастим обребренням при  $Re = 500..10000$ ;  $L/d_{\text{экв}} = 4..50$ ;

$$u/d_{\text{н}} = 0.18..0.35; \quad s/d_{\text{н}} = 2..5; \quad t_{\text{ж}} = -40..40 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$Nu_{\text{ж}} = c \cdot Re_{\text{ж}}^n \cdot \left(\frac{L}{d_{\text{экв}}}\right)^m. \quad (5.31)$$

Тут

$$d_{\text{экв}} = \frac{2(s - d_{\text{н}}) \cdot (u - \delta_{\text{п}})}{(s - d_{\text{н}}) + (u - \delta_{\text{п}})}, \text{ м}, \quad (5.32)$$

$$d_{\text{экв}} = \frac{2(0.028 - 0.014) \cdot (0.004 - 0.0005)}{(0.028 - 0.014) + (0.004 - 0.0005)} = 0.0056 \text{ м}.$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Число Рейнольдса

$$Re_{\text{ж}} = \frac{\omega \cdot d_{\text{экв}}}{\nu}, \quad (5.33)$$

де  $\omega = 16 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$  – коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря.

$$Re_{\text{жс}} = \frac{7 \cdot 0.0056}{16 \cdot 10^{-6}} = 2450.$$

$$\frac{u}{d_{\text{н}}} = \frac{0.004}{0.014} \approx 0.285; \quad \frac{s}{d_{\text{н}}} = \frac{0.028}{0.014} = 2;$$

$$\frac{L}{d_{\text{экв}}} \geq 20.$$

Довжина пластини по ходу повітря  $L$  залежить від числа паралельних секцій конденсатора  $a$  і визначається по рівнянню

$$L = a \cdot s. \quad (5.34)$$

Коефіцієнти

$$n = 0.45 + 0.0066 \cdot \frac{L}{d_{\text{экв}}}, \quad (5.35)$$

$$n = 0.45 + 0.0066 \cdot 20 = 0.582,$$

$$m = -0.28 + 0.08 \cdot \frac{Re_{\text{жс}}}{1000}, \quad (5.36)$$

$$m = -0.28 + 0.08 \cdot \frac{2450}{1000} = -0.084,$$

$$c = A \cdot B \quad (5.37)$$

$$B = 1.36 - 0.24 \cdot \frac{Re_{\text{жс}}}{1000}, \quad (5.38)$$

$$B = 1.36 - 0.24 \cdot \frac{2450}{1000} = 0.772,$$

$$A = f\left(\frac{L}{d_{\text{экв}}}\right), \quad (5.39)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 54   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$A = f\left(\frac{L}{d_{\text{экв}}}\right) = 0.201,$$

$$c = 0.201 \cdot 0.772 = 0.155,$$

$$Nu_{\text{ж}} = 0.155 \cdot 2450^{0.582} \cdot (20)^{-0.084} = 11.31,$$

$$\alpha_{\text{вфвн}} = \frac{Nu_{\text{ж}} \cdot \lambda_{\text{в}}}{d_{\text{экв}}}, \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{К}, \quad (5.40)$$

$$\alpha_{\text{вфвн}} = \frac{11.31 \cdot 2.67 \cdot 10^{-2}}{0.0056} = 53.92 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{К}.$$

тут  $\lambda_{\text{в}} = 2.67 \cdot 10^{-2} \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$  – коефіцієнт теплопровідності повітря.

Коефіцієнт тепловіддачі з боку повітря, приведений до внутрішньої поверхні труби

$$\alpha_{\text{в.пр}} = \alpha_{\text{в}} \cdot \left( \frac{F_{\text{н}}}{F_0} \cdot E + \frac{F'_{\text{тр}}}{F_0} \right) \frac{d_{\text{н}}}{d_{\text{вн}}}, \text{ Вт / (м}^2 \cdot \text{К)}, \quad (5.41)$$

де  $F'_{\text{тр}}$  - поверхня труби між ребрами

$$F'_{\text{тр}} = \pi \cdot d_{\text{н}} \cdot \left( 1 - \frac{\delta_{\text{р}}}{u} \right), \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (5.42)$$

$$F'_{\text{тр}} = 3.14 \cdot 0.014 \cdot \left( 1 - \frac{0.0005}{0.004} \right) = 0.038465 \text{ м}^2 / \text{м}.$$

$F_{\text{р}}$  – поверхня ребер

$$F_{\text{р}} = 2 \cdot \left( s^2 - \frac{\pi \cdot d_{\text{н}}^2}{4} \right) \frac{1}{u}, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (5.43)$$

$$F_{\text{р}} = 2 \cdot \left( 0.028^2 - \frac{3.14 \cdot 0.014^2}{4} \right) \frac{1}{0.004} = 0.31507 \text{ м}^2 / \text{м}.$$

$F_{\text{н}}$  – зовнішня поверхня обрешеченої труби

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$F_H = F'_{тр} + F_p, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (5.44)$$

$$F_H = 0.038465 + 0.31507 = 0.353535 \text{ м}^2 / \text{м}.$$

$F_0$  – основна поверхня труби

$$F_0 = H \cdot d_H, \text{ м}^2 / \text{м}, \quad (5.45)$$

$$F_0 = 3.14 \cdot 0.014 = 0.04396 \text{ м}^2 / \text{м}$$

$E$  – ступінь ефективності ребра

$$E = \frac{\text{th}(m \cdot h')}{m \cdot h'}, \quad (5.46)$$

$$m = \sqrt{\frac{2\alpha_B}{\delta_p \cdot \lambda_p}}, 1 / \text{м}, \quad (5.47)$$

$\lambda_p = 45,4 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$  – коефіцієнт теплопровідності сталі;  $h'$  – умовна висота ребра.

