

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему: Проект СКП біолабораторії по виробництву трихограми

Здобувача (ки)

Суравцева В.О.

4

курсу

ЕН-141а

групи

Керівник

к.т.н., доц. Піщанська Н.О.

Консультанти:

к.т.н., доц. Піщанська Н.О.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____

протокол № _____

Завідувач кафедри ХУіКП _____

Михайло ХМЕЛЬНЮК

Одеса - 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

« 1 » березня 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Суравцева Володимира Олександровича

1. Тема роботи Проект СКП біолабораторії по виробництву трихограми

Затверджена наказом ОНТУ від 31.08.2023 р. наказ № 487-03

2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2024 р.

3. Вихідні дані роботи

План приміщення. Місто: Київ, географічна широта-51, розрахункова зовнішня температура літом- $28,7^{\circ}\text{C}$, ентальпія- $56,1$ кДж/кг, взимку температура -22°C , ентальпія $-20,7$ кДж/кг; напрямок фасада: південь; параметри внутрішнього повітря виробничий зал: $t_{\text{п}} = 24^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{\text{п}} = 55\%$; $\omega = 0,3$ м/с; в інших приміщеннях: $t_{\text{п}} = 22^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{\text{п}} = 55\%$, холодний період року виробничий зал: $t_{\text{п}} = 26^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{\text{п}} = 50\%$; $\omega = 0,3$ м/с;

в інших приміщеннях : $t_{\text{п}} = 22^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{\text{п}} = 55\%$; $\omega = 0,3$ м/с;

4. Перелік питань, які потрібно розробити

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

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

План будівлі біолабораторії із нанесенням системи повітроводів, аксонометричні схеми повітроводів – припливна система, витяжна система, схема підключення Холодильної машини, схема підключення котла

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	доц. Піщанська Н.О.	17.03.2024р.	15.05.2024р.
Цивільний захист	доц. Піщанська Н.О.	17.03.2024р.	15.05.2024р.
Економічна частина	доц. Піщанська Н.О.	17.03.2024р.	15.05.2024 р.

7. Дата видачі завдання 01.02.2024 р.

Керівник Піщанська Н.О.

Завдання прийняв до виконання Суравцев В.О.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літературних джерел, методик розрахунків, підготовка структури роботи	19.02.24	Виконано
2	Підготовка основних розділів роботи	08.04.24	Виконано
3	Підготовка розділу з охорони праці	22.04.24	Виконано
4	Підготовка економічного розділу	08.05.24	Виконано
5	Оформлення пояснювальної записки кваліфікаційної роботи	15.05.24	Виконано
6	Підготовка графічної частини кваліфікаційної роботи	26.05.24	Виконано
7	Підготовка презентації та доповіді	30.05.24	Виконано

Здобувач-
дипломник Суравцев Володимир Олександрович

Керівник роботи Піщанська Нонна Олександрівна

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

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

Здобувач-
дипломник Суравцев Володимир Олександрович

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота складається з: 74 сторінок друкованого тексту, 2 рисунки, 9 таблиць, 23 посилань на літературні джерела.

Метою проекту системи кондиціонування повітря є забезпечення технологічного процесу виробництва трихограми в біолабораторії. Здійснено тепловологісний розрахунок приміщень, визначено витрату обробляемого повітря $G = 2,7$ кг/с. У дипломному проекті спроектовано систему кондиціонування приміщень біолабораторії у м. Київ і запропоновано для її реалізації центральний кондиціонер блочної конструкції італійської фірми Aermec, модель Aermec NCD 10, з витратою повітря 9477 м³/год і холодонавантаженням 85 кВт. Забезпечення холоду здійснюється холодильною машиною з водяним охолодженням конденсатору фірми Aermec, модель ANL400, холодопродуктивністю 99,5 кВт, працюючий на фреоні 410а. Запропоновано до використання сучасні енергоефективні апарати і машини, а також оптимальні режими їхньої роботи, оптимізація й автоматизація даної системи, спосіб регулювання роботи системи кондиціонування повітря (теплий, перехідний) з різними режимами роботи, забезпечить збільшення ефективності виробництва трихограми майже на 25%, а якість самої ентомопродукції на 30%, ніж типові проекти для аналогічних об'єктів і їхніх параметрів, це пов'язано із зниженням капітальних витрат та експлуатаційних. Також в роботі розглянуто головні питання цивільного захисту, охорони праці, здійснено економічна оцінка проекту.

За допомогою спроектованої СКП можна створити, автоматично підтримувати та регулювати задані параметри мікроклімату виробничих приміщень біолабораторії по виробництву трихограми.

Ключові слова: система кондиціонування повітря, теплонавантаження, вологонавантаження, витрата повітря, біолабораторія, чилер-фанкойлова система кондиціонування.

					<i>КРБ.XVіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ANNOTATION

Qualification work consists of 74 pages of printed text, 9 tables, 2 figures, 23 references.

The purpose of the air conditioning system project is to ensure the technological process of trichogram production in the biolaboratory. The thermal and humidity calculation of the premises was carried out, the consumption of treated air $G = 2.7$ kg/s was determined. In the diploma project, the air conditioning system of the premises of the biolaboratory in the city of Kyiv was designed and a central air conditioner of the block design of the Italian company Aermec, model Aermec NCD 10, with an air consumption of 9477 m³/h and a cooling load of 85 kW was proposed for its implementation. Cold is provided by a refrigerating machine with a water-cooled condenser made by Aermec, model ANL 400, with a cooling capacity of 99.5 kW, operating on freon 410a. It is proposed to use modern energy-efficient devices and machines, as well as optimal modes of their operation, optimization and automation of this system, a method of regulating the operation of the air conditioning system (warm, transitional) with different modes of operation, which will ensure an increase in the efficiency of trichogram production by almost 25%, and the quality of the entomoproduct itself by 30% compared to typical projects for similar objects and their parameters, this is due to a decrease in capital and operational costs. Also, the main issues of civil defense and labor protection were considered in the work, and an economic evaluation of the project was carried out.

With the help of the designed SCA, it is possible to create, automatically maintain and regulate the set parameters of the microclimate of the production premises of the biolaboratory for the production of trichograms.

Key words: air conditioning system, heat load, moisture load, air consumption, biolaboratory, chiller-fan coil air conditioning system.

					<i>КРБ.XViKII.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

	ВСТУП	7
1	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	13
2	ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК	14
2.1	Теплий період року	17
2.2	Холодний період року	24
3	АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	25
4	ПІДБІР ТА РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОГО ВСТАТКУВАННЯ	28
5	РОЗРАХУНОК ВИПАРНИКА	33
6	РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА	38
7	РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА ТА ПОВІТРОНАГРІВАЧА	42
8	ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК	49
9	ОХОРОНА ПРАЦІ	54
10	ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА	67
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	73

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Вихідним моментом при формуванні технологій вирощування ентомокультур є біологічний паспорт культури, в якому повинно бути відображені вимоги до умов вирощування.

Проектувальник повинен базуватись на відомостях:

- про значущі абіотичні фактори того агроценозу, де буде використовуватись ентомофаг;
- про вплив культури на довкілля в зв'язку з особливостями біології та агротехніки.

Таким чином на першому етапі, при постановці завдання, проводиться формалізований опис системи, що розкриває алгоритм функціонування системи, взаємодії вхідних і вихідних показників. При цьому проєктована технологія повинна забезпечувати рентабельність виробництва, отримання сталої продуктивності, що перевищують існуючий рівень.

Другий етап передбачає розробку математичної моделі. Для великих багатопараметричних систем це, як правило, комплекс математичних моделей різного виду, що забезпечують моделювання процесів, що відбуваються в окремих складових системи і взаємозв'язку з ними.

На третьому етапі обґрунтовуються складові вектора критеріїв оцінки ефективності функціонування системи, що враховують всі основні показники об'єкта.

Збір та обробка інформації про умови функціонування системи є четвертим етапом робіт. У нашому випадку це інформація про мікрокліматичні, економічних та інших умови і її статистичний аналіз, а також формування баз даних по ентомокультурам, їх видам, машинам та ін.

П'ятий, основний етап, передбачає проектування технологій в діалоговому режимі, який передбачає участь людини у виборі варіанту практично на будь-якому етапі проектування. При цьому ЕОМ, в основному, відводяться функції оперативного розрахунку елементів системи на основі існуючих математичних моделей.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На наступних етапах проектування здійснюється аналіз результатів проектування і перевірка адекватності математичних моделей. З огляду на те, що технології виробництва різної ентомологічної продукції мають свою специфіку, зміст цих етапів може бути іншим.

На практиці частіше виникають завдання одночасної екстремізації « i » критеріїв. При цьому може бути використаний узагальнений критерій $k_{об}$, в якості якого доцільно використовувати мінімум витрат в грошовому виразі або в енергетичних одиницях, тобто задача зводиться до однокритеріальної, за допомогою вагових коефіцієнтів λ .

$$k_{об} = \sum K_i \cdot \lambda_i \text{ max}$$

де λ - ваговий коефіцієнт або коефіцієнт переходу до єдиної розмірності.

Одночасне врахування декількох критеріїв можливе при знаходженні замість одного оптимального значення деякої безлічі. Ця безліч є областю компромісу або безліччю Парето, інакше кажучи - альтернативи (варіанти) вважаються невиразними по оптимальності, якщо жодну з них при переході до будь-якої іншої не можна поліпшити за жодним з критеріїв, не погіршивши хоча б по одному з інших.

Отримані конкуруючі рішення аналізуються і, серед них, визначається прийнятний варіант.

При постановці оптимізаційних задач в області систем кондиціонування повітря, складовою яких є системи підготовки повітря для ентомологічних виробництв, можна зустріти двояке розуміння системного аналізу:

- аналіз хоч якої реально існуючої системи;
- формування параметрів системи для досягнення поставлених цілей.

У реальних умовах ці дві сторони нерозривні, оскільки не можна створити систему, що забезпечує поставлені цілі, без аналізу змісту і визначення реальних процесів, які приведуть до бажаного результату. Системний аналіз забезпечує умови спільної оптимізації, як структурних

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

частин системи, так і системи в цілому. Кінцевою метою використання системного аналізу при проектуванні є реальне проектування системи, її підсистем і компонентів для досягнення цільових функцій - оптимальних ефективності та економічності.

ФОРМУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЕНТОМОКУЛЬТУР

З урахуванням специфіки систем кондиціонування повітря (СКП) і завдань, що вона вирішує, основні особливості походу можуть бути відображені наступними положеннями.

1. В якості системи, що оптимізується приймається певний, комплекс елементів, наділених певними заданими властивостями, що володіють зв'язками з зовнішніми умовами і системами. У цьому комплексі в процесі досліджень кожному структурному елементу можна надавати бажані властивості без урахування реальних характеристик з тим, щоб визначити можливий внесок цих властивостей у процеси що досліджуються і, таким чином обґрунтувати вимоги до вирішення даного елемента. У практичних завданнях оптимізації приймається, що властивості елементів і їх функціонально-технічні характеристики відомі і тому процеси функціонування розглядаються в області допустимих рішень, з урахуванням прийнятих обмежень. В обох випадках оцінка комплексу, що розглядається здійснюється з урахуванням процесів, явищ та взаємозв'язку між ними. Таким чином маючи за мету вибір інструментів впливу на процеси у необхідному напрямку, нагальними стають такі позначки моделі СКП, які сприяють визначенню механізму функціонування комплексу. Суттєвим є то, що у всіх випадках система включає поняття про ціле, що складається з взаємопов'язаних, взаємодіючих и взаємозалежних частин.

2. Для систем підготовки повітря має бути визначено місце у загальній структурі інших систем. Відповідно до системного підходу СКП розглядається як самостійний об'єкт вивчення та оптимізації, з урахуванням

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

потрібного обміну інформацією з суміжними і зовнішніми системами і всередині її - між підсистемами. Обрана загальна структура систем повинна чітко окреслити межі досліджуваної системи і сприяти структуризації таких її підсистем, які по своїм розмірам доступні для досліджень і однорідні за описом. Така структуризація забезпечує організацію зв'язків по низхідній: від системи до окремих елементів, з наступною передачею агрегатованої інформації по висхідній. Загальній структурі систем компенсації, як і підсистем СКП повинні бути притаманні властивості цілісності: зміни, що виникли в будь-якій з підсистем позначаються як на інших підсистемах, так і на системі в цілому.

3. Система кондиціонування повітря представляється у вигляді моделі. При створенні складних систем, якими є СКП потрібні знання про кількісні та якісні закономірності поведінки системи і окремих її елементів в залежності від характеру зміни численних факторів і параметрів. Модель повинна бути подібна з оригіналом, але й відмінна від нього, так як вона підлягає таким перетворенням в потрібному напрямку, які неможливі при безпосередньому перетворенні оригіналу.

При постановці завдання модель повинна забезпечувати:

- можливість узагальнення вихідних факторів в таку форму розрахункової інформації, яка дозволяє здійснити вибір певного варіанту СКП, складу підсистем і режимів їх функціонування за річний цикл;
- дослідження характеру взаємозв'язку визначальних параметрів систем і підсистем в залежності від умов функціонування і функціонально-технічних характеристик обладнання та засобів автоматизації;
- уявлення визначальних параметрів у вигляді координат стану системи, використання яких дозволить обчислити техніко-економічні показники як будь-якої з підсистем, так і системи в цілому.

4. Для оцінки якості рішень СКП вибирається комплекс показників, виходячи з того, що при всіх можливих характеристиках зовнішніх зв'язків домогтися оптимального рішення СКП по її робочим параметрам,

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

конструктивним, економічним і іншим показникам. Пріоритетна роль при оптимізації належить технологічним параметрами, які повністю відображають особливості функціонування системи.

5. Результати аналізу на моделі СКП, після перевірки на адекватність, повинні переноситися на реальні системи. Адекватність досягається в тому випадку, якщо модель повністю відображає наступні основні ознаки СКП:

- принципову схему системи;
- технологічну схему конкретного принципового рішення;
- режими функціонування - поєднання реалізованих процесів обробки повітря з урахуванням його транспортування і розподілу;
- методи автоматичного управління в межах заданих режимів;
- функціонально-технічні характеристики обладнання, що впливають на технологічні режими, методи управління, а також на витратні і енергетичні параметри системи;
- вимушені або спеціальні обмеження, що коригують можливість повної реалізації потенціалу перерахованих вище ознак.

Вибір оптимального рішення СКП означає виявлення такого термодинамічного стану системи, яке забезпечує найкраще за обраним критерієм значення цільової функції.

СТРУКТУРА СИСТЕМ ПІДТРИМКИ НОРМОВАНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯ В ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРИМІЩЕННЯХ

Дуже важливо встановити взаємозв'язок системи підготовки повітря з іншими системами з урахуванням їх адаптації до мінливих зовнішніх і внутрішніх умов. У загальному вигляді вимоги до повітряному середовищу приміщення характеризується нормованою чистотою і газовим складом, іонним спектром і бактеріальної флорою, барометричним тиском і комплексом метеорологічних параметрів. При нормуванні параметрів приймаються санітарно-гігієнічні або технологічні міркування, а також вимоги щодо забезпечення пожаро- і вибухобезпеки. Залежно від

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

функціональних особливостей приміщення в ньому виникають відповідні обурення параметрів повітряного середовища, які необхідно компенсувати раціональними засобами до рівня їх нормативних значень. Виходячи з цього на рисунку 1 представлена схема взаємозв'язку факторів, що обурюють і систем, що їх компенсують.

