

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра кріогенної техніки



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

**На тему: «Розробка системи холодопостачання камер
зберігання фармпрепаратів у фармацевтичному центрі»**

Здобувача Балана А.С.
(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕНСК- 141 групи

Керівник Соколовська-Єфименко В.В.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: проф. Морозюк Л.І
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 20____ р., протокол № _____

Завідувач кафедри КТ _____ **Юрій Симоненко**

Одеса - 2023 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ТЕХНІКИ ТА ІНЖЕНЕРНОЇ МЕХАНІКИ

Кафедра Кріогенної техніки
Ступінь вищої освіти бакалавр
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма «Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КТ

д.т.н., проф. Симоненко Ю.М

«__» ____ 2023 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Балана Артема Станіславовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка системи холодопостачання камер
зберігання фармпрепаратів у фармацевтичному центрі
керівник роботи к.т.н. Соколовська-Єфименко Вікторія Вікторівна
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від 26 серпня 2022 року № 490-03

2. Термін задачі здобувачем закінченої роботи 1 червня 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: Одноповерхова будівля.
Місце розташування – Одеська область. Конструкція будівлі. Температурно-вологісний режим у
камерах зберігання фармпрепаратів. Загальне завантаження камер

4. Перелік питань, які потрібно розробити:
Актуальність теми; Технічні рішення, прийняті під час розробки фармацевтичного центру.
Визначення будівельних площ камер зберігання. Розрахунок ізоляційної конструкції камер.
Розрахунок теплоприпливів в охолоджувальні камери. Тепловий розрахунок холодильної машини і
підбір компресора. Тепловий розрахунок повітроохолоджувача. Тепловий розрахунок
повітряного конденсатора. Розрахунок вентиляції охолоджувального складу.
Розрахунок магістральних трубопроводів. Охорона праці. Розрахунок вартості наукового
дослідження.

5. Перелік графічного матеріалу:
Презентація Power Point (8 слайдів)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	проф. Морозюк Л.І.		

7. Дата видачі завдання _____ 02.02.2023 _____

Керівник _____ доц. Соколовська-Єфименко В.В.

Завдання прийняв до виконання _____ Балан А.С.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вивчення технічного завдання	5 днів	
2	Огляд і вивчення літератури	14днів	
3	Розробка математичної моделі об'єкта	2 дні	
4	Адаптація методів дослідження до практичного застосування	20 днів	
5	Енергетичні розрахунки елементів об'єкта	15 днів	
6	Розробка графічних моделей	2 дні	
7	Аналіз результатів досліджень	2 дні	
8	Оформлення пояснювальної записки	2 дні	
9	Обговорення та затвердження результатів роботи	2 дні	
10	Підготовка матеріалів роботи до захисту	2 дні	

Здобувач-дипломник _____
(підпис)

Артем БАЛАН _____
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Вікторія СОКОЛОВСЬКА- _____
(прізвище та ініціали)

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 доброчинності

Здобувач-дипломник _____
Балан А.С.
(ПІБ)

_____ (підпис)

АНОТАЦІЯ

Балан Артем Станіславович

«Розробка системи холодопостачання камер зберігання фармпрепаратів у фармацевтичному центрі»

Медичні препарати та лікарські засоби потребують особливих умов утримання для збереження їх лікувальних властивостей. Щоб споживач отримав якісні ліки, потрібно контролювати ланцюжки постачання на всіх етапах. І тому є загальноприйняті правила Good Distribution Practice (GDP). Найважливішу роль при зберіганні та транспортуванні ліків відіграє підтримка певного мікроклімату. Щоб забезпечити постійну температуру докільня, де є термочутливі препарати, використовують спеціальне холодильне обладнання — фармацевтичні (медичні) холодильники.

Метою роботи є валідаційні дослідження системи холодопостачання камер зберігання фармпрепаратів в існуючому фармацевтичному центрі. Для цього розраховано: ізоляційну конструкцію камер, теплоприпливи від можливих джерел. На підставі цього зроблено теплотехнічні розрахунки холодильної машини, яка обслуговуватиме цю систему. Підібрано сучасне холодильне устаткування, що відповідає вимогам щодо енергозбереження. Сконструйовано теплообмінні апарати та допоміжне обладнання. Розраховано систему вентиляції, підібрано прецизійний кондиціонер.

Ключові слова: *фармпрепарати, камери зберігання, теплообмінне обладнання, холодильна машина, вентиляція.*

ABSTRACT

Artem Balan

"Development of a cold supply system for pharmaceutical storage chambers in a pharmaceutical center"

Medicines and medicinal products require special storage conditions to preserve their medicinal properties. For the consumer to receive quality medicines, it is necessary to control supply chains at all stages. And that is why there are generally accepted rules of Good Distribution Practice (GDP). Maintaining a certain microclimate plays the most important role in the storage and transportation of medicines. To ensure a constant temperature in the environment where there are heat-sensitive drugs, special refrigeration equipment is used - pharmaceutical (medical) refrigerators.

The purpose of the work is validation studies of the cold supply system of pharmaceutical storage chambers in the existing pharmaceutical center. For this purpose, the insulating structure of the chambers, and heat inflows from possible sources have been calculated. Based on this, thermal engineering calculations of the refrigerating machine, which will serve this system, were made. Modern refrigerating equipment that meets energy-saving requirements has been selected. Heat exchangers and auxiliary equipment have been designed. The ventilation system has been calculated, and a precision air conditioner has been selected.

Keywords: pharmaceuticals, storage chambers, heat exchange equipment, refrigerating machine, ventilation.

ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Актуальність теми.....	7
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА.	15
2.1 Технічні рішення, прийняті під час розробки фармацевтичного центру	15
2.2 Визначення будівельних площ камер зберігання	17
2. Розрахунок ізоляційної конструкції камер.....	18
2.4 Розрахунок теплоприпливів в охолоджувальні камери	24
2.5 Тепловий розрахунок холодильної машини і підбір компресора.....	30
2.6 Тепловий розрахунок повітроохолоджувача	37
2.7 Тепловий розрахунок повітряного конденсатора	46
2.8 Розрахунок вентиляції складу.....	53
2.9 Розрахунок магістральних трубопроводів.....	59
ОХОРОНА ПРАЦІ	60
РОЗРАХУНОК ВАРТОСТІ НАУКОВОГО ДОСЛІДЖЕННЯ	77
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	83

					<i>КРБ.КТ.1.490-03.2.10</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Балан А.С</i>			ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Соколовська-</i>				6	84	
<i>Реценз.</i>		<i>Ефименко В.В</i>				ФНТІМ, зр ЕНСК-141		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>								

РОЗДІЛ 1

АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

1.1 Актуальність теми

Важливість лікарської терапії у сучасній медицині не викликає сумніву.

Ринок фармацевтики висуває суворі умови своїх учасників. Усі фармацевтичні склади повинні відповідати певним нормам та правилам, інакше вони не зможуть нормально працювати.

Фармацевтичні склади необхідні зберігання лікарських засобів та інших медичних товарів. Фармацевтичні товари відносяться до категорії виробів, торгівля якими на всіх етапах регулюється нормативними актами.

Медичні препарати та лікарські засоби потребують особливих умов утримання для збереження їх лікувальних властивостей. Керування ліками в системі охорони здоров'я може бути складним. Ліки, що потребують охолодження, ще більше ускладнюють керування робочим процесом та належне зберігання.

Препарати, які йдуть кількома шляхами, перш ніж потрапити до пацієнта, наражаються на більш високий ризик стрибків температури, впливу вологості, світла та кисню. Люди повинні мати системи для відстеження та запису умов зберігання по всьому холодовому ланцюгу, щоб забезпечити ефективність ліків, безпеку пацієнтів та захист від фінансових втрат через витрачені охолоджені ліки.

«Холодовий ланцюг» - це система зберігання та транспортування термочутливої продукції при рекомендованих температура від місця виробництва до місця використання [1].

Ефективне управління холодним ланцюгом є ключем до підтримки безпеки та ефективності термочутливих фармацевтичних препаратів під час зберігання, транспортування та надання послуг.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		7

Проблеми у підтримці цього холодового ланцюга можуть завдати шкоди або обмежити доступ до життєво важливих ліків. Для забезпечення ефективності та якості медичної допомоги системи охорони здоров'я повинні забезпечувати належне управління всією медичною продукцією холодового ланцюга протягом усього ланцюжка постачання від виробника до точки використання.

Основними компонентами холодового ланцюга є:

- спеціально навчений персонал, який забезпечує обслуговування холодового обладнання, правильне зберігання вакцин та постачання ними структурних підрозділів, що стоять нижче;
- холодинне обладнання, що забезпечує зберігання та транспортування вакцин в оптимальних температурних умовах;
- механізм контролю над дотриманням необхідного температурного режиму всіх етапах холодинної ланцюга.

У системі холодинного ланцюга є чотири рівні:

- перший рівень – підприємство-виробник вакцин та інших імунобіологічних препаратів;
- другий рівень – республіканські, крайові, обласні аптечні склади;
- третій рівень – міські та районні (міські та сільські) аптечні склади
- четвертий рівень – лікувально-профілактичні заклади (дільничні лікарні, амбулаторії, дитячі поліклініки, пологові будинки та ін.).

На всіх етапах холодинного ланцюга необхідно регулярно (не рідше двох разів на добу) у спеціальному журналі відзначати температуру, при якій зберігається той чи інший препарат із зазначенням прізвища відповідальної особи, яка проводила цю роботу.

Щоб споживач отримав якісні ліки, потрібно контролювати ланцюжки постачання на всіх етапах. І тому є загальноприйняті правила Good Distribution Practice (GDP) — належна дистрибуція товарів [2].

Медичні препарати та лікарські засоби вимагають особливих умов утримання для збереження їх лікувальних властивостей.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		8

Найважливішу роль при зберіганні та транспортуванні ліків відіграє підтримка певного мікроклімату. Відомо, що багато препаратів при порушенні температурно-вологісного режиму не тільки втрачають свої корисні властивості, але можуть стати небезпечними для здоров'я.

Ліки, які під впливом кімнатної, більш високої або низької температури змінюють або втрачають лікувальні властивості, називаються термочутливими або, інакше, термолабільними. Для них потрібно створити особливі температурні умови транспортування та зберігання.

Сфера обороту лікарських засобів залишається зоною підвищеного ризику. У зв'язку з цим більшість країн закріплюють на державному рівні суворі заходи контролю відповідно до міжнародних правових норм. Це одна з небагатьох позицій глобальної міжнародної взаємодії, де є єдина ідеологія – перенесення акценту з контролю якості готової продукції на забезпечення якості на всіх етапах обігу лікарських засобів, тому питання правильності зберігання лікарських засобів не менш актуальні.

Сьогодні медичні препарати випускають у понад 20 лікарських формах — це таблетки, капсули, порошки, емульсії, сиропи, аерозолі тощо.

Щоб забезпечити постійну температуру докілья, де є термочутливі препарати, використовують спеціальне холодильне обладнання — фармацевтичні (медичні) холодильники.

Температурний режим, при якому повинні зберігатися препарати, фармацевт дивиться в інструкції до ліків, а також на його первинну або вторинну, тобто споживчу, упаковку.

Правила зберігання лікарських засобів чітко прописують, що лікарські препарати, що вимагають захисту від дії світла, упаковані в первинну та вторинну (споживчу) упаковку, слід зберігати в шафах або на стелажах за умови вжиття заходів для запобігання попаданню на зазначені лікарські препарати прямого сонячного світла або яскравого спрямованого світла (використання світловідбиваючої плівки, жалюзі, козирків та ін.).

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		9

Для зберігання фармацевтичної продукції потрібно мати холодильний склад для зберігання медикаментів. Такі пристрої повинні відповідати певному переліку вимог:

- камери на складі повинні бути обладнані стінками з підвищеною товщиною – при відключенні живлення це дозволить тривалий час підтримувати необхідну температуру всередині
- для виготовлення камер необхідно використовувати тільки ті матеріали, які стійкі до дезінфекційних обробок та не піддаються впливу вологи;
- конструкція обладнання має передбачати повну герметичність при зачиненні дверей;
- - необхідно, щоб усередині камери постійно підтримувалася встановлена температура. Для цього використовуються мікропроцесорні контролери, датчики температури, що мають високу чутливість та інші деталі автоматики;
- - потрібно забезпечити посилену надійність агрегатів, а іноді додатково мати резервне холодильне обладнання, яке автоматично включатиметься при поломці основної установки;
- матеріали та фармацевтичні продукти слід зберігати так, щоб не допустити забруднення, змішування та перехресної контамінації.
- будову, склад, розміри площ та обладнання приміщень для зберігання аптечних складів повинні відповідати всім вимогам чинної нормативно – технічної документації (СНіП, методичні рекомендації, нормативна внутрішньовідомча документація та ін.).
- приміщення зберігання відповідно до встановлених норм забезпечуються охоронними та протипожежними засобами.

Для керування установками та контролю над усіма робочими налаштуваннями використовується центральний контролер. Потрібно враховувати й те, що нормативи щодо зберігання медикаментозних засобів та холодильних установок залежать від типу цих препаратів.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		10

Для кожного з них потрібні особливі умови щодо температури, вологості, освітлення. Найжорсткіші вимоги висуваються до фармацевтичних холодильних шаф, у яких зберігаються імуноглобуліни ліки.

Періодичність перевірки температури та вологості повітря у приміщеннях зберігання повинна здійснюватися не рідше 1 разу на добу. Для спостереження за цими параметрами складські приміщення необхідно забезпечити термометрами та гігromетрами, які закріплюються на внутрішніх стінах сховища далеко від нагрівальних приладів на висоті 1,5 – 1,7 м від підлоги та на відстані не менше 3 м від дверей.

Для підтримки чистоти повітря приміщення зберігання відповідно до чинної нормативно-технічної документації (СНіП, методичні рекомендації тощо) слід обладнати припливно-витяжною вентиляцією з механічним спонуканням.

Приміщення зберігання мають бути забезпечені необхідною кількістю стелажів, шаф, піддонів, підтоварників.

Установка стелажів здійснюється таким чином, щоб вони знаходилися на відстані 0,6-0,7 м від зовнішніх стін, не менше 0,5 м від стелі, і не менше 0,25 м від підлоги. Стелажі по відношенню до вікон повинні бути розташовані так, щоб проходи були освітлені, а відстань між стелажимами становила не менше 0,75 м, що забезпечує вільний доступ до товару.

Для тривалого збереження всіх властивостей медикаментозних препаратів та забезпечення безпеки їх застосування потрібно створити для їх зберігання певні умови та температурний режим. Показання температури мають бути точними.

Температурна та відсоткова похибки не повинні перевищувати +0,2° та +3% відповідно.

Оптимальною для зберігання та транспортування більшості вакцин та інших імунобіологічних препаратів є температура в межах 2–80°С. У разі потреби тривалого зберігання живих вірусних вакцин (проти кору, паротиту,

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		11

поліомієліту) рекомендується їх вміст у замороженому вигляді при температурі мінус 200°C. Категорично забороняється заморожування адсорбованих препаратів (вакцин АДС, АКДС та інших.). При визначенні режиму зберігання та транспортування інших вакцин слід керуватися інструкціями, що додаються до препаратів.

Усі лікарські засоби, залежно від фізичних та фізико-хімічних властивостей, впливу на них різних факторів зовнішнього середовища, поділяють на:

- які вимагають захисту від світла;
 - які вимагають захисту від впливу вологи;
 - вимагають захисту від випаровування та висихання;
 - які вимагають захисту від впливу підвищеної температури;
 - які вимагають захисту від зниженої температури;
 - які вимагають захисту від впливу газів, що містяться в навколишньому середовищі;
- пахучі, фарбувальні та окрема група лікарських засобів – дезінфікуючі засоби.

Нормальним вважається зберігання в сухому приміщенні, що добре провітрюється при температурі 15–25°C або, залежно від кліматичних умов, до 30°C. Сторонні запахи, інші джерела забруднення та інтенсивне світло мають бути виключені.

Захисту від впливу підвищеної температури потребують багато ліків (антибіотики, гормональні препарати, глікозиди, вітаміни, мазі на жировій основі, імунобіологічні препарати). В інструкції із застосування препарату вказана температура зберігання: кімнатна (+18-20°C), прохолодна (+12-15°C). Іноді потрібна низька температура зберігання (наприклад, для АТФ +3-5°C).

Умови зберігання фармацевтичних продуктів та матеріалів повинні відповідати вимогам на етикетці, що ґрунтуються на результатах досліджень

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		12

стабільності. Рекомендується використовувати такі формулювання інструкцій на етикетках (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1 – Умови зберігання фармпрепаратів

Вказано на упаковці	Реальні умови
Зберігати при температурі не вище 30°C	Від +2°C до +30°C
Зберігати при температурі не вище 25°C	Від +2°C до +25°C
Зберігати при температурі не вище 15°C	Від +2°C до +15°C
Зберігати при температурі не вище 8°C	Від +2°C до +8°C
Зберігати при температурі не нижче 8°C	Від +8°C до +25°C
Берегти від вологи	Не більше ніж 60% вологість за нормальних умов зберігання; відпускати пацієнту у вологостійкій упаковці
Берегти від світла	Відпускати пацієнтові у світлозахисній упаковці

Таким чином, лікарські препарати слід зберігати та транспортувати у відповідних умовах для забезпечення їх збереження та якості.

Виходячи з вище сказаного валідаційні дослідження системи холодопостачання камер зберігання фармпрепаратів забезпечать адекватний рівень впевненості у належній якості лікарських препаратів гарантує безпеку, цілісність та незмінність їх первісних характеристик.

Метою роботи є валідаційні дослідження системи холодопостачання камер зберігання фармпрепаратів у фармацевтичному центрі.

Таке дослідження дасть можливість забезпечити збереження якості фармпрепаратів на всьому шляху від заводу-виготовлювача до кінцевого споживача.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

– виконати розрахунок ізоляційної конструкції камер;

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		13

- виконати енергетичний аналіз циклу холодильної системи;
- виконати теплові та конструктивні розрахунки теплообмінних апаратів;
- виконати розрахунок вентиляції охолоджувального складу.