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 53.92}{0.0005 \cdot 45.4}} = 68,92,1 / \text{м},$$

$$h' = \frac{d_H}{2} (\rho' - 1) (1 + 0.805 \lg \rho'), \text{ м}, \quad (5.48)$$

$$\rho' = 1,28 \frac{s}{d_H} \sqrt{\frac{s_1}{s_2} - 0,2}, \quad (5.49)$$

$$\rho' = 1,28 \frac{0.028}{0.014} \sqrt{1 - 0.2} = 2.29,$$

$$h' = \frac{0.014}{2} (2.29 - 1) (1 + 0.805 \cdot \lg 2.29) = 0.0116 \text{ м},$$

$$E = \frac{\text{th}(0.7994)}{0.7994} = 0.83,$$

$$\alpha_{e, np} = 53.92 \cdot \left( \frac{0.353535}{0.04396} \cdot 0.83 + \frac{0.038465}{0.04396} \right) \cdot \frac{0.014}{0.012} = 475 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Коефіцієнт тепловіддачі з боку робочого тіла

$$\alpha_a = 0.72 \cdot \sqrt[4]{\frac{r \cdot \rho^2 \cdot \lambda^3 \cdot g}{\mu \cdot d_{\text{вн}} (T_{\text{к}} - T_{\text{см}})}} = \frac{3952}{\sqrt[4]{T_{\text{к}} - T_{\text{см}}}} \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}, \quad (5.50)$$

де  $r$  – теплота конденсації, кДж/кг;

$\rho$  – щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості рідини Па • с.

Питомий тепловий потік в апараті:

з боку робочого тіла

$$q_{aF_{\text{вн}}} = 3952 (T_{\text{к}} - T_{\text{см}})^{0.75}, \text{ Вт/м}^2. \quad (5.51)$$

з боку повітря

$$q_{vF_{\text{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{в.пр}}} + \frac{F_{\text{вн}}}{F_{\text{вн}} + F_{\text{н}}} \sum \frac{\delta}{\lambda}} (T_{\text{ст}} - T_{\text{в}}), \text{ Вт/м}^2, \quad (5.52)$$

де  $F_{\text{вн}} = H \cdot d_{\text{вн}} = 3.14 \cdot 0.012 = 0.03768 \text{ м}^2/\text{м}$  – внутрішня поверхня труби;

$\lambda = 385 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$  – коефіцієнт теплопровідності стінки труби (мідь).

$$q_{vF_{\text{вн}}} = \frac{1}{\frac{1}{475} + \frac{0.03768}{0.03768 + 0.353535} \cdot \frac{0.001}{385}} (T_{\text{см}} - T_{\text{с}}) = 475 (T_{\text{см}} - T_{\text{с}}) \text{ Вт/м}^2$$

Таблиця 5.2 – Прийнята температура стінки теплообмінника конденсатора

| $T_{\text{ст}}, \text{ К}$ | $T_{\text{к}} - T_{\text{ст}}, \text{ К}$ | $q_a, \text{ Вт/м}^2$ | $T_{\text{ст}} - T_{\text{в}}, \text{ К}$ | $q_v, \text{ Вт/м}^2$ |
|----------------------------|-------------------------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|-----------------------|
| 307                        | 6.4                                       | 15902                 | 6.6                                       | 3135                  |
| 309                        | 4.4                                       | 12006                 | 8.6                                       | 4085                  |
| 311                        | 2.4                                       | 7620                  | 10.6                                      | 5035                  |

Згідно даним таблиці 5.2 знаходимо значення  $q_{F_{\text{вн}}} = 5300 \text{ Вт/м}^2$ .

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 57   |

Поверхня теплообміну (внутрішня)

$$F_{\text{вн}} = \frac{Q}{q_{\text{Fвн}}}, \text{ м}^2, \quad (5.53)$$

$$F_{\text{вн}} = \frac{68.14 \cdot 10^3}{5300} = 12.85 \text{ м}^2.$$

Загальна довжина оребрених труб

$$L = \frac{F_{\text{вн}}}{\pi \cdot d_{\text{вн}}}, \text{ м}, \quad (5.54)$$

$$L = \frac{4.56}{0.03768} = 121 \text{ м}.$$

Число секцій

$$a = \frac{L_{\text{общ}}}{L_1}, \quad (5.55)$$

$$a = \frac{121}{41} \approx 3.$$

Коефіцієнт теплопередачі

$$\kappa_{\text{Fвн}} = \frac{q_{\text{Fвн}}}{\theta_{\text{м}}}, \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{К}, \quad (5.56)$$

$$\kappa_{\text{Fвн}} = \frac{5300}{9.69} = 546 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{К}.$$

Основні конструктивні розміри апарату. При числі секцій  $a = 3$  довжина труб в одній секції:

$$L_1 = \frac{L_{\text{общ}}}{a}, \text{ м}, \quad (5.57)$$

$$L_1 = \frac{121}{3} = 41 \text{ м}.$$

Живий перетин

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$F_{жс} = 41 \cdot (0.028 - 0.014) \cdot \left(1 - \frac{0.0005}{0.004}\right) = 0.5 \text{ м}^2$$

При висоті апарату рівній його ширині число рядів труб по висоті

$$n = \sqrt{\frac{L_1}{s}}, \quad (5.58)$$

$$n = \sqrt{\frac{41}{0,028}} = 38.26$$

Температура повітря після конденсатора

$$\Delta T_{\text{в}} = T_{\text{в}2} - T_{\text{в}1} = \frac{Q}{c_p \cdot F_{жс} \cdot \omega \cdot \rho}, \quad (5.59)$$

$$\Delta T_{\text{в}} = \frac{24175}{1.06 \cdot 10^3 \cdot 0.5 \cdot 7 \cdot 1.169} = 5.57$$

Тут з метою збереження колишнього коефіцієнта теплопередачі доцільно зберегти прийняту швидкість повітря.

Збільшення жвавого перетину апарату в порівнянні з визначеним в п. 5 повинно зменшити швидкість повітря або змінити ступінь його нагріву. Зменшення перепаду температур на 0,160 в порівнянні з прийнятим практичного значення не має.

Аеродинамічний опір. Опір коридорного пучка труб з пластинчастим обребренням по формулі Гоголіна:

$$\Delta P = A \left( \frac{L}{d_{\text{екв}}} \right) (\omega \cdot \rho)^{1.7}, \text{ Па}, \quad (5.60)$$

де  $A = 0.007$  для ретельно виготовлених поверхонь.

$$\Delta P = 0.007 (20) (7 \cdot 1.169)^{1.7} = 4.989 \text{ мм вод. ст.} \approx 48.9 \text{ Па.}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 6. ВИБІР СХЕМИ І ПРИЛАДІВ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

Важливими характеристиками СКП є енергетична ефективність, можливість рекуперації і високий рівень автоматизації. Незважаючи на уявну простоту і мініатюрність автоматизації, вона здатна вирішувати багато завдань: підтримувати температуру і продуктивність, забезпечувати роботу датчиків проти замерзання калорифера і засмічення фільтру, включення/виключення системи по виставленому часу і багато що інше.