Всі обурення можна розділити на внутрішні і зовнішні. Внутрішні визначаються життєдіяльністю людей і технологічними процесами, що здійснюються в приміщенні. Зовнішні обурення з'являються тільки через огорожувальні конструкції приміщення. Вони залежать від теплофізичних характеристик і ступеня герметичності огорож, а також від конструктивно-планувальних рішень.

Системи компенсації представлені двома групами: системи які потребують використання зовнішнього повітря, і системи, що працюють без використання зовнішнього повітря.

До першої групи належать системи місцевої витяжки, які видаляють повітря, що підсмоктується з приміщення, назовні. Такі системи можуть бути вбудованими в технологічне обладнання. Їх використовують з метою зменшення кількості шкідливих речовин (продукти метаболізму) в повітрі зони, що обслуговується.

У другій групі систем компенсації використовується рециркуляційний. До цієї ж групи належать будь-які види систем опалення. Принциповий зв'язок цих систем з СКП полягає в тому, що вони можуть частково компенсувати обурення, видозмінюючи тим самим умови функціонування всієї системи підготовки повітря. Дещо особіно стоїть рециркуляційна система очищення повітря, в якій для розчинення домішок використовується зовнішнє повітря. Отже, основне призначення такої системи - зменшення мінімально неминучих витрат зовнішнього повітря.

З метою більш чіткого визначення витрат на зовнішні системи доцільно встановити логічні межі їх обліку: внутрішньооб'єктові, зовнішньооб'єктові.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Таким чином, загальна структура систем компенсації показує не тільки місце СКП серед інших систем, але і принципові особливості їх взаємодії.

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

У даному розділі дається докладна характеристика проектного варіанту. У даному розрахунку ми маємо вихідні дані, які необхідно підтримувати, апарати й машини, а також витрати на електроенергію на приводи вентилятора, електродвигуна, компресора, насосів для подачі холодильного агента й води, все це вимагає необхідні грошові витрати. Знаючи ці витрати по апаратах і всі інші витрати, ми знаходимо шляхи зниження цих витрат, розглядаючи використання різних, більше ефективних апаратів і машин, а також режимів їхньої роботи, оптимізацію й автоматизацію даної системи, способу регулювання роботи системи кондиціонування повітря й холодильної машини в різні періоди року (теплий, холодний, перехідний) з різними режимами роботи, що при якісному підході до розрахунків і в пошуку варіантів, може дати економічний ефект (зниження витрат на систему, наступний монтаж, налагодження, експлуатацію, ремонт, а також енерговитрати) на 30% менше, ніж типові проекти для аналогічних об'єктів і їхніх параметрів.

Система кондиціонування повітря необхідна для підтримки необхідних параметрів повітря в приміщенні, незалежних від зовнішніх впливів (температури, вологовмісті, випромінюванні) і внутрішніх (теплопритоки від устаткування, від людей, висвітлення), які б сприяли створенню мікроклімату в приміщенні, необхідного по санітарно-гігієнічних нормах для нормального функціонування людського організму [5].

Розглянутий об'єкт являє собою двоповерховий будинок, з безліччю виробничих приміщень. Проектована система кондиціонування повітря повинна забезпечувати технологічний процес виробництва трихограми та комфортні умови для працівників «Лабораторії».

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Метою даного проекту є розробка СКП для «Лабораторії», розташованого в місті Києві.

Центральна СКП вигідно відрізняється від традиційних систем вентиляції й кондиціонування повітря, у тому числі типу «чилер - фэнкойл», гнучкістю монтажною схемою, економічністю експлуатації й точною відповідністю вимогам конкретного об'єкта.

Незалежно від характеру навантажень у будинку - однакових або варіюються в широкому діапазоні (наприклад, у готелях) - система гарантує підтримку оптимальних параметрів повітряного середовища з мінімальними витратами електроенергії.

2 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСІВ КОНДИЦІОНУВАННЯ ПОВІТРЯ

Керуючись нормами проектування, приймаємо наступні значення температури, відносній вологості й швидкості руху повітря в приміщенні [6]:
теплий період року виробничий зал: $t_{п} = 24^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{п} = 55\%$; $\omega = 0,3$ м/с; в інших приміщеннях: $t_{п} = 22^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{п} = 55\%$

холодний період року виробничий зал: $t_{п} = 26^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{п} = 50\%$; $\omega = 0,3$ м/с;

в інших приміщеннях : $t_{п} = 22^{\circ}\text{C}$; $\varphi_{п} = 55\%$; $\omega = 0,3$ м/с;

Вибір розрахункових параметрів зовнішнього повітря визначається кліматичними умовами місцевості й призначенням СКП.

У нашій випадку, параметри зовнішнього повітря, повинні відповідати класу [Б]. Керуючись СНіП 11-33-75, приймаємо наступні параметри зовнішнього повітря:

теплий період року – $t_{п} = 28,7^{\circ}\text{C}$; $h_{п} = 56,1$ кДж/кг; $\varphi = 43\%$

холодний період року - $t_{п} = -22^{\circ}\text{C}$; $h_{п} = -20,7$ кДж/кг;

Визначаємо необхідну товщину термоізоляції стін і даху [7]:

Стіни виконані з пінобетону ($\delta_{пн} = 400$ мм), покритого із двох сторін цементною штукатуркою ($\delta_{шт} = 25$ мм),

Коефіцієнти теплопровідності матеріалів:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

штукатурка $\lambda = 0,7 \text{ Вт/(м К)}$;

пінобетон $\lambda = 0,15 \text{ Вт/(м К)}$;

Тоді для стін коефіцієнт теплопередачі:

$$\kappa_{cm} = \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right), \quad \text{Вт/(м}^2\text{)} \quad (2.1)$$

$$\kappa_{cm} = \left(\frac{1}{8} + \frac{0.04}{0.58} + \frac{0.5}{0.15} + \frac{0.012}{0.13} + \frac{1}{23} \right)^{-1} = 0.27$$

Вт/(м²К).

де $\alpha_{вн} = 8 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ - коефіцієнт тепловіддачі від внутрішньої поверхні стіни до повітря в приміщенні;

δ_i и λ_i - товщина й теплопровідність і-го шаруючи огороження;

$\alpha_n = 23 \text{ Вт/(м}^2\text{ДО)}$ - коефіцієнт тепловіддачі із зовнішньої поверхні стіни.

Перекриття виконане з наступних матеріалів:

Металлочерепиця:

$$\delta = 5 \text{ мм}; \lambda = 0,38 \text{ Вт/(мК)}$$

залізо-бетонні плити:

$$\delta = 24 \text{ мм}; \lambda = 0,18 \text{ Вт/(мК)}$$

мінеральна вата

$$\delta = 20 \text{ мм}; \lambda = 0.056 \text{ Вт/(мК)}$$

гіпсокартон

$$\delta = 12 \text{ мм}; \lambda = 0,13 \text{ Вт/(мК)}$$

Тоді, для перекриття коефіцієнт теплопередачі буде дорівнювати:

$$\kappa_{nep} = \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_n} \right), \quad \text{Вт/(м}^2\text{К)} \quad (2.2)$$

$$\kappa_{nep} = \left(\frac{1}{8} + \frac{0.05}{0.38} + \frac{0.24}{0.18} + \frac{0.2}{0.056} + \frac{0.012}{0.13} + \frac{1}{23} \right)^{-1} = 0.19 \quad \text{Вт/(м}^2\text{ДО)}.$$

Вибираємо коефіцієнт теплоусвоєння матеріалу S шаруючи на границі поділу [7]. Потім розраховуємо опір R, теплову інерцію шаруючи огороження D, теплову інерцію огороження (D по формулах наведеним нижче:

$$R = \frac{\delta}{\lambda}, \quad (2.3)$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

де δ - товщина шаруючи огороження;

λ - теплопровідність матеріалу шаруючи.

$$D = R \cdot S \quad (2.4)$$

Результати розрахунку заносимо в таблицю 2.1

Таблиця 2.1 - Характеристика конструкцій, що обгороджують, приміщення

Конструкція й матеріал	Щільність, ρ , кг/м ³	Товщина, δ , м	Коефіцієнти			
			Питома тепло-провідність, Вт/(мК)	Тепло-засвоєння, S, Вт/(м ² ДО)	Термічний супротив, R, (м ² К/Вт)	Теплова інерція D
Вікна подвійні, склопакет					0.51	
Зовнішня стіна						
штукатурка	1600	0.04	0.7	9.7	0.057	0.553
пінобетон	400	0.5	0.15	2.42	2.66	6.43
гіпсокартон	650	0.012	0.13	7.1	0.092	0,65
Підлога						
Металочерепиця	1800	0.005	0.38	8.5	0.013	0.11
Залізо-бетонні плити	500	0.024	0.18	7.3	0.13	0.95
Мінеральна вата	125	0.2	0.056	1.2	0.35	0.42
гіпсокартон	650	0.012	0.13	7.1	0.092	0.65
Перекрыття						
гіпсокартон	650	0.012	0.13	7.1	0.092	0.65
Залізо-бетонні плити	500	0.024	0.18	7.3	0.13	0.95

Мінеральна вата	125	0.2	0.056	1.2	0.35	0.42
гіпсокартон	650	0.024	0.13	7.1	0.092	0.65

2.1 Теплий період року

У приміщенні підтримується постійна температура повітря 24°C.

Характеристика конструкцій, що обгороджують, приміщення наведена в табл. 1.

1) Максимальний тепловий потік сонячної радіації через вікна площею 60 м² знаходимо по формулі, при максимальній щільності потоку прямої радіації 317 і неухважної 88 Вт/м² для південної сторони, при коефіцієнті теплопропускання $K_4 = 0,43$ (СНіП II-3-79) і відсутності захисних пристроїв на вікнах $K_1 = 0,6$; $K_2 = 1$ і $K_3 = 1$ для Ю:

$$Q_{oc,i} = (q_n K_1 + q_p K_2) K_3 K_4 A_{oc} = (317 \cdot 0,6 + 88 \cdot 1) \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 60 = 7174 \text{ Вт}, \quad (2.5)$$

q_n , q_p - поверхнева щільність теплового потоку, Вт/м², через застклений світловий проріз у липні в дану годину доби, відповідно від прямої (q_n) і неухважної (q_p) сонячної радіації, прийнята для вертикального й горизонтального остеклення по СНіП II-3-79;

$K_1 = K_{n,g} \cdot K_{n,v}$ - коефіцієнт опромінення прямою сонячною радіацією для обліку площі світлового прорізу, незатіненою горизонтальною й вертикальною площинами в будівельному виконанні);

$$K_{n,e} = 1 - (l_2 \cdot |tg A_{s,oc}| - s) / B \quad (2.6)$$

де H , B - висота й ширина світлового прорізу, м;

l_1 , l_2 - ширина горизонтальних і вертикальних будівельних сонцезахисних площин;

h_s - висота сонця - кут, град., між напрямком сонячного променя і його проекцією на горизонтальну площину;

					КРБ.XVI КП.1.487-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

$A_{s,oc} = |A_s - A_{oc}|$ - сонячний азимут остеклення світлового прорізу, визначається різницею кутів азимута сонця й азимута світлового прорізу;

$K_2 = K_r \cdot K_b$ - коефіцієнт опромінення для обліку надходження неухважної сонячної радіації через світлові прорізи, незатінені горизонтальної й вертикальної зовнішніми сонцезахисними площинами в будівельному виконанні;

K_3 - коефіцієнт теплопропускання сонцезахисних пристроїв;

K_4 - коефіцієнт теплопропускання остекленням світлових прорізів, прийнятий по СНиП II-3-79;

A_{oc} - площа світлового прорізу (остекління), м².

2) Для визначення показника $a_{п}$ поглинання приміщенням теплового потоку сонячної радіації знаходимо коефіцієнти теплоусвоєння, Вт/(м²·К):

Для заклоєної стіни:

$$Y_{oc} = \frac{1}{R_{oc} - 1/\alpha_{вн}}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.7)$$

$$Y_{oc} = \frac{1}{0.43 - 1/8} = 3.2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}),$$

де R_{oc} - термічний опір теплопередачі скляних світлових прорізів, прийняте за додат. 6 СНиП II- 3-79;

$\alpha_{вн}$ - коефіцієнт тепловіддачі, прийнятий по табл. 4 СНиП II- 3-79.

Для перегородок виробляється розрахунок для половини їхньої товщини по гіпсокартону:

$D/2 = 0.65 < 1$, те

$$Y_{пер} = R_m S_m^2, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.8)$$

$$Y_{пер} = 0.092 \cdot 7.1^2 = 4.6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

де R_m - термічний опір частини шаруючи, перегородки, розділеної по осі симетрії, [(м²·К)/Вт];

S_m - коефіцієнт теплоусвоєння матеріалу шаруючи на границі поділу, [Вт/(м²ДО)].

Для перекриття по шарі З/Б плити: $D=0.95 < 1$, те

										Арк.
										18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1					

$$Y_{nep} = R_m S_m^2, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.9)$$

$$Y_{nep} = 0.13 \cdot 7.3^2 = 6.9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

3) Показник сумарного теплоусвоєння приміщення:

$$\sum Y = Y_{oc} A_{oc} + Y_{cm} A_{cm} + Y_{nep} A_{nep} + Y_{nep} A_{nep} \quad (2.10)$$

де $A_{ст}$ - внутрішні поверхні огорожень приміщення й поверхні, м^2

$$\sum Y = 3.2 \cdot 9 + 2.42 \cdot 168 + 6.9 \cdot 114.62 + 4.6 \cdot 175.86 = 2035.19 \text{ Вт}/\text{К}.$$

4) Показник інтенсивності конвективного теплообміну:

$$\Delta = 2.55(A_{oc} + A_{cm} + A_{nep} + A_{нок} + A_{обор}), \text{ м}^2 \quad (2.11)$$

$$\Delta = 2.55(30 + 168 + 114.62 + 175.86) = 1245.62 \text{ м}^2$$

5) Показник поглинання приміщенням теплового потоку сонячної радіації:

$$a_n = \varphi(2035.19/1192.73) = \varphi$$

6) За СНіП II-3-79 знаходимо загальну тривалість радіації через Ю вікна $\Delta Z=10$ год і початок радіації в $Z=7$ год, при $a_n=6$ знаходимо величини показника $a_n=0.13$ для $Z=7$ год; $a_n=0.16$ для $Z+1=8$ ч и т.буд. для всіх годин доби й записуємо їх у перший рядок табл. 2.2

7) Помножимо $Q_{oc.i}$ на показники a_n ; отримані годинні надходження теплоти, поглинені приміщенням і передані його повітрю, вносимо в другий рядок табл. 2.

8) Визначаємо величину теплового потоку теплопередачею через вікна й значення заносимо в таблицю 3:

$$Q_{\Delta t} = (t_n + 0.5\theta_1 A_{m.c.} - t_n) A_{oc} / R_{oc}, \quad (2.12)$$

де $t_{нар}$ - середня за добу температура зовнішнього повітря, °З, прийнята рівній температурі липня по графі 3 таблиці "Температура зовнішнього повітря" СНіП 2.01. 01-82

$A_{m.з}=40$ °С - максимальна добова амплітуда температури зовнішнього повітря в липні, прийнята по СНіП 2.01. 01-82;

Θ_1 - коефіцієнт, що виражає гармонійну зміну температури зовнішнього повітря, прийнята по таблицях ;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t_n - температура повітря в приміщенні, °З, прийнята по СНіП 2.04. 05-91;
 $A_{oc} = 60 \text{ м}^2$, $R_{oc} = 0.51 \text{ м}^2\text{°З/Вт}$ - площу й наведений опір теплопередачі, остеклення світлового прорізу, прийняте за додат. 6* СНіП 11-3-79** .