Об'єктом дослідження є холодильна система для камер збереження фармпрепаратів у фармацевтичному центрі.

Предметом дослідження є процеси, які здійснюються в елементах холодильної системи.

Методи дослідження: чисельне моделювання процесів в елементах холодильної системи. Основою математичного моделювання є рівняння класичної термодинаміки та теплопередавання.

Фактологічну основу є підручники, навчальні посібники, матеріали фірм-виробників, які містяться на відповідних інтернет-сайтах, періодичних технічних виданнях та ін.

Структура роботи

Бакалаврська робота складається з двох глав, охорони праці, економічних показників роботи, списку використаної літератури. Зміст роботи викладено на 84 сторінках, включаючи 6 рисунків, 9 таблиць, список інформаційних джерел з 19 найменувань.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
						14
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНА ЧАСТИНА

2.1 Технічні рішення, прийняті під час розробки фармацевтичного центру

Місце розташування фармацевтичного центру - Одеська область.

Фармацевтичний центр є одноповерховою будівлею. Стіни будівлі наступної конструкції: фасад будівлі – лицьова цегла, далі пінобетон, покритий штукатуркою, підлога та стеля виконані із залізобетонних плит. У приміщенні центру є складський комплекс, який сприятиме істотному зниженню всіх витрат, пов'язаних із зберіганням та транспортуванням лікарських засобів та сировини.

В склад складських приміщень входять дві спеціалізовані холодильні камери для зберігання фармпрепаратів у режимі підтримки температур від 2°C до 8°C. Загальне завантаження камер -1,6т. Також є 2 камери в яких підтримуються оптимальні температури від +15°C до +25°C (зберігання наркотичних препаратів) за допомогою вентиляції та кондиціонування. Загальне завантаження камер складає 4т. Відносна вологість камер підтримується в межах 45-50% за допомогою адсорбційних роторних осушувачів повітря. Щоденний вантажообіг камер складу складає 25%.

Є побутові та підсобні приміщення.

Фармпрепарати зберігаються на стелажах з нержавіючої сталі та піддонах.

Холодильні камери виконані зі спеціальних збірних сендвіч-панелей, які мають гігієнічний сертифікат, що дозволяє їх використовувати при зберіганні фармацевтичної продукції. Сандвіч-панелі збираються за допомогою вбудованих ексцентрикових замків, що забезпечує щільне примикання панелей та жорсткість конструкції.

За холодопостачання холодильних камер відповідає середньо температурний компресорно-конденсаторний агрегат, який розташовується на покрівлі. Температура в камерах підтримується за допомогою охолоджувачів

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		15

повітря. Клімат-контроль у високотемпературних камерах та у приміщенні складу підтримується за допомогою руфтопу, який також розташовується на покрівлі фармацевтичного центру.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		16

2.2 Визначення будівельних площ камер зберігання

Камера № 1-2 - камера зберігання фармпрепаратів.

Всі камери мають однакову площу і висоту.

Геометричні розміри камер обумовлені існуючими конструкціями:

Будівельна висота камер: $h_{\text{кам}} = 2,45 \text{ м}$

Вантажна висота камер: $h_{\text{ван}} = h_{\text{кам}} - 1 \text{ м} = 2,45 - 1 = 1,45 \text{ м}$.

Розміри всіх камер однакові.

Будівельна площа камери №1 $F_{\text{буд.1}} = l_{\text{кам.1}} \cdot b_{\text{кам.1}}$;

$F_{\text{буд.1}} = 29,40 \text{ м}^2$.

Коефіцієнт використання будівельних площ камер [16] $\beta_{\text{буд}} = 0,7$

Вантажна площа камери №1 $F_{\text{ван.1}} = F_{\text{буд.1}} \cdot \beta_{\text{буд}} = 29,40 \cdot 0,7 = 20,58 \text{ м}^2$.

Вантажна площа камери №2 $F_{\text{ван.2}} = F_{\text{буд.2}} \cdot \beta_{\text{буд}} = 29,40 \cdot 0,7 = 20,58 \text{ м}^2$

Ємність камер (задано технічним завданням на проектування):

Ємність камери №1 $G_{\text{кам.1}} = 800 \text{ кг}$.

Ємність камери №2 $G_{\text{кам.2}} = 800 \text{ кг}$.

Площа охолоджуваних приміщень становить:

$$F_{\text{охл}} = F_{\text{буд.1}} + F_{\text{буд.2}} = 29,4 \cdot 2 = 58,8 \text{ м}^2.$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		17

2.3 Розрахунок ізоляційної конструкції камер

Розрахунок параметрів зовнішнього повітря у місті Одесі.

Розрахункова літня температура повітря: $t_{л} = 32^{\circ}\text{C}$

Розрахункова літня вологість повітря: $\varphi_{л} = 60\%$

Розрахункова зимова температура повітря: $t_{з} = -18^{\circ}\text{C}$.

При визначенні теплоприпливів крізь перегородки, що відокремлюють камери від не охолоджувани приміщення, приймаємо розрахункову різницю температур 70% від розрахункової різниці температур від зовнішніх стін, якщо приміщення з'єднуються з зовнішнім повітрям і рівної 60%, якщо не з'єднуються.

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопередавання [16]

Зовнішня поверхня стін і перекриттів, що не мають горищ: $\alpha_{зов} = 23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$.

Внутрішня поверхня приміщень з інтенсивною циркуляцією повітря:

$$\alpha_{вн} = 11 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$$

Внутрішня поверхня приміщень з помірною циркуляцією повітря:

$$\alpha_{пом} = 9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{C}}$$

Розрахункові значення коефіцієнтів теплопередавання зовнішніх стін і перекриттів: [16]

Конструкція і теплофізичні властивості будівельних шарів

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		18

Зовнішні стіни:

№ шару	Найменування та матеріал шару	Товщина матеріалів δ_i , мм	Коеф. теплопровідності. λ_i , Вт / (м · К)
1	Цегла лицьова (М150)	120	0,56
2	Пінобетон	400	0,37
3	Штукатурка	20	0,98
4	Сталь, покрита полімерним покриттям	2	52
5	Теплоізоляційні плити ППУ	-	0,025

Місто Одеса відноситься до середньої кліматичної зони, та середньорічна температура повітря 9.9 градусів.

Коефіцієнт теплопередавання зовнішніх стін камер K_{zc} :

$$K_{zc} = 0,16e^{0,022(40+t_k)}, \text{ Вт/м}^2\text{К}, \quad (2.1)$$

де t_k – температура камери.

$$K_{zc} = 0,16e^{0,022(40+2)} = 0,4 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}.$$

Умови недопущення конденсації вологи з навколишнього середовища на теплій стороні огорожі:

$$K^* \leq 0.9 \cdot \frac{\alpha'_3 \cdot (t_3 - t_p)}{t_3 - t_k}, \quad (2.2)$$

де

$\alpha'_3 = 6 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ - мінімальне значення коефіцієнта тепловіддавання від зовнішнього повітря до теплої сторони огорожі.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		19

t_3 - розрахункова літня температура зовнішнього повітря;

$t_p = 24^{\circ}C$ - температура точки роси, що відповідає температурі і відносній вологості зовнішнього повітря.

$$K_{3c} \leq 0.9 \cdot \frac{\alpha'_3 \cdot (t_3 - t_p)}{t_3 - t_k} = 0.9 \cdot \frac{6 \cdot (32 - 24)}{32 - 2} = 1,58$$

$K_{3c} < 1,58$ - умова виконується

Розраховуємо товщину ізоляції за формулою: для зовнішніх стін.

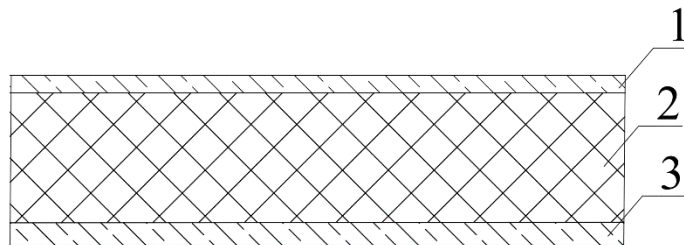
$$\delta_{iz}^3 = \left[\frac{1}{K_{3c}} - \left(\frac{1}{\alpha_3} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_{ин}} \right) \right] \cdot \lambda_{iz}, \quad (2.3)$$

Де

$$\delta_{iz}^3 = \left[\frac{1}{0.4} - \left(\frac{1}{23} + \left(\frac{1 \cdot 10^{-3}}{52} + 1.315 + \frac{1 \cdot 10^{-3}}{52} \right) + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0.025 = 0.025 м.$$

Стандартна товщина ізоляції: $\delta_{iz}^{3*} = 0,04 м$

Перекриття:



№ шару	Найменування і матеріал шару	Товщина матеріалів	Коеф теплопровідності $\lambda_i, Вт / (м \cdot К)$
1(3)	сталь, покрита полімерним покриттям	1	52
2	пінополіуретан	0	0.025

Коефіцієнт теплопередавання стелі:

$$K_{пер} = 0,47 Вт / м^2 К.$$

Товщина ізоляції перекриттів:

Коефіцієнт теплопередавання перегородок між камерами:

$$K_{nep}^{кам} = \frac{1}{2 + 0,07\Delta t_n} = \frac{1}{2 + 0,07 \cdot 5} = 0,425 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К}). \quad (2.5)$$

де $\Delta t_n = 5^\circ\text{C}$ – різниця температур між камерами.

Товщина ізоляції перегородок між камерами.

$$\delta_{із}^{nep} = \left[\frac{1}{K_{nep}^{кам}} - \left(\frac{1}{\alpha_{ум}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_{ум}} \right) \right] \cdot \lambda_{із} \quad (2.6)$$

$$\delta_{із}^{nep} = \left[\frac{1}{0,425} - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{52} \right) \right] \cdot 0,025 = 0,05 \text{ м}.$$

Стандартна товщина ізоляції: $\delta_{із}^{nep*} = 0,06 \text{ м}$

Коефіцієнт теплопередавання перегородок між камерами

і коридорами :

$$K_{nep}^{кор} = 1,18 \cdot K_{зс} = 1,18 \cdot 0,4 = 0,472 \text{ Вт} / \text{м}^2 \text{ К}. \quad (2.7)$$

Товщина ізоляції для перегородок між камерами и коридорами.

$$\delta_{із}^{кор} = \left[\frac{1}{K_{nep}^{кор}} - \left(\frac{1}{\alpha_{ум}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_{ум}} \right) \right] \cdot \lambda_{із} \quad (2.8)$$

$$\delta_{із}^{кор} = \left[\frac{1}{K_{nep}^{кор}} - \left(\frac{1}{\alpha_{ум}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_{ум}} \right) \right] \cdot \lambda_{із} = \left[\frac{1}{0,47} - \left(\frac{1}{8} + \frac{2 \cdot 10^{-3}}{52} + \frac{1}{9} \right) \right] \cdot 0,025 = 0,047 \text{ м}.$$

Стандартна товщина ізоляції: $\delta_{із}^{кор*} = 0,05 \text{ м}$

Перерахунок коефіцієнтів теплопередавання.

Зовнішні стіни:

$$K_{зс} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ум}} + \frac{\delta_{із}^*}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 1,150 + \frac{1}{9} + \frac{0,04}{0,025}} = 0,344 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.9)$$

Перекриття:

$$K_{б.п} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{зов}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{ум}} + \frac{\delta_{із}^*}{\lambda_{із}}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 3,84 \cdot 10^{-5} + \frac{1}{9} + \frac{0,05}{0,025}} = 0,447 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.10)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		22

Підлога:

$$K_{\text{під}} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ум}}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}}} = \frac{1}{0,131 + \frac{1}{9} + \frac{0,06}{0,025}} = 0,378 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.11)$$

Перегородки між камерами

$$K_{\text{пер}}^{\text{кам}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ум}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ум}}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}}} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{8} + 3,84 \cdot 10^{-5} + \frac{0,05}{0,025}} = 0,447 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.12)$$

Перегородки між камерами и коридором

$$K_{\text{пер}}^{\text{кор}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\text{ум}}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{ум}}} + \frac{\delta_{\text{із}}}{\lambda_{\text{із}}}} = \frac{1}{\frac{1}{9} + \frac{1}{9} + 3,84 \cdot 10^{-5} + \frac{0,05}{0,025}} = 0,447 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (2.13)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		23

2.4 Розрахунок теплоприпливів в охолоджувальні камери

Камера №1

Температурний режим в камері $t_{\text{кам}} = 2^{\circ}\text{C}$

Ємність камери: $G_{\text{кам.1}} = 0,8 \text{ т}$

Надходження вантажу на добу:

$$M_{\text{доб}} = \frac{25\%}{\text{сут}} \cdot G_{\text{кам.1}} = \frac{25\%}{\text{доб}} \cdot 0,8 = 0,2 \text{ т/доб.} \quad (2.14)$$

Температура надходження: $t_{\text{над}} = 2^{\circ}\text{C}$. (фармпрепарати надходять вже з необхідною температурою зберігання).

Температура продукту після встановлення рівноважної температури:

$$t_{\text{кон}} = t_{\text{кам}} = 2^{\circ}\text{C}$$

Розрахункові площі для визначення теплоприпливів: $h_{\text{кам}} = 2,45 \text{ м}$.

Висота камери:

$$H_{\text{кам}} = h_{\text{кам}} + \sum \delta_{\text{п}} = 2,45 + 0,052 = 2.502 \text{ м}$$

Західна стіна:

$$a_{\text{зах}} = 7 \text{ м.}$$

Площа західної стіни:

$$F_{\text{зах}} = a_{\text{зах}} \cdot H_{\text{кам}} = 7 \cdot 2.502 = 17.51 \text{ м}^2. \quad (2.15)$$

Східна стіна:

$$a_{\text{схід}} = 7 \text{ м.}$$

Площа східної стіни

$$F_{\text{схід}} = a_{\text{схід}} \cdot H_{\text{кам}} = 7 \cdot 2.502 = 17.51 \text{ м}^2.. \quad (2.16)$$

Північна стіна:

$$b_{\text{півн}} = 4,2 \text{ м.}$$

Площа північної стіни

$$F_{\text{півн}} = b_{\text{півн}} \cdot H_{\text{кам}} = 2,502 \cdot 4.2 = 10,5084 \text{ м}^2. \quad (2.17)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		24

Південна стіна:

$$b_{\text{півд}} = 4,2\text{м.}$$

Площа південної стіни:

$$F_{\text{півд}} = b_{\text{півд}} \cdot H_{\text{кам}} = 2,502 \cdot 4,2 = 10,5084 \text{ м}^2. \quad (2.18)$$

Площа підлоги:

$$F_{\text{підл}} = a_{\text{зах}} \cdot b_{\text{півн}} = 4,2 \cdot 7 = 29,4\text{м}^2. \quad (2.19)$$

Площа стелі:

$$F_{\text{ст}} = a_{\text{зах}} \cdot b_{\text{півн}} = 4,2 \cdot 7 = 29,4\text{м}^2. \quad (2.20)$$

Розрахунок теплоприпливів в камеру через огорожі:

Різниця температур.

$$\text{Для зовнішніх стін і стелі: } \theta_{\text{зов}} = t_{\text{л}} - t_{\text{кам}} = 32 - 2 = 30^{\circ}\text{C} \quad (2.21)$$

$$\text{Для підлоги } \theta_{\text{підл}} = 10 - t_{\text{кам}} = 10 - 2 = 8^{\circ}\text{C} \quad (2.22)$$

Для внутрішньої стіни: $\theta_{\text{вн}} = 5^{\circ}\text{C}$;

Для внутрішньої стіни, що виходить в неохолоджувані приміщення:

$$\theta_{\text{ср}} = 0,6 \cdot (t_{\text{л}} - t_{\text{кам}}) = 0,6 \cdot (32 - 2) = 18^{\circ}\text{C} \quad (2.23)$$

Теплоприпливи крізь північну стіну:

$$Q_{\text{півн}} = F_{\text{сев}} \cdot k_{\text{зв}} \cdot \theta_{\text{зов}} = 10,5084 \cdot 0,344 \cdot 30 = 108 \text{ Вт.} \quad (2.24)$$

Теплоприпливи крізь південну стіну:

$$Q_{\text{півд}} = F_{\text{півд}} \cdot k_{\text{пер}}^{\text{кор}} \cdot \theta_{\text{ср}} = 10,5084 \cdot 0,447 \cdot 18 = 84,5\text{Вт.} \quad (2.25)$$

Теплоприпливи крізь східну стіну:

$$Q_{\text{схід}} = (F_{\text{схід}} \cdot K_{\text{пер}}^{\text{кам}} \cdot \theta_{\text{вн}}) = (17,51 \cdot 0,447 \cdot 5) = 39,13 \text{ Вт;} \quad (2.26)$$

Теплоприпливи крізь західну стіну

$$Q_{\text{зах}} = F_{\text{зах}} \cdot K_{\text{пер}}^{\text{кам}} \cdot \theta_{\text{ср}} = (17,51 \cdot 0,447 \cdot 18) = 140,8 \text{ Вт} \quad (2.27)$$

Визначення теплоприпливів крізь підлогу.

Так як підлоги не мають обігрівальних пристроїв, то теплоприпливи через підлогу визначимо підсумовуванням теплоприпливів крізь умовні зони шириною 2м.

$$Q_{\text{під}} = \theta_{\text{зов}} \cdot \sum_{i=1}^4 k_{\text{умі}} \cdot F_i \cdot m, \quad (2.28)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		25

Де $k_{умі}$ – умовний коефіцієнт теплопередавання відповідної зони підлоги Вт/(м² · К;)

m – коефіцієнт, що характеризує відносне зростання термічного опору за наявності ізоляції.

$$m = 1 / (1 + 1,25(2,13)) = 0,27.$$

F_i – площі відповідних зон підлоги охолоджуваного об'єкта.

$$F_1 = 22,4 \text{ м}^2; F_2 = 11 \text{ м}^2;$$

$$k_{ум1} = 0,48 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К}; k_{ум2} = 0,24 \text{ Вт/м}^2 \cdot \text{К};$$

$$Q_{під} = 30 \cdot (22,4 \cdot 0,48 + 11 \cdot 0,24) \cdot 0,27 = 108,4 \text{ Вт} \quad (2.29)$$

Теплоприпливи через перекриття:

$$Q_{ст} = F_{ст} \cdot k_{б.п} \cdot \theta_{ср} = 29,4 \cdot 0,4477 \cdot 18 = 236,55 \text{ Вт}. \quad (2.30)$$

Теплоприпливи від охолоджуючих конструкцій:

$$Q_1 = Q_{півн} + Q_{схід} + Q_{зах} + Q_{півн} + Q_{підл} + Q_{ст} + Q_{с.р}$$

$$= 108 + 84,5 + 39,13 + 140,8 + 108,4 + 236,55 = 717,3 \text{ Вт}.$$

Теплоприпливи від вантажів при холодильній обробці (Q_2)=0 (вантаж приходить вже з необхідною температурою зберігання)

$$Q_2 = Q_{2п} + Q_{2т} \text{ Вт}; \quad (2.31)$$

Теплоприпливи від вентиляції камери (Q_3)

$$Q_3 = M \cdot (h_{зов} - h_{кам}) \text{ Вт}; \quad (2.32)$$

Где M – масова витрата вентиляційного повітря кг / с;

$$M = \frac{V_k \cdot a \cdot \rho}{24 \cdot 3600} \text{ кг/с}; \quad (2.33)$$

V_k – об'єм вентилязованого приміщення, м³;

$$V_k = F_{під} \cdot h_{кам} = 29,4 \cdot 2,502 = 73,5 \text{ м}^3. \quad (2.34)$$

$a = 2$ – кратність циркуляції повітря (для камер зберігання плодів)

$\rho = 1,295 \text{ кг/м}^3$ – густина повітря при температурі і відносній вологості повітря в камері;

$$M = \frac{73,5 \cdot 2 \cdot 1,295}{24 \cdot 3600} = 2,2 \cdot 10^{-3} \text{ кг/с.}; \quad (2.35)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		26

$h_{з\text{ов}} = 85.42$ кДж/кг ентальпія зовнішнього повітря;

$h_{\text{кам}} = 8.49$ кДж/кг ентальпія повітря в камері;

$$Q_3 = 2,2 \cdot 10^{-3} \cdot (78,28 - 8,55) \cdot 10^3 = 153,4 \text{Вт.} \quad (2.36)$$

Експлуатаційні теплоприпливи. (Q4).

Ці теплоприпливи виникають внаслідок освітлення камер, перебування в них людей, роботи електродвигунів та відкриванні дверей.

Теплоприпливи від освітлення q_1 кВт розраховуємо за формулою:

$$q_1 = q_4 \cdot j_{\text{осв}} \cdot F_{\text{підл}}; \quad (2.37)$$

$q_4' = 3 \text{Вт/м}^2$ - питома норма потужності світильників

$j_{\text{св}} = 0.33$ – коефіцієнт одночасної роботи світильників

$$q_1 = q_4' \cdot j_{\text{осв}} \cdot F_{\text{буд1}} = 3 \cdot 0,33 \cdot 29,4 = 29,1$$

Теплоприпливи від перебування людей: $q_2 = (q_2') \cdot n_{\text{л}}$

$q_2' = 270 - (6 t_{\text{к}}) = 258$ тепловиділення однієї людини при помірній фізичній роботі.

$n_{\text{л}} = 1$ - число людей, які працюють в даному приміщенні

$$q_2 = 258 \cdot 1 = 258 \text{Вт};$$

Теплоприпливи від працюючих електродвигунів: $q_3 = N_{\text{ел,дв}} \cdot j_{\text{дв}};$

$N_{\text{ел,дв}}$ - розрахункова потужність двигуна

$$N_{\text{ел,дв}} = 1,2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m_{\text{дв}}; \quad (2.38)$$

$m_{\text{дв}} = 0,06$ – коефіцієнт, обумовлений як відношення потужності електродвигуна до холодопродуктивності

$$N_{\text{ел,дв}} = 1,2 \cdot (Q_1 + Q_2 + Q_3) \cdot m_{\text{дв}} = 1,2 \cdot (717,3 + 153,4) \cdot 0,06 \quad (2.39)$$

$$N_{\text{ел,дв}} = 62,6 \text{Вт.}$$

$j_{\text{дв}}$ – коефіцієнт одночасності роботи устаткування з електродвигунами;

$$j_{\text{дв}} = 0,68;$$

$$q_3 = 62,6 \cdot 0,68 = 42,56 \text{Вт};$$

Теплоприпливи при відкритті дверей:

$$q_4 = B \cdot F_{\text{підл}} \quad (2.40)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		27

B - питомий приплив теплоти при відкриванні дверей, віднесений до 1 м^2 площі стелі, ($\text{Вт}/\text{м}^2$)

$$B = 17 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \quad F_{\text{підл}} - \text{площа підлоги,}$$

$$q_4 = B \cdot F_{\text{підл}} = 17 \cdot 29.4 = 499,4 \text{ Вт.}$$

Експлуатаційні теплоприпливи визначаємо як суму теплоприпливів окремих видів: $29.1 + 258 + 42,56 + 499,4 = 829,06 \text{ Вт.}$

$$\Sigma Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 = 717,3 + 153,4 + 829,06 = 1695,7 \text{ Вт.}$$

Розрахункове теплове навантаження на обладнання та компресор.

Для холодопостачання камер використовується децентралізоване машинне відділення (вся теплота, відведена камерним обладнанням, лягає на компресор) у такому випадку приймають $Q_{\text{км}} = Q_{\text{об}}$.

$$Q_{\text{об}} = \Sigma Q_0$$

Приймаємо, що одна холодильна машина обслуговує дві камери.

$Q_{\text{к1}} = 2 \text{ кВт}$ – навантаження на компресор.

Розрахунки для другої камери зводимо до таблиць (2.1-2.2)

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		28

Таблиця 2.1 – Зведена таблиця теплоприпливів в камеру №2 через огорожі

	k $Вт / (м^2 \cdot К)$	$F_{буд}$ $м^2$	t_k $°C$	θ $°C$	Q_1 кВт
Північ	0,344	10,51	2	30	108,0
Захід	0,447	17,51	2	5	39,13
Південь	0,447	10,51	2	18	84,5
Схід	0,447	17,51	2	18	140,88
Підлога	0,378	29,40	2	30	108,4
Перекриття	0,447	29,40	2	18	236,55
Σ					717,3

Таблиця 2.2. – Зведена таблиця теплоприпливів в камеру №2

t_k $°C$	Q_1 Вт	Q_3 Вт	Q_4 Вт				Q_0 Вт	
			q_1	q_2	q_3			q_4
					$N_{эл,дв}$	$J_{дв}$		
2	713	153,4	829,1				1695,5	
			29,1	258	42,6			499,4
					62,6	0,68		

2.5 Тепловий розрахунок холодильної машини і підбір компресора

Комерційне охолодження [1] є одним з секторів, яке призводить до збільшення глобального потепління на планеті [2]. Це пов'язано з високим коефіцієнтом аварійного витоку, великої кількості необхідного робочого речовини в холодильній системі і високим загальним потенціалом глобального потепління (GWP). У холодильних машинах комерційного призначення найбільш часто використовують робочі речовини: R404A, R 507 [3,4].

Такі холодоагенти володіють непоганими теплофізичними і транспортними властивостями для роботи при низьких і середніх температурах кипіння, але загальний потенціал глобального потепління (GWP) у цих речовин становить: R404A- 3922, R507- 3900. Європейський Союз затвердив Регламент ЄС № 517/2014 і встановив заходи контролю і правила для поводження з гідрофторвуглецем (HFCs) [5].

Через недавно введених обмежень найбільш важливі хімічні компанії розробляють альтернативи R404A і R507 [6]. Ці альтернативи слід вибирати з урахуванням різних факторів, таких як низький рівень деградації навколишнього середовища, безпеку і адаптацію до необхідних робочих температур [7].

Нещодавно розроблені синтетичні суміші з низьким GWP, альтернативні R404A, можуть забезпечити низьке споживання електроенергії, але відомостей про їх поведінку ще недостатньо [8].

Один з таких холодоагентів це R448A, який також відомий під торговою назвою Solstice N40. Такий холодоагент являє собою 5-компонентну зеотропну суміш, що складається з R32, R125, R134a та ГФО R1234ze та R1234yf. Головною перевагою R-448A є його менший вплив на навколишнє середовище порівняно з холодоагентами, які він призначений для заміни. Він не руйнує озоновий шар і має потенціал глобального потепління GWP =1320, що на 197% менше, ніж R-404A. Клас безпеки ASHRAE Std. - A1.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		30

У дослідженні [5] проведені випробування автономних холодильних систем, що працюють на холодоагенті R404A, при заміні R404A на R448A компресор холодильної системи працює з аналогічною продуктивністю. Споживання енергії компресором протягом 24 годин на 9% нижче для R448A порівняно з R404A.

Таким чином подібні термодинамічні властивості R404A і альтернативного холодоагенту R448A, робить цю нову суміш відповідній альтернативою R404A в парокомпресорних холодильних машинах.

Вихідні дані для теплового розрахунку камери №1:

Холодопродуктивність машини: $Q_0=2\text{кВт}$

Холодильний агент: R448A

Температура в камері: $t_k = 2^\circ\text{C}$.

Тип приладу охолодження: повітроохолоджувач

Температура кипіння фреону: $t_o = -10^\circ\text{C}$.

Температура навколишнього середовища: $t_{\text{навк.сер}} = +32^\circ\text{C}$.

Тип конденсатора: повітряний

Температура конденсації: $t_k = +41,8^\circ\text{C}$.

Температура всмоктуючих газів: 20°C .

Переохолодження в конденсаторі: 0

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		31

Тепловий розрахунок одноступінчастої холодильної машини

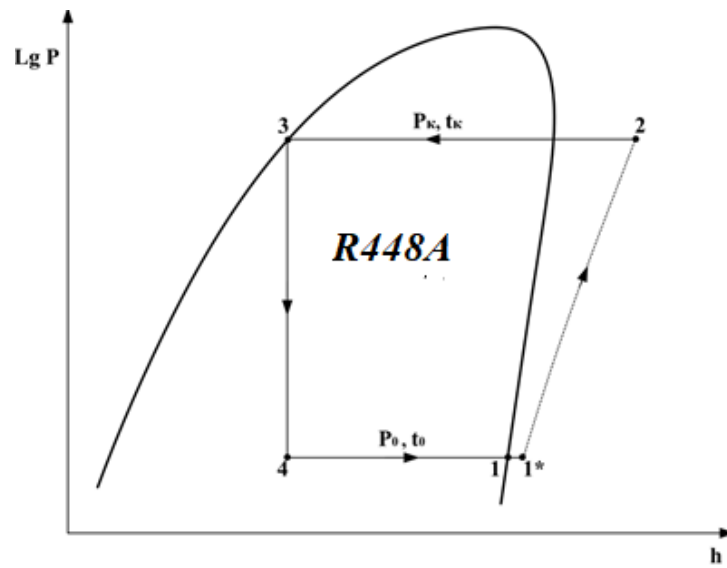


Рисунок 2.1 – Цикл машини в діграммі (lgp-h)

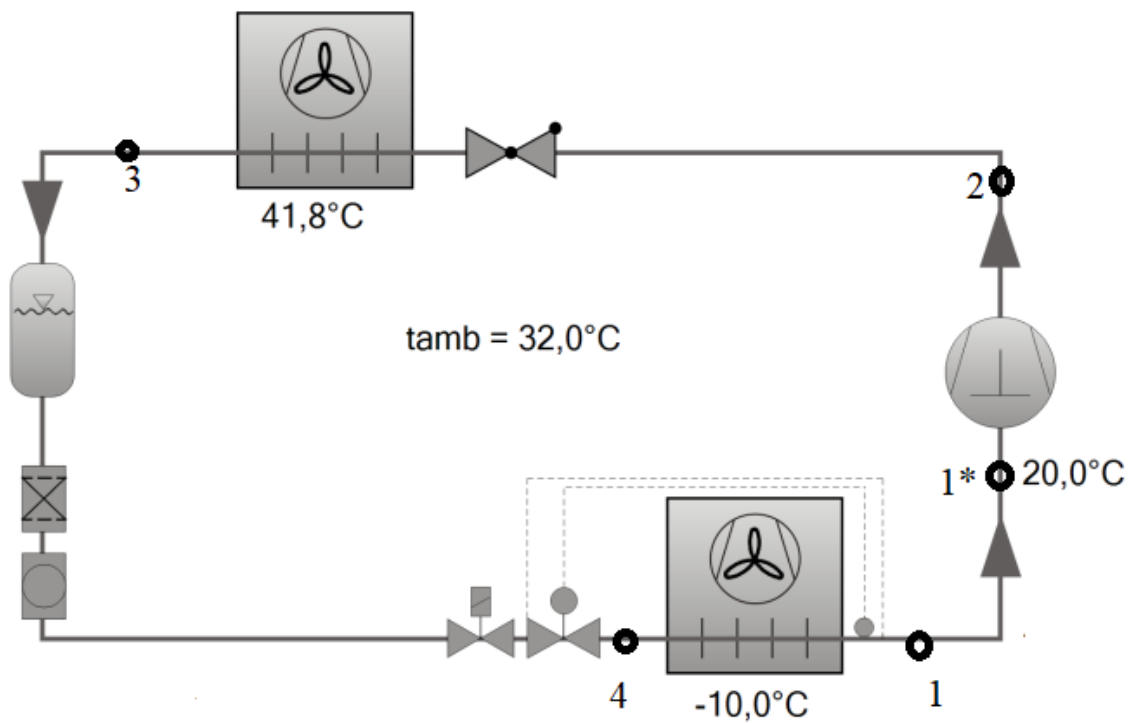


Рисунок 2.2– Принципова схема машини

Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата

Таблиця 2.3. – Термодинамічні параметри у вузлових точках

Параметри	Одиниці вимірювань	Точки				
		1	1*	2	3	4
Тиск, p	МПа	4,457	4,457	20	20	4,457
Температура, t	°С	-10	20	86	41,8	-10
Ентальпія, h	кДж/кг	398,64	420,5	460	250	250
Об'єм, v	кг/м ³		0,065	0,015		

Питомі характеристики циклу.

Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = h_1 - h_4 = 398,64 - 250 = 148,64 \text{ (кДж/кг)}. \quad (2.41)$$

Питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_v = \frac{q_0}{v_1} = \frac{148,64}{0,065} = 2286,76 \text{ (кДж/м}^3\text{)}. \quad (2.42)$$

Питома адіабатна робота стискання:

$$w_a = h_2 - h_{1^*} = 460 - 420,5 = 39,5 \text{ (кДж/кг)}. \quad (2.43)$$

Питоме тепло, відведене в конденсаторі

$$q_k = h_2 - h_3 = 460 - 250 = 210 \text{ (кДж/кг)}. \quad (2.44)$$

Маслова витрата агента.

$$M_a = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{2}{148,64} = 0,0134 \text{ (кг/с)}. \quad (2.45)$$

Дійсна об'ємна продуктивність компресора

$$V_o = M_a \cdot v_1 = 0,0134 \cdot 0,065 = 0,000871 \text{ м}^3\text{/с} \quad (2.46)$$

Коефіцієнт подавання компресора:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w, \quad (2.47)$$

где коефіцієнт подавання, що враховує вплив «мертвого простору»

$$\lambda_c = 1 - c \left[\left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,02 \cdot \left(\frac{20,00}{4,457} - 1 \right) = 0,93, \quad (2.48)$$

здесь

c - відносна величина «мертвого простору», що залежить від типу компресора

$$c = 0,015 \dots 0,05;$$

m - показник політропи $m = 1$

λ'_w - коефіцієнт що враховує об'ємні втрати, викликані дроселюванням пару в клапанах

-для холодоагентів HFCs типу:

$$\lambda'_w = \frac{T_0 + \theta}{\alpha T_k + \beta \theta} = \frac{263 + 30}{1,12 \cdot 314,8 + 0,5 \cdot 30} = 0,797 \quad (2.49)$$

$$\theta = t_1 - t_0,$$

$$\alpha = 1,12, \beta = 0,5$$

Таким чином, $\lambda = 0,93 \cdot 0,797 = 0,741$

Теоретичний об'єм, описуваний поршнями компресора:

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda}, \text{ м}^3 / \text{с}; \quad (2.50)$$

$$V_h = \frac{0,000871}{0,741} = 0,0011 \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a \cdot w_a = 0,0134 \cdot 39,5 = 0,529 \text{ кВт}. \quad (2.51)$$

Індикаторна потужність компресора:

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_i}, \text{ кВт} \quad (2.52)$$

де η_i - індикаторний ККД:

$$\eta_i = \lambda'_w + b t_0 = 0,772 \quad (2.53)$$

$b = 0,0025$ (для холодоагентів HFCs типу).

$$N_i = \frac{0,529}{0,772} = 0,68 \text{ кВт} \quad (2.54)$$

Потужність тертя:

$$N_{mp} = V_h \cdot p_{imp}, \text{ кВт}$$

где p_{imp} - середній індикаторний тиск тертя (2.55)

$$p_{imp} = 30 \dots 50 \text{ кПа}$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		34

$$N_{mp} = 0,00117 \cdot 50 = 0,0585 \text{кВт}$$

Ефективна потужність компресора (потужність на валу компресора):

$$N_e = N_{mp} + N_i, \text{ кВт} = 0,68 + 0,0585 = 0,73 \text{кВт}. \quad (2.56)$$

Тепло відведене в конденсаторі:

$$Q_k = M_a \cdot (q_k) = 0,0134 \cdot 210 = 2,88 \text{кВт} \quad (2.57)$$

Електрична потужність компресора:

$$N_{el} = \frac{N_e}{\eta_{ел.дв}} = \frac{0,73}{0,92} = 0,79 \text{кВт} \quad (2.58)$$

Термодинамічна ефективність машини в цілому:

Теоретичний коефіцієнт перетворення

$$COP_{теор} = \frac{q_0}{w} = \frac{148,64}{39,5} = 3,76 \quad (2.60)$$

Коефіцієнт перетворення цикла Карно

$$COP_{Карно} = \frac{T_o}{T_k - T_o} = \frac{263}{314,8 - 263} = 5,077 \quad (2.61)$$

Теоретична ступінь термодинамічної досконалості

$$\eta_{стс}^{теор} = \frac{COP_{теорет.}}{COP_{Карно}} = \frac{3,76}{5,07} = 0,74 \quad (2.62)$$

Дійсний коефіцієнт перетворення:

$$COP_{дійс} = \frac{Q_0}{N_{el}} = \frac{2}{0,79} = 2,53 \quad (2.63)$$

Дійсна ступінь термодинамічної досконалості

$$\eta_{стс}^{дійств} = \frac{COP_{дійств}}{COP_{Карно}} = \frac{2,53}{5,07} = 0,49 \quad (2.64)$$

Підбір компресора.

Для холодопостачання камери зберігання №1 підбираємо компресорно-конденсаторний агрегат марки: LH32E/2KES-05Y-40S.

Характеристики компресорно-конденсаторного агрегата:

Вага- 71 кг.

Приєднання лінії всмоктування: -16мм 5/8//;

Приєднання лінії нагнітання:-10мм-3/8//.

До складу, якого входить компресор фірми «BITZER» марки:

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
						35
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

2KES-0.5Y-40S

Характеристика компресора:

Об'ємна продуктивність- $V_h=4,06\text{м}^3/\text{ч}$.

Число циліндрів×Діаметр ×Хід поршня - $2\times 30\text{мм}\times 33\text{мм}$;

Вага -46 кг.

Тип оливи: BSE32

напруга мотора – (380-420В -3-50Гц).

Регулювання продуктивності -100%

До складу агрегату також входять: лінійний ресивер, повітряний конденсатор.

Межі застосування компресорно-конденсаторного агрегату LH32E/2KES-05 на робочій речовині 448A

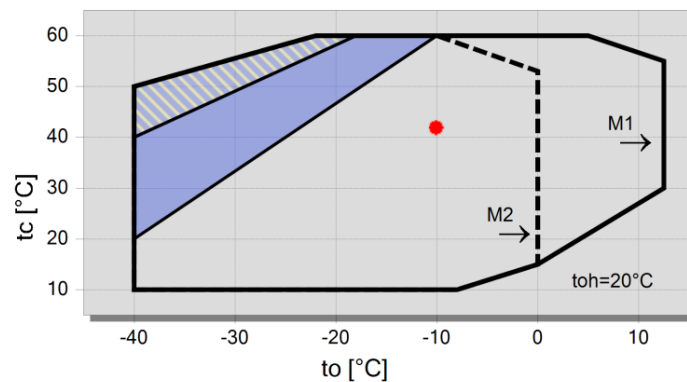


Рисунок 2.3 – Межі застосування компресорно-конденсаторного агрегату LH32E/2KES

Умовні позначення:



додаткове охолодження
перегрів всмокт. парів $\leq 20\text{K}$



додаткове охолодження

— M1: Двигун 1

- - - M2: Двигун 2

2.6 Тепловий розрахунок повітроохолоджувача

Розрахунок виконувався за наступними припущеннями: середні параметри повітря в повітроохолоджувачі рівні параметрам повітря в охолоджуваному приміщенні, температурі кипіння робочої речовини і поверхні теплообмінної секції постійні.

Для рівномірного розподілу повітря в камері встановлено два повітроохолоджувача.

Для повітроохолоджувача, що проектується приймаємо такі вихідні дані:

$Q_0 = 1кВт$ - холодопродуктивність апарата;

$t_k = 2^0 C$ - температура в камері;

$t_0 = -10^0 C$ - температура кипіння;

Геометричні розміри і тип ребристої поверхні:

- обираємо оребрення з квадратними пластинчастими ребрами (РП):

$d_{mp} \times \delta_{mp} = (10 \times 1) мм$ - діаметр и товщина стінки труби;

$\delta_{op} = 0.4 мм$ - товщина біля основи ребра;

$\delta_{ep} = 0.4 мм$ - товщина у вершини ребра;

$u_p = 8 мм$ - крок ребра;

$A \times B = (30 \times 30) мм$

швидкість повітря в "живому перерізі" апарату: $\omega = 4.5 м/с$,

Матеріал ребер –алюміній, $\lambda_a = 180 Вт / м^2 K$;

Товщина інею: $\delta_u = 1 мм$;

Коефіцієнт теплопровідності інею: $\lambda_u = 0.25 Вт / м^2 K$.

Задаємося величиною підохолодження повітря: Δt_b

глибина охолодження повітря в апараті: $\Delta t_{в} = 4^0 C$, приймаємо по графіку[1];

при $t_k = 2^0 C$ знаходимо температурний напір: $\theta_m = 9.86$,

тоді $t_{вх.п} = 2^0 C$; $t_{вих.п} = -2^0 C$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		37

$$t_{cp.n} = 0.5 \cdot (2 + (-2)) = 0^{\circ}C;$$

задаємося величиною середньої температури поверхні інею: t_u , за умовою

$$t_{p.m} < t_i < t_{cp.n}, \text{ тогда } t_i = t_{cp.n} - (0.1 \dots 0.9) \cdot \theta_m = 0 - (0.9 \cdot 9,86) = -8,87^{\circ}C.$$

Будуємо процес стану повітря в повітроохолоджувачі і за допомогою (H-d) діаграми для вологого повітря знаходимо параметри повітря:

Таблиця 2.4 – Параметри повітря в повітроохолоджувачі

φ %	$d_i \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}$			$H_i \text{ кДж/кг}$						
	$t_{кам}$	t_2	t_u	$d_{кам}$	$d_{кам}''$	d_2	d_u''	$h_{кам}$	h_2	h_3
45	+2	-2	-8,87	2,03	4,42	1,95	1,77	6,87	2,608	-4,53

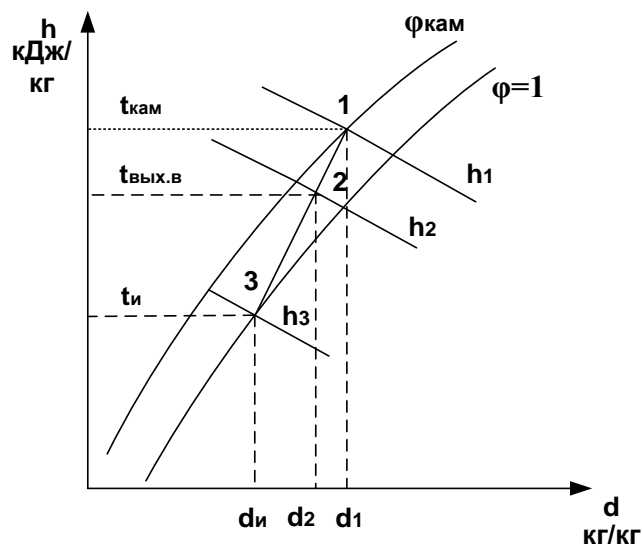


Рисунок 2.4 – Процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі:

Розрахунок геометричних характеристик ребристого елемента вільного від інею:

Розрахунок геометричних характеристик ребристого теплопередавального елемента:

де: f_p – зовнішня поверхня ребра, m^2

$$f_p = 2 \cdot (A \times B - 0.785 \cdot d_s^2); \quad (2.65)$$

$$f_p = 2 \cdot (30 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} - 0.785 \cdot (10 \cdot 10^{-3})^2) = 1.643 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2;$$

f_{mp} – зовнішня поверхня труби між двома суміжними ребрами, м²

$$f_{mp} = \pi \cdot d_3 (u - \delta_{op}), \quad (2.66)$$

$$f_{mp} = \pi \cdot 10 \cdot 10^{-3} (8 \cdot 10^{-3} - 0.4 \cdot 10^{-3}) = 2.387 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$$

$f_{вн}$ - внутрішня поверхня труби ребристого елемента; м²

$$f_{вн} = \pi \cdot d_{вн} \cdot u, \quad (2.67)$$

$$f_{вн} = \pi \cdot 8 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 2.0110^{-4} \text{ м}^2.$$

f_3 – повна зовнішня поверхня ребристого елемента, м²

$$f_3 = f_p + f_{mp}, \quad (2.67)$$

$$f_3 = 1.643 \cdot 10^{-3} + 2.387 \cdot 10^{-4} = 1.84 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт і ступінь оребрення теплообмінної поверхні:

$$\beta = \frac{f_3}{f_{вн}} = \frac{1.84 \cdot 10^{-3}}{2.01 \cdot 10^{-4}} = 9,17 \quad (2.68)$$

$$\varphi = \frac{f_3}{\pi \cdot d_3 \cdot u} = \frac{1.84 \cdot 10^{-3}}{2.51 \cdot 10^{-4}} = 7,33 \quad (2.69)$$

Умовна ступінь оребрення теплообмінної поверхні:

$$\beta_{зн} = \frac{f_3}{f_{mp}} = \frac{1.84 \cdot 10^{-3}}{2.387 \cdot 10^{-4}} = 7,7 \quad (2.70)$$

Геометричні характеристики поверхні інею, що осів на ребристому елементі:

$$\begin{aligned} f_{pi} &= 2[A \cdot B - 0.785 \cdot (d_3 + 2\delta_i)^2] = \\ &= 2 \cdot [30 \cdot 10^{-3} \cdot 30 \cdot 10^{-3} - 0.785(10 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3})^2] = 1,57 \cdot 10^{-3} \end{aligned} \quad (2.71)$$

Зовнішня поверхня інею на трубці між двома суміжними ребрами:

$$\begin{aligned} f_{mpi} &= \pi \cdot (d_{зн} + 2 \cdot \delta_i) \cdot [u - (\delta_{op} + \delta_i)] = \\ &= \pi \cdot (10 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3}) \cdot [8 \cdot 10^{-3} - (0.4 \cdot 10^{-3} + 2 \cdot 1 \cdot 10^{-3})] = 2,11 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2 \end{aligned} \quad (2.72)$$

Повна поверхня інею на ребрі:

$$f_{н.і} = f_{pi} + f_{mpi} = 1,57 \cdot 10^{-3} + 2,11 \cdot 10^{-4} = 1,781 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (2.73)$$

$$\text{коефіцієнт оребрення } \beta^i = \frac{f_{зи}}{f_{вн}} = \frac{1,781 \cdot 10^{-3}}{2,01 \cdot 10^{-4}} = 8.86 \quad (2.74)$$

Мінімальна «живий» переріз одного ребристого елемента, м²

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		39

$$f_{жс} = (S_1 - d_3 - 2 \cdot \delta_i) \cdot (u_p - \delta_p - 2 \cdot \delta_i); \quad (2.75)$$

$$f_{жс} = (30 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}) \cdot (8 \cdot 10^{-3} - 0,4 \cdot 10^{-3} - 2 \cdot 10^{-3}) = 1,008 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2;$$

де

S_1 - крок пучків труб при коридорному розташуванні:

$$S_1 = B = 30 \text{ мм}.$$

Температура кипіння робочого тіла $t_0 = -10^0 \text{ C}$

Визначаємо теплофізичні властивості вологого повітря при середній температурі повітря $t_{cp.n} = 0^0 \text{ C}$:

λ - коефіцієнт теплопровідності повітря $\lambda = 2.44 \cdot 10^{-2} \text{ Вт/(мК)}$;

ν - кинематична в'язкість повітря: $\nu = 13.28 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$;

Критерій Прандтля: $Pr = 0.707$

Густина повітря: $\rho_n = 1.282 \text{ кг/м}^3$

Коефіцієнт тепловіддавання від повітря до зовнішньої ребренної поверхні:

$$\alpha_k = \frac{Nu \cdot \lambda}{u} \quad (2.76)$$

де число Нуссельта розраховуємо за формулою для коридорного пучка труб з пластинчастими ребрами:

$$Nu = C \cdot Re^m \cdot \left(\frac{L_p}{d_{екв}} \right)^m, \quad (2.77)$$

де L_p – ширина однієї пластини (ребра) по ходу руху повітря; в даному випадку

$$L_p = B = 30 \cdot 10^{-3} \text{ м};$$

$d_{екв}$ – еквівалентний діаметр, м

$$d_{екв} = \frac{2 \cdot [(S_1 - d_3) \cdot (u - \delta_p)]}{[(S_1 - d_3) + (u - \delta_p)]} \quad (2.78)$$

$$d_{екв} = \frac{2 \cdot [(30 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}) \cdot (8 \cdot 10^{-3} - 0,4 \cdot 10^{-3})]}{[(30 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}) + (8 \cdot 10^{-3} - 0,4 \cdot 10^{-3})]} = 0.010 \text{ м}$$

Число Рейнольдса,

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
						4.0
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$$Re = \frac{\omega \cdot d_{екв}}{\nu} \quad (2.79)$$

$$Re = \frac{4,5 \cdot 0,010}{13,28 \cdot 10^{-6}} = 3388,5.$$

$$Nu = 0,0839 \cdot 3388,5^{0,63} \cdot \left(\frac{30 \cdot 10^{-3}}{0,01} \right)^{-0,02} = 14,04$$

$$\alpha_{\kappa} = \frac{14,04 \cdot 2,44 \cdot 10^{-2}}{0,01} = 34,28 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Коефіцієнт вологовипадіння:

$$\xi = 1 + \frac{d''_{кам} \phi_{кам} - d''_i}{t_{кам} - t_i} \cdot \frac{r - h_i}{c_p}, \quad (2.80)$$

$d''_{кам}$ и d''_i – відповідно, вологовміст насиченого повітря, при $t_{кам}$ и t_i ($\phi_{кам} = 100\%$).

r – прихована теплота фазового переходу, при $t_w > 0$, $r = 2501$ кДж/кг,

h_i – ентальпія інею

$$h_i = -4,53 \text{ кДж}/\text{кг};$$

c_p' – теплоємність вологого повітря, приймаємо

$$c_p' = 1,006 + 1,87 \cdot 3,185 \cdot 10^{-3} = 1,0119 \text{ кДж}/\text{кг}$$

$$\xi = 1 + \frac{2,03 \cdot 10^{-3} - 1,77 \cdot 10^{-3}}{2 + 8,87} \cdot \frac{2501 + 4,53}{1,0119} = 1,059; \quad (2.81)$$

Коефіцієнт тепловіддавання з урахуванням вологовипадіння:

$$\alpha_n = \alpha_{\kappa} \cdot \xi \quad (2.82)$$

$$\alpha_n = 34,28 \cdot 1,059 = 36,304 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Приведений коефіцієнт тепловіддавання з урахуванням термічного опору шару інею:

$$\alpha_{np} = \frac{1}{(1/\alpha_n + \delta_{ин}/\lambda_{ин})}, \quad (2.83)$$

где $\delta_{ин}$ - товщина шару інею, $\delta_{ин} = 0,001$ м;

$\lambda_{ин} = 0,11 \dots 0,25$ – теплопровідність інею, приймаємо $\lambda_{ин} = 0,25$ Вт/(м·К).

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		41

$$\alpha_{np} = \frac{1}{(1/36,304 + 1 \cdot 10^{-3}/0,25)} = 31,7 \text{ Вт/(м}^2\text{К)}; \quad (2.84)$$

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$E = \frac{th(mh')}{mh'}, \quad (2.85)$$

де h' - умовна висота ребра:

$$h' = 0,5 \cdot d_3 \cdot (\rho - 1) \cdot (1 + 0,35 \cdot \ln \rho), \text{ м}, \quad (2.86)$$

при використанні пластинчастих прямокутних ребер: \Rightarrow

$$\rho = 1,28 \cdot \left[\frac{B}{d_3} \right] \cdot \left[\frac{A}{B} - 0,2 \right]^{0,5} = 1,28 \cdot \left[\frac{30}{10} \right] \cdot \left[\frac{30}{30} - 0,2 \right]^{0,5} = 3,43, \quad (2.87)$$

ТАКИМ ЧИНОМ

$$h' = 0,5 \cdot 10 \cdot 10^{-3} \cdot (3,43 - 1) \cdot (1 + 0,35 \cdot \ln 3,43) = 0,017 \text{ м}; \quad (2.88)$$

mh' -безрозмірний комплекс:

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{np}}{\delta_p \cdot \lambda_p}}; \quad (2.89)$$

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot 31,7}{0,4 \cdot 10^{-3} \cdot 180}} = 29,6 \frac{1}{\text{м}};$$

$$m \cdot h' = 29,6 \cdot 0,017 = 0,50;$$

$$E = \frac{th(0,50)}{0,50} = 0,92.$$

Умовний коефіцієнт тепловіддавання, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елемента:

$$\alpha_{np.3} = \alpha_{np} \cdot (f_p \cdot E \cdot \psi \cdot c_k + f_{mp}) / f_3, \text{ Вт/м}^2\text{К}; \quad (2.90)$$

де c_k - коефіцієнт, що враховує контактний термічний опір між ребром і трубою;

$c_k = 0,86$ - для мідних труб з пластинчастими алюмінієвими ребрами;

ψ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддавання по висоті ребра;

$$\psi = 1 - 0,058 \cdot mh' = 1 - 0,058 \cdot 0,50 = 0,97. \quad (2.91)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		42

Таким чином,

$$\alpha_{np.3} = 31,7 \cdot \left(\frac{1,643 \cdot 10^{-3} \cdot 0,92 \cdot 0,97 \cdot 0,86 + 2,387 \cdot 10^{-4}}{1,84 \cdot 10^{-3}} \right) = 25,83 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

Коефіцієнт тепловіддавання з боку холодильного агента:

$$\alpha_a = 32 \cdot q_{F_{\text{вн}}}^{0.15} \cdot (\omega \cdot \rho)^{0.47}, \quad (2.92)$$

Де $\omega \cdot \rho$ - масова швидкість холодоагенту в трубі повітроохолоджувача, приймається за графіком [1]

Густина теплового потоку, віднесена до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{F_{\text{вн}}} = \alpha_n (t_{\text{кам}} - t_w) \cdot \beta_{\text{ін}}, \quad (2.93)$$

$$q_{F_{\text{вн}}} = 34,28 \cdot (10,87) \cdot 8,86 = 3301,4 \text{ Вт}/\text{м}^2;$$

$$\alpha_a = 32 \cdot 3301,4^{0.15} \cdot 800^{0.47} = 2496,9 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

Коефіцієнт теплопередавання повітроохолоджувача віднесений до зовнішньої поверхні інею::

$$k_3^i = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{np.3}} + \beta_{\text{ін}} / \alpha_a + \varphi \cdot \delta_{\text{мр}} / \lambda_{\text{мр}} \right)}, \quad (2.94)$$

$$k_3^i = \frac{1}{\left(\frac{1}{25,83} + 7,321 \cdot 10^{-3} / 380 + 8,86 / 2496,9 \right)} = 23,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2\text{К});$$

Густина теплового потоку, віднесена до поверхні інею:

$$q_{F_3} = k_3^i \cdot (t_{\text{ср.н}} - t_0). \quad (2.95)$$

$$q_{F_3} = 23,6 \cdot (0 + 10) = 236 \text{ Вт}/\text{м}^2$$

Коефіцієнт теплопередавання повітроохолоджувача віднесений до зовнішньої «сухої» поверхні інею:

$$k_3 = \frac{k_3^i \cdot \beta^i}{\beta^i} = \frac{23,6 \cdot 7,7}{8,86} = 20,51 \text{ Вт}/\text{м}^2 \cdot \text{К} \quad (2.96)$$

Визначаємо зовнішню поверхню повітроохолоджувача:

$$F_3 = \frac{Q_0}{k_3 (t_{\text{кам}} - t_0)} = \frac{1 \cdot 10^3}{20,51 \cdot (2 + 10)} = 4,06 \text{ м}^2. \quad (2.97)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		43

2.6.1 Конструктивний розрахунок повітроохолоджувача

Об'ємна витрата повітря через повітроохолоджувач:

$$V_n = \frac{Q_0}{\rho_n(h_1 - h_2) \cdot 10^3} = \frac{1 \cdot 10^3}{1,282 \cdot (6,87 - 2,608) \cdot 10^3} = 0,183 \text{ м}^3 / \text{с}. \quad (2.98)$$

Мінімальна «живий» переріз повітроохолоджувача з інієм на теплообмінній поверхні:

$$F_{жс} = \frac{V_n}{\omega} = \frac{0,183}{4,5} = 0,04 \text{ м}^2; \quad (2.99)$$

Площа фронтального перерізу повітроохолоджувача:

$$F_{\phi} = \frac{F_{жс} \cdot S_1 \cdot u}{f_{жс}} = \frac{0,04 \cdot 30 \cdot 10^{-3} \cdot 8 \cdot 10^{-3}}{1,008 \cdot 10^{-4}} = 0,1 \text{ м}^2 \quad (2.100)$$

Орієнтовні розміри теплообмінних секцій повітроохолоджувача у фронтальному перерізі:

Приймаємо довжину апарату: $l = 1 \text{ м}$.

$$\text{Ширина апарату: } H = \frac{F_{\phi}}{l} = \frac{0,1}{1000 \cdot 10^{-3}} = 0,1 \text{ м} \quad (2.101)$$

Орієнтовна кількість труб у фронтальному перерізі:

$$z'_n = \frac{H'}{S_1} = \frac{0,1}{30 \cdot 10^{-3}} = 3,3 \text{ приймаємо } z = 4 \text{ штуки.}$$

Тоді, дійсна ширина:

$$H = z_n \cdot S_1 = 4 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,120 \text{ м}. \quad (2.102)$$

Число ребристих елементів у фронтальному перерізі:

$$n_{жс} = \frac{F_{жс}}{f_{жс}} = \frac{0,04}{1,008 \cdot 10^{-4}} = 396 \text{ шт}. \quad (2.103)$$

Площа сухої зовнішньої поверхні одного ряду труб у фронтальному перерізі:

$$F_{n1} = f_n \cdot n_{жс} = 396 \cdot 1,84 \cdot 10^{-3} = 0,7 \text{ м}^2. \quad (2.104)$$

Орієнтовна кількість труб по ходу повітря:

$$z'_{np} = \frac{F_3}{F_{31}} = \frac{4,06}{0,7} = 5,8 \text{ приймаємо конструктивно } 6 \text{ шт}. \quad (2.105)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		44

Тоді розрахункові параметри теплообмінної секції повітроохолоджувача становитимуть:

Сумарна довжина труб в апараті:

$$\sum L = L \cdot z_{np} \cdot z_n = 1 \cdot 4 \cdot 6 = 24 \text{ м} \quad (2.106)$$

Площа зовнішньої поверхні апарату:

$$F_o = \sum L \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}} \cdot \beta = 24 \cdot \pi \cdot 810^{-3} \cdot 9.17 = 5.5 \text{ м}^2 \quad (2.107)$$

$$\text{Глибина секції: } B = S_1 \cdot z_{np} = 30 \cdot 10^{-3} \cdot 6 = 0.180 \text{ м} . \quad (2.108)$$

2.6.2 Аеродинамічний розрахунок повітроохолоджувача

Аеродинамічний опір оребреного пучка потоку повітря:

$$\Delta P = A \cdot \left(\frac{L}{d_{\text{екв}}} \right) \cdot (\omega \cdot \rho)^{1.7}, \quad (2.109)$$

де A - постійний коефіцієнт (при ретельному виконанні поверхонь)

$$A = 0,075;$$

$$d_{\text{екв}} = 0.01 \text{ м};$$

$$\omega \cdot \rho = 4,5 \cdot 1.282 = 5.769;$$

$$\Delta P = 0.0113 \cdot \left(\frac{0.180}{0.01} \right) \cdot (5.769)^{1.7} = 4 \text{ Па} .$$

За графіками напірно-витратних характеристик вентиляторів вибираємо 3 шт.

діаметр вентиляторів $D_{\text{в}} = 200 \text{ мм}$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		45

2.7 Тепловий розрахунок повітряного конденсатора

Розрахунок виконуємо для конденсатора, який входить до складу компресорно-конденсаторного агрегату: LH32E/2KES-05Y.

Для повітряного конденсатора, що проектується, приймаємо наступні вихідні дані:

Теплообмінна поверхня має пластинчасті ребра:

$d_3 = 10\text{мм}$ -зовнішній діаметр труби;

$d_{\text{вн}} = 8\text{мм}$ -внутрішній діаметр труби;

$\delta_{\text{тр}} = 1\text{мм}$ -товщина труби;

$\delta_p = 0.2\text{мм}$ -товщина ребра

$u_p = 2,5\text{мм}$ -крок між ребрами;

$S_1 = 25\text{мм}$ -крок між трубами.
 $S_2 = S_1$

$Q_k = 2,88\text{кВт}$ - теплове навантаження на конденсатор;

Середній температурний напір між R448A і повітрям

$t_{\text{в1}} = 30^\circ\text{C}$ - температура повітря на вході в апарат;

$t_{\text{в2}} = t_{\text{к}} - (3\dots6)^\circ\text{C} = 35,8^\circ\text{C}$ - температура повітря на виході з апарату;

$t_{\text{к}} = 41,8^\circ\text{C}$ - температура конденсації

$\Delta t_{\text{в}} = t_{\text{к}} - t_{\text{в1}} = 41,8 - 30 = 11,8^\circ\text{C}$

$\Delta t_{\text{м}} = t_{\text{к}} - t_{\text{в2}} = 41,8 - 35,8 = 6^\circ\text{C}$

$$\theta_{\text{с}} = \frac{\Delta t_{\text{в}} - \Delta t_{\text{м}}}{\ln\left(\frac{\Delta t_{\text{в}}}{\Delta t_{\text{м}}}\right)} = \frac{11,8 - 6}{\ln\left(\frac{11,8}{6}\right)} = 8,57^\circ\text{C}. \quad (2.110)$$

Масова витрата повітря:

$$G_n = \frac{Q_k}{c_p \cdot \Delta t} = \frac{2,88}{1,005 \cdot (35,8 - 30)} = 0,49 \frac{\text{кг}}{\text{с}} \quad (2.111)$$

Об'ємна витрата повітря:

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		46

$$V_n = \frac{G_n}{\rho_n} = \frac{0,49}{1,147} = 0,43 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (2.112)$$

Габаритні розміри конденсатора по ходу повітря:

$$A \times H = 440 \times 406 \text{ мм.}$$

A – довжина труби у фронтальному перерізі (довжина апарату);

H – висота апарату

Кількість труб по висоті:

$$n_{mp}^e = \frac{H}{S_1} = \frac{406}{25} = 16 \text{ шт.}$$

Кількість ребристих елементів на одному метрі труби:

$$n^* = \frac{1}{u_p} = \frac{1000}{2.5} = 400 \text{ шт.}$$

Довжина всіх труб у фронтальному перерізі:

$$L = A \cdot n_{mp}^e = 0,440 \cdot 16 = 7,04 \text{ м}$$

Кількість ребристих елементів по фронту:

$$z = n^* \cdot L = 7,04 \cdot 400 = 2816 \text{ шт}$$

Мінімальна «живий» переріз одного ребристого елемента:

$$f_{ж.п} = \frac{(S_1 - d_3) \cdot (u_p - \delta_p)}{1}; \quad (2.113)$$

$$f_{ж.п} = \frac{(25 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}) \cdot (2,5 \cdot 10^{-3} - 0,2 \cdot 10^{-3})}{1} = 3,45 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2.$$

Площа живого перерізу апарату:

$$F_{ж.п} = f_{ж.п} \cdot z = 3,45 \cdot 10^{-5} \cdot 2816 = 0,0971 \text{ м}^2. \quad (2.114)$$

Швидкість повітря:

$$\omega = \frac{V_n}{F_{ж.п}} = \frac{0,430}{0,0971} = 4,43 \text{ м/с} \quad (2.115)$$

Геометричні характеристики оребреної поверхні труби:

Площа теплопередавальної поверхні труби довжиною 1 м:

внутрішня:

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
						47
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$$f_{\text{вн1}} = \pi \cdot d_{\text{вн}} = \pi \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,025 \frac{\text{м}^2}{\text{м}} \quad (2.116)$$

Зовнішня несуча поверхня труби:

$$f_{01} = \pi \cdot d_3 = \pi \cdot 10 \cdot 10^{-3} = 0,034 \frac{\text{м}^2}{\text{м}}$$

Повна зовнішня поверхня ребер і міжреберних ділянок:

$$f_{31} = \frac{1}{u_p} \cdot \left[2 \cdot (S_1 \cdot S_2 - \frac{\pi \cdot d_n}{n}) + (u_p - \delta_p) \cdot \pi \cdot d_3 \right]; \quad (2.117)$$

$$f_{31} = \frac{1}{2,5 \cdot 10^{-3}} \cdot \left[2 \cdot \left(25 \cdot 10^{-3} \cdot 25 \cdot 10^{-3} - \frac{\pi \cdot (10 \cdot 10^{-3})^2}{4} \right) + (2,5 \cdot 10^{-3} - 0,2 \cdot 10^{-3}) \cdot \pi \cdot 10 \cdot 10^{-3} \right] = 0,47 \frac{\text{м}^2}{\text{м}}$$

Коефіцієнт оребрення:

$$\beta = \frac{f_{31}}{f_{\text{вн1}}} = \frac{0,47}{0,025} = 18,8 \quad (2.118)$$

Зовнішня ступінь оребрення:

$$\varphi_3 = \frac{f_{31}}{f_{01}} = \frac{0,47}{0,0314} = 15,0 \quad (2.119)$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддавання від повітря до зовнішньої поверхні труби визначимо за рівнянням Иоффе [].

Еквівалентний діаметр труби:

$$d_e = \frac{2 \cdot (S_1 - d_3) \cdot (u_p - \delta_p)}{(S_1 - d_3) + (u_p - \delta_p)} = \frac{2 \cdot (25 \cdot 10^3 - 10 \cdot 10^{-3}) \cdot (2,5 \cdot 10^{-3} - 0,2 \cdot 10^{-3})}{(25 \cdot 10^{-3} - 10 \cdot 10^{-3}) + (2,5 \cdot 10^{-3} - 0,2 \cdot 10^{-3})} = 3,988 \text{ мм} \quad (2.120)$$

При середній температурі повітря в апараті обираємо теплофізичні властивості:

$$t_n = t_k - \theta_n = 41,8 - 8,57 = 33,2^\circ \text{C} \quad (2.121)$$

$\mu = 18,85 \cdot 10^{-6} \text{ (Па} \cdot \text{с)}$ – динамічна в'язкість повітря;

$\lambda = 2,7 \cdot 10^{-2} \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ – коефіцієнт теплопровідності повітря;

$\rho = 1,147 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$ – густина повітря;

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
						48
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

$c_p = 1,005 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – теплоємність повітря.

Критерій Рейнольдса:

$$Re_e = \frac{\omega \cdot \rho \cdot d_e}{\mu} = \frac{4,43 \cdot 1,147 \cdot 3,988 \cdot 10^{-3}}{18,85 \cdot 10^{-6}} = 1075 \quad (2.122)$$

Критерій Нуссельта:

$$Nu_n = c \cdot Re^n \cdot \left(\frac{L}{d_s}\right)^m = 0,205 \cdot 1075^{0,57} \cdot (18,8)^{-0,167} = 6,71, \quad (2.123)$$

де: L – глибина апарата по ходу повітря:

$$\frac{L}{d_e} = \frac{S_1 \cdot 3}{3,988} = 18,8; \quad n = 0,45 + 0,0066 \cdot 18,8 = 0,57; \quad m = -0,28 + \frac{0,08 \cdot 1415}{1000} = -0,167;$$

$$c = A \cdot B = 0,201 \cdot 1,02 = 0,205; \quad A = 0,201; \quad B = 1,36 - \frac{0,24 \cdot 1415}{1000} = 1,02.$$

$$\alpha_n = \frac{Nu_n \cdot \lambda}{d_e} = \frac{6,71 \cdot 2,7 \cdot 10^{-2}}{3,998 \cdot 10^{-3}} = 45,33 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (2.124)$$

Визначаємо приведений коефіцієнт тепловіддавання.

Коефіцієнт ефективності ребра:

$$\rho_1 = 1,15 \cdot \frac{S_1}{d_n} = 1,15 \cdot \frac{25 \cdot 10^{-3}}{10 \cdot 10^{-3}} = 2,88 \quad (2.125)$$

$$h' = \frac{d_n}{2} \cdot (\rho_1 - 1) \cdot (1 + 0,805 \cdot \log(\rho_1)); \quad (2.216)$$

$$h' = \frac{10 \cdot 10^{-3}}{2} \cdot (2,88 - 1) \cdot (1 + 0,805 \cdot \log(2,88)) = 0,0129 \text{ м}.$$

Для алюмінія:

$$\lambda = 241 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}.$$

$$m = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_n}{\lambda_p \cdot \delta_p}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 45,33}{241 \cdot 0,2 \cdot 10^{-3}}} = 43,36 \text{ м}^{-1} \quad (2.127)$$

$$E = \frac{\tanh(m \cdot h')}{(m \cdot h')} = \frac{\tanh(43,36 \cdot 0,0129)}{(43,36 \cdot 0,0129)} = 0,907 \quad (2.128)$$

Коефіцієнт тепловіддавання, приведений до внутрішньої поверхні:

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		49

$$\alpha_{np.вн.} = \alpha_n \cdot \left(\frac{f_{з1}}{f_{вн1}} \cdot E + \frac{f_{01}}{f_{вн1}} \right) = 45,33 \cdot \left(\frac{0,442}{0,025} \cdot 0,907 + \frac{0,028}{0,025} \right) = 777,67 \frac{Вт}{м^2 \cdot К} \quad (2.129)$$

Густина теплового потоку від внутрішньої стінки труби до повітря:

$$q_n = \alpha_{np.вн.} \cdot (t_{cm} - t_{нов}); \quad (2.130)$$

$$q_n = 763,18 \cdot \theta_n; \quad (2.131)$$

Коефіцієнт тепловіддавання конденсується в горизонтальній трубі агента:

$$\alpha_a = 0,728 \cdot \sqrt[4]{\frac{\lambda'^3 \cdot \rho'^2 \cdot g \cdot r}{\mu'}} \cdot (\theta_a \cdot d_{вн})^{-0,25}; \quad (2.132)$$

$$\theta_a = t_{\kappa} - t_{cm}$$

Теплофізичні властивості робочої речовини R448A при $t_{\kappa} = 41,8^{\circ}C$

$\mu' = 1,09 \cdot 10^{-4} (Па \cdot с)$ – динамічна в'язкість рідкої робочої речовини;

$\lambda' = 0,0781 \frac{Вт}{м \cdot К}$ – коефіцієнт теплопровідності рідкої робочої речовини;

$\rho' = 1149 \frac{кг}{м^3}$ – густина рідкої робочої речовини;

$c'_p = 1,482 \frac{кДж}{кг}$ – теплоємність рідкої робочої речовини.

$r = 161,6 кДж / кг$ - прихована теплота пароутворення робочої речовини.

$$\alpha_a = 0,728 \cdot \sqrt[4]{\frac{0,0781^3 \cdot 1149^2 \cdot 9,81 \cdot 161,6 \cdot 10^3}{1,09 \cdot 10^{-4}}} \cdot (\theta_a \cdot d_{вн})^{-0,25};$$

$$\alpha_a = 1266,049 \cdot (\theta_a \cdot d_{вн})^{-0,25}$$

Густина теплового потоку від агента до стінки труби:

$$q_a = \alpha_a \cdot \theta_a. \quad (2.133)$$

$$q_a = 1266,049 \cdot (8 \cdot 10^{-3})^{-0,25} \cdot \theta_a^{0,75}$$

$$\theta_a = t_{\kappa} - t_{cm}$$

$$q_a = 4233,2 \cdot \theta_a^{0,75} \quad (2.134)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		50

Задаємося різними значеннями θ_a , тоді:

θ_a	0,5	0,75	1	1,5	2	2,5	3	3,5
q_a	2517	3411	4233,2	5737,6	5548	7119	9649	10832

Задаємося значеннями $\theta_n = (0,5...3,5)$, будемо графіки рівнянь q_a и q_n .

В точці їх перетину знаходимо значення $q_{вн}$;

$$\text{Значення } q_{вн} = 4400 \frac{Вт}{м^2}.$$

Внутрішня теплопередавальна поверхня конденсатора:

Площа внутрішньої поверхні конденсатора:

$$F_{вн} = \frac{Q_k}{q_{вн}} = \frac{2,88 \cdot 10^3}{4400} = 0,65 м^2 \quad (2.135)$$

Загальна довжина труб у конденсаторі:

$$L^* = \frac{F_{вн}}{\pi \cdot d_{вн}} = \frac{0,65}{0,025} = 26,1 м. \quad (2.136)$$

Кількість секцій:

$$z^{**} = \frac{L^*}{L} = \frac{26,1}{7,04} = 3,7. \quad (2.137)$$

Приймаємо чотири секції для одностороннього підключення конденсатора до системи.

Тоді глибина апарату:

$$B = S_1 \cdot z^{**} = 4 \cdot 25 \cdot 10^{-3} = 0,1 м. \quad (2.138)$$

2.7.1 Аеродинамічний розрахунок повітряного конденсатора

При коридорному компонуванні повітряного конденсатора аеродинамічний опір оребрених труб з пластинчастими ребрами, визначається за формулою:

$$\Delta P = A \cdot \left(\frac{L}{d_{екв}} \right) \cdot (\Omega)^{1,7}, Па, \quad (2.139)$$

де

$A = 0,07$ - для рівних поверхонь;

$d_e = 3,988 \cdot 10^{-3} \text{ м}$ - еквівалентний діаметр каналу по ходу повітря;

$4,43 \cdot 1,147 = 5,08 \frac{\text{кг}}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$ - масова швидкість;

$L_p = 0,1 \text{ м}$ - повна довжина пластини по ходу повітря;

$$\Delta P = 0,07 \cdot \left(\frac{0,1}{3,988 \cdot 10^{-3}} \right) \cdot 5,08^{1,76} = 30,67 \text{ Па}$$

H - сумарний аеродинамічний опір апарату прийняти зі співвідношення

$$H = 1,1 \cdot \Delta P = 1,1 \cdot 28,8 = 31,76 \text{ Па} \quad (2.140)$$

$$V_{II} = \frac{V_n}{n} = \frac{0,416}{1} = 0,416 \quad (2.141)$$

де:

1 - кількість вентиляторів.

2.7.2 Підбір допоміжного обладнання

У компресорно-конденсаторний агрегат включений лінійний ресивер. Місткість лінійного ресивера по робочій речовині агрегату з повітряним конденсатором вибирається залежно від холодопродуктивності агрегату. Об'єм ресивера та конденсатора повинен бути більшим за об'єм робочої речовини. Лінійний ресивер розташовується на одному рівні з конденсатором, тому конденсатор та лінійний ресивер не з'єднуються зрівняльною лінією. При визначенні об'єму ресивера слід враховувати, що заповнення його рідкою робочою речовиною не повинно перевищувати 80% об'єму.

Тому, відповідно до вимог правил техніки безпеки, розрахунковий об'єм ресиверів збільшують на 20%. Робоче заповнення ресивера становить 50%.

Ємність лінійного ресивера визначимо по діаграмі [18] $V_p = 5,32 \text{ дм}^3$.

Тип ресивера-FS36 ("Bitzer")

- Максимальне наповнення хладагентом 90%.

Маса наповнення холодоагентом -3 кг.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		52

2.8 Розрахунок вентиляції складу

Відповідно до нормативних документів додатку Д ДБН В.2.2-10-2001 «Установи охорони здоров'я» у приміщеннях складського комплексу для зберігання фармпрепаратів необхідно підтримувати температуру – 18-23⁰С, а також забезпечувати вентиляцію у приміщенні не менше 2 об/год. Стан середовища у камерах (№3,4) (зберігання наркотичних препаратів під замком) відповідає параметрам повітря у загальному обсязі складу. Вентиляцію приміщення передбачається забезпечувати даховим кондиціонером (руфтопом), що дозволить забезпечити підтримання кліматичних параметрів приміщень за необхідними нормами.

Руфтоп має можливість охолоджувати повітря у літньому режимі та підігрівати у зимовий.

Для розрахунку холодопродуктивності руфтопа приймаємо, що основні теплоприпливи припадають на припливне повітря, порівняно з теплоприпливами крізь огороження та експлуатаційними теплоприпливами . Таким чином, виконаємо розрахунок за укрупненими показниками.

Об'єм приміщення, що вентилюється:

$$V = L \cdot B \cdot H = 30,430 \cdot 12,45 \cdot 3,84 = 1454,74 \text{ м}^3 \quad (2.142)$$

Об'ємна витрата вентилязованого повітря визначаємо з розрахунку прямої схеми (кількість припливного повітря дорівнює кількості витяжного повітря):

$$L_{\text{приплив.}} = L_{\text{витяжного}} = n \cdot V = 1454,74 \cdot 2 = 2909,4 \text{ м}^3/\text{год.} \quad (2.142)$$

Кількість холоду необхідна для охолодження припливного повітря в ід 32⁰С до 18⁰С:

$$Q_0 = \frac{L_{\text{приплив.}} \cdot 0,34 \cdot (t_z - t_n)}{1000} = \frac{2909,4 \cdot 0,34 \cdot (32 - 18)}{1000} = 13,8 \text{ кВт} \quad (2.143)$$

Підбираємо даховий кондиціонер (rooftop) GREE GK-H05TCA.

Потужність по холоду 5 RT (15,5 кВт).

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		53

Потужність в режимі охолодження: 6500 Вт.

Потужність тепла 5 RT (17,5 кВт).

Напруга живлення – 3/380-415/50 Ph/V/Hz.

Витрата повітря: 2800 м3/год.

Рівень шуму: 67db(A).

Довжина: 1345 мм.

Висота: 790 мм.

Глибина: 1055 мм.



Рисунок 2.5 – Загальний вид дахового кондиціонера (rooftop)
GREE GK-H05TCA.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		54

Аеродинамічний розрахунок системи ПВ1

Загальна продуктивність руфтопа по повітрю:

- припливної системи – 0,78 м³/с (2800 м³/год);
- витяжної системи – 0,78 м³/с (2800 м³/год).

Розрахунок виконується у наступній послідовності.

Роздача повітря в приміщеннях та його видалення здійснюється через дифузори, розташовані по довгих сторонах (див. план презентація). Напрямок подавання/видалення повітря – вертикальний.

Розбиваємо мережу повітроводів на ділянки з постійною витратою повітря та постійною площею перерізу повітроводу. Ділянки нумеруємо, починаючи з найвіддаленішого по магістралі. При цьому як магістраль приймаємо повітропровід від найвіддаленішої припливної/витяжної решітки до вентилятора. Визначаємо для кожної ділянки довжину та витрату повітря.

Задаючись швидкістю повітря $w = 4$ м/с

Визначаємо необхідну площу перерізу повітроводу та вибираємо його фактичний розмір із нормалізованого ряду:

$$F = \frac{L}{w} \quad (2.144)$$

Результати підбору розмірів (довжини та ширини) проставляємо на плані.

Визначаємо фактичну швидкість повітря на ділянках:

$$w^{dii} = \frac{L}{F} = \frac{M}{F \cdot \rho} \quad (2.145)$$

Розраховуємо втрати тиску на тертя у кожній ділянці.

$$Re = \frac{v \cdot d_e}{w^{dii}}, \quad (2.146)$$

$$\lambda_{тер} = 0,11 \cdot \left(\frac{\Delta_e}{d_e} + \frac{68}{Re} \right)^{0,25}, \quad (2.147)$$

$$\Delta p_{тер} = \lambda_{тер} \frac{l}{d_e} \frac{\rho \cdot (w^{dii})^2}{2} \quad (2.148)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		55

Втрати тиску у місцевих опорах на кожній ділянці:

$$\Delta p_{MC} = \sum \xi_M \frac{\rho \cdot v^2}{2} \quad (2.149)$$

Визначаємо сумарні втрати тиску на ділянці:

$$\Delta p_i = \Delta p_{мер} + \Delta p_{MC} \quad (2.150)$$

Підсумовуємо втрати тиску на всіх ділянках магістралі та на підставі цього значення за формулою (2.151) знаходимо необхідний тиск для підбору вентилятора:

$$\Delta p'_i = (1,1 \dots 1,5) \cdot \Delta p_i \quad (2.151)$$

Результати розрахунків припливних та витяжних вентиляційних систем заносяться до таблиць 2.5 та 2.6 відповідно.

Перевірка напору вентиляторів системи ПВ1.

Припливний вентилятор

Розрахункові параметри для перевірки: задана витрата: $L = 0,78 \text{ м}^3/\text{с}$;

Необхідний тиск: $p = 1,1 \cdot \Delta p'_i = 1,2 \cdot 35,4 = 42,5 \text{ Па}$.

По діаграмі $L = f(p)$ припливний каналний вентилятор дахового кондиціонера GREE GK-H05TCA створює тиск у 120 Па, тобто. забезпечує розрахунковий режим роботи системи (каталог обладнання фірми [7])

Витяжний вентилятор

Розрахункові параметри перевірки: заданий витрата $L = 0,78 \text{ м}^3/\text{с}$; необхідний тиск: $p = 1,1 \cdot \Delta p'_i = 1,2 \cdot 33,2 = 39,8 \text{ Па}$.

По діаграмі $L = f(p)$ витяжний каналний вентилятор дахового кондиціонера GREE GK-H05TCA створює тиск у 120 Па, тобто. забезпечує розрахунковий режим роботи системи (див. каталог обладнання фірми [7]).

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		56

Таблиця 2.5. – Результати аеродинамічного розрахунку припливної вентиляційної системи

№ п.п.	Витрата повітря, м3/год	Довжина ділянки, м	Ширина повітроводу, мм	Висота повітроводу, мм	Площа повітроводу, м ²	Швидкість повітря, м/с	Діаметр (умовний), м	Динамічний. тиск, Па	Коефіцієнт шорсткості повітроводу	Сума коефіцієнтів місцевих опорів	Втрати тиску за довжиною, Па	Втрати на місцевих опорах, Па	Інші втрати тиску, Па	Сума тиску, Па	Відомість місцевих опорів та обладнання
1	285	3,0	400	250	0,10	0,79	0,308	0,4	0,1		0,1	0,00	2	2,1	Дифузор (1 шт.)
2	570	3,0	400	250	0,10	1,58	0,308	1,5	0,1	0,04	0,4	0,06	2	2,4	Перехід (звуження) $\xi=0,04$ (1 шт.); дифузор (1 шт.)
3	855	3,0	500	250	0,13	1,90	0,333	2,2	0,1		0,4	0,00	2	2,4	Дифузор (1 шт.)
4	1140	3,0	500	250	0,13	2,53	0,333	3,9	0,1	0,04	0,8	0,15	2	2,9	Перехід (звуження) $\xi=0,04$ (1 шт.); Дифузор (1 шт.)
5	1425	1,0	600	300	0,18	2,20	0,400	2,9	0,1	1,50	0,2	4,35	2	6,5	Дифузор (1 шт.); трійник на нагнітання $\xi=1,5$ (1 шт.)
6	2000	4,4	600	300	0,18	3,09	0,400	5,7	0,1	1,50	1,3	8,57		9,8	Трійник на нагнітання $\xi=1,5$ (1 шт.)
7	2800	1,5	600	300	0,18	4,32	0,400	11,2	0,1	0,75	0,8	8,40		9,2	Відведення 90° $\xi=0,75$ (1 шт.)
														35,4	

Таблиця 2.6. – Результати аеродинамічного розрахунку витяжної вентиляційної системи

№ п.п.	Витрата повітря, м ³ /год	Довжина ділянки, м	Ширина повітроводу, мм	Висота повітроводу, мм	Площа повітроводу, м ²	Швидкість повітря, м/с	Діаметр (умовний), м	Динамічний. тиск, Па	Коефіцієнт порсткості повітроводу	Сума коефіцієнтів місцевих опорів	Втрати тиску за довжиною, Па	Втрати на місцевих опорах, Па	Інші втрати тиску, Па	Сума тиску, Па	Відомість місцевих опорів та обладнання
1	400	3,0	400	250	0,10	1,11	0,308	0,7	0,1		0,2	0,0 0	2	2,2	Дифузор (1 шт.)
2	800	3,0	400	250	0,10	2,22	0,308	3,0	0,1	0,0 4	0,7	0,1 2	2	2,8	Перехід (звуження) $\xi=0,04$ (1 шт.); дифузор (1 шт.)
3	1200	3,0	500	250	0,13	2,67	0,333	4,3	0,1		0,8	0,0 0	2	2,8	Дифузор (1 шт.)
4	1600	3,0	500	250	0,13	3,56	0,333	7,6	0,1	0,0 4	1,4	0,3 0	2	3,7	Перехід (звуження) $\xi=0,04$ (1 шт.); Дифузор (1 шт.)
5	2000	2,0	600	300	0,18	3,09	0,400	5,7	0,1	1,7 5	0,6	10, 00	2	12,6	Дифузор (1 шт.); відвід 90° $\xi=0,75$ (1 шт.); трійник на всмоктування $\xi=1,0$ (1 шт.)
6	2800	1,5	600	300	0,18	4,32	0,400	11,2	0,1	0,7 5	0,8	8,4 0		9,2	Відвід 90° $\xi=0,75$ (1 шт.)
														33,2	

2.9 Розрахунок магістральних трубопроводів

Магістральні трубопроводи виконані з мідних труб.

Розрахункові швидкості робочої речовини для камер зберігання при температурі кипіння $t_0 = -10^0 C$

Усмоктувальна лінія: $\omega_{\text{вс}} = 8 \text{ м/с}$.

Нагнітальна лінія: $\omega_{\text{н}} = 10 \text{ м/с}$.

Рідинна лінія: $\omega_{\text{р}} = 0,1 \text{ м/с}$.

Масова витрата робочої речовини: $M_a = 0,0134 \text{ кг/с}$.

Питомий об'єм на всмоктуванні в компресор: $v_{\text{вс}} = 0,065 \text{ м}^3 / \text{кг}$.

Питомий об'єм на нагнітанні: $v_{\text{н}} = 0,015 \text{ м}^3 / \text{кг}$.

Питомий об'єм після конденсатора: $v_p = 9,8 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3 / \text{кг}$.

Розрахункові діаметри трубопроводів:

$$\text{всмоктуючий: } d_{\text{вс}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_a \cdot v_{\text{вс}}}{\pi \cdot \omega_{\text{вс}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0134 \cdot 0,065}{\pi \cdot 8}} = 11 \text{ мм} \quad (2.152)$$

стандартний приєднувальний розмір підбраного компресора $D_y = 16 \text{ мм } 5/8''$.

$$\text{нагнітальний: } d_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_a \cdot v_{\text{н}}}{\pi \cdot \omega_{\text{н}}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0134 \cdot 0,015}{\pi \cdot 10}} = 6 \text{ мм} \quad (2.153)$$

Стандартний приєднувальний розмір підбраного компресора: $D_y = 10 \text{ мм } 3/8''$.

$$\text{рідинний: } d_p = \sqrt{\frac{4 \cdot M_a \cdot v_p}{\pi \cdot \omega_p}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 9,8 \cdot 10^{-4} \cdot 0,0134}{\pi \cdot 1}} = 4 \text{ мм} \quad (2.154)$$

підбираємо $D_y = 6 \text{ мм}$.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		59

ОХОРОНА ПРАЦІ

Властивості суміші R-448A

Холодоагент R-448A – це безбарвний газ, «зеотропна» суміш, що містить HFO холодоагенти. Він був розроблений для заміни R-404A в нових і існуючих установках для середньо- і низькотемпературних комерційних і промислових холодильних установок. Являє собою суміш холодоагентів на базі A1 HFC / HFO, що складається з R32/(26%) R125 (26%), R134a (21%) R1234ze (7%), R1234yf (20%)/ Холодоагент R-448A володіє нульовим потенціалом руйнування озонового шару, що є позитивною характеристикою даного холодоагенту, а його потенціал глобального потепління (GWP) становить 1273 (GWP вуглекислого газу дорівнює 1).

Класифікація безпеки: A1.

Критична температура: 83,7⁰C.

Критичний тиск: 46,6 бар.

Нормальна температура кипіння (при 1,013 бар): -45,9⁰C.

Температурний глайд: 4⁰C.

Теплота пароутворення при температурі кипіння 241,1 кДж/кг.

Холодоагент R-448A негорючий, невибухонебезпечний. Його безпека класифікується як A1, група L1, що означає, що він має низьку токсичність і негорючий.

R-448A не можна змішувати з повітрям для проведення випробувань під тиском на предмет виявлення витоків. Зберігати в сухих складських приміщеннях, що забезпечують захист від сонячних променів, подалі від відкритого вогню і електронагрівальних приладів, при температурі не вище 52° C.

Категорії виробництв по вибухопожежної безпеки

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		60

Класифікація виробництва за ступенем вибухової, вибухопожежної та пожежної небезпеки відповідно до ОНТП 24-86.

Згідно з нормами технологічного проектування з вибухопожежної та пожежної небезпеки, приміщення і будівлі розділяють на категорії А, Б, В, Г і Д.

Визначають категорії шляхом послідовної перевірки відповідності приміщення вимогам, що пред'являються до кожної групи:

Машинні та апаратні відділення фреонових холодильних установок відносяться до категорії Д.

Техніка безпеки на холодильниках передбачає наступні вимоги: приміщення холодильників повинні бути забезпечені засобами пожежогасіння, всі ізольовані трубопроводи в місцях проходження через стіни і перекриття повинні мати вставки з вогнетривкого ізоляційного матеріалу, в машинному відділенні повинні бути спеціальні місця для зберігання в закритому вигляді обтиральних матеріалів (забороняється зберігання бензину, гасу та інших легкозаймистих речовин), будівельні, монтажні і ремонтні роботи із застосуванням відкритого полум'я і електрозварювання в холодильних камерах і машинних відділеннях повинні здійснюватися при наявності письмового допуску і при дотриманні протипожежних заходів.

Об'ємно-планувальні рішення

Об'ємно-планувальні рішення по розміщенню проектованої установки: всі частини холодильної установки, що містять фреон розташовують в машинному відділенні, висотою не менше 3,5 м. Машинне відділення розташовується на першому поверсі холодильника. Двері машинного відділення виходять назовні будівлі. Мінімальні розміри проходів для хладонових компресорів з об'ємною подачею менш 0.0017м³ / с складають: головний прохід від електро-щитка до виступаючих частин машин - 1.2м, між виступаючими частинами машини 1м.

Методи визначення місць витоків холодильного агента

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		61

Не щільності в хладонових холодильних установках виконують за допомогою розчину мильної емульсії, полімерних індикаторів, галоїдних ламп і витокошукачів. Перспективним способом є додавання до хладону фарбувальних індикаторів, що утворюють в місцях нещільностей стійкі колірні плями.

При контролі за допомогою розчину мильної емульсії нещільності виявляють по бульбашках, що виникають в місцях витоку. Чутливість розчину мильної емульсії невисока, контроль герметичності систем холодоагенту трудомісткий, з розчином складно працювати при мінусовій температурі навколишнього середовища. Полімерні індикатори - водні розчини природних і синтетичних полімерів з додаванням поверхнево-активних речовин, регуляторів водневого показника середовища, антифризів і барвників. Індикатори мають високу чутливість і використовуються в інтервалах температур навколишнього повітря $+5 \div +30$ °С («склад-1»). У місцях витоків полімерний склад, нанесений на контрольовану поверхню фарборозпилювачем, утворює скупчення бульбашок або «коконів» піни, які стійко зберігаються не менше 24 год.

Принцип дії галоїдних ламп заснований на властивості сполук, що містять галоїди (фтор і хлор), змінювати колір полум'я пальника в присутності нагрітої до 600 - 700 °С міді. Галоїдні витокошукачів (типу ВАГТІ-3, ГТВ-6, БГТІ-5) мають більш високу чутливість, ніж галоїдні лампи.

Принцип дії витокошукачів заснований на властивості розпеченої платини збільшувати іонну емісію зі своєї поверхні в присутності газів, що містять галоїди. При визначенні місць витоку фреону галоїдними лампами і витокошукачами приміщення машинного відділення попередньо вентилують, під час перевірки в приміщенні не повинно бути сильних припливів повітря.

Контрольно-вимірювальні прилади

На всмоктуючої і нагнітальної стороні кожного компресора повинні бути встановлені, фреонові мановакууметри і манометри зі шкалою тисків і

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		62

температур.

На кожному компресорі повинен бути встановлений манометр або мановакууметри для вимірювання тиску оливи.

Манометри і мановакууметри повинні бути не нижче 2,5 за ГОСТом 8625-65

Манометри і мановакууметри повинні перевірятися і пломбуватися в установленому порядку не рідше одного разу на рік, а також після кожного ремонту. Крім того, не рідше одного разу в 6 місяців підприємством повинна проводитися додаткова перевірка робочих манометрів контрольним із записом результатів в журнал контрольних перевірок.

При відсутності контрольного манометра дозволяється додаткову перевірку проводити перевіреним робочим манометром.

Манометри повинні бути встановлені так, щоб їх показання були чітко видні обслуговуючому персоналу; циферблат повинен бути розташований у вертикальній площині або з нахилом вперед до 30 °.

Манометри і мановакууметри, встановлені на висоті вище 3,5 м від рівня площадки для обслуговування, повинні бути діаметром не менше 200 мм.

Не допускається застосовувати манометри і мановакууметри у випадках, коли відсутня пломба або клеймо, прострочений термін повірки, а також з розбитим склом або іншими ушкодженнями, що можуть відбитися на правильності їх показань.

Запірні вентилі повинні встановлюватися: на кожній всмоктуючої і нагнітальної лініях компресора; на кожному вхідному і вихідному патрубках забірників рідкого фреону (ресивера, кожухотрубного випарника).

Забірники рідкого фреону (ресивер) повинні забезпечуватися показчиками рівня рідини.

Арматура повинна бути доступна для зручного і безпечного обслуговування і ремонту.

Фреонова установка повинна бути забезпечена реле тиску, яке зупиняє

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		63

компресор в разі підвищення надлишкового тиску нагнітання. Це реле має бути приєднано до запірною нагнітального вентиля компресора по ходу фреону. На кожному компресорі має бути встановлено реле контролю змащення, яке зупиняє компресор в разі зниження тиску в системі змащення до нижнього допустимого рівня.

Компресори з охолоджувальною водяною сорочкою повинні забезпечуватися автоматичним приладом (реле витрати, реле тиску та ін.), який зупиняє компресор в разі припинення надходження води в охолоджувальну сорочку.

Так як компресори з'єднані паралельно, то вони повинні бути забезпечені автоматичними пристроями, (зворотний клапан, реле рівня і ін.), Що запобігають перехід оливи з одного компресора в інший (інші).

Правила безпеки при обслуговуванні

Планові огляди і ревізії установки повинні проводитися відповідно до затвердженого графіка, складеного з урахуванням рекомендацій заводу-виготовлювача і експлуатаційних умов кожної установки.

Огляд і попереджувальний ремонт системи заземлення повинні проводитися відповідно до вимог "Правил технічної експлуатації та безпечного обслуговування електроустановок промислових підприємств".

Закривати нагнітальний вентиль компресора дозволяється тільки після усунення можливості його автоматичного пуску.

Вимірювання лінійного мертвого простору компресора виробляється тільки при ручному повертанні вала.

Забороняється експлуатувати запірну арматуру з пошкодженими маховичками, що утрудняють відкриття і закриття посудин, апаратів і балонів.

Щоб уникнути заклинювання вентилів, які не мають зворотного ущільнення сальника при виведеному маховику, забороняється тримати їх у відкритому вщерть положенні. Якщо за умовами експлуатації запірний вентиль необхідно відкривати на максимальний прохід, то його спочатку слід

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		64

відкрити повністю, а потім повернути назад, приблизно на 1/8 обороту маховика.

Манометри і мановакууметри повинні перевірятися і пломбуватися в установленому порядку не рідше одного разу на рік, а також після кожного ремонту. Крім того, не рідше одного разу в 6 місяців підприємством повинна проводитися додаткова перевірка робочих манометрів контрольним із записом результатів в журнал контрольних перевірок.

При відсутності контрольного манометра допускається додаткову перевірку проводити перевіреним робочим манометром.

Користування несправними автоматичними приладами забороняється. Перевірка приладів автоматичного захисту повинна проводитися не рідше одного разу на рік зі складанням акта.

Знімати огороження з працюючого обладнання забороняється.

Забороняється одночасно закривати вхідний і вихідний вентиля на апаратах, заповнених фреоном більш ніж на 80% обсягу.

Витік фреону слід усувати негайно при її виявленні. У разі значного витоку фреону слід негайно зупинити компресор, включити вентиляцію або відкрити вікна і двері, і усунути витік.

Підтягування болтів у фланцевих з'єднаннях, а також повну або часткову заміну сальникової набивки запірної арматури дозволяється проводити тільки після зниження тиску фреону в пошкодженій ділянці до атмосферного і відключення цієї ділянки від решти системи.

При огляді внутрішніх частин фреонових компресорів і апаратів дозволяється для цілей освітлення користуватися тільки переносними лампами напругою не вище 36 в або електричними кишеньковими і акумуляторними ліхтарями. Користуватися для освітлення відкритим полум'ям забороняється.

При додаванні фреону в установку слід керуватися вказівками, що відносяться до заповнення установки.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		65

У разі заповнення балонів фреоном з установки дозволяється використовувати лише балони з не простроченим терміном перевірки. Норма заповнення на 1 л ємності не повинна перевищувати 1,1 кг фреону.

Електробезпека

Класифікація приміщення за ступенем небезпеки ураження електричним струмом

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

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

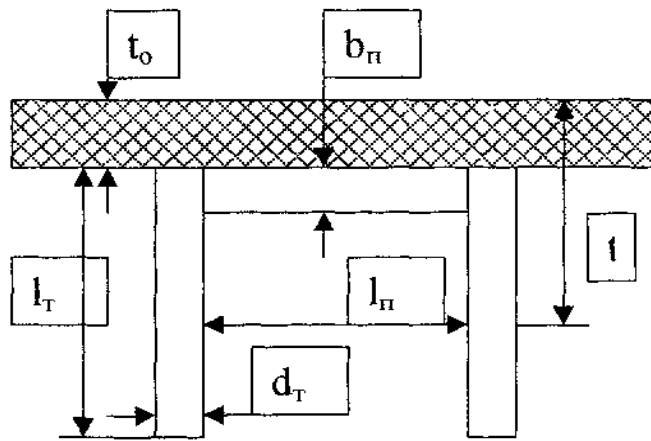
Машинні та апаратні зали фреонових холодильних установок відносяться до приміщень з підвищеною небезпекою.

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

Розрахунок заземлюючого пристрою

Захисному заземленню та зануленню підлягають металеві струмопровідні частини електрообладнання, які через несправність ізоляції можуть опинитися під напругою. На нашому підприємстві до них відносяться: корпус компресорів, відцентрових аміачних насосів і вентиляторів.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		66



Початкові дані:

Напруга - 380 В, тому опір нового заземлюючого контуру має бути [R] ≤ 4 Ом;

Умова розрахунку:

Ґрунт - глина, для якої питомий опір $\rho = 30$ Ом·м.[1]

Розрахунок:

Заземлювач виконан з труби (труба $d_m = 0,03$ м и довжиною $l_m = 2$ м., діаметр и довжина одиночного стрижня).

Труби між собою з'єднані сталевую смугою шириною $b_n = 0,04$ м. Труби забиті так, щоб верхній край був нижче рівня землі на глибину $H_0 = 0,5$ м

$t_0 = 0,5$ м на цій же глибині розміщена смуга.

Опір одного стрижня заземлювача:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l_m} \left(\ln \frac{2l_m}{d_m} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l_m}{4t - l_m} \right)$$

$$R = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 2} \left(\ln \frac{2 \cdot 2}{0,03} + \frac{1}{2} \ln \frac{4 \cdot 1,5 + 2}{4 \cdot 1,5 - 2} \right) = 18,746 \text{ Ом}$$

1) Середній питомий опір ґрунту: $\rho = \rho_\phi \cdot \psi = 30 \cdot 1,5 = 45$ Ом/м

ρ - питомий опір ґрунту;

ψ - кліматичний коефіцієнт, який враховує сезонні коливання опору ґрунту

2) d_m - зовнішній діаметр труби;

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
						67
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		

3) t - глибина центру труби;

$$t = 0,5l_m + t_0$$

$$t = 0,5 \cdot 2 + 0,5 = 1,5 \text{ м}$$

Приймаємо відстань між стрижнями заземлювачів, довжину одиночної смуги $l_n = 2 \cdot l_n = 4 \text{ м}$;

Кількість вертикальних заземлювачів:

$$n = \frac{R}{[R]} = \frac{18,8}{4} = 4,7 \text{ шт}$$

Округлимо отримане значення до найближчого стандартного значення 2, 4, 6, 20

Приймаємо $n = 6$ шт.

Опір системи вертикальних заземлювачів:

$$R_g = \frac{R}{n \cdot \eta_g}, \text{ где}$$

$\eta_g = 0,77$ – коефіцієнт використання вертикальних систем заземлення; [5]

$$R_g = \frac{18,8}{6 \cdot 0,77} = 4,06 \text{ Ом}$$

Довжина горизонтального заземлювача:

$$L = l_n(n-1)$$

$$L = 4(6-1) = 20 \text{ м}$$

Опір горизонтального заземлювача:

$$R_z = \frac{\rho}{2 \cdot \pi \cdot L \cdot \eta_z} \ln \frac{2L^2}{b_n \cdot t_0}$$

$$R_z = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 0,84} \ln \frac{2 \cdot 20^2}{0,04 \cdot 0,5} = 4,514 \text{ Ом}$$

Опір групових заземлювачів:

$$R_{zp} = \frac{R_g \cdot R_z}{R_g + R_z}$$

$$R_{zp} = \frac{4,06 \cdot 4,514}{3,68 + 4,514} = 2,137 \text{ Ом}$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		68

Що менше допустимого $[R] = 4 \text{ Ом.}[1]$

Висновок

Заземлення контуру складається з шести труб довжиною 2 м забитих на відстані один від одного 4 м, на глибину від верхнього рівня землі на 0,5 м, і у верхній частині мають з'єднання смугою шириною 0,04 м.

Пожежна профілактика

Протипожежні вимоги

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

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

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

До всіх будівель і споруд повинен бути забезпечений вільний доступ.

Засоби пожежної автоматичної сигналізації

Надійний пожежний зв'язок і сигналізація грають важливу роль в своєчасному виявленні пожеж і виклику пожежних підрозділів до місця пожежі.

За призначенням пожежі зв'язок поділяється на три види: зв'язок сповіщення, призначена для виклику пожежних частин (команд) на пожежу; диспетчерська, призначена для повсякденного керівництва та управління пожежною охороною; зв'язок на пожежі, призначена для керівництва пожежними підрозділами під час гасіння пожеж.

Приймальні станції, отримуючи сигнал з сповіщувачів, перетворюють їх в звукові і світлові сигнали, а в деяких випадках автоматично включають

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		69

обладнання пожежогасіння.

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

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

Системи автоматичного пожежогасіння (первинні засоби пожежогасіння, пожежний інвентар)

Для автоматичного гасіння пожежі розпорошеної водою використовуються спрінкерні і дренчерні установки. Вони діють в залежності від температури повітря в приміщенні.

Вогнегасні засоби

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

Припинення горіння досягається шляхом зниження температури в осередку горіння, створенням таких умов, коли швидкість тепловіддавання перевищить швидкість тепловиділення. В основі принципу припинення горіння полягає ізоляція палаючого матеріалу від доступу кисню повітря. Вода і водні розчини - найбільш поширені і ефективні засоби боротьби з пожежами.

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

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

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		70

Протипожежне озброєння та інвентар

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

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

Вогнегасник ОХП-10 хімічний, пінний (модель 10). Забороняється застосовувати цей тип вогнегасників при гасінні палаючих електроустановок, що знаходяться під напругою, так як утворюється піна електропровідна. Час роботи вогнегасника 60-65 с, тому необхідно приводити його в дію безпосередньо у вогнища пожежі і струмінь піни направляти в палаючий предмет.

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

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

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

Встановлюється пожежний щит в місцях, які можуть гарантувати швидкий доступ до протипожежного обладнання в разі загоряння. Пожежні щити є відкритим стендом і як правило встановлюються на територіях, що охороняються, складах і т.ін.

Розрахунок пожежної водойми

Розрахунок недоторканного запасу води в резервуарі виходить з

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		71

можливості кількості одночасних пожеж, розрахункової продуктивності їх і витрата води в період пожежі:

Обсяг пожежного резервуара:

$$V = \frac{k \cdot q \cdot n \cdot \tau}{1000} \cdot 3600,$$

де

τ - розрахункова тривалість пожежі, для будівель категорії Д $\tau = 3$ ч.;

q - питоме водоспоживання $q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$;

k - коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання $k = 1$;

n - кількість людей.

$$V = \frac{1 \cdot 20 \cdot 1 \cdot 3}{1000} \cdot 3600 = 216 \text{ м}^3$$

Розрахунок виробничого освітлення

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення, що створюється світлом неба (прямим і відбитим), штучне, здійснюване електричними лампами, і поєднане, при якому в світлий час доби недостатнє за нормами природне освітлення доповнюється штучним.

Для загального штучного освітлення компресорного цеху приймаємо лампи накалювання, так як значення напруги можуть знижуватися до 90% номінальної напруги.

Вибір загальної, верхньої системи освітлення по гігієнічним параметрам дає рівномірний розподіл світла.

Для ламп накалювання приймаємо найбільш поширені світильники прямого світла УПМ-15.