### Літній режим

При запуску системи відкриваються повітряні заслонки, запускаються припливний та витяжний вентилятори. Далі зовнішнє повітря проходить через фільтр. Датчиком перепаду тиску 4 контролюється степінь забруднення фільтра і у разі перепаду тиску вище встановленої норми, подається сигнал на вимкнення системи і загорається аварійна лампочка на щиті. Далі повітря охолоджується в камері зрошення. Регулювання параметрів повітря здійснюється за допомогою датчика 10, встановленого|установленого| після камери зрошення. Цей датчик через регулятор|регулятор| 13 підтримує витрату води так, щоб забезпечити процес  $H_{\text{л}} - P'_{\text{л}}$ . Регулятор 22, датчик якого 21 розташований|схильний| після третього повітрянагрівача |помешканні|, регулює продуктивність повітрянагрівача, нагріваючи повітря до  $t_{\text{пл}}$ . Таким чином, в теплий період необхідний стан|достаток| повітря приточування досягається терморегуляторами 13 і 22.

Аварійне вимкнення системи виникає у разі забруднення фільтра або несправності припливного і витяжного вентиляторів. Спостереження за їх роботою здійснюється за допомогою датчиків перепаду тиску 4,6,17 і 18.

### Зимовий режим

Процес в приміщенні проходить по лінії ( $P_3 - B_3$ ). Мінімальні витрати по підтриманні параметрів повітря в приміщенні відповідає  $t = 20^\circ\text{C}$  і мінімальній вологості  $\phi = 30\%$ . Визначаємо параметри точки П (приплив).  $t_{\text{п}} = 16^\circ\text{C}$ ,  $d_{\text{п}} = 3,4$  г/кг,  $\phi_{\text{п}} = 30\%$ .

У холодний період зовнішнє повітря з параметрами  $H_3$  необхідно довести

до точки  $P_3$ . Для цього зовнішнє повітря нагрівається в повітрянагрівачі до КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7

Арк.

60

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

точки  $H^1_z$ , до  $t=5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , для того щоб не відбулося замерзання конденсату в потоці витяжного повітря при проходженні його через тепло утилізатор (ТУ), це досягається регулюючим клапаном 14, за допомогою датчика 13. Далі припливне повітря нагрівається в ТУ від витяжного повітря до точки  $H^2_z$ , температура цієї точки не буде постійною, тому потім зовнішнє повітря нагрівається в другому повітрянагрівачі до фіксованої  $t=22,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  до точки  $H^3_z$ , це досягається регулюючим клапаном 17, за допомогою датчика 16. Потім зволожується по ізотермі (лінія  $H^3_z - П_3$ ) до  $t=16\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а потім подається в приміщення (процес  $H_3 - H^1_z - H^2_z - H^3_z - П_3 - B_3$ ).

Також передбачений "захист від заморожування калорифера", який формується при спрацьовуванні одного з двох (чи обох) термостатів, встановлених по воді і по повітрю в секторі калорифера в зимовому режимі. Уставка заморожування по повітрю 6-10, по воді 30-40 градусів за Цельсієм.

По сигналу загрози замерзання відбувається наступне:

- вимикається електродвигун припливного вентилятора;
- включається циркуляційний насос на калорифері;
- повністю відкривається регулюючий клапан на теплоносії;
- закривається вхідна повітряна заслінка.

Система управління ХМ

Завдання управління холодильної машини діляться на три групи:

- 1) пуск, зупинка, експлуатація в автоматичному режимі, узгодження роботи і управління допоміжним устаткуванням (вентиляторами конденсатора та ін.), автоматичне перемикавання режимів в процесі експлуатації теплового насоса;
- 2) регулювання холодопродуктивності в режимі холодильної машини, налаштування системи на задані параметри роботи;
- 3) контроль і забезпечення безпеки установки, діагностика несправностей, сигналізація аварійних режимів і блокування.

Перша група завдань включає:

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 61   |

1) пуск і зупинка агрегатів із запуском компресора з мінімальним навантаженням і в безпечному режимі, а також з дотриманням тимчасових інтервалів, що забезпечують оптимальну роботу холодильної машини;

2) послідовне включення окремих ступенів потужності для інверторних компресорів, щоб зменшити пускові струми і забезпечити захист електродвигуна від перевантаження;

3) узгоджений пуск і відключення окремих елементів системи: включення нагрівачів картера в поршневих компресорах при відключенні останніх;

4) Експлуатація установки в автоматичному режимі: дистанційне керування, програмування в часі режимів налаштування і роботи, управління за допомогою комп'ютера, включення установки після відключення із-за аварійного режиму.

До завдань другої групи відносяться:

1) автоматична підтримка заданої температури фреону на виході з випарника;

2) Регулювання продуктивності компресора ступінчасте - шляхом його включення і відключення та інвертором;

3) Підтримка постійної температури конденсації, щоб не допустити підвищення і пониження тиску в конденсаторі вище за допустимі значення; при підвищенні температури конденсації знижується продуктивність компресора і збільшується споживана потужність, що приводить до перевантаження електродвигуна компресора і передчасного виходу його з ладу. При пониженні температури і тиску конденсації сповільнюється переміщення рідкого хладагента у випарник, погіршується його робота і відбуваються втрати продуктивності. В цьому випадку, щоб не допустити пониження температури конденсації, застосовуються наступні способи регулювання:

включення або відключення вентилятора залежно від заданої температури зовнішнього повітря в режимі охолодження, зміна витрати повітря, що охолоджує конденсатор, шляхом ступінчастого або плавного регулювання швидкості обертання електродвигуна вентиляторів.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 62   |

При регулюванні продуктивності компресора одночасно необхідно забезпечувати відповідне регулювання продуктивності вентилятора конденсатора.

Третя група завдань забезпечує:

- визначення і індикація експлуатаційних параметрів;
- контроль параметрів, що забезпечують надійну і безпечну роботу холодильної машини, граничне відхилення значень контрольованих параметрів від заданих приводить до сигналізації і автоматичної зупинки компресора, пуск компресора після аварійного відключення здійснюється у ручну або автоматично;
- кодова діагностика несправностей, контролюються наступні параметри;
- високий тиск (тиск конденсації), за допомогою реле високого тиску, при перевищенні тиску понад заданий компресор відключається;
- низький тиск (тиск або температура випару), за допомогою реле низького тиску компресор включається, якщо тиск у всмоктуючому контурі вище заданого мінімального значення;
- перепад температур на вході і виході з випарника, високе значення сигналізує про недостатність витрати води;
- температура двигуна, вимірювана датчиком температури в обмотках статора, при перегріві двигуна він відключається за допомогою реле теплового захисту компресора і насоса;
- перевантаження двигуна компресора, вентилятора конденсатора, плавкі запобіжники для малих моделей і автоматичні вимикачі з магнітними розчіплювачами для великих в електричній схемі управління двигуном компресора;
- налаштування запобіжних клапанів, захищають від надмірного перевищення тиску в замкнутих контурах.