9) Визначаємо величину теплового потоку, через зовнішню стіну й заносимо

в табл. 2.2:

$$Q_M = \left[\frac{1}{R} \cdot \left(t_{нар} + \rho \cdot \frac{j_{cp}}{\alpha_n} - t_n \right) + \frac{\beta_k \cdot \alpha_{вн}}{V} \left(0,5 \cdot \theta_1 \cdot A_{м,с} + \frac{\rho}{\alpha_n} \cdot \theta_2 \cdot A_j \right) \right] A_m, \quad (2.13)$$

де R – опір теплопередачі масивної конструкції, що обгороджує (зовнішньої стіни, перекриття), $\text{м}^2 \text{°З/Вт}$, прийняте відповідно до вимог п.п.2.6-2.9 СНіП П- 3-75**;

$t_{нар}$, t_n – середня температура зовнішнього повітря в липні, по СНіП 2.01. 01-82 і температура повітря в приміщенні;

$\theta = 0.3$ - коефіцієнт поглинання сонячної радіації поверхнею конструкції, що обгороджує, прийнятий по додатку 7 СНіП П-3-79*;

J_{cp} , [Вт/м^2] – середньодобове значення поверхневої щільності теплового потоку сумарної сонячної радіації (прямій і неухважної), що надходить у липні варто приймати для горизонтальної й для вертикальної поверхні по таблицях;

$\beta_{до}$ – коефіцієнт рівний 1, при відсутності вентиляваного повітряного прошарку в огороженні (перекритті);

V - величина загасання амплітуди коливань температури зовнішнього повітря в конструкції, що обгороджує, обумовлена по п. 3.4* СНіП П-3.79** або по формулі:

$$V = 2^{\sum D} \left(0.83 + 3 \cdot \frac{\sum R}{\sum D} \right) \cdot V_c \cdot V_a \quad (2.14)$$

$$V = 2^{7.612} \left(0.83 + 3 \cdot \frac{2.8}{7.612} \right) \cdot 0.88 \cdot 1 = 143$$

де $\sum R$ – термічний опір огороження $\text{Вт}/(\text{м}^2 \text{°С})$;

$\sum D$ - теплова інерція огороження,

$$V_c = 0.85 + 0.15 \cdot \frac{S_2}{S_1} \quad (2.15)$$

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_c = 0.85 + 0.15 \frac{2.42}{9.7} = 0.88$$

де S_1 і S_2 – коефіцієнти теплоусвоєння матеріалів шарів огороження по ходу теплової хвилі, Вт/(м² °С), по СНіП 11-3-79**;

$V_a = 1$, тому що немає повітряного прошарку.

θ_1, θ_2 - коефіцієнти, прийняті по таблицях для кожної години доби, відповідно при $\varepsilon_1 = \varepsilon + 15$ й $\varepsilon_2 = \varepsilon + z$,

де τ - запізнювання температурних коливань в огороженні;

Z - час максимуму сумарної (прямій і неухважної) сонячної радіації, прийняте по таблицях;

A_m – площа масивної конструкції, що обгороджує (зовнішньої стіни, покриття), м²;

$\alpha_{\text{н}}, \alpha_{\text{вн}}$ – коефіцієнти тепловіддачі зовнішньої й внутрішньої поверхні огороження, Вт/(м² °С).

(=0.3 для штукатурки (зовнішній шар стіни).

$$j_{\text{cp}} = 72 \text{ Вт/м}^2 \text{ для В стіни; для Ю стіни - } j_{\text{cp}} = 128 \text{ Вт/м}^2$$

$$A_j = 125 - 72 = 53 \text{ (Вт/м}^2\text{) для В стіни;}$$

$$A_j = 314 - 128 = 186 \text{ (Вт/м}^2\text{) для Ю стіни;}$$

$$\varepsilon = 2.7 \cdot \sum D - 0.4 \text{ (ч)} \quad (2.16)$$

$$\varepsilon = 2.7 \cdot 7.61 - 0.4 = 20.1 \approx 20 \text{ (ч)}$$

$$\varepsilon_1 = 20 + 15 = 35 \text{ (ч)}, \quad \varepsilon_2 = 20 + 2 = 22 \text{ (ч) для В стіни;}$$

$$\varepsilon_1 = 20 + 15 = 35 \text{ (ч)}, \quad \varepsilon_2 = 20 + 4 = 24 \text{ (ч) для Ю стіни;}$$

10) Аналогічно вважаємо для перекриття:

$$V_c = 0.85 + 0.15 \cdot \frac{7.1}{7.3} = 0.95; \quad V_a = 1.$$

$$V = 2^{2.02} \left(0.83 + 3 \cdot \frac{0.57}{2.02} \right) \cdot 0.95 \cdot 1 = 6.64$$

$\beta_k = 1$, тому що відсутня вентиляований повітряний прошарок.

$$j_{\text{cp}} = 331 \text{ Вт/м}^2$$

$$A_j = 761 - 331 = 430 \text{ (Вт/м}^2\text{)}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = 2.7 \cdot \sum D - 0.4 = 2.7 \cdot 2.02 - 0.4 = 5.054 \approx 5$$

$$\varepsilon_1 = 5 + 15 = 20 \text{ (ч)}$$

$$\varepsilon_2 = 5 + 12 = 17 \text{ (ч)}$$

11) Сумарний максимальний тепловий потік, що нагріває повітря приміщення (рядок 13 табл. 2.2) доводиться на 17 годин сонячного часу. Він становить 12866 Вт.

Теплонадходження від людей

$n = 8$ чол; - кількість людей одночасно перебувають в лабораторії [8];

$$Q_{пол} = n_{люд} \cdot q_{пол}; \text{ Вт}, \quad (2.17)$$

де n - число людей, що перебувають у приміщенні

$q_{л}$ – тепловиділення від однієї людини, Вт.

$$Q_{л} = 8 \cdot 160 = 1280 \text{ Вт},$$

Визначаємо явні й сховані теплопритоки від людей:

$$Q_{л}^{скр} = n \cdot q_{люд}^{скр}, \text{ Вт} \quad (2.18)$$

$$Q_{л}^{скр} = 8 \cdot 28,6 = 228,8 \text{ Вт}$$

$$Q_{л}^{явн} = Q_{люд} - Q_{люд}^{скр}, \text{ Вт} \quad (2.19)$$

$$Q_{л}^{явн} = 1280 - 229 = 1051 \text{ Вт}$$

Теплонадходження від штучного висвітлення

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

$F_{пола}$ – площа підлоги;

Z – освітленість;

$$Q_{ис.осв.} = q_{осв} \cdot F_{пола} \cdot Z, \text{ Вт} \quad (2.20)$$

$$Q_{ис.осв.} = 15.1 \cdot 0.5 \cdot 402 = 3035 \text{ Вт}$$

$$Q_{пол} = Q_{люд} + Q_{оср}, \text{ Вт} \quad (2.21)$$

$$Q_{пол} = 1280 + 6382 = 7662 \text{ Вт}$$

Вологовиділення від людей

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W = n \cdot W_{\text{люд.}} ; \text{ кг/з,} \quad (2.22)$$

де n - кількість людей у приміщенні;

$w_{\text{л}} = 0.0000295$ кг/з - Вологовиділення від однієї людини [8];

$$W = 8 \cdot 0.0000295 = 2.36 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с;}$$

Влаговиділення від обслуговуючого персоналу.

$$W = W \cdot n_{\text{люд}} ; \text{ кг/с} \quad (2.23)$$

де n - кількість обслуговуючого персоналу в приміщенні ;

$$W = 0.000049 \text{ кг/з;}$$

$$W = 2 \cdot 0.000049 = 0.000098 \text{ кг/с;}$$

- Вологовиділення від вологого збирання:

$$W_{\text{вл.у.}} = \sigma F_n (d'' - d_e) \cdot 0.1 , \text{ кг/з} \quad (2.24)$$

де σ - коефіцієнт влагообміну, кг/(м²·с)

$$\sigma = \frac{\alpha}{c_p^{\text{в}} + c_p^{\text{н}} \cdot d_{\text{ср}}} , \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с)} \quad (2.25)$$

$$\sigma = \frac{8}{1,006 \cdot 10^3 + 1,86 \cdot (10,5 + 20,5) / 2} = 0,00778 \text{ кг/(м}^2 \cdot \text{с),}$$

де порівн – ізобарна теплоємність, [кДж/кг·К];

d_e, d''_e - вологовмісту повітря при заданій відносній вологості й на лінії

насичення.

$$Q_{\text{вл.у.}}^{\text{скр}} = r \cdot W_{\text{вл.у.}} = 2460 \cdot 10^3 \cdot 0.65 \cdot 10^{-3} = 1599 \text{ (Вт),} \quad (2.26)$$

де схована теплота паротворення

$$r = r_0 - 2,3 \cdot t_w^{\text{м}} , \text{ (кДж/кг)} \quad (2.27)$$

$$r = 2500 - 2.3 \cdot 17,8 = 2460 \text{ (кДж/кг)}$$

($t_w^{\text{м}}$ - температура повітря в приміщенні по мокрому термометрі).

$$W_{\text{вл.у.}} = 0.007 \cdot 57.31 \cdot (20.5 - 10.5) \cdot 10^{-3} \cdot 0.1 = 0.73 \cdot 10^{-2} \text{ кг/з}$$

$$W_{\text{пол}} = W_{\text{л}} + W_{\text{вл.у.}} , \text{ кг/з} \quad (2.28)$$

$$W_{\text{пол}} = 0.0017 + 0.73 \cdot 10^{-2} = 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ кг/з}$$

Визначаємо тепловологісну хар-ку:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varepsilon = \frac{Q_{пол}}{W_{пол}}, \text{ кДж/кг} \quad (2.29)$$

$$\varepsilon = \frac{7.662}{0.9 \cdot 10^{-3}} = 8513 \text{ кДж/кг}$$

Визначаємо загальні сховану і явну теплоту:

$$Q_{скр} = Q_{скр}^l + Q_{скр}^{вл.у}, \text{ Вт} \quad (2.30)$$

$$Q_{скр} = 1716 + 1599 = 3315 \text{ Вт}$$

$$Q_{явн} = Q_{пол} - Q_{скр}, \text{ Вт} \quad (2.31)$$

$$Q_{явн} = 7662 - 3315 = 4347 \text{ Вт}$$

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

$$G_1 = \frac{Q_{пол}}{h_e - h_n}, \text{ кг/з}, \quad (2.32)$$

$$G_1 = \frac{7.6623}{56.1 - 51.6} = 1.7 \text{ кг/з},$$

$$G_2 = \frac{Q_{явн}}{c_p \Delta t_p}, \text{ кг/з} \quad (2.33)$$

$$G_2 = \frac{4.447}{1.02 \cdot 5} = 0.87 \text{ кг/з}$$

$$c_p = 1.006 + 1.8d, \text{ кДж} \quad (2.34)$$

$$c_p = 1.006 + 1.8 \cdot 10.5 \cdot 10^{-3} = 1.02 \text{ кДж}$$

$$G_3 = \frac{W_{пол}}{d_e - d_n}, \text{ кг/с}. \quad (2.35)$$

$$G_3 = \frac{0.9 \cdot 10^{-3}}{(11 - 10.2) \cdot 10^{-3}} = 1.125 \text{ кг/с}.$$

Вибираємо $G = 2.7 \text{ кг/с}$

2.2 ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ

Зима: $t_n = -22^\circ\text{C}$, $h_n = -20.7 \text{ кДж/кг}$ (дані беремо зі СНиП II-33-75).

$G_x = G_T = 2.7 \text{ кг/з}$

Тепловиділення від людей:

$$Q_l^3 = Q_l^2 = 1280 \text{ Вт}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тепловиділення від висвітлення:

$$Q_{осв}^3 = Q_{осв}^л + Q_{осв}^{местное} \quad \text{Вт} \quad (2.36)$$

$$Q_{інв}^с = -1280 - 0.5 = -1280.5 \quad \text{Вт}$$

Теплопритоки через огородження:

$$Q_{огр} = Q_{ст} + Q_{пер} + Q_{пер} \quad \text{Вт} \quad (2.37)$$

$$Q_{огр} = -2204.5 - 1026.8 - 2301.4 = -5532.7 \quad \text{Вт}$$

$$Q_{ст} = k_{ст} F (t_{н} - t_{в}), \quad \text{Вт} \quad (2.38)$$

$$Q_{ст} = 0.27 \cdot 194.4 \cdot (-22 - 26) = -2204.5 \quad \text{Вт}$$

де $F_{ст}$ – площа стін, м^2 ;

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

$t_{н} - t_{в}$ – різниця температур зовнішнього повітря й повітря в приміщенні, $^{\circ}\text{C}$

$$Q_{пер} = k_{пер} F_{пер} (t_{н} - t_{в}), \quad \text{Вт} \quad (2.39)$$

$$Q_{пер} = 0.19 \cdot 114.64 \cdot (-22 - 26) = -1026.8 \quad \text{Вт}$$

де $F_{пер}$ – площу перегородки, м^2

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

Повний теплоприток і вологоприток:

$$Q_{пол} = Q_{л} + Q_{осв} + 0.4Q_{огр}, \quad \text{Вт} \quad (2.40)$$

$$Q_{інв}^с = -1280 - 1280.5 - 7.114 \cdot 10^3 - 0.4 \cdot 5532.7 = -11887 \quad \text{Вт}$$

$$W_{пол}^3 = W_{пол}^л = 0.9 \cdot 10^{-3} \quad \text{кг/з}$$

$$\Delta h_p = \frac{Q_{пол}^3}{G}, \quad \text{кДж/кг}$$

$$\Delta h_p = \frac{11.887}{1.7} = 2.3 \quad \text{кДж/кг}$$

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

$$\varepsilon = \frac{11.887}{0.9 \cdot 10^{-3}} = 13207 \quad \text{кДж/К}$$

3 АЕРОДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Систему розведення магістралей можна розділити на 6 однакових ділянок, 1 приточна вітка й 1 витяжна, з несуттєвим відхиленням біля теплообмінника. Тому розрахунок буде вироблятися по одній магістралі.

Магістральний повітровод:

Необхідна площа перетину повітроводів:

$$F = \frac{L}{v} \text{ м}^2;$$

де $v = 6,0$ м/с – попередньо задана швидкість повітря в магістралі

$$F = \frac{L}{v} = \frac{12,5}{6,0} = 0,57 \text{ м}^2;$$

Приймаємо повітровод прямокутного перетину 600 (950 мм

$$F_{\Gamma} = 0,57 \text{ м}^2$$

Уточнимо швидкість у повітроводі:

$$v = \frac{L}{F} = \frac{12,5}{0,57} = 21,9 \text{ м/с.}$$

Для повітроводів прямокутного перетину за розрахункову величину приймається еквівалентний діаметр, при якому втрати тиску в круглому повітроводі при тій же швидкості повітря дорівнюють втратам у прямокутному повітроводі.