Відношення відстані між лампами і висоти до робочого місця приймаємо

$$L_k / H_p = 1,5, \text{ тогдa } L_k = H_p \times 2 = 3,2 \times 1,5 = 4,8 \text{ м}$$

кількість світильників

$$N = (A \times B) / L_k^2 = (6 \times 6) / 4,8^2 = 1,56 \text{ шт.}$$

Приймаємо кількість світильників $N = 2$ шт. Розраховуємо світловий потік від однієї лампи.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		72

$$\Phi_n = (E_n \times k \times z \times S) / (N \times \eta)$$

де

E_n - нормована мінімальна освітленість, лк; приймаємо

$E_n=150$ лк;

S - площа освітлюваного приміщення, м²; $S=36$ м²;

z - коефіцієнт мінімальної освітленості, $z=1,15$;

N - кількість світильників, шт; $N=2$ шт;

η - коефіцієнт використання світлового потоку ламп, залежить від висоти підвісу світильників, показника приміщення i , відбиття від стін і стелі, $\eta=0,42$ [5];

Визначаємо показник приміщення i

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

де A и B - два характерних розміра приміщення.

$$i = 6 \times 6 / 3,2(6 + 6) = 0,937$$

$$\Phi_n = (150 \times 1,15 \times 1,3 \times 36) / (2 \times 0,42) = 9100 \text{ лм}$$

Приймаємо 1 лампу накаливання, марки НГ-53 з світловим потоком 8000 лм., І потужністю 500Вт. потужність

Розрахунок системи вентиляції

Пускові пристрої аварійної вентиляції розміщують як всередині вентилязованих приміщень (біля виходів), так і поза ними, на зовнішній стіні будівлі. Пристрої для пуску аварійної вентиляції, розміщені зовні, блокують з пристосуваннями для відключення живлення силового електрообладнання холодильної установки.

Машинне відділення повинно бути забезпечено опаленням і вентиляцією відповідно до вимог «Санітарних норм проектування промислових підприємств (СН 245-63). Припливна і витяжна (вона ж аварійна) вентиляція повинна бути примусовою з кратністю циркуляції не менше 3.

Припливні і витяжні повітроводи рекомендується розміщувати на протилежних стінах машинного залу.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		73

Розрахунок системи вентиляції виробляємо по кратності вентиляції по галузевим нормам.

Приплив $k = 3$

Витяжка $k = 4$

Аварійна $k = 6$

Продуктивність вентиляції:

$$L = V_{к.ц.} \cdot k = 216 \cdot 3 = 648 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L = V_{к.ц.} \cdot k = 216 \cdot 4 = 864 \text{ м}^3/\text{ч}$$

$$L = V_{к.ц.} \cdot k = 216 \cdot 6 = 1296$$

Потужність електродвигуна:

$$N_{эл.дв.} = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{вент}} = \frac{1,2 \cdot 648 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,85} = 0,06 \text{ кВт}$$

$$N_{эл.дв.} = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{вент}} = \frac{1,2 \cdot 864 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,85} = 0,08 \text{ кВт}$$

$$N_{эл.дв.} = \frac{k \cdot L \cdot H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{вент}} = \frac{1,2 \cdot 1296 \cdot 250 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,85} = 0,127 \text{ кВт}$$

Підібрані вентилятори

Вид вентиляції	Марка вентилятора	$N_{эл}$	n
Припливна	Vent160L	0,127кВт	1400об/хв
Витяжна	Vent160L	0,160 кВт	1400об/хв.
Аварійна	Vent160L	0,237 кВт	1400об/хв

Долікарська допомога

Симптоми отруєння при вдиханні повітря з високими концентраціями фреонів або продуктів їх розкладу проявляються через 30 - 60 хв. З'являється головний біль, слабкість, почастишення пульсу і дихання, можуть спостерігатися нудота і блювота. При попаданні рідких фреонів на шкіру і в очі можливо обмороження шкіри і пошкодження очей. Обслуговуючий

персонал холодильної установки повинен вміти надавати першу допомогу постраждалим при отруєнні і ураженні холодоагентом.

При задусі, викликаной нестачею кисню в приміщенні, заповненому газоподібним фреоном, необхідно негайно вивести потерпілого на свіже повітря. Рекомендується пити (міцний солодкий чай, каву, лимонад), вдихання кисню протягом 30-45 хвилин. У разі припинення дихання слід робити штучне дихання до приходу лікаря. При попаданні фреону в очі їх промивають струменем води кімнатної температури під невеликим тиском і закачують в очі стерильне вазелінове масло, після чого необхідно негайно звернутися до лікаря.

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

При попаданні фреону в очі необхідно провести рясне промивання очей струменем чистої води. Потім слід до приходу лікаря надіти темні захисні окуляри. Не забинтовувати очі, не накладати на них пов'язок. При попаданні фреону на шкіру можна очікувати відмороження. Слід занурити уражену кінцівку в теплу воду (35-45 ° С) на 5-10 хвилин або зробити загальну ванну в разі ураження великій поверхні тіла. Осушити шкіру після ванни не розтиранням, а прикладаючи рушник, який добре вбирає воду. Після цього слід на пошкоджену ділянку накласти мазеву пов'язку або змастити пошкоджену поверхню маззю. При відсутності мазі можна використовувати несолоне вершкове або соняшникову олію. У разі появи бульбашок ні в якому разі їх не розкривати, а накласти мазеву пов'язку прямо на бульбашки.

Засоби для першої долікарської допомоги

1. Нашатирний спирт (для дихання).
2. Валеріанові краплі.
3. Двовуглекисла сода (для промивання очей і порожнини горла).
4. Мазь Вишневського або пеніцилінова мазь (для змащування пошкодженої поверхні шкіри).

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		75

5. Темні захисні окуляри.
6. Стерильний матеріал (серветки, вата, бинти).
7. Дерев'яні лопатки (для взяття і накладення мазі).
8. У спеціально відведеному місці слід мати балон з медичним киснем і обладнанням до нього.

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

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		76

ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ РОБОТИ

Розрахунок вартості виконання кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня бакалавра

Формування стрічкового графіку виконання роботи

Плани підготовки кваліфікаційної роботи бакалавра формують з використанням різних моделей, одна з яких стрічковий графік.

Стрічковий графік - графічна модель з переліком робіт, що виконуються, з зазначенням часу початку робіт, часу завершення робіт і тривалості всієї роботи. Формування стрічкових графіків вимагає розрахунків трудомісткості і тривалості кожної роботи і кількості виконавців. Для цих розрахунків потрібні нормативи трудомісткості виконання робіт, диференційованих за такими ознаками, як ступінь новизни, складності, формат креслень.

Перевагами стрічкового графіка є простота, наочність, можливість відображення змісту і багатьох організаційно-економічних характеристик робіт.

Загальний термін роботи 3 місяці, з 29 березня по 10 червня 2023 року з урахуванням вихідних і святкових днів. Кількість робочих календарних днів за цей період складає 50 (5-ти денний робочий тиждень).

На підставі даних таблиці 7 складемо календарний графік виконання робіт, що відображає тривалість кожного виду робіт у вигляді відрізків часу, які розташовуються відповідно до послідовності виконання робіт (рис. 2.5).

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		77

Таблиця 1– Дані для створення стрічкового графіка

Стадія №	Назва стадії	Трудовіткість робіт (посада виконавців)	Тривалість, доба
1	Розробка та затвердження технічного завдання	Здобувач/ доцент	0/1
2	Вивчення технічного завдання	Здобувач доцент	1/0
3	Огляд і вивчення літератури	Здобувач / доцент	4/6
4	Розробка математичної моделі об'єкта	Здобувач /доцент	2/0
5	Вибір метод дослідження	Здобувач/ доцент	0/1
6	Адаптація методів дослідження до практичного застосування	Здобувач /доцент	2/0
7	Теплові і конструктивні розрахунки елементів об'єкта	Здобувач /доцент	20/0
8	Розробка креслень і графічних моделей.	Здобувач /доцент	9/0
9	Розробка додаткової інформації згідно до завдання	Здобувач /доцент	4/
10	Попередня перевірка виконання роботи	Здобувач/ доцент	0/4
11	Оформлення пояснювальної записки та матеріалу до презентації	Здобувач/ доцент	5/2
12	Обговорення та затвердження результатів роботи	Здобувач/ доцент	1/1
13	Підготовка матеріалів роботи до захисту	Здобувач /доцент	2/1
Разом:			50/10

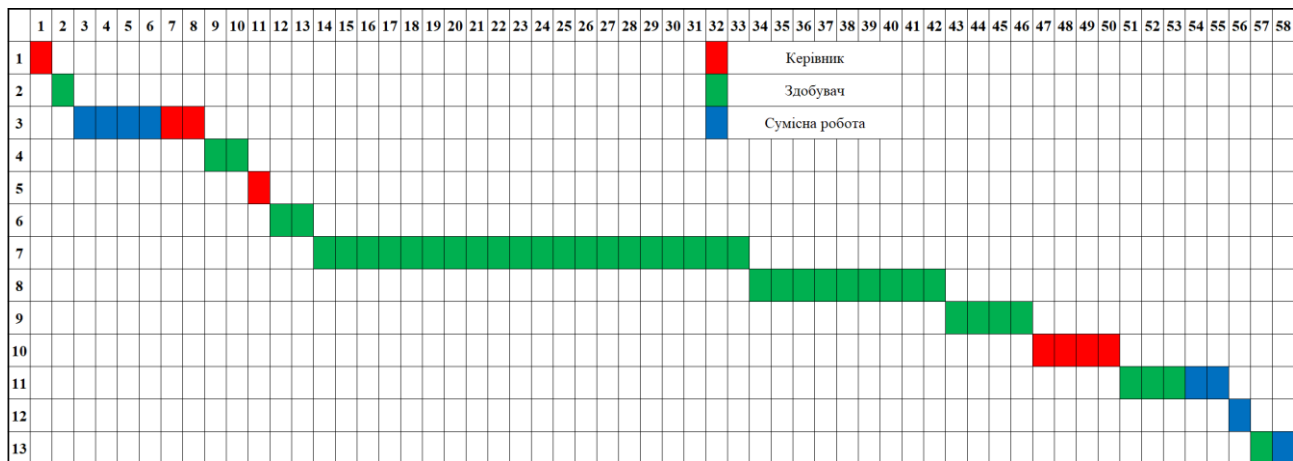


Рисунок 1– Стрічковий графік виконання роботи

Розрахунок вартості досліджень і розробок

Кошторис витрат на кваліфікаційну роботу являє собою вартісну оцінку використуваних у процесі виконання роботи матеріалів, енергії, основних фондів, трудових ресурсів, а також інших витрат на її створення та захист.

Витрати, що утворюють кошторис, групують відповідно до їх економічного змісту за такими елементами:

- матеріальні витрати;
- вартість робочої сили;
- амортизація основних засобів;
- інші витрати.

Матеріальні витрати

Таблиця 2. Перелік матеріальних витрат

Назва	Одиниці	Кількість	Ціна за одиницю, грн.	Сума, грн.
Канцелярські товари	шт.	5	100	500
USB флеш-пам'ять	шт.	1	350	350
Чорнило для лазерного принтера	шт.	1	350	250
Разом				1100

Витрати на електроенергію включають до статті матеріальних витрат

$$B_{el} = N \cdot c_{el} \cdot \tau_g \quad (1)$$

де, N – енергоспоживання обладнання кВт/год; c_{el} – вартість 1 кВт.год, гривень; τ_g – час використання обладнання під час робіт, год.

Для роботи використовували персональний комп'ютер потужністю 350Вт і принтер потужністю 10Вт. У ПІВМ є час: 50 днів, 6 годин на добу, принтера - 6 хвилин.

Вартість 1кВт електроенергії становить – 1,68 грн/кВт.

Вартість електроенергії становить:

$$B_{el} = 0,35 \cdot 1,68 \cdot 50 \cdot 6 + 0,01 \cdot 1,68 \cdot 0,1 \cdot 50 = 184, \text{ грн.}$$

Загалом матеріальні витрати дорівнюють:

$$\sum B = B_m + B_{el} = 1100 + 184 = 1284 \text{ грн.} \quad (2)$$

Витрати на заробітну плату включають заробітну плату керівника (доцента), і стипендію студента.

Заробітна плата нараховується, виходячи із ставки розробника і часу, що витрачається на виконання роботи.

Доцент має ставку 10981 гривень, студент має ставку 2550 гривень.

Виходячи з витрат часу на розроблення (керівник - 10 днів, студент - 50 днів), зарплата дорівнює:

$$Z_{кер} = \frac{10981}{22} \cdot 10 = 4991, \text{ грн} - \text{ зарплата керівника} \quad (3)$$

$$Z_{ст} = \frac{2550}{22} \cdot 50 = 5795,45 \text{ грн} - \text{ зарплата студента} \quad (4)$$

Витрати на заробітну плату:

$$\sum Z = Z_{кер} + Z_{ст} = 4991 + 5795,45 = 10786,45 \text{ грн.} \quad (5)$$

Додаткова зарплата становить 15% від основної суми:

$$Z_{дод} = \sum Z \cdot 0,15 = 10786,45 \cdot 0,15 = 1617 \text{ грн.} \quad (6)$$

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		80

Фонд оплати праці:

$$\Phi_{зп} = З_{\text{доо}} + \sum З = 1617 + 10786,45 = 12404,4 \text{ грн.} \quad (7)$$

Загальні прямі витрати

$$\sum B_{\text{пр}} = \Phi_{зп} + \sum B = 12404,41 + 1284 = 13688,41 \text{ грн.} \quad (8)$$

Таблиця 3. Необхідні витрати

Назва витратних позицій	Сума, грн.	Відсоток
Матеріальні витрати, $\sum B$	1284	9,38
Витрати на заробітну плату, $\Phi_{зп}$	12404,4	90,6
Загальна вартість, $\sum B_{\text{пр}}$	13688,41	100

Орієнтована вартість виконання бакалаврської роботи становить 13688гр

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У роботі проведено валідаційні дослідження системи холодопостачання камер зберігання фармпрепаратів у фармацевтичному центрі.

2. Ізоляційна конструкція камер, що пропонується в роботі відповідає вимогам, які висуваються до зберігання лікарських засобів.

3. Енергетичний аналіз циклу холодильної системи показав:

- робоча речовина, що використовується в холодильній системі, має низький рівень деградації навколишнього середовища, безпеку та адаптацію до необхідних робочих температур;
- холодильна система має споживану потужність 0,79 кВт;
- дійсний коефіцієнт перетворення системи становить 2,6.
- холодильна система відповідає вимогам енергоефективності.

4. Розрахунок вентиляції камер зберігання наркотичних препаратів виконаний відповідно до нормативних документів, що пред'являються до приміщень «Установи охорони здоров'я». Підбрано прецизійний кондиціонер типу "руфтоп"

5. Проведене дослідження показало, що розроблена система холодопостачання відповідає всім вимогам, які пред'являються до зберігання фармпрепаратів.

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		82

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. https://www.who.int/countries/eth/areas/immunization/epi_logistics/en/index1.html (accessed 28.03.23).
2. <https://www.sgs.com/en-ca/services/good-distribution-practices-gdp-certification-for-pharmaceutical-industry> (accessed 28.03.23).
3. Evans JA, Hammond EC, Gigieli AJ, Foster AM, Reinholdt L, Fikiin K, Zilio C. Assessment of methods to reduce the energy consumption of food cold stores. *Appl Therm Eng* 2014;62:697-705.
4. Choi S, Oh J, Hwang Y, Lee H. Life cycle climate performance evaluation (LCCP) on cooling and heating systems in South Korea. *Appl Therm Eng* 2017; 120:88–98.
5. https://www.researchgate.net/publication/305741519_Experimental_evaluation_and_field_trial_of_low_GWP_r404a_replacements_for_commercial_refrigeration(accessed 10.04.23).
6. Francis C, Maidment G, Davies G. An investigation of refrigerant leakage in commercial refrigeration. *Int J Refrigeration* 2017;74:12–21.
7. https://man.kievclimate.com/man/Gree/Rooftop/Rooftop%20v2021/Rooftop%20SJ00553239%20T3%20TSG%20v_2021.09.07.pdf (accessed 25.04.23).
8. Cardoso BJ, Lamas FB, Gaspar AR, Ribeiro JB. Refrigerants used in the Portuguese Food Industry: Current Status. *Int J Refrigeration* 2017; 83:60–74.
9. The European Parliament and the Council of the European Union. Regulation (EU) No 517/2014 of the European Parliament and the Council of 16 April 2014 on fluorinated greenhouse gases and repealing Regulation (EC) No 842/2006. *Off J Eur Union* 2014;150: 195–230.
10. Oruç, V, Devocioğlu, AG, Ender S. Improvement of energy parameters using R442A and R453A in a refrigeration system operating with R404A. *Appl Therm Eng* 2018;129:243– 9

					КРБ.КТ.1.490-03.2.10	лист
Змін.	лист	№ докум.	підпис	Дата		83

11. McLinden MO, Kazakov Andrei F, Brown JS, Domanski P. A thermodynamic analysis of refrigerants: Possibilities and tradeoffs for Low-GWP refrigerants. *Int J Refrigeration* 2014;38:80–92
12. Mota-Babiloni A, Makhnatch P, Khodabandeh R. Recent investigations in HFCs substitution with lower GWP synthetic alternatives: Focus on energetic performance and environmental impact. *Int J Refrigeration* 2017;82:288-301.
13. Холодильні установки [Текст]: підручник / І. Г. Чумак, В. П. Чепуренко, С. Ю. Лар`яновський, Е. Г. Парцхаладзе ; під заг. ред. І.Г. Чумака; Одес. держ. акад. холоду. — Одеса : Рефпринтінфо, 2003. — 536 с : іл.
14. Основи проектування холодильників [Текст]: навч. посіб. / Г. К. Мнацаканов. — Одеса: ОДАХ, 2006. — 58 с.
15. Апарати холодильних установок. В двох томах. Том1 [Текст]: / А.Ю. Лагутін— Одеса: ОДАХ, 2003. — 141с.
16. Cengel Y.A., Boles M.A. *Thermodynamics. An Engineering Approach*. 8th ed. — New York: McGraw-Hill, 2015. — XXVI, 996 p.
17. Roy J. Dossat, Thomas J. Horan *Principles of Refrigeration*. 5th edition — Pearson, 2001 —464 p.
18. *Refrigeration: Theory, Technology and Applications (Mechanical Engineering Theory and Applications)* UK ed. Edition by Mikkel E. Larsen (Editor) — Nova Science Pub Inc; UK ed. edition, 2011. – 555 p.
19. <https://www.arma.org.au/wp-content/uploads/2017/03/refrigeration-theory-and-applications.pdf> (accessed 20.04.23).