Для захисту від частих перемикань компресора по команді терморегулятора передбачений обмежувач частоти перемикань — таймер компресора. Встановлюється мінімальний час зупинки, при якому компресор

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

залишається відключеним, навіть, якщо в цей час отримана команда на запуск, кількість запусків в годину з урахуванням мінімального часу, який повинен пройти між двома послідовними запусками компресора.

Таким чином, при ступінчастому регулюванні продуктивності вдається зменшити частоту перемикачів компресора, але виникають невеликі коливання температури повітря на виході з випарника.

Таймер блоку управління компресором дозволяє вводити тимчасові параметри, що визначають надійну роботу холодильної машина: кількість запусків в годину, інтервал часу між включенням насоса і запуском компресора, а так само час затримки відключення насоса після відключення компресора, мінімальний час роботи компресора після запуску.

У всіх блоках управління може бути передбачено, як додаткова опція, підключення мікропроцесорного дистанційного модуля управління, що дозволяє здійснювати управління роботою холодильної машини, контроль параметрів і функціонування із спеціального приміщення усередині будівлі.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Оцінка науково-технічної ефективності розробки нової технології, нового обладнання та інших інновацій

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

- *науково-технічний ефект*, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;
- *економічний ефект* полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;
- *соціальний ефект*, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;
- *маркетинговий ефект*, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника ( $O_{НТЕ}$ ), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad , \quad (7.1)$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

де  $K^{\Phi}_{\text{НТЕ}}$  – показник (коефіцієнт) фактичного рівня науково-технічної ефективності;

$K^{\Pi}_{\text{НТЕ}}$  – показник (коефіцієнт) потенціально можливого рівня науково-технічної ефективності (дорівнює одиниці).

Значення показника  $K^{\Phi}_{\text{НТЕ}}$  визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня  
науково-технічної ефективності проектів

| №    | Групи показників                             | Характеристика показників          | Інтервал рейтингово го числа | Коефіцієнт значущості показників |
|------|----------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|----------------------------------|
| 1    | Науково-технічний рівень                     | Перевищує кращі світові аналоги    | 10                           | 0,35                             |
|      |                                              | Відповідає світовому рівню         | 7 – 9                        |                                  |
|      |                                              | Нижче кращих світових аналогів     | 5 – 6                        |                                  |
|      |                                              | Перевищує кращі вітчизняні аналоги | 3 – 4                        |                                  |
|      |                                              | Відповідає вітчизняному рівню      | 1 – 2                        |                                  |
|      |                                              | Нижче вітчизняного рівня           | 0                            |                                  |
| 2    | Перспективність                              | Першочергова значущість            | 8 – 10                       | 0,35                             |
|      |                                              | Значущий                           | 5 – 7                        |                                  |
|      |                                              | Корисний                           | 1 – 4                        |                                  |
| 3    | Потенційний масштаб практичного використання | Світовий ринок                     | 10                           | 0,20                             |
|      |                                              | Галузі національної економіки      | 7 – 9                        |                                  |
|      |                                              | Галузь (регіон)                    | 3 – 6                        |                                  |
|      |                                              |                                    |                              |                                  |
|      |                                              |                                    |                              |                                  |
|      |                                              |                                    |                              |                                  |
| Змн. | Арк.                                         | № докум.                           | Підпис                       | Дата                             |

КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7

|   |                                                                     |                                     |       |      |
|---|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|-------|------|
|   |                                                                     | Окремі підприємства<br>(об'єднання) | 1 – 2 |      |
| 4 | Ступінь<br>вірогіднос-ті<br>досягнення<br>позитивних<br>результатів | Великий                             | 10    | 0,10 |
|   |                                                                     | Середній                            | 5 – 9 |      |
|   |                                                                     | Малий                               | 1 – 4 |      |

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у спів ставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

#### Проведення оцінки

Визначають  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл.7.1.

До числа специфічних показників відносять:

- для нової техніки: продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;
- для нових матеріалів і речовин: вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;
- для нових технологій: якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 67   |

З метою спрощення визначення  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  у табл. 7.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 7.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

| ПОКАЗНИКИ                                       | Варіанти технології |                         |
|-------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
|                                                 | розробленої         | співвідносної (аналога) |
| Рівень новизни                                  | світовий            | -                       |
| Якість продукції                                | найвища             | вища                    |
| Споживання на 1 т продукції                     |                     |                         |
| – тепла, Гкал                                   | 5,14                | 6,85                    |
| – електроенергії, кВт·годину                    | 46,72               | 54,36                   |
| – води, м <sup>3</sup>                          | 4,13                | 3,12                    |
| Трудовісткість виробництва, людино-годин/ тонну | 17,5                | 6,17                    |

На основі співставлення даних таблиці встановлюють бали по характеристиках чотирьох груп і на цій основі розраховують значення інтегрального показника НТЕ:

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3, \quad (7.2)$$

де  $i = 1 \div 4$ ,

$B_i$  – бали (рейтингове число),

$K$  – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 7.3).

Таблиця 7.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

| №           | Групи показників                                       | Рейтинг експертів |   |   | Середня за експертними оцінками | НТЕ                |
|-------------|--------------------------------------------------------|-------------------|---|---|---------------------------------|--------------------|
|             |                                                        | 1                 | 2 | 3 |                                 |                    |
| 1           | Науково-технічний рівень                               | 8                 | 8 | 9 | 8,33                            | 2,91 (8,33 x 0,35) |
| 2           | Перспективність                                        | 6                 | 7 | 6 | 6,33                            | 2,21 (6,33 x 0,35) |
| 3           | Потенційний масштаб практичного використання           | 4                 | 5 | 5 | 4,67                            | 0,93 (4,67 x 0,20) |
| 4           | Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів | 7                 | 8 | 7 | 7,33                            | 0,73 (7,33 x 0,10) |
| В С Ь О Г О |                                                        |                   |   |   |                                 | 6,78               |

$$\text{НТЕ} = 8,33 \cdot 0,35 + 6,33 \cdot 0,35 + 4,67 \cdot 0,2 + 7,33 \cdot 0,1 = 2,91 + 2,21 + 0,93 + 0,73 = 6,78$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ( $10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$ ).