Значення еквівалентних діаметрів визначаємо по формулі:

$$d_{\text{екв}} = \frac{2AB}{A+B}$$

де А, В - розміри сторін прямокутного повітровода, м

$$d_{\text{екв}} = \frac{2 \cdot 0,6 \cdot 0,95}{0,6 + 0,95} = 0,74 \text{ м}$$

Коефіцієнт тертя:

$$\left(v \cdot \frac{d_{\text{э}}}{v} \right)^{0,25}$$

$$\lambda = \frac{0,3164}{\left(21,9 \cdot \frac{0,74}{1,6 \cdot 10^{-5}} \right)^{0,25}} = 0,011$$

					<i>КРБ.XУiКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Втрати тиску у всій магістралі:

$$\Delta P = \left(1 \cdot \frac{\lambda}{d_{\text{экв}}} + \sum \xi\right) \cdot \frac{\rho v^2}{2}, \text{ (Па)}$$

$$\Delta P = \left(1 \cdot \frac{0,011}{0,74} + 12,57\right) \cdot \frac{1,2 \cdot 7,19^2}{2} = 390, \text{ Па}$$

Загальні відомості зведені в таблицю

Приточна вентиляція:

Уч.	L, м ³ /з	F, м ²	F _г , м ²	V, м/с	A?B, мм	d _{экв} , м ²	λ	?P, Па
1	12,5	0,57	0,57	6	600x950	0,74	0,011	390
2	10,2	0,47	0,48	6	600x950	0,68	0,013	256
3	7,9	0,36	0,36	6	600x950	0,6	0,013	205
4	5,6	0,26	0,26	6	600x950	0,49	0,014	154
5	3,3	0,15	0,15	6	600x950	0,375	0,015	102
6	0,9	0,04	0,04	6	600x950	0,2	0,015	51,4

Площа одних грат:

$$F = 0,2 \text{ м}^2$$

Витяжна вентиляція

Уч.	L, м ³ /з	F, м ²	F _г , м ²	V, м/с	A?B, мм	d _{экв} , м ²	λ	?P, Па
1	12,5	0,57	0,57	6	600x950	0,74	0,011	390
2	11,5	0,53	0,54	6	600x900	0,68	0,013	256
3	9,4	0,43	0,45	6	500x900	0,6	0,013	205
4	6,2	0,28	0,3	6	500x600	0,49	0,014	154
5	3,0	0,13	0,12	6	300x400	0,375	0,015	102

Площа грат в адміністративному приміщенні:

$$F = 0,07 \text{ м}^2$$

Площа грат у демонстраційному залі:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

$$F = 0.2 \text{ м}^2$$

4 РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ОСНОВНОГО ХОЛОДИЛЬНОГО УСТАТКУВАННЯ

Конструктивний і тепловий розрахунок гвинтового компресора.

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

Робочі процеси гвинтового компресора протікають у порожнині обмеженою поверхнею западини зуба, двома торцевими кришками, поверхнею корпуса [13].

Вибір конструктивних даних:

1 Діаметр окружностей виступів роторів:

$$2R_1 = 2R_2 = 80 \text{ мм.}$$

2 Діаметр окружностей западин:

$$2r_1 = 2r_2 = 48 \text{ мм.}$$

3 Довжина нарізної частини ротора:

$$L = 58 \text{ мм.}$$

4 Відносна довжина:

$$\bar{L} = \frac{L}{D}, \text{ мм} \quad (4.1)$$

$$\bar{L} = \frac{58}{80} = 0.725 \text{ мм}$$

5 Міжосьова відстань роторів:

$$A = R_1 + r_1, \text{ мм} \quad (4.2)$$

$$A = 40 + 24 = 64 \text{ мм}$$

6 Кути закручення роторів:

$$\varphi_{31} = 270^\circ \quad \varphi_{32} = 180^\circ$$

7 Кутові розміри вікон усмоктування й нагнітання:

$$\varphi_{вс1} = 270^\circ$$

$$\varphi_{вс2} = 180^\circ$$

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\varphi_{H1} = 45^\circ$$

$$\varphi_{H2} = 30^\circ$$

8 Площа перетину зуба провідного ротора:

$$f_1 = 4 \text{ див}^2$$

Для роботи холодильної машини використовуємо фреон R410a, що має досить гарні термодинамічні властивості.

Режим роботи холодильної установки визначається температурою кипіння холодильного агента (t_o) і температурою конденсації (t_k) [14].

Температура кипіння залежить від робочої температури вихідної води: $t_{\text{води}} = 10.2^\circ$

$$t_o = t_{\text{пов}} - \Delta t_o, ^\circ \quad (4.3)$$

$$t_o = 10.2 - 5 = 5.2^\circ.$$

Приймаємо $\Delta t_o = 5^\circ$ – розрахункова різниця температур для пластинчастих випарників. [2].

Температура конденсації визначається по емпіричній залежності:

$$t_k = t_H + (8 \dots 15) ^\circ. \quad (4.4)$$

$t_H = 28,7^\circ$ – температура зовнішнього повітря

$$t_k = 28,7 + 8 = 36,7^\circ.$$

Задаємося переохолодженням рідкого холодильного агента в конденсаторі:

$$\Delta t_k = 5 ^\circ.$$

Визначаємо температуру в крапці 3:

$$t_3 = t_k - \Delta t_k, ^\circ. \quad (4.5)$$

$$t_3 = 36,7 - 5 = 31,7 ^\circ.$$

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

Перегрів у випарнику - $\Delta t_o = 5 ^\circ$.

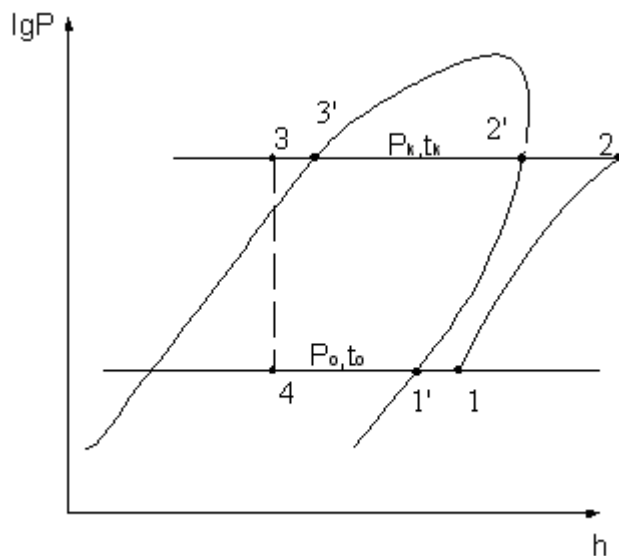
Визначаємо температуру в крапці 1:

$$t_1 = t_o + \Delta t_{\text{вс}}, ^\circ. \quad (4.6)$$

$$t_1 = 5.2 + 10 = 15.2 \text{ оc.}$$

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Побудуємо цикл в $\lg P$ - h діаграмі й визначимо параметри крапок процесів [15].



Таблиця 5. Параметри точок

	P, Мпа	t, °C	h, кДж/кг	v, м³/кг
1	0,5	13,2	428	0,05
2	1,6	61	451	
3	1,6	33,5	240	
4	0,5	3,2	240	
1'	0,5	10	435	
2'	1,6	42	429	
3'	1,6	35	255	

Тепловий розрахунок:

1 Обсяг западин провідного ротора:

$$V_{01} = \left[\pi(R_1^2 - r_1^2) \cdot \frac{1}{4} - f_1 \right] \cdot L, \text{ м}^3 \quad (4.7)$$

$$V_{01} = \left[3,14(40^2 - 24^2) \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1}{4} - 4 \cdot 10^{-4} \right] \cdot 0,058 = 7,3 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

2 Обсяг западин веденого ротора:

$$V_{02} = V_{01} \cdot \frac{Z_1}{Z_2}, \text{ м}^3 \quad (4.8)$$

$$V_{02} = 7.3 \cdot 10^{-5} \cdot \frac{4}{6} = 4.9 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3$$

3 Теоретичний обсяг, описаний гвинтовим компресором:

$$V_T = (V_{01} + V_{02}) \cdot n_1 \cdot Z_1, \text{ м}^3/\text{з} \quad (4.9)$$

$$V_T = (7.3 + 4.9) 10^{-5} \cdot 50 \cdot 4 = 0,024 \text{ м}^3/\text{з}$$

4 Питома масова холодовиробничість:

$$q_0 = h_{1'} - h_4, \text{ кДж/кг} \quad (4.10)$$

$$q_0 = 435 - 240 = 195 \text{ кДж/кг}$$

5 Питома об'ємна холодовиробничість:

$$q_v = \frac{q_0}{V_1}, \text{ кДж/м}^3 \quad (4.11)$$

$$q_v = \frac{195}{0,054} = 3611 \text{ кДж/м}^3$$

6 Питома адіабатна робота стиску:

$$l_a = h_2 - h_1, \text{ кДж/кг} \quad (4.12)$$

$$l_a = 451 - 428 = 23 \text{ кДж/кг}$$

7 Коефіцієнт подачі гвинтового компресора:

$$\lambda = 0,92 - 0,02 \cdot \frac{P_k}{P_0} \quad (4.13)$$

$$\lambda = 0,92 - 0,02 \cdot \frac{1,6}{0,5} = 0,856$$

8 Повна холодовиробничість:

$$Q_0 = V_T \cdot \lambda \cdot q_v, \text{ кВт} \quad (4.14)$$

$$Q_0 = 0,024 \cdot 0,856 \cdot 3611 = 103 \text{ кВт}$$

9 Масова витрата холодильного агента:

$$G_a = \frac{Q_0}{q_0}, \text{ кг/с} \quad (4.15)$$

$$G_a = \frac{103}{195} = 0.52 \text{ кг/с}$$

10 Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = G_a \cdot l_a, \text{ кВт} \quad (4.16)$$

$$N_a = 0.52 \cdot 23 = 12 \text{ кВт}$$

11 Ефективний КПД:

$$\eta_e = f\left(\frac{P_k}{P_0}\right) \quad (4.17)$$

$$\eta_e = f\left(\frac{1,5}{0,48}\right) = f(3,125) = 0,65$$

12 Ефективна потужність компресора:

$$N_e = \frac{N_a}{\eta_e}, \text{ кВт} \quad (4.18)$$

$$N_e = \frac{12}{0,65} = 18,46 \text{ кВт}$$

13 Ефективний коефіцієнт перетворення:

$$COP_e = \frac{Q_0}{N_e} \quad (4.19)$$

$$COP_e = \frac{103}{18,46} = 5,5$$

14 Електрична потужність компресора:

$$N_{\text{эл.дв}} = \frac{N_e}{\eta_{\text{эл.дв}}}, \text{ кВт} \quad (4.20)$$

$$N_{\text{эл.дв}} = \frac{18,46}{0,88} = 21 \text{ кВт}$$

15 Електричний коефіцієнт перетворення:

$$COP_{\text{эл.}} = \frac{Q_0}{N_{\text{эл}}} \quad (4.21)$$

$$COP_{\text{эл.}} = \frac{103}{21} = 4,9$$

По каталозі було підібрано холодильне устаткування:

Обираємо конструкцію центрального кондиціонера збірної блочної конструкції італійської фірми Aermec,

тип NCD 10, L = 9477 м³/год.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для забезпечення холодом пропонується до використання холодильна машина Аермес

WRL 500 H, $Q_{\text{хол}} = 99,5$ кВт

5 РОЗРАХУНОК ВИПАРНИКА

До розрахунку приймаємо кожухотрубний випарник горизонтального типу із внутрітрубним кипінням холодильного агента. Відсутність холодоносія в трубах забезпечує можливість використання кожухотрубних випарників із внутрітрубним кипінням для одержання низьких кінцевих температур холодоносія, не побоюючись його замерзання й можливого розриву труб. Більшим достоїнством цих випарників, особливо у випадку застосування внутрішньоорєбренних труб, є мала ємність по холодоагенті. Разом з тим мала ємність і пов'язана з нею мала інерційність апарата на стороні холодоагенту ускладнюють регулювання живлення випарника. При недостатнім заповненні випарника, коли вихідна пара значно перегріта щодо температури кипіння, середні по поверхні коефіцієнти тепловіддачі на стороні пари різко знижуються.

Вихідні дані:

Холодовиробничість машини Q_0 ,
кВт.....78,9

Температура води при вході в апарат
 $t_{w1}, ^\circ\text{C}$12

Температура води при виході з апарата
 $t_{w2}, ^\circ\text{C}$7

Температура кипіння робочого тіла
 $t_0, ^\circ\text{C}$

Робоче тіло Хладон – 410a

Основні розміри мідної труби із внутрішнім орєбренням наступні:

Зовнішній діаметр труби d_n , м.....0,02

Внутрішній діаметр труби $d_{вн}$, м.....0,017

Зовнішня поверхня F_n , $\text{м}^2/\text{м}$0,0628

Внутрішня поверхня $F_{вн}$, $\text{м}^2/\text{м}$0,15838

					<i>КРБ.ХVіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Еквівалентний діаметр каналу $d_{\text{екв}}$, м....0,003

Коефіцієнт оребрення2,52

Середня логарифмічна різниця температур в апараті
 $\theta_m = \frac{\Delta T_w}{\ln \frac{T_{w1} - T_0}{T_{w2} - T_0}} \text{ } ^\circ \text{C}$,

(6.74)

$$\theta_m = \frac{5}{\ln \frac{12-2}{7-2}} = 7,21 \text{ } ^\circ \text{C}$$

Масова витрата робочого тіла у випарнику:

$$G_a = \frac{Q_0}{q_0}, \text{ кг/с}$$

(6.75)

$$G_a = 78,9 / 74 = 1,015 \text{ кг/с}$$

Прийнята швидкість руху рідини (хладона-407), що надходить у труби:

$$v = 0,2 \text{ м/с}$$

Число труб в одному ході апарата:

$$n = \frac{G_a}{f_{\text{ж}} \cdot \omega \cdot \rho}$$

(6.76)

де $f_{\text{ж}} = 1,1724 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – живий перетин однієї труби із внутрішнім оребренням;

$\rho = 586,8 \text{ кг/м}^3$ – щільність рідини при $t_0 = 2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

$$n = \frac{1,015}{1,1724 \cdot 10^{-4} \cdot 0,2 \cdot 586,8} = 73,7$$

Приймаємо $n = 74$. Тоді швидкість рідини

$$\omega = \frac{G_a}{f_{\text{ж}} \cdot n \cdot \rho}, \text{ м/с}$$

(6.77)

$$\omega = \frac{1,015}{1,1724 \cdot 10^{-4} \cdot 74 \cdot 586,8} = 0,199 \text{ м/с}$$

Питомий тепловий потік з боку робочого тіла:

$$q_{\text{ФВВ}} = 0,88 \left(\frac{\omega \cdot \rho}{d_{\text{екв}}} \right) A^{2,5} (T_{\text{ст}} - T_0)^{2,5},$$

(6.78)

де $A = 1,157$ - коефіцієнт, що залежить від властивостей робочого тіла й температури кипіння;

$$q_{\text{ФВВ}} = 0,88 \left(\frac{0,199 \cdot 586,8}{0,003} \right)^{0,5} 1,157^{2,5} (T_{\text{ст}} - T_0)^{2,5} = 249,9 (T_{\text{ст}} - T_0)^{2,5},$$

$$q_{\text{Фнар}} = q_{\text{ФВВ}} \cdot \beta, \quad (6.79)$$

$$q_{\text{Фнар}} = 249,9 (T_{\text{ст}} - T_0)^{2,5} \cdot 2,52 = 629,7 (T_{\text{ст}} - T_0)^{2,5}.$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води. Рух теплоносія має складний характер. На одній частині поверхні рідина рухається поперек труб, на іншій - уздовж. Однак перша частина поверхні переважна, тому коефіцієнт тепловіддачі вважається по рівнянню для поперечного обтікання пучка труб

$$Nu = c \cdot Re_{\text{ж}}^m \cdot Pr_{\text{ж}}^{0,36}. \quad (6.80)$$

При швидкості води $v = 0,5$ м/с число Рейнольдса:

$$Re_{\text{ж}} = \frac{\omega \cdot d_{\text{н}}}{v}, \quad (6.81)$$

де $\nu = 1,306 \cdot 10^{-6}$ м²/з – коефіцієнт кінематичної в'язкості води.

$$Re_{\text{ж}} = \frac{0,5 \cdot 0,02}{1,306 \cdot 10^{-6}} = 7657.$$

При $Re_{\text{ж}} = 1 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^5$ і шаховому пучку коефіцієнти мають значення:
 $m = 0,6$;

$$c = 0,36 \left(\frac{a}{b} \right)^{0,2}, \quad (6.82)$$

де $a = s_1/d_{\text{н}} = 0,03/0,02 = 1,5$ – відносний поперечний крок;

$b = s_2/d_{\text{н}} = 0,026/0,02 = 1,3$ – відносний поздовжній крок пучка.

$$c = 0,36 \left(\frac{1,5}{1,3} \right)^{0,2} = 0,371,$$

$$Nu = 0,371 \cdot 7657^{0,6} \cdot 9,45^{0,36} = 182,7,$$

$$\alpha_{\text{ВФВВ}} = \frac{Nu_{\text{ж}} \cdot \lambda_{\text{в}}}{d_{\text{н}}}, \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{К},$$

(6.83)

$$\alpha_{\text{ВФВВ}} = \frac{182,7 \cdot 0,58}{0,02} = 5298,3 \text{ Вт / м}^2 \cdot \text{К}.$$

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тут $Pr_{ж} = 9,45$; $\lambda = 0,58$ Вт/(мК) - коефіцієнт теплопровідності води [11].

Питомий тепловий потік в апараті $q_{вФВН} = \frac{1}{\alpha_{\omega} + \sum \frac{\delta}{\lambda}} \Delta T$, Вт/м² (6.84)

де $\sum \frac{\delta}{\lambda}$, м²·К/Вт - термічний опір стінки й забруднень.
 $q_{вФВН} = \frac{1}{\frac{1}{5298,3} + 0,3 \cdot 10^{-3}} \Delta T = 2046 \cdot \Delta T$, Вт/м²

$T_{ст}, K$	$T_{в} - T_{ст}, K$	$q_w, Вт/м^2$	$T_{ст} - T_0, K$	$q_0, Вт/м^2$
273	9,5	19437	0	0
274	8,5	17391	1	629,7
276	6,5	13299	3	9816
277	5,5	11253	4	20150

За графіком $q_{ФН} = 12500$ Вт/м².

Теплопередаюча поверхня:

$$F_{н} = \frac{Q}{q_{ФН}}, м^2 \quad (6.85)$$

$$F_{н} = \frac{223000}{12500} = 17,84 м^2$$

Довжина труб:

$$L = \frac{F_{н}}{\pi \cdot d_{н}}, м \quad (6.86)$$

$$L = \frac{17,84}{3,14 \cdot 0,02} = 284 м$$

Конструктивні розміри апарата. При розміщенні труб в один хід довжина апарата

$$l_1 = \frac{L}{n}, м, \quad (6.87)$$

$$l_1 = \frac{284}{74} = 3,83 \text{ м.}$$

Приймається ходів в апарату $z = 2$, тоді довжина випарника (по трубах)

$$l = \frac{l_1}{z}, \text{ м,} \quad (6.88)$$

$$l = \frac{3,83}{2} = 1,915 \text{ м.}$$

Загальне число труб в апарату

$$m = z \cdot n, \text{ шт,} \quad (6.89)$$

$$m = 2 \cdot 74 = 148, \text{ шт.}$$

Число рядів труб при розміщенні їх по сторонах шестикутника $z_p = 3$.

Внутрішній діаметр обичайки

$$D_{\text{вн}} = (2 \cdot z_p + 1) \cdot s_1, \text{ м,} \quad (6.90)$$

$$D_{\text{вн}} = (2 \cdot 3 + 1) \cdot 0,03 = 0,21 \text{ м.}$$

Відстань між перегородками по довжині апарата визначається виходячи з живого перетину

$$f'_{\text{ж}} = \frac{V_{\omega}}{\omega} = \frac{Q_0}{c_p \cdot \Delta T_{\omega} \cdot \omega \cdot \rho}, \text{ м}^2, \quad (6.91)$$

$$f'_{\text{ж}} = \frac{223}{4,19 \cdot 7,21 \cdot 0,5 \cdot 1000} = 0,014 \text{ м}^2,$$

$$f'_{\text{ж}} = n_{\text{тр}} \cdot l' (s_1 - d_n), \text{ м}^2, \quad (6.92)$$

де l' - відстань між перегородками по довжині, м;

$n_{\text{тр}}$ - еквівалентне число труб по ширині пучка.

$$n_{\text{тр}} = 1,04 \frac{\sqrt{\pi}}{2} n_{\text{обш}}^{0,5} \left(\frac{s_1}{s_2} \right)^{0,5}, \quad (6.93)$$

$$n_{\text{тр}} = 1,04 \frac{\sqrt{3,14}}{2} 148^{0,5} \left(\frac{0,03}{0,026} \right)^{0,5} = 12,04,$$

$$l' = \frac{f'_{\text{ж}}}{n_{\text{тр}} (s_1 - d_n)}, \text{ м,} \quad (6.94)$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$l' = \frac{0,014}{12(0,03 - 0,02)} = 0,116 \text{ м}$$

Число перегородок

$$z' = \frac{1}{l'}, \text{ шт.},$$

(6.95)

$$z' = \frac{1,915}{0,116} = 16,5 \text{ шт.}$$

Приймаємо число перегородок $z' = 17$ штук.

6 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯННОГО КОНДЕНСАТОРА

Конденсатори варто підбирати по дійсному тепловому потоці, певному при тепловому розрахунку компресора.

Тип конденсатора вибирають залежно від призначення установки, умов водопостачання і якості води з обліком кліматологічних даних [2].

У більшості випадків для великих і середніх установок, що працюють на різних холодоагентах, застосовують конденсатори з водяним охолодженням - горизонтальні кожухотрубні. Використовувати такі конденсатори доцільно при наявності оборотного водопостачання [1].

Розрахунок конденсатора зводиться до визначення площі теплопередаючої поверхні, по якій підбирають один або кілька конденсаторів із сумарною площею поверхні, рівної розрахункової.

Розраховують витрата води або повітря й роблять підбор насосів або вентиляторів або перевірочний розрахунок устаткування, що поставляється в комплекті.

Вихідні дані:

$$Q_k = Q_0 + N_i, \text{ кВт} \quad (6.1)$$

$$Q_k = 102.3 + 15 = 117.3 \text{ кВт} - \text{теплове навантаження,}$$

Температура води вступник на конденсатор (t_w) і температура води відходящей від конденсатора (t_k).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{w1} = t_k - 7, ^\circ \quad (6.2)$$

$$t_{w1} = 33.5 - 7 = 26.5 ^\circ.$$

$$t_{w2} = t_{w1} + (4 \dots 6 \dots 6), ^\circ\text{C} (103)$$

$$t_{w2} = 2.5 + 4 = 30.5 ^\circ.$$

Температура конденсації визначається по емпіричній залежності:

$$t_k = t_H + (8 \dots 15) ^\circ. \quad (6.3)$$

$t_H = 28.7 ^\circ$ – температура зовнішнього повітря [12].

$$t_k = 28.7 + 8 = 36.7 ^\circ.$$

Визначимо середню логарифмічну різницю температур по формулі:

$$2.31 \lg \frac{\theta_{\sigma} - \theta_m}{\theta_{\sigma}}, \quad (6.4)$$

де θ_{σ} - різниця температур на початку теплопередаючої поверхні (більша різниця температур);

θ_m - різниця температур наприкінці теплопередаючої поверхні (менша різниця температур).

$$\theta_{cp.} = \frac{12 - 8}{2.31 \lg \frac{12}{8}} = 2.8 \approx 3$$

Витрата води, що проходить через конденсатор

$$G_w = Q_k / \Delta t_w * C_w \quad (6.5)$$

де C_w – питома теплоємність води;

$$G_w = 117.3/4 * 4.19 = 7 \text{ кг/с}$$

Основні розміри, що характеризують теплопередающую поверхню

Тип труб - мідні з накатними ребрами.

Внутрішній діаметр труби – $d_{вн} = 0.0132 \text{ м}$.

Діаметр труби по окружності западин – $d_0 = 0.0165 \text{ м}$.

Діаметр труби по окружності виступів – $d_n = 0.021 \text{ м}$

Крок ребер - $U = 0.002 \text{ м}$

Зовнішня поверхня – $F_n = 0.165464 \text{ м}^2/\text{м}$

Внутрішня поверхня – $F_{вн} = 0.041134 \text{ м}^2/\text{м}$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт оребрення (стосовно внутрішньої поверхні) $F_n / F_{вн} = 4$

Визначаємо швидкість води в трубах апарата

Попередньо приймаємо $w = 1.5$ м/с , тоді число труб в одному ході

$$n = 4V_w / \omega \cdot \pi \cdot d_{вн}^2, \text{ штук} \quad (6.6)$$

$$n = 4 \cdot 0.00568 / 1.5 \cdot 3.14 \cdot 0.0132^2 = 28 \text{ штук,}$$

тоді

$$w = 4V_w / n \cdot \pi \cdot d_{вн}^2 \text{ м/с.} \quad (6.7)$$

$$w = 4 \cdot 0.007 / 28 \cdot 3.14 \cdot 0.0132^2 = 1.483 \text{ м/с.}$$

Визначаємо число Рейнольдса [10]:

$$Re_{ж} = w \cdot d_{вн} / \nu \quad (6.8)$$

$\nu = 1.306 \cdot 10^{-6}$ м²/з – коефіцієнт кінематичної в'язкості води, при

$$t_{вср} = 0.5(26.5 + 28.7) = 27,6 \text{ }^\circ\text{C}$$

$\lambda = 60.85 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м*К) – коефіцієнт теплопровідності;

Pr = 6.22 - число Прандтля

$$Re_{ж} = 1.483 \cdot 0.0132 / 0.9055 \cdot 10^{-6} = 21618$$

Визначаємо число Нуссельта

$$Nu_{ж} = 0.0121 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr_{ж}^{0.43} \quad (6.9)$$

$$Nu_{ж} = 0.0121 \cdot 21618^{0.8} \cdot 6.220.43 = 135.3$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку води

$$\alpha_w = (\lambda \cdot Nu_{ж}) / d_{вн} \quad (6.10)$$

$$\alpha_w = (60.85 \cdot 10^{-2} \cdot 135.3) / 0.0132 = 6237 \text{ Вт/м}^2\text{ДО.}$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку робочого тіла, віднесений до внутрен-

ній поверхні оребреної труби

$$\alpha_a = 0.725^4 \sqrt{\frac{r \rho^2 \lambda^3 g}{\mu d_0}} \cdot n^{-1/6} \cdot \Psi_p \frac{F_n}{F_{вн}} (T - T_{cm})^{-1/4} \quad (6.11)$$

$$\alpha_a = 0.725^4 \sqrt{\frac{138.6 \cdot 10^3 \cdot 1309^2 \cdot 0.06978^3 \cdot 9.81}{2.58 \cdot 10^4 \cdot 0.0165}} \cdot 9^{-0.166} \cdot 1.5454 \cdot 4 (T - T_{cm})^{-0.25} = 11564 (T - T_{ст})^{-0.25} \text{ Вт/м}^2\text{К}$$

де r - теплота паротворення фреону,

ρ - щільність рідини.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

λ - коефіцієнт теплопровідності рідини,

g - коефіцієнт динамічної в'язкості рідини,

$n = 9$ - половина числа рядів труб по вертикалі (при шаховому пучку)

Ψ_p – коефіцієнт, що враховує різні умови конденсації на обрію-
льних і вертикальних ділянках поверхні ребреної труби,

$$\Psi_p = 1.3 \cdot \frac{F_6}{F_n} \cdot E^{3/4} \cdot \left(\frac{d_0}{h_p'} \right)^{1/4} + \frac{F_2}{F_n} \quad (6.12)$$

$$\Psi_p = 1.3 \cdot \frac{0.138161}{0.165464} \cdot \left(\frac{0.0165}{0.006308} \right)^{1/4} + \frac{0.027303}{0.165464} = 1.5454;$$

F_B – поверхня вертикальних ділянок ребер, м²/м

$$\frac{2u \cdot \cos \frac{\alpha}{2}}{2}, \text{ м}^2/\text{м} \quad (6.13)$$

$$F_a = \frac{3.14(0.021^2 - 0.0165^2)}{2 \cdot 0.002 \cdot 0.9588} = 0.138161 \text{ м}^2/\text{м}$$

$\alpha = 35^\circ$ – кут при вершині ребра;

F_Γ – поверхня горизонтальних ділянок ребер, м²/м

$$F_\Gamma = F_n - F_B, \text{ м}^2/\text{м} \quad (6.14)$$

$$F_\Gamma = 0.165464 - 0.138161 = 0.027303 \text{ м}^2/\text{м}$$

h_p' – наведена висота ребра,

$$h_p' = \frac{\pi}{4} \cdot \left(\frac{d_n^2 - d_0^2}{d_n} \right), \text{ м} \quad (6.15)$$

$$h_p' = \frac{3.14}{4} \left(\frac{0.021^2 - 0.0165^2}{0.021} \right) = 0.006308 \text{ м};$$

$E = 1$ - ефективність ребра (для низьких накатних ребер).

Обчислюємо тепловий потік в апарату залежно від температури стінки

$$q_{w \text{ FBH}} = 1 / [(1/\alpha_w) + \Sigma(\delta/\lambda)] * (T_{\text{ст}} - T_w) \quad (6.16)$$

де (δ/λ) - термічний опір стінки й забруднень;

$$q_{w \text{ FBH}} = 1 / [(1/6237) + 0.5 * 10^{-3}] * (T_{\text{ст}} - T_w) = 1514 * (T_{\text{ст}} - T_w) \text{ Вт/м}^2.$$

При $\Delta T = 1$; $q_{w \text{ FBH}} = 1514 \text{ Вт/м}^2$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

$$q_{a \text{ FBH}} = \alpha_a (T_k - T_{ct})^{3/4} = 11564 (T_k - T_{ct})^{3/4}$$

$$q_{\text{FBH}} = f(T).$$

Таблиця 6.

$T_k - T_{ct}$	0.5	1	2	3
$(T_k - T_{ct})^{3/4}$	0.5946	1	1.6818	2.2795
$q_{a \text{ FBH}}$	6876	11564	19448	26360

Визначаємо величину теплового потоку

$$q_{\text{FBH}} = 6800 \text{ Вт/м}^2$$

Розраховуємо внутрішню поверхню теплообміну

$$F_{\text{BH}} = Q_k / q_{\text{FBH}}, \text{ м}^2 \quad (6.17)$$

$$F_{\text{BH}} = 117.3 / 6.8 = 17.25 \text{ м}^2$$

Розраховуємо зовнішню поверхню теплообміну

$$F_{\text{H}} = F_{\text{BH}} \cdot \beta, \text{ м}^2 \quad (6.18)$$

$$F_{\text{H}} = 17.2 \cdot 54 = 70 \text{ м}^2$$

Приймаємо тип конденсатора.

Приймаємо конденсатор *КТР – 90* із площею зовнішньої поверхні 90 м^2 [2].

7 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯОХОЛОДЖУВАЧА

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

Процес охолодження й осушення повітря в повітроохолоджувачі протікає в наступній послідовності: у перших рядах по ходу повітря проохолоджується при постійному вологовмісті; найбільш інтенсивне охолодження повітря відбувається в нижній частині ребрення в місцях, де ребра примикають до поверхні трубок, по яких проходить холодна вода; у тих рядах повітроохолоджувача, де охолоджений повітря зустрічається з поверхнею

						КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			42

оребренья, що має температуру нижче крапки роси потоку повітря, починається процес конденсації вологи з повітря; найбільша конденсація вологи буде мати місце в останніх рядах повітроохолоджувача, де проходить найбільш холодна вода. По висоті ребра інтенсивність вологи випадіння при осушке повітря буде різною. Найбільша інтенсивність випадання вологи має місце в підстави ребра й знижується по його висоті. На виході з повітроохолоджувача при перемішуванні частини охолодженого повітря й частини осушеного повітря в підстави оребренья, одержуємо суміш із відносною вологістю порядку 90 %.

Для розрахунків використовуємо побудову умовного процесу охолодження й осушення, що виробляється шляхом з'єднання прямою лінією крапок початкового й кінцевого стану повітря.

Продуктивність повітроохолоджувача визначається рівнянням теплового балансу

$$Q_x = G(h_{c'} - h_k), \text{ кВт}, \quad (7.1)$$

де G - витрата зовнішнього повітря, кг/з;

$h_{c'}$, h_k - початкова й кінцева ентальпія охолоджуваного повітря, С.

$$Q_x = 5,59 \cdot (57,2 - 41,5) = 87,76 \text{ кВт}$$

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

$$G_w = \frac{G \cdot (h_{c'} - h_k)}{c_w \cdot (t_{w_{ввх}} - t_{w_{вв}})}, \text{ кг/с}, \quad (7.2)$$

де $c_w = 4.19$ - кДж/кг Із-°С- теплоємність води;

$t_{w_{вх}}$, $t_{w_{вих}}$ - початкова й кінцева температура холодної води на вході й виході з теплообмінника, С.

$$G_w = \frac{5,59 \cdot (57,2 - 41,5)}{4,19 \cdot (12 - 7)} = 4,189 \text{ кг/с}$$

Теплотехнічний показник ефективності теплообміну визначається так

$$\theta_t = \frac{t_{c'} - t_k}{t_{c'} - t_{w_{вв}}}, \quad (7.3)$$

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо показник відносин теплоємностей потоків

$$\theta_t = \frac{37,5 - 22,7}{37,5 - 7} = 0,485. \quad (7.4)$$

За графіком залежності для теплотехнічної ефективності знаходимо показник числа одиниць переносу тепла: $Nt = 0,625$

Знаходимо необхідну поверхню теплообмінника

$$F = \frac{N_t \cdot G \cdot c_p}{K} \text{ м}^2. \quad (7.5)$$

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

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника так

$$K = A \cdot (\nu\rho)^{0,37} \cdot \omega^{0,18}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}), \quad (7.6)$$
$$K = 20,94 \cdot (6 \cdot 1,2)^{0,37} \cdot 1,3^{0,18} = 45,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}),$$
$$F = \frac{0,625 \cdot 5,59 \cdot 1.006 \cdot 10^3}{45,6} = 77,07 \text{ м}^2.$$

Величина аеродинамічного опору обчислюється по формулі:

$$\Delta P_{\text{воз}} = B(\nu\rho)^m. \quad (7.7)$$

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

- швидкість повітря;

m - показник ступеня;

- швидкість води.

$$P_{\text{воз}} = 7,962 (621,3)^{1,55} = 71,74 \text{ Па}.$$

Гідравлічний опір при проходженні води по трубках теплообмінника визначається по формулі

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot \omega^{1,69}, \text{ кПа}, \quad (7.8)$$

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

$$P = 1,968 \cdot 1,63 \cdot 9 \cdot 1,31,69 = 44,9 \text{ кПа}.$$

Розрахунок повітрянагрівача першого підігріву

Повітрянагрівачі центральних кондиціонерів збирають із базових теплообмінників. Ці теплообмінники виготовляють із біметалічних труб зі

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спірально - накатним оребренням. По трубках повітрянагрівачів проходить гаряча вода, а з боку зовнішньої поверхні рухається повітряний потік, зумовлений роботою вентиляторів або ежекторів. Ефективність тепловіддачі з боку потоку гарячої води стінки труби значно вище, ніж тепловіддача від зовнішньої поверхні до потоку повітря. Для інтенсифікації тепловіддачі з боку зовнішньої поверхні труби застосовується конструктивний метод розвитку зовнішньої поверхні тепловіддачі до повітря методом зовнішнього оребрення трубок.

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

Вихідні дані:

- " $t_1 = -18$ С - температура повітря на вході;
- " $t_2 = 0$ С - температура повітря на виході;
- " $t_1 = 69,9$ С - температура води на вході;
- " $t_2 = 49,9$ С - температура води на виході;
- " витрата повітря.

Визначаємо кількість теплоти, необхідне для нагрівання

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot 1,63 \cdot 9 \cdot 1,3^{1,69} = 44,9 \text{ кПа.} \quad (7.9)$$

де $G = 3,11$ кг/з - витрату що нагрівається приточного зовнішнього повітря,;

порівн $= 1.006$ кДж/кг[°] Із - теплоємність повітря;

$t_{вх}$, $t_{вих}$ - початкова й кінцева температура повітря, що нагрівається, С.

Розраховуємо масову витрату теплоносія

$$Q_{\tau} = Gc_p(t_{\text{вих}} - t_{\text{вх}}) \quad , \text{ кг/з,} \quad (7.10)$$

де $c_w = 4.19$ - кДж/кг Із-°С- теплоємність води;

$t_{wвх}$, $t_{wвих}$ - початкова й кінцева температура гарячої води на вході й виході з теплообмінника, С.

$$Q_{\tau} = 3,11 \cdot 1,006(0 + 18) = 56,3 \text{ кВт.} \quad \text{кг/с.}$$

При виборі режимів нагрівання повітря необхідно оцінити енергетичну доцільність прийнятих рішень. Для такої оцінки рекомендується

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовувати метод термодинамічної ефективності процесів. Стосовно до режимів нагрівання в теплообміннику з нескінченно- розвитий поверхнею нагрівання $G_n =$ повітря з початковою температурою $t_{вх}$ і початковою температурою гарячої води $t_{wвх}$, максимально- можливе нагрівання витрати повітря при теплоємності порівн визначається вираженням:

$$G_w = \frac{G \cdot c_p \cdot (t_{вых} - t_{вх})}{c_w \cdot (t_{wвб} - t_{wвб1})}, \text{ кг/с}, \quad (7.11)$$

Реальна поверхня теплообмінника G_n завжди менше, а повітря не може бути нагрітий до початкової температури гарячої води $t_{wвх}$. Тому реальне нагрівання в повітрянагрівачі визначається вираженням:

$$Q_T = G c_p (t_{вых} - t_{вх}), \text{ кВт}. \quad (7.12)$$

Термодинамічний показник ефективності теплообміну визначається відношенням реального процесу нагрівання повітря до максимально- мо

$$\theta_t = \frac{Q_T}{Q_{f \max}} = \frac{t_{вых} - t_{вх}}{t_{wвб} - t_{вх}},$$

$$\theta_t = \frac{0 + 18}{69,9 + 18} = 0,205, \quad (7.13)$$

Визначаємо показник відносин теплоємностей п

$$W = \frac{G \cdot c_p}{G_w \cdot c_w},$$

$$W = \frac{3,11 \cdot 1,006}{0,67 \cdot 4,19} = 1,114. \quad (7.14)$$

За графіком залежності для теплотехнічної ефективності знаходимо показник числа одиниць переносу тепла: $Nt = 0,28$ [12].

Знаходимо необхідну поверхню теплообмінника:

$$F = \frac{N_t \cdot G \cdot c_p}{K}, \text{ м}^2, \quad (7.15)$$

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

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника так:

$$K = A \cdot (\nu\rho)^{0,37} \cdot \omega^{0,18}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

					<i>КРБ.XУiКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K = 23,11 \cdot (1,6 \cdot 1,2)^{0,37} \cdot 1,2^{0,18} = 30,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C}),$$

$$F = \frac{0,28 \cdot 3,11 \cdot 1,006 \cdot 10^3}{30,4} = 28,8 \text{ м}^2. \quad (7.16)$$

Величина аеродинамічного опору обчислюється по формулі

$$\Delta P_{\text{воз}} = B(v\rho)^m \quad (7.17)$$

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

- швидкість повітря;

m - показник ступеня [12];

v - швидкість води.

$$\Delta P_{\text{воз}} = 1,034 \cdot (1,6 \cdot 1,2)^{1,81} = 3,36 \text{ Па}.$$

Гідравлічний опір при проходженні води по трубках теплообмінника

тут l_{хода} - наведена довжина ходу води в трубках, м.

$$P = 1,968 \cdot 1,63 \cdot 4 \cdot 1,21,69 = 17,4 \text{ кПа}.$$

5.2.1 Розрахунок повітрянагрівача другого підігріву

Продуктивність повітрянагрівача визначається рівнянням теплового балансу:

$$Q_T = G c_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \text{ кВт}, \quad (7.19)$$

де G - витрата що нагрівається приточного зовнішнього повітря, кг/з;

порівн = 1.006 кДж/кг[°] ІЗ - теплоємність повітря;

t_{вх}, t_{вых} - початкова й кінцева температура повітря, що

нагрівається, С.

$$Q_T = 5,732 \cdot 1,006(15 - 7) = 46,13 \text{ кВт}.$$

З рівняння теплового балансу треба, що витрата гарячої води по трубках теплообмінника обчислюється так

$$G_w = \frac{G \cdot c_p \cdot (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}})}{c_w \cdot (t_{\text{wвх}} - t_{\text{wвых}})}, \text{ кг/с}, \quad (7.20)$$

де c_w = 4,19 - кДж/кг Із-°С- теплоємність води;

t_{wвх}, t_{wвых} - початкова й кінцева температура гарячої води на

вході й виході з теплообмінника, С.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_w = \frac{5,732 \cdot 1,006 \cdot (15 - 7)}{4,2 \cdot (75,3 - 70)} = 2,07 \text{ кг/с.}$$

При виборі режимів нагрівання повітря необхідно оцінити енергетичну доцільність прийнятих рішень. Для такої оцінки рекомендується використовувати метод термодинамічної ефективності процесів. Стосовно до режимів нагрівання в теплообміннику з нескінченно-розвитий поверхнею нагрівання G_n повітря з початковою температурою $t_{вх}$ і початковою температурою гарячої води $t_{wвх}$, максимально-можливе нагрівання витрати повітря при теплоємності порівн визначається

$$Q_{f \max} = G \cdot c_p \cdot (t_{wвх} - t_{вх}), \text{ кВт} \quad (7.21)$$

Реальна поверхня теплообмінника G_n завжди менше, а повітря не може бути нагрітий до початкової температури гарячої води $t_{wвх}$. Тому реальне нагрівання в повітронагрівачі визначається

$$Q_T = G c_p (t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}), \text{ кВт} \quad (7.22)$$

Термодинамічний показник ефективності теплообміну визначається відношенням реального процесу нагрівання повітря до максимально-можливого

$$\theta_t = \frac{Q_T}{Q_{f \max}} = \frac{t_{\text{вых}} - t_{\text{вх}}}{t_{wвх} - t_{\text{вх}}}, \quad (7.23)$$

$$\theta_t = \frac{15 - 7}{75,3 - 15} = 0,132$$

Визначаємо показник відносин теплоємностей потоків

$$W = \frac{G \cdot c_p}{G_w \cdot c_w}, \quad (7.24)$$

$$W = \frac{5,732 \cdot 1,006}{2,07 \cdot 4,19} = 0,66$$

За графіком залежності для теплотехнічної ефективності знаходимо показник числа одиниць переносу тепла: $Nt = 0,2$ [12].

Знаходимо необхідну поверхню теплообмінника

$$F = \frac{N_t \cdot G \cdot c_p}{K}, \text{ м}^2, \quad (7.25)$$

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Коефіцієнт теплопередачі визначаємо для конкретного конструктивного виконання теплообмінника так

$$K = A \cdot (\nu\rho)^{0.37} \cdot \omega^{0.18}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}), \quad (7.26)$$

$$K = 23,11 \cdot (2,9 \cdot 1,2)^{0.37} \cdot 1,2^{0.18} = 37,88, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}),$$

$$F = \frac{0,2 \cdot 5,732 \cdot 1,006 \cdot 10^3}{37,88} = 30,44, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \text{ } ^\circ\text{C}), \quad (7.26)$$

Величина аеродинамічного опору

$$\Delta P_{\text{воз}} = B(\nu\rho)^m, \text{ Па}, \quad (7.27)$$

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

- швидкість повітря;

m - показник ступеня [12];;

- швидкість води.

$$\Delta P_{\text{воз}} = 1,034 \cdot (2,9 \cdot 1,2)^{1.81} = 9,88 \text{ Па}.$$

Гідравлічний опір при проходженні води по трубках теплообмінника

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot l_{\text{хода}} \cdot \omega^{1.69}, \text{ кПа}, \quad (7.28)$$

тут $l_{\text{хода}}$ - наведена довжина ходу води в трубках,

$$\Delta P_{\omega} = 1,968 \cdot 1,63 \cdot 4 \cdot 0,9^{1.69} = 10,74 \text{ кПа}.$$

8 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

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

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 показання ($O_{НТЕ}$), який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O_{НТЕ} = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad , \quad (8.1)$$

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

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

Значення показника $K^{\Phi}_{НТЕ}$ визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 8.1).

Таблиця 8.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3, \quad (8.2)$$

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. 8.3).

Таблиця 8.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	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

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

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 ($K_{НТЕ}$):

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

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

										Арк.
										53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>КРБ.XViКП.1.487-03.1.1</i>					

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

В тому випадку, коли значення $K_{НТЕ}$ 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.

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

У даній дипломній роботі розглядається проект «Лабораторія» у місті Києві. Приміщення двоповерхове: конференц-зал, кімната для адміністративно-господарського керування, кімната директора, безліч офісних приміщень.

Головна відповідальність за забезпечення безпеки роботи лежить на директорі. Самоконтроль здійснюється всіма силами службового персоналу на протязі робочого дня.

Обсяг офісних приміщень такий, щоб на кожного відвідувача доводилося не менш 6 м³, а площа приміщень - не менш 4,5 м². Висоту офісних приміщень, зі значними тепло-, волого- і газовиділенням, визначають із урахуванням технологічного процесу й забезпечення достатнього видалення теплоти, вологи й газів з робочої зони.

Зовнішні стіни опалювальних приміщень у будинку мають таку товщину, при якій виключалася б можливість конденсації вологи на їхніх внутрішніх поверхнях. Довжина прибудов до основного приміщення зі значними волого-, тепло- і газовиділеннями й природним повітрообміном не перевищує 40% загальної довжини зовнішніх стін даного приміщення.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Оздоровлення повітряного середовища

Однією з необхідних умов здорової праці є забезпечення чистоти повітря й нормальних метеорологічних умов у робочій зоні приміщення, тобто просторі висотою до 2 м над рівнем підлоги або приміщення. Усунення впливу таких шкідливих виробничих факторів, як газів і пару, пилу, надлишкової теплоти й вологи, і створення здорового повітряного середовища, є важливим народногосподарським завданням, що повинно здійснюватися комплексно, одночасно з рішенням основних питань виробництва.

Атмосферне повітря у своєму складі містить (% по обсязі): азоту - 78.08; кисню - 20.95; аргону, неону й інших інертних газів - 0.93; вуглекислого газу - 0.03; інших газів - 0.01. Повітря такого складу найбільш сприятливе для дихання.

Поряд з хімічним складом важливо також, щоб повітря мало певний іонний склад. У повітрі втримуються негативні й позитивні іони, які по рухливості розділяють на легкі й важкі. Важкі іони утворюються в результаті осідання легких іонів на різні частки: порошини, краплі туману й т.п. У незабрудненому повітрі переважно перебувають легкі іони, а в забрудненому - важкі. На життєдіяльність організму людини сприятливий вплив роблять негативні іони кисню повітря.

Шкідливі речовини проникають в організм людини головним чином через дихальні шляхи, а також через шкіру й з їжею. Більшість цих речовин ставиться до небезпечних і шкідливих виробничих факторів, оскільки вони роблять токсичну дію на організм людини. Ці речовини, добре розчиняючись у біологічних середовищах, здатні вступати з ними у взаємодію, викликаючи порушення нормальної життєдіяльності. У результаті їхньої дії в людини виникає хворобливий стан – отруєння, небезпека якого залежить від тривалості впливу, концентрації q (мг/м^3) і виду речовини.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

По характеру і впливу на організм людини ці шкідливі речовини підрозділяються на: загальтоксичні, дратівні, сенсibiliзуючі, канцерогенні, мутагенні й ті що впливають на репродуктивну (дітородну) функцію.

Людина постійно перебуває в процесі теплової взаємодії з навколишнім середовищем. Для того щоб фізіологічні процеси в його організмі протікали нормально, виділювана організмом теплота повинна приділятися в навколишнє середовище. Відповідність між кількістю цієї теплоти й охолодною здатністю середовища характеризує її як комфортну. В умовах комфорту в людини не виникає його температурних відчуттів, що турбують, холоду або перегріву

Електробезпе́чність

Електробезпе́чність - це система організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого й небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля й статичної електрики.

Проходячи через організм, електричний струм робить термічні, електролітичні й біологічні дії.

Біологічна дія є особливим специфічним процесом, властивим лише живій матерії.

Воно виражається в роздратуванні й порушенні живих тканин організму (що супроводжується

мимовільними судомним скороченнями м'язів), а також в порушенні внутрішніх біоелектричних процесів, що протікають у нормально діючому організмі й найтіснішому образі пов'язаних з його життєвими функціями. У результаті можуть виникнути різні порушення в організмі, у тому числі порушення й навіть повне припинення діяльності органів подиху й кровообігу.

					<i>КРБ.XVіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Це різноманіття дій електричного струму нерідко приводить до різних завихрень, які умовно можна звести до двох видів: місцевим завихренням і загальним завихренням (електричним ударам).

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання із землею або з її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою.

Призначення захисного заземлення - усунення небезпеки ураження людей електричним струмом з появою напруги на конструктивних частинах електроустаткування, тобто при замиканні на корпус.

Області застосування захисного заземлення - трифазні трьохпроводні мережі напругою до 1000 В з ізолюваною нейтраллю й вище 1000 В з будь-яким режимом нейтралі.

Захисному заземленню підлягають металеві неструмоведучі частини встаткування, які через несправність ізоляції можуть виявитися під напругою й до яких можливий дотик людей і тварин. При цьому в приміщеннях з підвищеною небезпекою й особливо небезпечних по умовах ураження струмом, а також у зовнішніх устаткуваннях заземлення є обов'язковим при номінальній напрузі електроустановки вище 42 В змінного й вище 110 В постійного струму, а в приміщеннях без підвищеної небезпеки - при напрузі 380 В вище змінного і 440 В вище постійного струму.

Виконаємо розрахунок системи заземлення.

Розрахункове значення питомого опору ґрунту визначаємо по формулі:

$$\rho_p = \rho_\phi \cdot \gamma,$$

де ρ_ϕ – фактичний питомий опір ґрунту (для чорнозему воно дорівнює 30 Ом м) ;

γ - кліматичний коефіцієнт, приймаємо $\gamma=1.5$.

У результаті підстановки числових значень у формулу одержуємо:

$$\rho_p = 30 \cdot 1.5 = 45 \text{ Ом} \cdot \text{м}.$$

Як електроди вибираємо вертикальні сталеві труби діаметром $d=0.045$ м.

					<i>КРБ.XViКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$n = 14.6/4 = 3.65.$$

Підбираємо найближче стандартна кількість заземлювачів $n'=4$.

Тепер визначаємо опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_{CB} = R_o / (n' \cdot h_B)$$

де R_o - опір одного вертикального заземлювача;

n' - кількість заземлювачів;

h_B – коефіцієнт використання вертикальних заземлювачів,

вибираємо $h_B=0.83$.

Тоді

$$R_{CB} = 14.6 / (4 \cdot 0.83) = 4.4 \text{ Ом.}$$

Визначимо опір сполучної смуги (шини). При

розміщенні заземлювачів у ряд довжина смуги визначається :

$$L = (n' - 1) \cdot l', \text{ м}$$

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

Опір сполучної смуги знаходимо по формулі:

$$R_{\Pi} = \rho_p / (2 \cdot p \cdot L \cdot h_T) \cdot \ln(L^2 / (d \cdot t_o)),$$

де h_T – коефіцієнт використання горизонтальних заземлювачів, визначаємо $h_T=0.89$.

Тоді

$$R_{\Pi} = 45 / (2 \cdot 3.14 \cdot 15 \cdot 0.89) \cdot \ln(15^2 / (0.045 \cdot 0.5)) = 4.94 \text{ Ом.}$$

Опір всієї системи визначається вираженням:

$$R_c = R_{\Pi} \cdot R_{CB} / (R_{\Pi} + R_{CB}),$$

де R_{Π} – опір сполучної смуги,

R_{CB} – опір системи вертикальних заземлювачів.

Після підстановки числових значень одержуємо

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

Відповідно до вимог, опір захисного заземлення в будь-який час року в установках напругою до 1000 В не повинне перевищувати 4 Ом.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівнюючи отримане в результаті розрахунку R_c із $R_{тр}$, видно, що $R_c < R_{тр}$, а значить вимога виконана.

Пожежна безпека

Пожежі становлять більшу небезпеку для відвідувачів і службового персоналу й можуть заподіяти величезний матеріальний збиток. Питання забезпечення пожежної безпеки виробничих будинків і споруджень мають велике значення й регламентуються спеціальними державними постановами й рішеннями.

Пожежна безпека може бути забезпечена мірами пожежної профілактики й активного пожежного захисту. Поняття пожежної профілактики включає комплекс заходів, необхідних для попередження виникнення пожежі або зменшення його наслідків. Під активним пожежним захистом розуміються міри, що забезпечують успішну боротьбу з виникаючими пожежами або вибухонебезпечною ситуацією.

Основною причиною пожеж у суспільних будинках і кафе є порушення технологічного режиму. У відомій мірі це пов'язане з більшою розмаїтістю й складністю технологічних процесів.

Основи протипожежного захисту підприємств визначені стандартами (ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.004 - 76 «Пожежна безпека» і ДЕРЖСТАНДАРТ 12.1.010 - 76 «Вибухобезпечність.

Загальні вимоги»). Цими стандартами можлива частота пожеж і вибухів допускається такий, щоб імовірність їхнього виникнення протягом року не перевищувала 10^{-6} або щоб імовірність впливу небезпечних факторів на людей протягом року не перевищувала 10^{-6} на людину.

Категорія по вибухопожежонебезпечі

«Лабораторія» відносимо до категорії А по вибухопожежонебезпечі.

Категорія А – вибухопожежонебезпечні; до цієї категорії ставляться виробництва, у яких застосовуються горючі гази з нижньою межею запалення 10% і нижче, рідини з температурою спалаху до 28°C включно

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за умови, що зазначені гази й рідини можуть утворювати вибухонебезпечні суміші в обсязі, що перевищує 5% обсягу й приміщення; речовини, які здатні вибухати й горіти при взаємодії з водою, киснем повітря або один з одним; такими виробництвами є багато фарбувальні цехи, об'єкти з наявністю знижених газів і т.п.

Категорія виробництва по пожежній небезпеці в значній мірі визначає вимоги до завдання, його конструкції й плануванню, організацію пожежної охорони і її технічну оснащеність, вимоги до режиму й експлуатації. Тому питання віднесення виробництва до тієї або іншої категорії є винятково важливим

Ступінь вогнестійкості

Будинок вважається правильно спроектованим у тому випадку, якщо поряд з рішенням функціональних, санітарних і інших технічних і економічних вимог забезпечені умови пожежної безпеки.

У відповідності зі СНіП II-2-80 всі будівельні матеріали по займистості підрозділяють на три групи:

Опанувати, які під дією вогню або високих температур не займаються й не обвуглюються (до них ставляться багато металів і матеріали мінерального походження);

Важкозаймисті, які здатні займатися й продовжувати горіти тільки при постійному впливі стороннього джерела загоряння (наприклад, конструкції з деревини, просочені або покриті встатковуваним складом);

Спаленні, які здатні самостійно горіти після видалення джерела загоряння (до них відносять багато пластичних матеріалів, у тому числі застосовувані в будівництві).

При пожежі конструкції можуть нагрітися до небезпечних температур, прогоріти або одержати наскрізні тріщини, що приведе до поширення пожежі в суміжні приміщення. Здатність конструкцій пручатися впливу пожежі в плинні певного часу при збереженні експлуатаційних функцій називається вогнестійкістю.

					<i>КРБ.XViКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

Вогнестійкість конструкцій характеризується межею вогнестійкості, що представляє собою час у годинниках від початку випробування конструкції по стандартному температурному режимі до виникнення одного з вище написаних ознак.

Залежно від величини межі вогнестійкості основних будівельних конструкцій і меж поширення вогню по цих конструкціях будинку й спорудження по вогнестійкості підрозділяють на п'ять ступенів.

Так як у будинку завжди перебуває багато працівників персоналу, а також клієнти, то будинок варто віднести до першого ступеня вогнестійкості. Для будинків I ступеня вогнестійкості необхідно, щоб межа вогнестійкості несучих стін, стін сходових кліток, колон був не менш 2.5 год, сходових площадок - не менш 1 год, зовнішніх стін з навісних панелей, перегородок і покриттів - не менш 0.5 год; також не допускається поширення вогню по всім головним будівельним конструкціям. величину не більше 40 див.

Пожежний щит

У комплект засобів пожежогасіння, які розміщаються на пожежному щиті (стенді) включаються:

Вогнегасники (3 шт.);

Ящик з піском (1шт.);

Покривало з незаймистого теплоізоляційного матеріалу розміром 2x2 м (1шт.);

Багри (3 шт.);

Лопати (2 шт.);

Ломи (2 шт.);

Сокири (2 шт.).

Ящики для піску повинні бути обсягом 0.5.....1 або 3 м² і бути укомплектовані совковою лопатою.

					<i>КРБ.XУiКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

Бочки для зберігання води з метою пожежогасіння повинні мати ємність не менш 0.2 м³ і бути укомплектовані пожежним цебром ємністю не менш 0,008 м³.

Висвітлення

Правильно спроектоване й виконане висвітлення в приміщенні Автосалону забезпечує можливість нормальної діяльності. Схоронність зору людини, стан його центральної нервової системи й безпека на виробництві значною мірою залежать від умов освітленості. Від висвітлення залежать також продуктивність праці і якість продукції що виробляється.

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

В установках з люмінесцентними лампами й лампами ДРЛ необхідно стежити за справністю схем включення (не повинне бути бачимих оку миготінь ламп), а також пускорегульованих апаратів.

Чищення скла світлових прорізів повинна вироблятися не рідше 2 разів у рік для приміщень із незначним виділенням пилу й не рідше 4 разів у рік для приміщень зі значними виділеннями пилу, для світильників - 4 - 12 разів у рік, залежно від характеру запиленості

Виробничого приміщення.

Вчасно потрібно замінити перегорілі лампи, перевіряти рівень освітленості в контрольних крапках виробничого приміщення.

Розрахуємо систему висвітлення приміщення, у якому перебуває конференц-зал. Довжина приміщення А=20 м, ширина приміщення В=20 м, його висота Н=6 м.

Для висвітлення даного приміщення вибираємо:

- газорозрядну лампу;
- загальну систему висвітлення;

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

- світильники типу ПВЛП (вологовибухозахисні)

Для світильників типу ПВЛП відношення відстані між центрами світильників (L) до висоти підвісу світильників над робочою поверхнею (H_p) становить

$$L / H_p = 1,5 .$$

Висоту підвісу світильників над робочою поверхнею приймаємо рівною 3.0 м, тоді

$$L = 1,5 \cdot 2,7 = 4,05 \text{ м.}$$

Необхідне число світильників визначиться вираженням:

$$n = A \cdot B / L^2$$

Тоді

$$n = 20 \cdot 20 / 4,05^2 = 24$$

Приймаємо $n = 4$.

Визначимо показник приміщення:

$$i = A \cdot B / (H_p \cdot (A + B))$$

$$i = 20 \cdot 20 / (2,7 \cdot (20 + 20)) = 3,7$$

З табл. 3. визначаємо нормовану мінімальну освітленість $E_n = 200$ лк і коефіцієнт запасу $k = 1.5$.

Світловий потік групи люмінесцентних ламп визначимо по формулі:

$$\Phi = E_n \cdot k \cdot z \cdot A \cdot B \cdot 100 / (n \cdot h)$$

h - коефіцієнт використання світлового потоку, по табл. 4. [20] знаходимо $h = 51$.

Тоді

$$\Phi = 200 \cdot 1.5 \cdot 1.1 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 100 / (4 \cdot 45) = 73333 \text{ лм.}$$

Тому що у світильнику 4 лампи, тоді світловий потік однієї лампи буде дорівнювати

$$\Phi / 4 = 73333 / 4 = 3117 \text{ лм.}$$

З табл. 5. вибираємо світильники ЛБ 40 у кількості 4 штук зі світловим потоком:

$$\Phi = 3117 \cdot 4 = 18333 \text{ лм}$$

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

Визначимо допускається відклонення світлового потоку:

$$\delta = |2750 - 311/3117| \cdot 100 = 11,02\%$$

Нарешті, визначимо потужність освітлювальної системи:

$$P = n \cdot N \cdot P_i$$

У цій формулі n – кількість світильників; N – кількість ламп; P_i – потужність однієї лампи (для світильників ЛБ40 $P_i = 40$ Вт). Тоді

$$P = 4 \cdot 4 \cdot 40 = 640 \text{ Вт.}$$

Електродуга допомога

Перша допомога при поразці електричним струмом

Електродуга допомога потерпілому від електричного струму складається із двох послідовних етапів. Насамперед необхідно швидко звільнити потерпілого від дії струму й потім негайно приступитися до надання першої допомоги.

Звільнити потерпілого від дії струму можна декількома способами.

Найбільш простий спосіб - відключення відповідної частини електроустановки. Крім того, 0 при напрузі до 1000 В можна перерізувати або перерубати проведення або відтягнути потерпілого від струмоведучої частини, відкинути від нього проведення й т.д. При напрузі вище 1000 В застосовують ті ж способи, але при цьому обов'язково застосовують діелектричні рукавички, боти.

Після звільнення потерпілого від дії струму йому надають необхідну медичну допомогу на місці.

Міри першої медичної допомоги залежать від його стану. Якщо потерпілий у свідомості, але до цього був у непритомності або нетривалий час перебував під

впливом струму, йому необхідно створити повний спокій. При відсутності свідомості, але збереженому подиху варто укласти потерпілого на м'яку підстилку, забезпечити приплив свіжого повітря, давати нюхати нашатирний спирт.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

При влученні хладона в очі їх промивають струменем води кімнатної температури під невеликим тиском і закопують в очі стерильне вазелінове масло, після чого необхідно звернутися до лікаря.

Виробнича санітарія

Розрахунок вентиляції приміщення

Розрахувати продуктивність системи вентиляції в приміщенні із заданими параметрами.

Вихідні дані:

$a=20$ м - довжина приміщення ;

$b=20$ м - ширина приміщення;

$c=6$ м – висота приміщення;

Розрахунок:

а) Розраховуємо обсяг приміщення по формулі:

$$V=a \cdot b \cdot c$$

$$V=20 \cdot 20 \cdot 6=2400 \text{ м}^3$$

Далі визначимо максимальна кількість робочих станцій для приміщення

$$n_{\max} = S_{\text{пом}} / S_{\text{норм}}$$

де $S_{\text{норм}}=6\text{м}^2$ – площа для одного робочого місця;

$S_{\text{пом}}=a \cdot b$ $S_{\text{норм}}=20,1 \cdot 20,1=402\text{м}^2$ – площа приміщення;

$n_{\max}=68/6=11,3$ – кількість робочих місць.

б) Витрата повітря при надходженні надлишкового тепла визначається за формулою:

$$L = \sum Q / (c_{\text{возд}} \cdot \rho_{\text{возд}} \cdot (t_{\text{уд}} - t_{\text{пр}}))$$

Де L – продуктивність системи вентиляції, $\text{м}^3/\text{год}$;

$c_{\text{возд}}=1,0$ кДж/кг·ІЗ – питома теплоємність повітря при постійному тиску;

$\rho_{\text{возд}}=1,2$ кг/м³ – щільність повітря;

$t_{\text{уд}}=24^{\circ}\text{C}$ – температура повітря, що видаляється. Для теплого періоду року й робіт «легка Іб» температура повинна бути від $(22\dots24\dots24)^{\circ}\text{C}$;

$t_{\text{пр}}$ – температура приточного повітря. Обчислюється за формулою:

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$t_{\text{пр}} = t_{\text{уд}} - \Delta t_{\text{раб}}$$

$$t_{\text{пр}} = 24 - 5 = 19^{\circ}\text{C}$$

$$\Sigma Q = 12,569 \text{ Вт}$$

$$L = 12,569 / (1,0 \cdot 1,2 \cdot (24 - 19)) = 2,095 \text{ м}^3/\text{з} = 7541 \text{ м}^3/\text{год}$$

в) Визначаємо настановну потужність електродвигуна для вентиляції по формулі:

$$N = k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6} / (3,6 \cdot \eta_{\text{вент}} \cdot \eta_{\text{прив}})$$

де k - коефіцієнт запасу ($k = 1,05 \dots 1,5$);

H - аеродинамічний опір вентилятора, $H = 300 \text{ Па}$;

$\eta_{\text{вент}}$ – КПД вентилятора;

$\eta_{\text{прив}}$ - КПД привода, що при кубістській передачі дорівнює 0,95;

$$N = 1,7 \text{ кВт}$$

Висновок: приймаємо для нормальної вентиляції нашого приміщення продуктивність системи вентиляції рівну $L = 7541 \text{ м}^3/\text{год}$ осьовий вентилятор потужністю $N = 1,7 \text{ кВт}$. Якщо розрахунок вентиляції проводиться по декількох напрямках, за кінцевий результат приймається найбільше значення.

10 ЦИВІЛЬНА ОБОРОНА

Життєзабезпечення з використанням кондиціонування повітря в притулках при виникненні ЧС.

Захист населення від зброї масового знищення й інших сучасних засобів нападу супротивника досягається максимальним здійсненням всіх захисних заходів цивільної оборони, найкращим використанням всіх способів і засобів захисту.

Основними способами захисту населення від зброї масового згищення є:

- своєчасне оповіщення всього населення про погрозу за сигналом;

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розосередження в заміській зоні робітників - і підприємств, що служать, установ і організацій, що продовжують свою діяльність у містах, а також евакуація із цих міст усього іншого населення;
- укриття населення в захисних спорудженнях;
- використання засобів індивідуального захисту

Крім цього організується й проводиться загальне навчання населення способам захисту. Передбачається захист продовольства, споруджень на системах водопостачання й водозаборів на підземних джерелах води від зараження радіоактивними, отруйними речовинами й бактеріальними засобами, радіаційна, хімічна й бактеріологічна розвідка, установлення режимів захисту робітників, службовців і виробничій діяльності об'єктів, а також дозиметричний і лабораторний (хімічний і бактеріологічний контроль). Плануються профілактичні протипожежні, протиепідемічні й санітарно - гігієнічні заходи, рятувальні й невідкладно авдєєвої - відбудовні роботи (СНАВР) у вогнищах поразки, санітарна обробка людей, знезаражування техніки, одягу, взуття, території й споруджень.

Основна частина

Укриття населення в захисних спорудженнях є найбільш надійним способом захисту від зброї масового знищення й інших сучасних засобів нападу супротивника.

Захисні спорудження – це інженерні спорудження, спеціально призначені для захисту населення від ядерної, хімічної й бактеріальної зброї, а також від впливу можливих вторинних вражаючих факторів при ядерних вибухах і застосуванні звичайних засобів поразки. Ці спорудження, залежно від захисних властивостей підрозділяються на притулки й протирадіаційні вкриття (ПРУ). Крім того, можуть застосовуватися найпростіші вкриття - щілини.

Притулки – спорудження, що забезпечують надійний захист людей від всіх вражаючих факторів ядерної зброї – від ударної хвилі, світлового випромінювання, що проникає радіації (вмикаючий і нейтронний потік) і від

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

радіоактивного зараження. Притулки захищають також від отруйних речовин і бактеріальних засобів, від високих температур і шкідливих газів у зонах пожеж і від уламків і обвалів руйнувань при вибухах.

Люди можуть перебувати в притулках тривалий час, навіть у завалених притулках безпека їх забезпечується протягом декількох діб. Надійність захисту в притулках досягається за рахунок створення санітарно - гігієнічних умов, що забезпечують нормальну життєдіяльність людей у притулках у випадку зараження навколишнього середовища на поверхні радіоактивними, отруйними речовинами й бактеріальними засобами або виникнення масових пожеж.

Найпоширеніші вбудовані притулки. Під них звичайно використовують підвальні і напівпідвальні поверхи виробничих, суспільних житлових будинків.

Безмовно також будівництво притулків у вигляді окремих вартих споруджень. Також притулку повністю або частково заглиблені й обсіпані зверху й з боків ґрунтом. Під них можуть бути пристосовані різні підземні переходи й галереї, метрополітени, гірські виробітки.

Захист від радіоактивних речовин крім притулків забезпечують протирадіаційні вкриття (ПРУ). ПРУ, добре захищають людей від випромінювань в умовах радіоактивного зараження, а також від влучення радіоактивних речовин в органи подиху, на шкіру й одяг. Крім того, здатні захищати людей від світлового випромінювання, що проникає радіації (у тому числі й від нейтронного потоку), частково від ударної хвилі ядерного вибуху, від безпосереднього влучення на шкіру й одяг людей краплі отруйних речовин і аерозолів бактеріальних засобів.

Захисні властивості протирадіаційних укриттів від радіоактивних випромінювань оцінюються коефіцієнтом захисту, що показує, у скільки разів рівень радіації на відкритій місцевості на висоті 1м більше рівня радіації в укритті. Іншими словами, коефіцієнт захисту показує, у скільки разів ПРУ, послабляє дії радіації, а, отже, і дозу опромінення людей.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		69

Протирадіаційні вкриття влаштовуються так, щоб коефіцієнт захисту їх був найбільший. Вони влаштовуються, насамперед, у підвальних поверхах будинків і споруджень. Підвали в дерев'яних будинках послабляють радіацію в 7-12 разів, у кам'яних будинках в 200-300 разів, а середня частина підвалу кам'яного будинку в кілька поверхів в 500-1000 разів. Під ПРУ, можуть бути використані також наземні поверхи будинків і споруджень; найбільш придатні для цього внутрішні приміщень кам'яних будинків.

Найбільш доступними найпростішими вкриттями є щілини - відкриті й особливо перекриті.

Щілини

Щілини, як відомо, відігравали більшу роль у минулих війнах, із застосуванням звичайних засобів поразки. Щілина може бути відкрита й перекрита, з одягом крутостей і без її. Якщо люди вкриваються в простих, не перекритих щілинах, то ймовірність їхнього ураження ударною хвилею, світловим випромінюванням і проникаючою радіацією ядерного вибуху зменшиться в 1,5 - 2 рази в порівнянні зі знаходженням на відкритій місцевості; можливість опромінення людей у результаті радіоактивного зараження місцевості зменшиться в 2-3 рази, а після дезактивації заражених щілин - в 20 разів.

У перекритій щілині захист людей від світлового випромінювання буде повної, а від ударної хвилі збільшиться в 2,5 - 3 рази, а від проникаючої радіації й радіоактивного випромінювання при товщині ґрунтового обсіпання поверх перекриття 60 - 70діб в 200 - 300разів. Перекрита щілина захистить також людей і від безпосереднього влучення на шкіру й одяг радіоактивних, отруйних речовин і бактеріальних засобів, а також від поразки уламками будинків, що руйнуються, і споруджень.

Варто мати на увазі, що щілини не забезпечують захист від отруйних речовин і бактеріальних засобів і у випадку застосування цієї зброї потрібно користуватися засобами індивідуального захисту.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		70

Найпростіші перекриття будуються на території підприємств, установ, навчальних закладів, колгоспів, радгоспів, інших об'єктів народного господарства й житлових районів, у місцях імовірного скупчення людей.

Будують щілини поза зонами можливих завалів (на відстані від наземних будинків, рівній половині висоті будинку плюс 3 м, а при наявності вільної території й далі).

Висновок

Про погрозу нападу супротивника населення сповіщається за місцем роботи або проживання відповідними посадовими особами - представниками адміністрації або штабів цивільної оборони об'єктів народного господарства по радіо, телебаченню й іншим засобам зв'язку.

З оголошенням погрози нападу супротивника в притулки й у протирадіаційні вкриття місткістю більше 50 чоловік прибувають призначені коменданти й ланки обслуговування притулків і вкриттів; у протирадіаційних укриттях місткістю менше 50 чоловік і в найпростіших укриттів призначаються старші (звичайно із числа людей, що вкриваються в них). На них покладається підтримка захисних споруджень у готовності й організацій укриття в них населення.

Укриття населення в захисних спорудженнях, включаючи й найпростіші вкриття, виробляється по відповідних сигналах оповіщення цивільної оборони. Зрозуміло, якщо людина почує або побачить ядерний вибух сам, то нема чого чекати сигналу, необхідно негайно діяти відповідно до обставин - іти в захисні спорудження або вживати інші міри захисту.

Заповнення захисних споруджень виробляється організовано й швидко. Люди розміщаються в них за вказівкою коменданта (старшого) по спорудженню; особи, що прибувають із дітьми, розміщаються в місцях, спеціально відведених для них, звичайно поблизу воздухо - каналів, що подають (труб коробів).

Після закінчення після прийнятого сигналу цивільної оборони часу, заздалегідь зазначеного місцевим органом керування ЦО, заповнення

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						71
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

захисних споруджень припиняється, двері в них закриваються. У випадку ядерного удару супротивника в притулках включається фільтровентиляційна система по режиму чистої вентиляції; перемикання цієї системи на режим фільтровентиляції здійснюється по сигналу „Хімічна тривога ”. У протирадіаційних і найпростіших укриттів заповненні їхньої засувки у витяжних коробах закривається.

У захисних спорудженнях необхідно суворо дотримуватись встановлених режимів і порядків. Вкриваючися повинні беззаперечно виконувати всі розпорядження комендантів (старшого) і чергових по притулку або вкритті. Вони зобов'язані, крім того, робити комендантові (старшому) і ланці обслуговування допомога в підтримці порядку в спорудженні. Дотримання суворої дисципліни - одне з головних умов надійного захисту в захисних спорудженнях.

Не дозволяється без потреби ходити по приміщеннях притулку або вкриття, палити, самостійно вмикати й вимикати електроосвітлення, інженерні агрегати й мережі, газові лампи й саморобні світильники, без дозволу брати інструмент, що перебуває в спорудженні.

У притулках і вкриттях необхідно дотримуватися тиші. У них можуть організовуватися бесіди, читання в голос, і слухання радіопередач; дозволяється грати в тихі ігри (шахи, шашки й ін.).

Час перебування населення в захисних спорудженнях визначають штаби ЦО об'єктів народного господарства. Вони встановлюють, крім того, порядок дій і правила поведінки населення при виході із притулків і вкриттів. Цей порядок дій і правила поведінки передаються в захисні спорудження по телефону або іншому можливому способі.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Баркалов Б.В. Кондиціонування повітря в промислових, суспільних і житлових будинках. -М: Стройиздат, 1971
2. Липа А.И. Основи теорії й сучасні технології обробки повітря. -одеса 2003: ОГАХ, 175 с.
3. Баркалов Б.В, Карпис Е.Е. Кондиціонування повітря в житлових і суспільних будинках. - М: Стройиздат, 1971. -265с.
4. Kibert C. Construction Ecology. Nature as the basis for green buildings. [Spon press]. Canada, 2007. 328 p.
5. Дячук О. «Утилізація тепла і енергоефективність систем вентиляції»
6. 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.
7. 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.
8. 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.
9. ДБН В.2.2-9:2018 – Громадські будинки та споруди.
10. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. – Чинні від 01.01.2014. – Київ: Укрархбудінформ, 2013. – V, 141 с.
11. 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.
12. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. – Чинні від 01.11.2011. – Київ: Укрархбудінформ, 2011. – IV, 123 с.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Липа А. И. Кондиционирование воздуха: теоретические основы / А. И. Липа. – Одесса, ВМВ, 2015. – 607с.
14. Белова Е.М. Системы кондиционирования воздуха з чиллерами і фанкойлами / Белова Е.М. – М.: Євроклімат, 2003р. – 400.
15. Семенов Ю.В. Системы кондиционирования воздуха з поверхневими повітряохолоджувачами / М. : ТЕХНОСФЕРА, 2014 р. - 272 с.
16. Павленко В. М., Ткаченко Д. О. Оцінювання ефективності використання рекуператора в системах вентиляції офісних приміщень – 2018р.
17. Е.В. Стефанов «Вентиляція і кондиціонування повітря», 2005 р
18. Ратушняк Г. С. Експлуатація систем тепlopостачання та вентиляції / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2001. – 122 с
19. І.А. Пономарчук. Вентиляція та кондиціонування повітря: Навчальний посібник/ Пономарчук І.А., Волошин О.Б. – Вінниця: ВНТУ, 2004.- 121с.
20. Вентиляція офісу - як це виглядає. – Режим доступу: <https://ventportal.com/ua/node/528>
21. Вентиляція і кондиціонування повітря. – Режим доступу: <https://buklib.net/books/35231/>
22. EN 13779:2007. Ventilation for non-residential buildings – Performance requirements for ventilation and room-conditioning systems.
23. Кондиціонування та вентиляція повітря Е. Г. Братута, А. М. Ганжа, О. В. Круглякова, В. В. Чубарова Харків : НТУ «ХПІ», 2009. 128 с.

					<i>КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.1</i>	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		