Отже, оцінка рівня НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ( $K_{\text{НТЕ}}$ ):

$$K_{\text{НТЕ}} = \frac{\text{НТЕ}}{10} \cdot 100 \% .$$

На основі даних табл. 3.3 можна дійти до висновку, що  $K_{\text{НТЕ}}$  відповідає 67,8 %, тобто:

$$\frac{6,78}{10} \cdot 100 = 67,8 \%$$

В тому випадку, коли значення  $K_{\text{НТЕ}}$  перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень НТЕ:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень НТЕ технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво.

## **8. ОХОРОНА ПРАЦІ**

### **Електробезпека**

Класифікація приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом.

Згідно з Правилами улаштування електроустановок, всі електричні установки діляться на дві групи в залежності від напруги: до 1000 В і понад 1000 В. На підприємствах холодительної промисловості, а також у харчовій промисловості і в торгівлі знаходяться в експлуатації установки тільки першої групи.

Виробничі приміщення всіх видів залежно від ступеня небезпеки ураження електричним струмом поділяються на три категорії.

Машинні та апаратні зали фреонових холодительних установок відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою.

Небезпечні приміщення - сирі, з відносною вологістю повітря, близької до 85%, наявністю хімічно активного середовища і двох і більше ознак, що характеризують приміщення з підвищеною небезпекою.

### **Пожежна профілактика**

#### **Протипожежні вимоги**

Всі будівлі і конструкції по вогнестійкості поділяються на 8 ступенів (СНиП 2.01.02-85). Конструкція будівлі повинна бути 2 ступеня вогнестійкості з негорючих матеріалів - під впливом вогню або високої температури не запалили, що не тліють і не обвуглюються.

До неспалених матеріалів відносяться всі природні неорганічні матеріали, що застосовуються в будівництві метали, а також гіпсові або гіпсоволокнисті плити при вмісті органічної маси до 8% (по масі).

Для захисту будівель і споруд від розповсюдження пожежі на весь об'єкт передбачають протипожежні перешкоди. До таких перешкод належать протипожежні, стіни, перегородки, перекриття, зони, тамбури-шлюзи та ін.

До всіх будівель і споруд повинен бути забезпечений вільний доступ.

#### **Засоби пожежної автоматичної сигналізації**

Надійна пожежна зв'язок і сигналізація грають важливу роль у своєчасному виявленні пожежі і виклику пожежних підрозділів до місця пожежі.

За призначенням пожежі зв'язок поділяється на три види: зв'язок сповіщення, призначена для виклику пожежних частин (команд) на пожежу; диспетчерна, призначена для повсякденного керівництва та управління пожежною охороною; зв'язок на пожежі, призначена для керівництва

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

пожежними підрозділами при гасінні пожеж.

Приймальні станції, отримуючи сигнал з сповіщувачів, перетворюють їх в звукові та світлові сигнали, а в деяких випадках автоматично включають обладнання пожежогасіння.

На підприємствах і установах знайшли застосування приймальні станції ТОЛ-10/100 (тривожна, оптична, променева), які працюють з тепловими сповіщувачами типу АТИМ-3, АТП-3М, ПОСТ-1 і ДТЛ і від ручних кнопкових сповіщувачів типу ПКІЛ-9.

Крім зазначеної станції, застосовується і ряд Інших, зокрема: сигналізаційна димова пожежна установка СДПУ-1, сигналізаційна теплова пожежна установка СТПУ-1 і сигналізаційна комплексна пожежна установка СКПУ-1.

Системи автоматичного пожежогасіння (первинні засоби пожежогасіння, пожежний інвентар)

### **Вогнегасні речовини**

Речовини і матеріали, за допомогою яких припиняється горіння, називаються вогнегасними засобами. За своїм агрегатним станом ці кошти бувають: рідкі, піноподібні, пароподібні, тверді.

Припинення горіння досягається шляхом зниження температури у вогнищі горіння, т. Е. Створенням таких умов, коли швидкість тепловіддачі перевищить швидкість тепловиділення. В основі принципу припинення горіння лежить ізоляція палаючого матеріалу від доступу кисню повітря. Вода і водні розчини - найбільш поширені та ефективні засоби боротьби з пожежами.

Піна застосовується при гасінні палаючих нафтопродуктів. За своїм складом або способом отримання розрізняють хімічну і повітряно-механічну піну.

Хімічну піну одержують у пінообразующей апаратурі з піногенераторних порошків. Гасіння засноване на тому, що на поверхні піна розтікається щільним шаром і ізолює палаючі нафтопродукти від повітря.

Протипожежне озброєння та інвентар

При гасінні пожеж піною широко застосовують генератори високоекратної піни ГВП та хімічні вогнегасники ОХП-10.

Генератори ГВП мають кілька типорозмірів: ГВП-200, ГВП-600, ГВП-2000. Відрізняються вони один від одного геометричними розмірами і продуктивністю (від 200 до 2000 л / с). Повітряно-механічна піна виходить при змішуванні в генераторі води, піноутворювача і повітря. Використовуються пінообразователи марок ПО-1, ПО-1Д, ПО-6.

Вогнегасник ОХП-10 хімічний, пінний (модель 10). Забороняється застосовувати цей тип вогнегасників при гасінні палаючих електроустановок,

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 71   |

що знаходяться під напругою, так як утворюється піна електропроводка. Час роботи вогнегасника 60-65 с, тому необхідно приводити його в дію безпосередньо у вогнища пожежі і струмінь піни направляти в палаючий предмет.

Вуглекислотні вогнегасники застосовують при гасінні пожеж: в електроустановках, що знаходяться під напругою до 1000 В.

Порошкові вогнегасники застосовують при гасінні загоряння на мотоциклах, легкових і вантажних автомашинах.

Порошкові вогнегасники є комплектуючої одиницею пожежних щитів. У комплект пожежних щитів входить наступне протипожежне обладнання: лом, багор, відро пожежне (конусне), сокира з діелектричної рукояткою (до 1000 вольт), лопата.

Встановлюється пожежний щит в місцях які можуть гарантувати швидкий доступ до протипожежного устаткування в разі спалаху. Пожежні щити є відкритим стендом і як правило встановлюються на охоронюваних територіях, складах і т.д.

### **Долікарська допомога**

Симптоми отруєння при вдиханні повітря з високими концентраціями фреонів або продуктів їх розкладу проявляються через 30 - 60 хв. З'являється головний біль, слабкість, почастишання пульсу та дихання, можуть спостерігатися нудота і блювота. При попаданні рідких фреонів на шкіру і в очі можливо обмороження шкіри і пошкодження очей. Обслуговуючий персонал холодильної установки повинен уміти надавати першу допомогу потерпілим при отруєнні і поразку холодоагентом.

При ядуха, викликану нестачею кисню в приміщенні, заповненому газоподібним фреоном, необхідно негайно вивести постраждалого на свіже повітря. Рекомендується пити (міцний солодкий чай, кава, лимонад), вдихання

кисню протягом 30-45 хвилин. У разі припинення дихання слід робити штучне дихання до приходу лікаря. При попаданні фреону в очі їх промивають струменем води кімнатної температури під невеликим тиском і закопують в очі стерильне вазелінове масло, після чого необхідно негайно звернутися до лікаря.

При наявності явищ подразнення слизової оболонки, рекомендується полоскання носа і глотки 2% -ним розчином соди або водою.

При попаданні фреону в очі необхідно провести рясне промисло промивання очей струменем чистої води. Потім слід до приходу лікаря надіти темні захисні окуляри. Чи не забинтовувати очі, не накладати на них пов'язок. При попаданні фреону на шкіру можна очікувати відмороження. Слід занурити уражену кінцівку в теплу воду (35-45 ° С) на 5-10 хвилин або зробити загальну ванну в разі поразки великій поверхні тіла. Осушити шкіру після ванни не

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

розтиранням, а прикладаючи добре вбирає воду рушник. Після цього слід на пошкоджену ділянку накласти марлеву пов'язку або змастити пошкоджену поверхню маззю. При відсутності мазі можна використовувати несолоне вершкове або соняшникову олію. У разі появи бульбашок ні в якому разі їх не розкривати, а накласти марлеву пов'язку прямо на бульбашки.

### **Засоби для першої долікарської допомоги**

1. Нашатирний спирт (для дихання).
2. Валеріанові краплі.
3. двовуглекисла сода (для промивання очей і порожнини горла).
4. Мазь Вишневського або пеніциліновий мазь (для змащування пошкодженої поверхні шкіри).
5. Темні захисні окуляри.
6. Стерильний матеріал (серветки, вата, бинти).
7. Дерев'яні лопатки (для взяття і накладення мазі).
8. У спеціально відведеному місці слід мати балон з медичним киснем та обладнанням до нього.

Висновки: для забезпечення безпечних умов праці, на підприємстві передбачено низку заходів. Насамперед, виконані основні вимоги щодо електробезпеки. Зроблено розрахунок заземлюючих елементів, що в майбутньому унеможливило бути ураженим електричним струмом від приладів що працюють під напругою. Для нормального самопочуття працівників машинного цеху передбачена система мікроклімату, яка забезпечує приплив свіжого повітря протягом робочої зміни. Нормальна освітленість з наявністю свіжого повітря в робочому приміщенні дозволяє комфортно відчувати робочому персоналу під час робочої зміни, що плідно позначається на роботі в цілому.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 73   |

## 9. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ.

### 9.1 Життєзабезпечення робітників офісного приміщення з використанням вентиляції та кондиціювання повітря в умовах НС.

З метою своєчасного проведення роботи, пов'язаної із запобіганням і реагуванням на надзвичайні ситуації Кабінет Міністрів України постановою від 3 серпня 1998 р. за № 1198 створив єдину державну систему запобігання і реагування на надзвичайні ситуації.(ЄДС НС) техногенного та природного характеру.

ЄДС НС — це центральні та місцеві органи виконавчої влади, виконавчі органи рад, державні підприємства, установи та організації з відповідними силами і засобами, які здійснюють нагляд за забезпеченням техногенної та природної безпеки, організовують проведення роботи із запобігання НС техногенного та природного походження і реагування у разі їх виникнення з метою захисту населення і довкілля, зменшення матеріальних втрат. Завданням ЄДС НС є:

- розроблення нормативно-правових актів, норм, правил та стандартів із питань запобігання НС та забезпечення захисту населення і територій від їх наслідків;

- забезпечення готовності центральних та місцевих органів виконавчої влади, виконавчих органів рад, підпорядкованих їм сил і засобів до дій, спрямованих на запобігання і реагування на НС;

- забезпечення реалізації заходів щодо запобігання виникненню НС;

- навчання населення щодо поведінки та дій в разі виникнення НС;

- виконання цільових і науково-технічних програм, спрямованих на запобігання НС, забезпечення сталого функціонування підприємств, установ та організацій, зменшення можливих матеріальних втрат;

- збирання і аналітичне опрацювання інформації про НС, видання інформаційних матеріалів з питань захисту населення і територій від наслідків надзвичайних ситуацій;

- прогнозування і оцінка соціально-економічних наслідків НС, визначення на основі прогнозу потреби в силах, засобах, матеріальних та фінансових ресурсах;

- створення, раціональне збереження і використання резерву матеріальних та фінансових ресурсів, необхідних для запобігання і реагування на НС;

- проведення державної експертизи, забезпечення нагляду за дотриманням вимог щодо захисту населення і територій від НС (у межах повноважень центральних та місцевих органів виконавчої влади);

- оповіщення населення про загрозу та можливе виникнення

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 74   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

надзвичайних ситуацій, своєчасне та достовірне його інформування про фактичну обстановку та вжиті заходи;

- захист населення у разі виникнення НС;
- проведення рятувальних та інших невідкладних робіт щодо ліквідації НС, організація життєзабезпечення постраждалого населення;
- пом'якшення можливих наслідків НС у разі їх виникнення;
- здійснення заходів щодо соціального захисту постраждалого населення, проведення гуманітарних акцій;
- реалізація визначених законодавством прав у сфері захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій, у тому числі осіб (чи їх сімей), що брали безпосередню участь у ліквідації цих ситуацій;
- участь у міжнародному співробітництві у сфері цивільного захисту населення. Єдина державна система складається з постійно діючих функціональних та

територіальних підсистем і має чотири рівні — загальнодержавний, регіональний, місцевий та об'єктовий.

Кожний рівень єдиної державної системи має координуючі та постійні органи управління щодо розв'язання завдань у сфері запобігання надзвичайним ситуаціям, захисту населення і територій від їх наслідків, систему повсякденного управління, сили і засоби, резерви матеріальних та фінансових ресурсів, системи зв'язку та інформаційного забезпечення.

Структуру органів управління ЄДС НС зображено на Координуючими органами єдиної державної системи є:

1) *на загальнодержавному рівні*: Державна комісія з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій; Національна рада з питань безпечної життєдіяльності населення.

В окремих випадках для ліквідації надзвичайної ситуації та її наслідків рішенням Кабінету Міністрів України утворюється спеціальна Урядова комісія.

2) *на регіональному рівні* — комісії Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;

3) *на місцевому рівні* — комісії районних державних адміністрацій і виконавчих органів рад з питань техногенно-екологічної безпеки та надзвичайних ситуацій;

4) *на об'єктовому рівні* — комісії з питань надзвичайних ситуацій об'єктів.

Державні, регіональні, місцеві та об'єктові комісії (залежно від рівня

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 75   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

надзвичайної ситуації) забезпечують безпосереднє керівництво реагуванням на надзвичайну ситуацію або на загрозу її виникнення.

Положення про регіональну, місцеву комісію та її персональний склад затверджуються рішенням відповідного органу виконавчої влади.

Постійними органами управління з питань техногенно-екологічної безпеки, цивільної оборони та з надзвичайних ситуацій є:

на загальнодержавному рівні — Кабінет Міністрів України, міністерства та інші центральні органи виконавчої влади, що здійснюють функції згідно з додатком;

на регіональному рівні — Рада міністрів Автономної Республіки Крим, обласні, Київська та Севастопольська міські державні адміністрації, уповноважені органи з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення Ради міністрів Автономної Республіки Крим, обласних, Київської та Севастопольської міських державних адміністрацій;

на місцевому рівні — районні державні адміністрації і виконавчі органи рад, уповноважені органи з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення;

на об'єктовому рівні — структурні підрозділи підприємств, установ та організацій або спеціально призначені особи з питань надзвичайних ситуацій.

До системи повсякденного управління єдиною державною системою входять оснащені необхідними засобами зв'язку, оповіщення, збирання, аналізу і передачі інформації:

— центри управління в надзвичайних ситуаціях, оперативно-чергові служби уповноважених органів з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення усіх рівнів;

— диспетчерські служби центральних і місцевих органів виконавчої влади, державних підприємств, установ та організацій.

Інформаційне забезпечення функціонування єдиної державної системи здійснюється: інформаційними центрами і центрами управління в надзвичайних ситуаціях міністерств та інших центральних органів виконавчої влади.

Функціональні підсистеми створюються міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади для організації роботи, пов'язаної із запобіганням надзвичайним ситуаціям та захистом населення і територій від їх наслідків, як сили постійної готовності.

## **9.2. Система кондиціювання і вентиляції.**

Вибір систем кондиціювання і вентиляції для створення в приміщеннях повітряного середовища, що відповідає встановленим санітарно-гігієнічним нормам і технологічним вимогам, залежить від

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 76   |

призначення будівлі, його поверховості, характеру приміщень і наявності шкідливих виділень. Кратність повітрообміну для більшості приміщень, забезпечувана припливно-витяжною вентиляцією, встановлена СНиП відповідних будівель і приміщень, а так само Відомчими санітарними нормами (ВСН). Вентиляцію слід передбачати для забезпечення допустимих метеорологічних умов і чистоти повітря в обслуговуваній зоні житлових і громадських приміщень або в робочій зоні адміністративно- побутових і виробничих приміщень (на постійних і непостійних робочих місцях).

Вентиляцію з штучним спонуканням (з використанням вентиляторів) слід передбачати у випадках:

якщо метеорологічні умови і чистота повітря не можуть бути забезпечені вентиляцією з природним кондиціонуванням;

для приміщень і зон без природнього провітрювання.

Застосування рециркуляції повітря в громадських, допоміжних будівлях, а також в приміщеннях промислових підприємствах регламентується вказівками СНиП.

Не допускається рециркуляція повітря в приміщеннях, в повітрі яких є хвороботворні бактерії і грибки в небезпечних концентраціях, що встановлюються Міністерством охорони здоров'я, або різко виражені неприємні запахи.

Приплив повітря рекомендується передбачати безпосередньо в приміщення, де постійно працюють або знаходяться люди. При організації вентиляції слід мати на увазі, що частина припливного повітря, перед призначеного для цього приміщення, допускається подавати в коридори, або суміжні приміщення, але не більше 50 % кількості від повітря, призначеного для обслуговуваного приміщення.

У вбудованих в житлові будівлі громадських приміщеннях передбачається кондиціонування, вентиляція і опалювання. Кондиціонування і вентиляція вбудовуваних об'єктів мають бути автономними. Витяжну вентиляцію приміщень, що розміщуються в габаритах однієї квартири, - нотаріальних контор, юридичних консультацій, дитячих кімнат, контор житлово- експлуатаційних організацій, Ощадбанків, кіосків союзпечати і інших вбудованих приміщень, де відсутні пожежовибухонебезпечні речовини і шкідливі виділення не перевищують нормованих значень, допускається приєднувати до загальної витяжної системи житлової будівлі.

В даний час через складну техногенної обстановки існує велика ймовірність виникнення надзвичайних ситуацій, наприклад, аварії на радіаційно-небезпечних об'єктах, на підприємствах хімічної промисловості, поширення інфекційних захворювань і т.д. В результаті великих виробничих

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 77   |

аварій, люди і навколишнє середу, у тому числі будівлі і споруди, транспортні засоби та техніка, вода і харчова сировина можуть бути вражені. Знезараження досягається шляхом цілого комплексу різноманітних заходів. Вони завчасно плануються і проводяться відповідними організаціями.

Знезараження - це широкий комплекс робіт, що включає в себе такі способи як дезактивація, дегазація, дезінфекція заражених поверхонь, а також санітарну обробку людей.

Дезактивація - це видалення радіоактивних речовин із заражених поверхонь будівель і споруд, машин та обладнання, а також з води. При зараженні системи кондиціонування повітря радіоактивними речовинами дезактивація кондиціонера проводиться фізико - хімічним способом, який заснований на процесах, що виникають при змиванні РВ розчинами різних препаратів.

Для проведення дезактивації використовується вода. Разом з водою застосовуються спеціальні препарати, що підвищують ефективність змивання радіоактивних речовин. Це поверхнево активні і комплексоутворюючі речовини, кислоти і луги. До перших відносяться порошок СФ - 2 і препарати ОП - 7, ОП - 10, ОП - 7, ОП - 10, до другої - фосфати натрію, трилон Б, щавлева і лимонні кислоти, солі цих кислот. Для отримання розчину порошок додають у воду невеликими порціями при постійному перемішуванні. препарати ОП - 7, ОП - 10 застосовують як складову частину дезактивуючих розчинів, призначених для дезактивації поверхонь будівель, споруд, обладнання. До застосування різних хімічних речовин слід ставитися з великою обережністю, тому що внутрішні і зовнішні поверхні установок систем кондиціонування, покриті різними антикорозійними складами, можуть взаємодіяти з ними.

Дегазація - це знищення отруйних речовин і видалення їх із заражених поверхонь. Проводиться за допомогою спеціальних технічних засобів, приладів, комплектів, поливомийні машин із застосуванням дегазуючих речовин, органічних розчинників, миючих розчинів, а також води. Якщо зараження кондиціонера здійснено пароподібними СДОР, то в якості дегазації проводиться продування кондиціонера.

Дезінфекція - це знищення у зовнішньому середовищі збудників заразних хвороб. Останнім часом підвищився вміст в повітрі міст та інших населених пунктів збудників заразних хвороб, що вимагає постійної уваги до стану повітря і поверхонь кондиціонуючих пристроїв.

Розрізняють профілактичну, поточну і заключну дезінфекцію (останні два види дезінфекції носять загальна назва осередкової). Профілактична

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 78   |

дезінфекція проводиться до виникнення захворювань населення, шляхом використання миючих і чистячих засобів, що містять бактерицидні добавки. Поточна дезінфекція - це обов'язкова протиепідемічний захід при багатьох інфекційних захворюваннях - виконання санітарно - гігієнічних заходів у вогнищі та знезараження різних об'єктів зовнішнього середовища, а також виділень. Заключна - здійснюється після госпіталізації хворого.

При зараженні систем кондиціонування, дезінфекція кондиціонера проводиться хімічним, фізичним способами та опроміненням ультрафіолетом.

Хімічний спосіб дезінфекції, є основним способом. Хімічний спосіб - це знищення хвороботворних мікробів і руйнування токсинів дезінфікуючими (дегазуються) речовинами. Фізичний спосіб дезінфекції на увазі під собою термічну обробку. Перевірка повноти дезактивації і дегазації здійснюється дозиметричними і хімічними приладами, а перевірка повноти дезінфекції здійснюється проведенням бактеріологічного дослідження.

Дезактивація кондиціонерів офісних приміщень за допомогою струменя води неможливе, так як кондиціонер знаходиться безпосередньо всередині приміщення. Тому заражається вода, що стікає з поверхні обмивається, апаратів, яка буде потрапляти на внутрішні поверхні приміщення і тим самим заражати їх. З метою уникнення даного фактора дезактивацію необхідно проводити протиранням окремих частин кондиціонера дрантям, змоченою в дезактивують.

Перед початком дезактивації підлогу приміщення, в якому знаходиться кондиціонер, повинен бути покритий спеціальним покриттям, щоб уникнути попадання зараженої води або розчину на поверхню підлоги і зараження його. Після використання, покриття також підлягає відправленню для поховання.

Дегазація кондиціонера проводиться шляхом обмивання дегазуючих розчином за допомогою технічних засобів дегазації або протиранням пензлем (ганчір'ям), змоченою в дегазуються розчин. Дегазація також може вироблятися газовим потоком, що подається за допомогою самого кондиціонера.

Якщо зараження комбіноване (радіоактивними і отруйними речовинами), то спочатку проводиться дегазація. Після неї, якщо ступінь зараження перевищує допустимі норми, проводиться дезактивація. Для зменшення ймовірності зараження системи кондиціонування повітря, доцільно використовувати спеціальні фільтри, дегазатори

Для життєзабезпечення у кожному конкретному випадку надзвичайних ситуацій передбачається проведення таких заходів, які були б реальними,

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 79   |

найбільш ефективними у цій ситуації і максимально усували б усі небажані явища після надзвичайних ситуацій.

А в свою чергу система повітропостачання повинна забезпечувати людей в громадському закладі необхідним об'ємом повітря відповідної температури, вологості і газового складу відповідно до СНП.

### **Висновок**

Проведений аналіз розділу дозволяє зробити висновки, що для життєзабезпечення робітників офісного приміщення з використанням вентиляції та кондиціювання повітря в умовах надзвичайних ситуацій необхідно виконати наступні заходи:

1. Забезпечувати захист робочих, службовців та відвідувачів офісу
2. Своєчасно проводити інженерно-технічні заходи по підвищенню стійкості приміщення.
3. Використовувати екрани і захисні пристрої для захисту СКВ
4. Забезпечити два джерела енергопостачання – повітряні лінії і кабель, а також автономну станцію.
5. Мати надійну розгалужену систему повітроводів.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 80   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- 1.Проектування енергоефективних систем кондиціювання повітря [Електронний ресурс] : монографія / Н. О. Піщанська, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2025. — 255 с.
2. Штучний холод в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 184 с. : рис., табл. — Бібліогр. : 16 назв.
3. Дячук О. «Утилізація тепла і енергоефективність систем вентиляції»  
  
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 кондиціювання. – 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 с 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.
13. Павленко В. М., Ткаченко Д. О. Оцінювання ефективності використання рекуператора в системах вентиляції офісних приміщень – 2018р.
14. Е.В. Стефанов «Вентиляція і кондиціювання повітря», 2005 р  
Ратушняк Г. С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 122 с

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 81   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

15. І.А. Пономарчук. Вентиляція та кондиціювання повітря: Навчальний посібник/ Пономарчук І.А., Волошин О.Б. – Вінниця: ВНТУ, 2004.- 121с.

16. Вентиляція офісу - як це виглядає. – Режим доступу:

<https://ventportal.com/ua/node/528>

17. Вентиляція і кондиціювання повітря. – Режим доступу:

<https://buklib.net/books/35231/>

18. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.

19. Кондиціювання та вентиляція повітря Е. Г. Братута, А. М. Ганжа, О. В. Круглякова, В. В. Чубарова Харків : НТУ «ХПІ», 2009. 128 с.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРБ.ХУКП.1.499-03.1.7 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 82   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |