

Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»
 Завідувач кафедри теплотехніки
к.т.н., доцент Г.О. Кобалава
« 10 » 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти **«бакалавр»**

на тему **«Розробка проєкту холодильної установки для спеціалізованих
комор судна рефрижераторного дедвейтом $Dw=6455$ т »**

Виконав: студент IV курсу, групи **4257**
спеціальності
142 «Енергетичне машинобудування»
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)
«Холодильні машини і установки»
(назва освітньо-професійної програми)

 **Роман МАКСИМОВ**
(прізвище та ініціали)
Керівник **Дмитро КОНОВАЛОВ**
(прізвище та ініціали)
Рецензент **Артем ГРИЧ**
(прізвище та ініціали)

Херсон – 2025

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
(повне найменування вищого навчального закладу)
Інститут, факультет ХННІ НУК, енерготехнічний факультет
Кафедра теплотехніки
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
Галузь знань 14 «Електрична інженерія»
(шифр і назва)
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
(шифр і назва)
Освітньо-професійна програма «Холодильні машини і установки»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

к.т.н., доц. І.В. Калініченко

« 12 » 03 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

здобувача Максимов Роман Віталійович, група 4257

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Розробка проєкту холодильної установки для спеціалізованих комор судна рефрижераторного типу дедвейтом Dw=6455 т»**

керівник роботи **Коновалов Дмитро Вікторович, д.т.н., професор**

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені розпорядженням директора ХННІ НУК від « 12 » березня 2025 року № 7

2. Термін подання студентом роботи « 10 » 06 2025 року.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ.

Розділ 1. Загальна характеристика об'єкту, комплексу рефрижерації

Розділ 2. Теплові розрахунки комплексу рефрижерації

2.1. Вибір параметрів повітря і води в залежності від району та параметрів продуктів, що зберігаються необмежений район плавання, заморожена риба

2.2. Вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщення, що охолоджується

2.3. Розрахунок теплоприпливів у приміщення, що охолоджується

2.4. Вибір системи охолодження та холодильного агенту

Розділ 3. Проектування холодильної машини

3.1. Побудова циклу холодильної машини на *pI*-діаграмі та його розрахунок

3.2. Підбір холодильного компресора, теплообмінних апаратів та іншого устаткування холодильної установки

3.3. Розміщення обладнання холодильної установки

Розділ 4. Конструктивний розрахунок теплообмінника (охолоджувача, нагрівача, випарника, конденсатора) кожухотрубного конденсатора

Розділ 5. Розробка принципової схеми холодильної машини з елементами автоматизації

Розділ 6. Охорона праці розрахунок заземлення СХУ

Висновки.

Список використаних літературних джерел.

Розрахунково-пояснювальна записка (60...80 сторінок тексту, набраному на комп'ютері) повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

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

1. Креслення приміщення, що охолоджується, з ізоляцією та приладами охолодження – 1 аркуш формату А1.
2. Принципова схема та цикл холодильної машини на -діаграмі – 1 аркуш формату А2.
3. Принципова схема системи автоматизації холодильної установки – 1 аркуш формату А2.
4. Компонувальне креслення компресора, компресорно-конденсаторного агрегату або холодильної машини – 1 аркуш формату А1.
5. Креслення теплообмінника кожухотрубного конденсатора – 1 аркуш формату А1.

5. Дата видачі завдання «12» 03 2025 року.

Дата представлення на кафедру «10» 06 2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

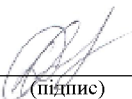
№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ + розділ 1	12 березня	виконано
2.	Розділ 2 + креслення приміщення, що охолоджується	до 30 березня	виконано
3.	Розділ 3 + креслення принципової схеми та циклу холодильної машини на <i>pI</i> -діаграмі	до 20 квітня	виконано
4.	Компонувальне креслення компресора, компресорно-конденсаторного агрегату або холодильної машини	до 10 травня	виконано
5.	Розділ 4 + креслення теплообмінника	до 30 травня	виконано
6.	Розділ 5 + креслення принципової схеми холодильної машини з елементами автоматизації	до 05 червня	виконано
7.	Розділ 6 + висновки	до 05 червня	виконано
8.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедру	до 10 червня	виконано
9.	Кафедральний захист кваліфікаційної роботи		

Здобувач


(підпис)

Роман МАКСИМОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Дмитро КОНОВАЛОВ
(прізвище та ініціали)

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	«Розробка проекту холодильної установки для спеціалізованих комор судна рефрижераторного типу дедвейтом Dw=6455 т »	Літ.	Арк.	Аркуші	
Студент		Максимов Р.В.							
Керівник		Коновалов Д.В.					4		
						ХННІ НУК			
Н. Контр.									
Зав. каф.		Кобалава Г.О.							

АНОТАЦІЯ

Максимов Роман Віталійович, група 4257.

Випускню бакалаврську роботу виконано за темою: «Розробка проєкту холодильної установки для спеціалізованих комор судна рефрижераторного типу дедвейтом $D_w=6455$ т».

Пояснювальна записка до випускної бакалаврської роботи складається з наступних складових частин: вступу, шести розділів, висновків, списку літератури. Вся інформація, що викладена у пояснювальній записці, надрукована на сторінках машинописного тексту, який включає 8 таблиць, 5 рисунків та список літератури з 15 найменувань. Графічну частину подано на 4 листах формату A1.

У кваліфікаційній бакалаврській роботі розроблено проєкт суднової холодильної установки для рефрижераторного трюму, призначеного для перевезення замороженої продукції. Основою установки є парокомпресорна холодильна машина (ПКХМ), що працює на холодоагенті R-22.

В рамках проєкту виконано теплотехнічний розрахунок трюму з урахуванням усіх теплопритоків (через огорожувальні конструкції, вентиляцію, сонячну радіацію, нещільності та працюючі прилади), визначено параметри внутрішнього повітря і забортної води залежно від району плавання, підібрано ізоляційні матеріали.

Розраховано цикл роботи холодильного агрегату з побудовою р-і діаграми, підібрано основне обладнання: безсальниковий поршневий компресор, кожухотрубний конденсатор, повітроохолоджувач-випарник, а також допоміжні елементи (ресивер, фільтр-осушувач, трубопроводи).

Окрему увагу приділено розробці принципової схеми автоматизації системи холодопостачання, описано основні засоби контролю та захисту СХУ. Наведено конструктивний розрахунок теплообмінного апарата – кожухотрубного конденсатора типу КРТ-6. Розглянуто питання охорони праці в умовах експлуатації холодильного обладнання на судні.

Ключові слова: суднова холодильна установка, парокомпресорна машина, R-22, теплопритоки, автоматизація, компресор, конденсатор, повітроохолоджувач.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						3
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Maksymov Roman, group 4257

The Bachelor's qualification project was completed on the topic:

“Design of a Refrigeration System for the Specialized Cold Stores of a Refrigerated Vessel with a Deadweight of $Dw = 6455$ tons.”

The explanatory note of the Bachelor's graduation project consists of the following parts: an introduction, six chapters, conclusions, and a list of references. All information presented in the explanatory note is printed on typed pages, which include 8 tables, 5 figures, and a reference list of 15 sources. The graphical part is presented on 4 sheets of A1 format.

The qualification work involves the development of a marine refrigeration system for a refrigerated cargo hold intended for the transportation of frozen products. The system is based on a vapor-compression refrigeration machine (VCRM) operating with refrigerant R-22.

Within the project, a thermal calculation of the hold was carried out, taking into account all heat gains (through enclosing structures, ventilation, solar radiation, air leaks, and operating equipment). The parameters of the internal air and seawater were determined based on the navigation area, and appropriate insulation materials were selected.

The refrigeration cycle was calculated and represented on a p-i diagram. Main equipment was selected, including a hermetic reciprocating compressor, shell-and-tube condenser, and air-cooling evaporator, along with auxiliary components such as the receiver, filter-drier, and piping system.

Special attention was given to the development of the control and automation system diagram for the refrigeration system, describing the main control and safety devices of the marine refrigeration unit. A structural calculation of the heat exchanger – a KRT-6 type shell-and-tube condenser with a heat exchange surface of 6.8 m^2 – was performed. Occupational safety issues during operation of the refrigeration equipment on board the vessel were also considered.

Keywords: marine refrigeration system, vapor-compression machine, R-22, heat gains, automation, compressor, condenser, air cooler.

					KP.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						4
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Перелік прийнятих скорочень

Вступ

Розділ 1. Загальна характеристика об'єкту, комплексу рефрижерації

1.1 Основні характеристики судна

1.2. Базова холодильна установка судна.

1.3. Система рефрижерації провізійних камор ПК

1.4. Призначення установки, що проектується та вимоги до неї.

Розділ 2. Теплові розрахунки комплексу рефрижерації

2.1. Вибір параметрів повітря і води в залежності від району та параметрів продуктів, що зберігаються

2.2. Вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщення, що охолоджується

2.3. Розрахунок теплоприпливів у приміщення, що охолоджується

2.4. Вибір системи охолодження та холодильного агенту

Розділ 3. Проектування холодильної машини

3.1. Побудова циклу холодильної машини на p, h -діаграмі та його розрахунок

3.2. Підбір холодильного компресора, теплообмінних апаратів та іншого устаткування холодильної установки

3.3. Розміщення обладнання холодильної установки

Розділ 4. Конструктивний розрахунок теплообмінника

Розділ 5. Розробка принципової схеми холодильної машини з елементами автоматизації

Розділ 6. Охорона праці

Висновки

Список використаних джерел

Додатки

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						3
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Перелік прийнятих скорочень

АЗ - аварійна зупинка
АР - автоматичний розмикач
АУ - автоматичне управління
ГС - граничний спектр
ДП - діаметральна площа
ЕВ - електровентилятор
К - компресор
Кн - конденсатор
ККД - коефіцієнт корисної дії
КПЗ - кнопка повернення захисту
МП - магнітний пускатель
ПО - повітроохолоджувач
РВС - реле всмоктування
РЗ - реле захисту
РКЗ - реле контролю змащення
РМВ - рефрижераторне машинне відділення
САЗ - система автоматичного захисту та сигналізації
ТОА - теплообмінний апарат
ТО - теплообмінник
СХВ - судновий холодильний вентилятор
СХУ - суднова холодильна установка
ХМ - холодильна машина
ХУ - холодильна установка

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						4
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Вступ

Судноплавство завжди відігравало ключову роль у світовій торгівлі, забезпечуючи транспортування різних вантажів між країнами та континентами. В умовах глобалізації й розвитку міжнародної торгівлі особливої актуальності набуває перевезення швидкопсувних вантажів, зокрема продуктів харчування, які потребують дотримання суворого температурного режиму. З цією метою створюються спеціалізовані судна рефрижераторного типу, здатні забезпечити зберігання й перевезення вантажів при заданих температурних умовах на всіх етапах транспортування.

Однією з найважливіших систем на таких судах є система холодопостачання. Вона повинна забезпечувати надійне та безперервне підтримання необхідної температури в рефрижераторних трюмах незалежно від зовнішніх умов – як кліматичних, так і технічних. Особливу роль у цьому процесі відіграє правильно підібрана та розрахована холодильна установка, яка повинна відповідати всім вимогам безпеки, ефективності та енергоощадності.

Зважаючи на виклики сьогодення, що пов'язані з необхідністю збереження якості харчових продуктів під час тривалого транспортування морем, розробка ефективних суднових холодильних систем стає одним із пріоритетних напрямів в галузі морського машинобудування. У цій кваліфікаційній бакалаврській роботі розглядається питання створення холодильного комплексу для судна-рефрижератора дедвейтом 6455 тонн, що спеціалізується на перевезенні замороженої продукції.

Метою роботи є розробка проєкту суднової холодильної установки на основі парокомпресорної машини, яка повинна забезпечити збереження продукції при низьких температурах з урахуванням теплових надходжень, специфіки експлуатації судна, умов плавання, типу продуктів і конструктивних особливостей трюмів. У рамках роботи передбачено виконання теплотехнічних розрахунків, підбір необхідного обладнання, побудову циклу холодильного

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						5
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

агрегату, а також розробку системи автоматизації та оцінку заходів із охорони праці.

Об'єктом дослідження є спеціалізований трюм для зберігання замороженого м'яса на борту судна рефрижераторного типу. Предметом дослідження виступає суднова холодильна установка, її структура, принцип дії, технічні та функціональні характеристики, включно з системою управління й контролю.

У процесі виконання роботи було враховано такі вихідні параметри: тип холодоагенту – R-22; температурний режим зберігання продукції – близько -18°C ; умови експлуатації – морський клімат, тривале перебування судна в плаванні; потреба в стабільному функціонуванні системи при змінних зовнішніх температурах, особливо в тропічних районах.

Під час проектування холодильної установки застосовано сучасні технічні рішення: обрано безсальниковий поршневий компресор, кожухотрубний конденсатор, випарник типу повітроохолоджувача та інше допоміжне обладнання. Здійснено повний цикл теплотехнічних розрахунків, включаючи визначення теплопритоків через огорожувальні конструкції, вентиляцію, прилади, сонячну радіацію та інші джерела. На основі цих даних побудовано цикл роботи холодильної машини в р-і діаграмі, що дало змогу визначити ефективні режими роботи установки.

Окрему увагу приділено автоматизації процесів управління та контролю роботи холодильного агрегату. У роботі розроблено принципову схему СХУ з елементами захисту, сигналізації та блокування аварійних режимів. Це забезпечує надійність і безпечну експлуатацію установки в умовах морського плавання.

У роботі також розглянуто питання охорони праці та промислової безпеки. Детально проаналізовано можливі ризики, пов'язані з експлуатацією холодильного обладнання на судні, запропоновано організаційні та технічні заходи щодо мінімізації небезпек.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						6
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю забезпечення високої якості перевезень харчових продуктів морем, підвищення енергоефективності холодильних систем та впровадження сучасних методів автоматизації управління технологічними процесами. Отримані в процесі роботи результати можуть бути використані як в суднобудівній галузі під час проектування нових рефрижераторів, так і в експлуатаційній практиці на флоті.

Таким чином, дана кваліфікаційна бакалаврська робота є актуальним інженерним проєктом, що об'єднує теоретичні знання та практичні навички з теплофізики, холодильного обладнання, судових енергетичних систем і автоматизації технологічних процесів. Її результати спрямовані на підвищення ефективності морських перевезень швидкопсувної продукції.

					<i>КР.142.4257.03.06.ПЗ.00</i>	Аркуш
						7
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ

1.1 Основні характеристики судна

Судно **LIAOYU REEFER 1** (ІМО 8904068) застосовано до прийому від крупно – і середньотонажних промислових судів контактним засобом у морі вантажів постачання і передачі залишків своїх запасів і палива.

Район плавання суден такого класу необмежено.

Архітектурно-конструктивний тип судна вирішений у однопалубнім сталевим варіанті з двома вантажними платформами, чотирма трюмами, одним гвинтом з приводом від дизелю.

Судно побудовано в класі Регістру СНД КМ Л1 А1 Х☆, у відповідності з міжнародними правилами, конвенціями та нормами.

У склад електростанції входять три дизель-генератора, виготовлені фірмою “Янмар”, потужністю в 560 кВт кожний, працюючих на важкому паливі.

Дизелі M220L – UN – це чотирьохтактні двигуни з турбонагнітателем, характеризуючийся середньою швидкістю обертання.



Рис. 1.1 Загальний вигляд судна LIAOYU REEFER 1

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						8
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 1.1. Основні характеристики судна LIAOYU REEFER 1

Основні характеристики	
Довжина найбільша, м	112
Ширина найбільша, м	18
Висота борту, м	12,8
Осадка судна, т	5,3
Дедвейт судна при осадці 6,48 м	6455
Місткість вантажних трюмів, куб. м	4*15944
Запаси палива, т	2497
Водяний баласт, т	1236
Швидкість ходу, уз.	21,8
Потужність енергетичної установки (дизель 6ДКРН 42/136-10), кВт	14000

Двигуни мають конструкцію, яка себе добро зарекомендувала, яка постійно вдосконалюється для задоволення зростаючих потреб ринку, підвищення універсальності та відповідності останньому слову техніки.

Ці двигуни працюють на важкому паливі при нормальній в'язкості 700сСт/50°C, завдяки чому вони придатні для використання у проекті 13476м, працюючих на універсальному паливі, а само, коли силовий двигун та дизель-генератори працюють на однаковому паливі.

У склад енергетичної установки входить один аварійний дизель-генератор АГДФ100/1500 потужністю 100 кВт.

У якості головного двигуна встановлюється дизель, виготовляється по ліцензії фірми MAN B&W типу 6ДКРН 42/136-10, двотактний, крейцкопфний, реверсивний з газотурбінним наддувом при постійному тиску газа перед турбіною, простої дії, з вбудованим головним підшипником, з рядним вертикальним розташуванням циліндрів.

На судні встановлені сепаруючі пристрої фірм: "Consilium Marine", Швеція і "Blohm & Voss", Німеччина.

На судні використана допоміжна установка у складі: одного автоматизованого котлоагрегату КАВ 4/7, працюючого на рідкому паливі з

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						9
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

продуктивністю 4 т/год. насиченої пари тиском 7 кгс/см² (0,72 МПа), одного утилізаційного котла, застосовуючого тепло викидних газів головного двигуна, опріснюючої установки, допоміжних механізмів та теплообмінних апаратів, обслуговуючих енергетичну установку і розрахованих на температуру забортної води до 20°C.

На судні встановлюється один обтічний півбалансирний руль площиною 14,2 м².

Для перекладки руля у румпельному відділенні встановлено електрогідравлічна рулева машина Р15М1-1 з крутячим моментом 250 кНм (25 тсм), забезпечуюча перекладку руля з 35° одного борту на 30° другого борту на протязі 28 секунд при повному передньому ході.

Судно споряджене двома становими та одним запасним якорем масою 4000 кг кожний.

Для підйому і віддачі станових якорей на палубі бака встановлюється брашпіль типа Б8, забезпечуючий швидкість підйому одного якоря з номінальної глибини зупинки 100м після його відриву від ґрунту, не менш 10м/хв.

На судні встановлені дві рятувальні шлюпки місткістю 37 чел. кожна, з корпусом із склопластика, розташована на палубі рубки другого ярусу у районі 134-146 шпангоутів, і одна робоча шлюпка з пластмасовим корпусом, розташована на даху рубки у районі 67 шпангоута.

На палубі рубки другого ярусу у районі 147-154 шпангоутів встановлено чотири надувних рятувальних плотів типу ПСН-10МК місткістю 10 чоловік кожний.

Додатково на судно встановлюється один рятувальний плот типу ПСН-6МК місткістю 6 чоловік.

Вантажні пристрої складаються з восьми вантажних стріл вантажопід'ємністю по 3, 2 т кожна, обслуговуючи вантажні трюми. Стріли навішані на безвантові вантажні колони.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						10
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

При спареній роботі зі стрілами інших суден вантажепід'ємність стріл при роботі на трюми складає 3,2 т.

Перевантаження вантажів у морі забезпечується спареній роботою стріл на "телефон" зі стрілами пришвартовуючихся промислових суден.

Проведення вантажних операцій у пірса забезпечує виліт за борт вантажних стріл на 4 м.

Передбачено стріловий вантажній пристрій вантажепід'ємністю 1,6 т для завантаження і розвантаження деталей та механізмів з машинного відділення на палубу навігаційного містка.

Для завантаження провізії встановлюється поворотний вистріл вантажепід'ємністю 400 кг з вилітом на правий борт приблизно 2 м. Підйом вантажу механізовано.

Судно обладнане сучасними засобами радіозв'язку та навігації фірм JCS та "Fujiro", Японія, що забезпечують безпеку плавання.

Для екіпажу є зручні каюти з сучасною мебеллю. Жилі та службові приміщення забезпечені системою кондиціювання повітря.

Обладнання, що встановлюється на суднах нового покоління передбачує сервісне обслуговування в усіх кутах миру.

1.2. Базова холодильна установка судна.

Виробнича холодильна установка, що застосовується на суднах цього проекту підтримує у вантажних приміщеннях, що охолоджуються, температуру у інтервалі від -30°C до $+13^{\circ}\text{C}$ необхідних для транспортування швидкопсуючихся вантажів, включно банани. Точність регулювання температури охолодженого повітря на виході з повітроохолоджувача не нижче $\pm 0,15^{\circ}\text{C}$ при транспортуванні фруктів та овочів та не менш $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ при транспортуванні морожених вантажів.

Холодильна установка виконана на клас Регістру СНД з символом X ☆.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						11
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Весь холодильний комплекс включаючи виробничу, провізійну і побутову холодильну техніку, виготовлено та постачається фірмою "Sabroe Marine", Данія.

Установка складається з трьох гвинтових компресорних агрегатів типу SAB 128 HF.

Передбачена можливість роботи компресорів в економайзерному режимі, тобто з переохолодженням рідкого хладону і дозарядкою компресора, що дає ріст холодопродуктивності агрегату на 8...30 % у залежності від температурного режиму, зі збільшенням при цьому потужності.

У помірних зовнішніх умовах можлива робота одного гвинтового компресора на усі вантажні приміщення, що охолоджуються. Останній компресорний агрегат знаходиться у резерві.

Контроль температури повітря, що поступає здійснюється децентралізованою ЕВМ.

Автоматичне регулювання продуктивності компресорів контролюється за допомогою датчиків тиску та центральною ЕВМ, підтримуючих необхідний тиск всмоктування у двох основних патрубках всмоктування, де один – для низької, а інший – для високої трюмної температури.

У системі знаходиться приблизно 2500 кг хладону, запас приблизно 700 кг розташовано у ресивері запасу хладону.

Передбачається аварійний випуск хладону в атмосферу у безпечному для людей місці.

Компресори мають безнасосну систему змащення. Охолодження мастила у масловідділювачі здійснюється рідким хладоном.

Холодильні машини розташовуються в РМВ. Система охолодження вантажних приміщень повітряна, вертикальна, одно канална, з подачею охолодженого повітря після повітроохолоджувачей під вантажні решітки, з повітроохолоджувачами безпосереднього кипіння хладону R22, з плавним регулюванням кратності циркуляції повітря на порожній об'єм від 20 до 90 обм./год.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						12
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Передбачене автоматичне відтавання повітроохолоджувачів гарячими парами хладону, електричний підігрів піддонів повітроохолоджувачів та труб стоку конденсату відтавання.

Повітроохолоджувачі встановлюються по два на кожне приміщення, що охолоджується, у вигородах відповідних приміщень.

Застосовані трубчаті повітроохолоджувачі з пластинчатим орібрінням, з нижнею подачею хладону у повітроохолоджувач з попереднім продуванням повітря.

1.3. Система рефрижерації провізійних камор

Система призначена для забезпечення зберігання продуктів харчування. У склад ХУ ПК входять три компресорно-конденсаторні агрегати типа МАК6 Рб, один из яких резервний.

Перший агрегат обслуговує блок плюсових температур, другий – мінусових, третій – резервний. Агрегати розташовані на І платформі в МВ.

ХУ автоматизована, але ручними передбачен запуск і відтайка снігової «шуби». Температура у коморах підтримується автоматично з діапазоном $\pm 2^{\circ}\text{C}$. Охолодження агрегатів передбачено заборотною водою за допомогою одного насоса ИВС 6/40.

На головному судні передбачено застосування холодоагенту R-12, але, як відомо, він заборонений для використання тому, що значно руйнує озоновий шар Землі. За умови аналізу рекомендацій по використанню холодильних агентів вважаємо доцільним використання для холодильної установки провізійних комор холодильного агента R-22, який майже не руйнує озоновий шар та має суттєві переваги по іншим показникам.

Негативним явищем для головної ХУ є і той факт, що застосовується сальниковий компресор (К), хоча використовують їх досить широко, тому доцільно замінити сальниковий К – безсальниковим, який по відношенню до сальникового має ряд переваг. Це поперше компактність, подруге виключена

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						13
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

можливість разгерметизації вала, потреба знижена металоємність, знижені габарити електродвигуна за рахунок ефективного охолодження його парою холодоагента.

1.4. Призначення установки, що проектується та вимоги до неї.

Система рефрижерації ПК призначена для збереження продуктів харчування, необхідних для забезпечення екіпажа весь період рейса. На судні передбачено шість комор, в яких підтримується необхідна температура для збереження різних продуктів.

Основні вимоги.

1.СХУ повинна бути надійною, зручною та економічною, гнучкою у експлуатації.

2.ХУ повинна підтримувати у ПК необхідну температуру і режим.

3.Повинна мати малу ємність ХА, бути економічною при монтажу.

4.ХУ повинна повністю задовольняти вимогам охорони праці, захисту навколишнього середовища і Правилам Морського Регістра України.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						14
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ

2.1. Вибір параметрів повітря і води в залежності від району та параметрів продуктів, що зберігаються

Розрахункова температура і відносна вологість зовнішнього повітря і розрахункова температура забортної води для судів з необмеженим районом плавання ДСТ 24389 – 80..

Таблиця 2.1.

Судна необмеженого району плавання	$t_{нл},$ К (°C)	$\varphi_{нл},$ %	$t_{вл},$ К (°C)	$t_{нз},$ К (°C)	$\varphi_{нз},$ %	$t_{вз},$ К (°C)
Морські судна (з обліком експлуатації в тропіках)	307 (34)	70	303 (30)	248 (-25)	85	273 (0)

$t_{нл}, t_{нз}$ - температури повітря в літній і зимовий періоди, К (°C);

$t_{вл}, t_{вз}$ - температури води в літній і зимовий періоди, К (°C);

$\varphi_{нл}, \varphi_{нз}$ - відносні вологості повітря в літній і зимовий періоди, %.

Розрахункові параметри в камерах.

Технічний опис і інструкції з експлуатації і техобслуговування систем судна

Комора жиру, °C	мінус 4
Комора м'яса, °C	мінус 20
Комора овочів, °C	плюс 2
Комора консервованих продуктів, °C	плюс 2
Комора сухої провізії, °C	плюс 10
Комора напоїв, °C	плюс 2

Розрахункова температура суміжних приміщень у літній період

Каюти, їдальні, посади керування, коридори, °C	плюс 25 (ДСТ 24389-80)
Допоміжні приміщення з працюючими механізмами, °C	плюс 42

2.2. Вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщення, що охолоджується

Вибір матеріалу

При виборі матеріалу варто виходити з наступних вимог:

- матеріал повинний мати низький коефіцієнт теплопровідності λ_i ;
- мати малу об'ємну вагу γ ;
- мати знижені значення паропроникливості, гігроскопічності і водопоглинення;
- бути міцним, еластичним, вібростійким, морозостійким, біостійким, технологічним;
- бути дешевим, недефіцитним;
- мати тривалий термін служби, не повинний викликати корозії металів і вимагати спеціального відходу;
- бути пожежобезпечним;
- не виділяти шкідливих речовин, не додавати продуктам харчування запах, бути несприйнятливим до запахів.

На підставі оцінки матеріалів документа ООП5.9275-84 “Матеріали теплоізоляційні для суднобудування. Марки.” Дійдемо висновку, що в даний час для провізійних комор найбільш підходящим є матеріал – мінеральна вата в плитах на синтетичному зв'язуванні ПП-100 (напівтверді).

Характеристика матеріалу:

Плити виготовляються з мінерального силікатного волокна, одержуваного способом роздмухування, на синтетичному зв'язуванні (фенольної смоли) з наступною полімеризацією. Вони випускаються в герметичних пакетах з гідрозахисної трудногорюємої плівки (полівінілхлоридну ПТГМ).

Об'ємна маса $\rho = 100 \text{ кг/м}^3$; розрахунковий коефіцієнт теплопровідності – $0,052 \text{ Вт/(м К)}$; межа міцності при вигині – $0,65 \text{ Па}$; гігроскопічність (вагава) – $2/120 \text{ \%/год}$; характеристика займистості – неспалений; не гниє. Недефіцитний, довговічний. Не вимагає ущільнення, вимагає захиття при монтажі.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						16
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Для ізоляції палуби провізійних комор використовуємо піноскло, як найбільш міцний, стійкий, довговічний і порівняно дешевий матеріал.

Характеристика матеріалу:

Блоки з піноскла – формований пористий матеріал, одержуваний спіканням порошкоподібного скла з газоутворювачем (вугілля) у печах. У суднобудуванні застосовується тільки для ізоляції статі в рефрижераторних приміщеннях.

Об'ємна маса $\rho = 230 \text{ кг/м}^3$; розрахунковий коефіцієнт теплопровідності – 0,093 Вт/(м К); межа міцності при вигині – 7,0 Па; гігроскопічність (вагава) – 0/24 %/год; характеристика займистості – неспалений; не гниє. Стійкість до кислот і їхніх пар. Матеріал має високу міцність (не еластичний). При монтажі утвориться скляний пил.

Вибір типу ізоляційної конструкції для кожної стінки Ізоляційна конструкція повинна заповнювати відсутн якості ізоляційного матеріалу і забезпечувати незмінність первісних теплозахистних властивостей матеріалу в умовах тривалої експлуатації. При виборі ізоляційної конструкції ми повинні дотримувати наступних вимог: поверхні, що підлягають ізоляції, повинні бути пофарбовані відповідно до вимог стандарту ОСТ 5.9258-77 і вимогами замовника; теплоізоляція повинна бути безперервної, тобто поверхні, що підлягають ізоляції, а також металеві деталі, з'єднані з ними, повинні бути покриті суцільним шаром теплоізоляційного матеріалу; поверхня ізоляції з боку приміщення повинні мати гідрозахисне покриття для запобігання зволоження ізоляційного матеріалу; ізоляційна конструкція повинна містити можливо меншу кількість деталей, що володіють підвищеним коефіцієнтом теплопровідності; крім того, бруски обрешетника варто розташовувати так, щоб площа зіткнення їхньої з металевим судновим набором також виявилася можливо меншою.

А. Ізоляція подволока

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						17
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Подволоком провізійних комор є палуба бака (комори м'яса, жиру, овочів, консервованих продуктів, сухої провізії) і верхня палуба (комора напоїв), що містять рамний набір.

Тому для поверхні подволока застосовуємо ізоляційну конструкцію перекриваючу набір з розташуванням брусків перпендикулярно до набору. При цьому коефіцієнт теплопередачі ізоляційної конструкції виявляється найменшим, оскільки поперечні бруски створюють суцільні теплові містки лише на невеликих ділянках (у місцях їхнього перетинання з набором).

Б. Ізоляція перебирань

Перебирання провізійних камер мають прорізувану набором, гладку і гофровану поверхні. Для прорізуваних набором поверхонь використовуємо конструкцію таку ж як на

Для гладких поверхонь перебирань застосовуємо конструкцію ізоляції непрорізувану набором з рівнобіжним розташуванням обрешетника на сухарях, що зменшує контакт із перебиранням.

Для гофрованих – перекриваючу зовнішні гофри з перпендикулярним розташуванням брусків обрешетника.

В. Ізоляція палуби

Палуба провізійних комор являє собою гладку поверхню. Ізоляція – багат шарове захиття.

Ізоляцію палуби виконувати блоками піноскла на клеї КИП-Д із суцільним приклеюванням до корпусних конструкцій. По стиках блоки піноскла допускається приклеювати клеєм “Целаліт - 4” або ПВА – 17.

Зазори між плитами повинні бути заповнені обрізками ізоляційного матеріалу на клеї. Поверхня ізоляції вирівняти цементним складом (5) і нанести шар гарячого бітуму (6) товщиною 2-3 мм, поверх якого укласти шар пергаменту з перекриттям стиків не менш 100 мм. Усі стики промастити гарячим бітумом. По гідрозахисному шарі укласти бетон товщиною 30 мм із компенсаційними швами, забитими герметиком ТЕС. Розміри осередків 2м x 2м. Арміровку по

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						18
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

бетоні виконати коротишами з косинця (9) із дротом (10) сварені між собою. Поверхня бетону покрити керамічними плитками.

Защиття по всіх перебираннях і подволоку з алюмінієвого сплаву робити з герметизацією швів клеєм ЗРП. Стрижні шурупів повинні бути покриті клеєм.

Методика розрахунку і підбор толщин ізоляції провізійних комор

Розрахунок виконаний з метою визначення толщин ізоляції провізійних комор.

Розрахунок коефіцієнтів теплопередачі зроблений по зональних методах. Метод припускає розбивку ізоляційної конструкції на зони з урахуванням перекручувань теплового потоку, внесених набором, брусками лати і сухарями.

$$k = \frac{1}{S} \sum g_i, \quad (1)$$

де g_i - тепловий потік відповідної зони, Вт/К;

S – ширина шпациї, м.

Окремий тепловий потік, що проходить через кожну зону, обчислюється по середній ширині зони і середній довжині ліній струму. Якщо тепловий потік виходить зі сталевого профілю, то при цьому враховується спад температури в тілі профілю. Спрощена розрахункова схема поширення тепла найбільше повно збігається з дійсною картиною будівлі полючи теплових потоків. У пропонованому методі ізоляційна конструкція не містить таких ділянок, через які проходять теплові потоки.

Визначення коефіцієнта теплопередачі ізоляції з брусом обрешетника, розташованим поперек набору

Коефіцієнт теплопередачі k_{A-A} і k_{B-B} обчислюються по формулі (1).

У перетині А-А по окремих зонах обчислюють по формулах:

$$g_1 = \frac{b\lambda_{iz}}{E(l + \delta_3)}, \quad (2)$$

де $E = \lambda_{iz} / \lambda_{зми}$;

$$g_2 = \lambda_{iz} \frac{2}{\pi} 2,3 \cdot \lg \frac{h + E(l + \delta_3)}{E(l + \delta_3)} ; \quad (3)$$

$$g_3 = \lambda_{iz} \frac{S - \frac{4h}{\pi} - b}{h + E(l + \delta_3)} \cdot \quad (4)$$

У перетині Б-Б по окремих зонах теплові потоки обчислюють по формулах:

$$g_4 = \frac{b \lambda_{iz}}{l + E \delta_3}; \quad (5)$$

$$g_5 = \lambda_{iz} \frac{2}{\pi} 2,3 \cdot \lg \frac{h + l + E \delta_3}{l + E \delta_3}; \quad (6)$$

$$g_6 = \frac{\lambda_{iz} \left(S - \frac{4h}{\pi} - b \right)}{h + l + E \delta_3}. \quad (7)$$

Середній коефіцієнт теплопередачі всієї поверхні складе:

$$k_{cp} = [k_{A-A} \cdot e + (S^I - e) \cdot k_{B-B}] \cdot \frac{1}{S}, \quad (8)$$

де e – ширина поперечного бруска, м;

S^I - відстань між брусками.

Визначення коефіцієнта теплопередачі ізоляції гофрованої поверхні з брусом обрешетника, розташованим поперек гофр.

впливає, що довжина δ_y лінії струму, що виходить із внутрішнього гофра, складає величину:

$$\delta_y = h / \cos \frac{\alpha}{2}; \quad (9)$$

$$p = \sqrt{h^2 + \left(\frac{b_2 - b_1}{2} \right)^2} \text{ або } p = h / \sin \alpha; \quad (10)$$

$$i = \frac{1}{2} (b_2 - b_1) \text{ або } i = p \cos \alpha; \quad (11)$$

$$\gamma = h \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2}; \quad (12)$$

$$u = \frac{1}{2} (S - b_2). \quad (13)$$

Теплові потоки в перетині А-А і відповідний коефіцієнт теплопередачі визначаємо по формулах.

$$g_I = \lambda_{iz} \frac{2u - \gamma}{h + \delta_y + 2E(l + \delta_3)}, \quad (14)$$

$$\text{де } E = \lambda_{iz} / \lambda_{защ};$$

$$g_{II} = \lambda_{iz} \frac{P + \gamma + i}{\delta_y + 2E(l + \delta_3)}; \quad (15)$$

$$g_{III} = \lambda_{iz} \frac{b_1}{2E(l + \delta_3)}; \quad (16)$$

$$k_{A-A} = \frac{2}{S} (g_I + g_{II} + g_{III}). \quad (17)$$

Коефіцієнт теплопередачі $k_{Б-Б}$ визначаємо по формулі (17); теплові потоки в перетині Б-Б визначаємо по формулах:

$$g_I = \lambda_{iz} \frac{2u - \gamma}{h + \delta_y + 2(l + E\delta_3)}; \quad (18)$$

$$g_{II} = \lambda_{iz} \frac{P + \gamma + i}{\delta_y + 2(l + E\delta_3)}; \quad (19)$$

$$g_{III} = \lambda_{iz} \frac{b_1}{2(l + E\delta_3)}. \quad (20)$$

середній коефіцієнт теплопередачі визначаємо по формулі (8).

Визначення коефіцієнта теплопередачі ізоляційної конструкції з брусками встановленими на сухарях.

Коефіцієнти теплопередачі k_{A-A} і $k_{Б-Б}$ обчислюють по формулі (1).

У перетині А-А по окремих зонах теплові потоки обчислюють по формулах:

$$g_I = \frac{S - b}{\frac{m}{\lambda_{iz}} + \frac{\delta_3}{\lambda_o}}; \quad (21)$$

$$g_{II} = \frac{b}{\frac{m + \delta_3}{\lambda_o}}. \quad (22)$$

У перетині Б-Б - g_I знаходять по формулі (21), а g_{II} по формулі:

$$g_{II} = \frac{b}{\frac{d_c}{\lambda_{из}} + \frac{d + \delta_3}{\lambda_d}} \cdot \quad (23)$$

Середній коефіцієнт теплопередачі і для всієї ізолюваної поверхні k_{cp} визначаємо по формулі (8).

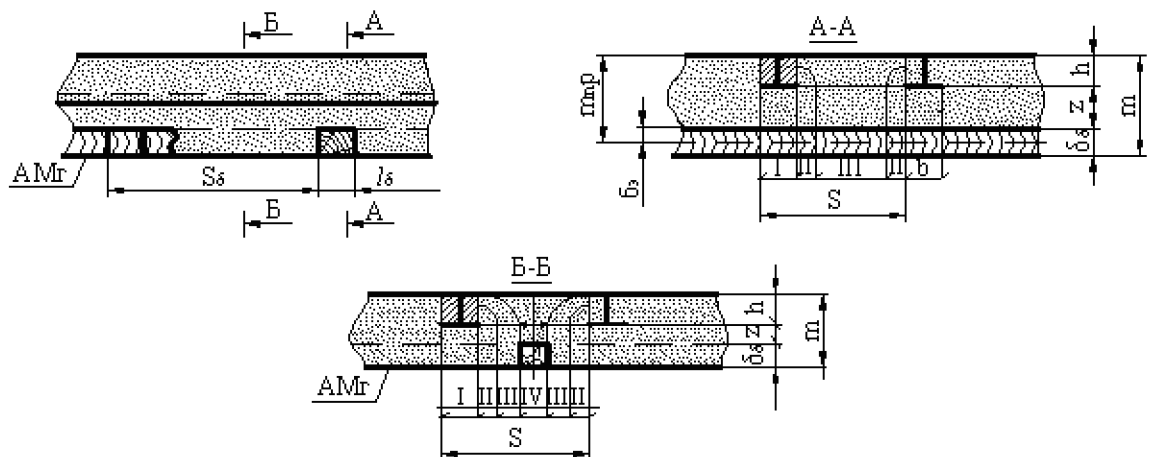
Визначення коефіцієнта теплопередачі ізолюваної конструкції палуби.

$$k = \frac{1}{\frac{m_1}{\lambda_{из1}} + \frac{\delta_3}{\lambda_3} + \frac{m_2}{\lambda_{из2}}} \cdot \quad (24)$$

Для обліку втрат холоду через теплові містки в розрахункові формули введений поправочний коефіцієнт $\eta = 1,2$.

2.3. Розрахунок теплоприпливів у приміщення, що охолоджується

Розрахунок ізоляції подволока (конструкція ізоляції з ґратчастим обрешетником на шпильках)



Матеріал ізоляції - стиродур 2500N .Коефіцієнт теплопровідності ізоляції $\lambda_{и}=0,035$ Вт/(м*К); коефіцієнт теплопровідності дерева (сосни) $\lambda_{д}=0,15$ Вт/(м*К).

Відношення коефіцієнтів теплопровідності: $n = \lambda_{из} / \lambda_{д} = 0,035 / 0,15 = 0,23$;
 $c = 0,05 \text{ м}$; $z = 0,05 \text{ м}$; $\delta_{\partial} = 0,05 \text{ м}$; $S_{Б} = 0,6 \text{ м}$

Крок набору $S_2 = 0,6 \text{ м}$;

Висота профілю набору $h_2 = 200 \text{ мм} = 0,2 \text{ м}$;

Ширина полиці профілю набору $b_2 = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$.

Товщина шару ізоляції: $m_2 = h_2 + z + \delta_{\partial} = 0,2 + 0,05 + 0,05 = 0,3 \text{ м}$.

Определяем тепловые потоки через каждую зону:

перетин А-А:

$$q_{IA} = (\lambda_{из} \cdot b_2) / (z + n\delta_{\partial}) = (0,035 \cdot 0,06) / (0,05 + 0,23 \cdot 0,05) = 0,034 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIA} = 2\lambda_{из} / \pi \cdot \ln [(h_2 + z + n\delta_{\partial}) / (z + n\delta_{\partial})] = 2 \cdot 0,035 / 3,14 \cdot \ln [(0,2 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05) / (0,05 + 0,23 \cdot 0,05)] = 0,032 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIIA} = \lambda_{из} \cdot [(S_2 - (4h_2 / \pi) - b_2) / (h_2 + z + n\delta_{\partial})] = 0,035 \cdot [(0,65 - (4 \cdot 0,2 / 3,14) - 0,071) / (0,2 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05)] = 0,038 \text{ Вт/К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі в перетині А-А :

$$k_A = 1 / S_2 \cdot (q_{IA} + 2q_{IIA} + q_{IIIA}) = 1 / 0,5 \cdot (0,034 + 2 \cdot 0,032 + 0,038) = 0,228 \text{ Вт/}(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

перетин Б-Б:

$$q_{IB} = (\lambda_{из} \cdot b_2) / (z + \delta_{\partial}) = (0,035 \cdot 0,06) / (0,05 + 0,05) = 0,021 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIB} = 2\lambda_{из} / \pi \cdot \ln [(h_2 + z + \delta_{\partial}) / (z + \delta_{\partial})] = (2 \cdot 0,035 / 3,14) \cdot \ln [(0,2 + 0,05 + 0,05) / (0,05 + 0,05)] = 0,0245 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIIB} = \lambda_{из} \cdot [(S_2 - (4h_2 / \pi) - b_2 - c) / 2m_2] = 0,035 \cdot [(0,6 - (4 \cdot 0,2 / 3,14) - 0,06 - 0,05) / (2 \cdot 0,3)] = 0,0137 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IVB} = \lambda_{из} \cdot \delta_{\partial} / (h_2 + z + n\delta_{\partial}) = 0,035 \cdot 0,05 / (0,2 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05) = 0,0067 \text{ Вт/К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі в перетині Б-Б :

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						23
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$k_B = 1 / S_2 \cdot (q_{IB} + 2q_{IIB} + 2q_{IIB} + q_{IVB}) = (1/0,5) \cdot (0,021 + 2 \cdot 0,0245 + 2 \cdot 0,0137 + 0,0067) = 0,174 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі для подволока:

$$k = l_{\delta} k_A + k_B (S_{\delta} - l_{\delta}) / S_{\delta} = 0,05 \cdot 0,228 + 0,174 \cdot (0,5 - 0,05) / 0,5 = 0,17 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Розрахунок ізоляції борту (конструкція ізоляції аналогічна ізоляції подволока)

Матеріал ізоляції - стиродур 2500N .Коефіцієнт теплопровідності ізоляції $\lambda_{из}=0,035 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; густина $\rho = 25 \text{ кг}/\text{м}^3$; коефіцієнт теплопровідності дерева $\lambda_{\partial} = 0,15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

Крок набору $S_1 = 0,8 \text{ м}$;

Висота профіля набору $h_1 = 0,22 \text{ м}$;

Ширина полки профіля судового набору $b_1 = 0,064 \text{ м}$;

$S_{\delta} = 0,8 \text{ м}$; $c = 0,05 \text{ м}$; $z = 0,05 \text{ м}$; $\delta_{\partial} = 0,05 \text{ м}$; $l_{\delta} = 0,05 \text{ м}$.

Толщина слоя изоляции : $m_1 = h_1 + z + \delta_{\partial} = 0,22 + 0,05 + 0,05 = 0,32 \text{ м}$;

перетин А-А :

$$q_{IA} = (\lambda_{из} \cdot b_1) / (z + n\delta_{\partial}) = (0,035 \cdot 0,064) / (0,05 + 0,23 \cdot 0,05) = 0,036 \text{ Вт}/\text{К} ;$$

$$q_{IIA} = 2\lambda_{из}/\pi \cdot \ln [(h_1 + z + n\delta_{\partial}) / (z + n\delta_{\partial})] = 2 \cdot 0,035 / 3,14 \cdot \ln [(0,22 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05) / (0,05 + 0,23 \cdot 0,05)] = 0,034 \text{ Вт}/\text{К} ;$$

$$q_{IIIA} = \lambda_{из} \cdot [(S_1 - (4h_1/\pi) - b_1) / (h_1 + z + n\delta_{\partial})] = 0,035 \cdot [(0,8 - (4 \cdot 0,22 / 3,14) - 0,064) / (0,22 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05)] = 0,0566 \text{ Вт}/\text{К}$$

Коефіцієнт теплопередачі в перетині А-А :

$$k_A = 1 / S_1 \cdot (q_{IA} + 2q_{IIA} + q_{IIIA}) = 1/0,8 \cdot (0,036 + 2 \cdot 0,034 + 0,0566) = 0,2 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						24
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

перетин Б-Б :

$$q_{IB} = (\lambda_{из} \cdot b_1) / (z + \delta_\partial) = (0,035 \cdot 0,064) / (0,05 + 0,05) = 0,022 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIБ} = 2\lambda_{из}/\pi \cdot \ln [(h_1 + z + \delta_\partial) / (z + \delta_\partial)] = (2 \cdot 0,035 / 3,14) \cdot \ln [(0,22 + 0,05 + 0,05) / (0,05 + 0,05)] = 0,0259 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIIБ} = \lambda_{из} \cdot [(S_1 - (4h_1/\pi) - b_1 - c) / 2m_1] = 0,035 \cdot [(0,65 - (4 \cdot 0,22 / 3,14) - 0,064 - 0,05) / 2 \cdot 0,32] = 0,0222 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IVБ} = \lambda_{из} \cdot \delta_\partial / (h_1 + z + n\delta_\partial) = 0,035 \cdot 0,05 / (0,22 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05) = 0,0062 \text{ Вт/К}.$$

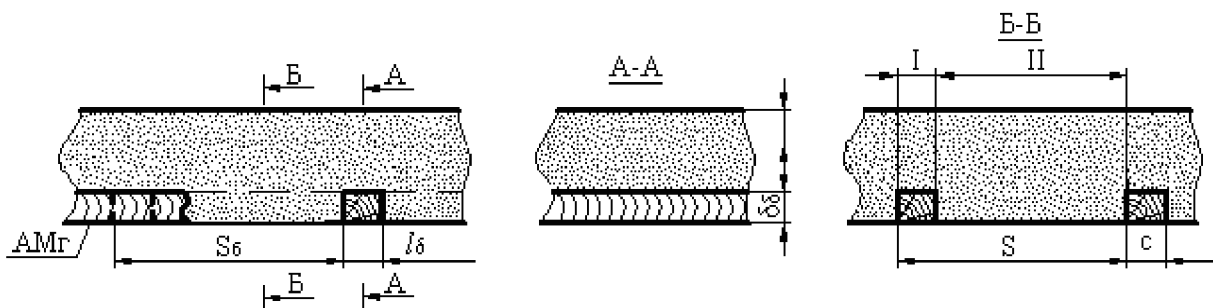
Коефіцієнт теплопередачі в перетині Б-Б :

$$k_B = 1 / S_1 \cdot (q_{IB} + 2q_{IIБ} + 2q_{IIIБ} + q_{IVБ}) = (1/0,8) \cdot (0,022 + 2 \cdot 0,0259 + 2 \cdot 0,0222 + 0,0062) = 0,156 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі для борта:

$$k = l_\partial k_A + k_B (S_\partial - l_\partial) / S_\partial = [0,05 \cdot 0,2 + 0,156 \cdot (0,8 - 0,05)] / 0,65 = 0,156 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Расчёт изоляции переборки (конструкция изоляции с решетчатым обрешетником на шпильках)



Материал изоляции - стиродур 2500N : коэффициент теплопроводности $\lambda_{из} = 0,035 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$; плотность $\rho = 25 \text{ кг/м}^3$; коэффициент теплопроводности дерева $\lambda_\partial = 0,15 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Шаг набора $S_3 = 0,55$ м ;

Высота профиля набора $h_3 = 0,18$ м ;

Ширина полки профиля судового набора $b_3 = 0,042$ м ;

$S_\delta = 0,55$ м ; $c = 0,05$ м ; $z = 0,05$ м ; $\delta_\partial = 0,05$ м ; $l_\delta = 0,05$ м.

Толщина слоя изоляции : $m_3 = h_3 + z + \delta_\partial = 0,18 + 0,05 + 0,05 = 0,28$ м ;

перетин А-А :

$$q_{IA} = (\lambda_{из} \cdot b_3) / (z + n\delta_\partial) = (0,035 \cdot 0,042) / (0,05 + 0,23 \cdot 0,05) = 0,024 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIA} = 2\lambda_{из}/\pi \cdot \ln [(h_3 + z + n\delta_\partial) / (z + n\delta_\partial)] = 2 \cdot 0,035 / 3,14 \cdot \ln [(0,18 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05) / (0,05 + 0,23 \cdot 0,05)] = 0,03 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIIA} = \lambda_{из} \cdot [(S_3 - (4h_3/\pi) - b_3) / (h_3 + z + n\delta_\partial)] = 0,035 \cdot [(0,55 - (4 \cdot 0,18 / 3,14) - 0,042) / (0,18 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05)] = 0,04 \text{ Вт/К}$$

Коефіцієнт теплопередачі в перетині А-А :

$$k_A = 1/S_3 \cdot (q_{IA} + 2q_{IIA} + q_{IIIA}) = 1/0,55 \cdot (0,024 + 2 \cdot 0,03 + 0,04) = 0,227 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

перетин Б-Б :

$$q_{IB} = (\lambda_{из} \cdot b_3) / (z + \delta_\partial) = (0,035 \cdot 0,042) / (0,05 + 0,05) = 0,0147 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIB} = 2\lambda_{из}/\pi \cdot \ln [(h_3 + z + \delta_\partial) / (z + \delta_\partial)] = (2 \cdot 0,035 / 3,14) \cdot \ln [(0,18 + 0,05 + 0,05) / (0,05 + 0,05)] = 0,023 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IIIB} = \lambda_{из} \cdot [(S_3 - (4h_3/\pi) - b_3 - c) / 2m_3] = 0,035 \cdot [(0,55 - (4 \cdot 0,18 / 3,14) - 0,042 - 0,05) / 2 \cdot 0,28] = 0,0143 \text{ Вт/К} ;$$

$$q_{IVB} = \lambda_{из} \cdot \delta_\partial / (h_3 + z + n\delta_\partial) = (0,035 \cdot 0,05) / (0,18 + 0,05 + 0,23 \cdot 0,05) = 0,0072 \text{ Вт/К}.$$

Коефіцієнт теплопередачі в перетині Б-Б :

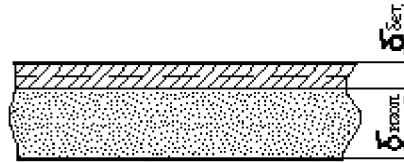
$$k_B = 1/S_3 \cdot (q_{IB} + 2q_{IIB} + 2q_{IIIB} + q_{IVB}) = (1/0,55) \cdot (0,0147 + 2 \cdot 0,023 + 2 \cdot 0,0142 + 0,0072) = 0,175 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Визначимо коефіцієнт теплопередачі для переборок:

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						26
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$k = k_A l_\delta + k_B \cdot (S_\delta - l_\delta) / S_\delta = [0,227 \cdot 0,05 + 0,175 \cdot (0,55 - 0,05)] / 0,55 = 0,185 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

Розрахунок ізоляції другого дна



Матеріал ізоляції стиродур 2500N. Коефіцієнт теплопровідності ізоляції $\lambda_{из}=0,035 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; коефіцієнт теплопровідності дерева (сосни) $\lambda_{д}=0,15 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$; $z = 0,22 \text{ м}$; $\delta_d = 0,05 \text{ м}$.

Товщина шару ізоляції: $m_5 = z + \delta_d = 0,22 + 0,05 = 0,27 \text{ м}$;

Коефіцієнт теплопередачі: $k = 1/(z/\lambda_{из} + \delta_d/\lambda_d) = 1/(0,22/0,035 + 0,05/0,15) = 0,151 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$.

Сумарні теплопритоки через огорожі, Вт: $Q_1 = \sum_{i=1}^n Q_{1i}$, де:

Q_1 - тепловий потік через і-е огорожу, Вт

n – кількість поверхонь огорожі.

Q_{1i} розраховується за формулою:

$$Q_{1i} = \kappa_i \cdot F_i (t_{zi} - t_{тр}), \text{ где:}$$

κ_i – коефіцієнт теплопередачі і-ой поверхні огорожі, $\text{Вт/м}^2 \cdot \text{К}$,

F_i – площа і-ой поверхні огорожі, м^2 ,

t_{zi} – зовнішня температура і-ой поверхні, $^{\circ}\text{C}$,

$t_{тр}$ – температура в приміщенні, яке охолоджується, $^{\circ}\text{C}$ (для замороженого м'яса -20°C)

Розрахункову площу F_i необхідно розраховувати, як середньоарифметичне між зовнішньою і внутрішньою поверхнями:

$$F_i = 0.5(F_{\text{вн}} + F_{\text{внут}})$$

Розраховуємо ці площі:

Подволок:

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш 27
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Зовнішня

$$F_{\text{ен1}} = F'_{\text{ен1}} + F''_{\text{ен1}} = ((L - L_3) - L_2) \cdot B + (B + B_2) \cdot L_2 = ((7 - 3) - 2) \cdot 4 + (4 + 4) \cdot 2 = 24 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ен2}} = L_3 \cdot B = 3 \cdot 4 = 12 \text{ м}^2$$

Внутрішня:

$$F_{\text{нут1}} = F'_{\text{нут1}} + F''_{\text{нут1}} + F'''_{\text{нут1}} = 7.2 + 6.85 + 6.27 = 20.32 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нут2}} = (3 - 0.225) \cdot (4 - 0.4) = 10 \text{ м}^2$$

Переборки:

Зовнішня:

$$F_{\text{ен3}} = H \cdot B = 2.8 \cdot 4 = 11.2 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ен7}} = F_{\text{ен7.2}} + F_{\text{ен7.3}} = H(L - L_2) + H \cdot B_2 = 2.8(7 - 2) + 2.8 \cdot 4 = 25.2 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ен8}} = H \cdot L_2 = 2.8 \cdot 2 = 5.6 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ен9}} = H(B_2 + B) = 2.8(4 + 4) = 22.4 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ен10}} = L \cdot H = 7 \cdot 2.8 = 19.6 \text{ м}^2$$

Внутрішня:

$$F_{\text{нут3}} = (2.8 - 0.177 - 0.225) \cdot (4 - 0.4) = 8.63 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нут7}} = F_{\text{нут7.2}} + F_{\text{нут7.3}} = 2.398(7 - 2 - 0.175) + 2.398(4 - 0.175) = 20.74 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нут8}} = 2.398(2 - 0.175 - 0.185) = 3.93 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нут9}} = 2.398(6 - 0.225 - 0.175) = 13.43 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{нут10}} = 2.398(7 - 0.185 - 0.175) = 15.92 \text{ м}^2$$

Пол:

Зовнішня:

$$F_{\text{ен4}} = L_4 \cdot B = 1 \cdot 4 = 4 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{ен5}} = F'_{\text{ен5}} + F''_{\text{ен5}} = ((L - L_4) - L_2) \cdot B + (B + B_2) \cdot L_2 = ((7 - 1) - 2) \cdot 4 + (4 + 4) \cdot 2 = 32 \text{ м}^2$$

Внутрішня:

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						28
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$F_{\text{внут4}} = (1 - 0,175) \cdot (4 - 0,175 - 0,225) = 2,97 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{внут5}} = F'_{\text{внут5}} + F''_{\text{внут5}} + F'''_{\text{внут5}} = 15,82 + 5,55 + 5,4 = 26,77 \text{ м}^2$$

Обчислюємо середньоарифметичну площу:

$$F_1 = 0,5(24 + 20,32) = 22,16 \text{ м}^2$$

$$F_2 = 0,5(12 + 10) = 11 \text{ м}^2$$

$$F_3 = 0,5(11,2 + 8,63) = 9,92 \text{ м}^2$$

$$F_4 = 0,5(4 + 2,97) = 3,49 \text{ м}^2$$

$$F_5 = 0,5(32 + 26,77) = 29,39 \text{ м}^2$$

$$F_7 = 0,5(20,74 + 25,2) = 22,97 \text{ м}^2$$

$$F_8 = 0,5(5,6 + 3,93) = 4,78 \text{ м}^2$$

$$F_9 = 0,5(13,43 + 22,4) = 17,92 \text{ м}^2$$

$$F_{10} = 0,5(15,92 + 19,6) = 17,76 \text{ м}^2$$

Визначаємо теплоприток через і-е огорожу:

Подволок:

$$Q_{11} = K \cdot F_1(t_1 - t_{\text{кам}}) = 0,276 \cdot 221,6(34 - 0) = 2079,5 \text{ Вт}$$

$$Q_{12} = K \cdot F_2(t_2 - t_{\text{с.в.}}) = 0,276 \cdot 11(38 - 0) = 1153,7 \text{ Вт}$$

Переборки:

$$Q_{13} = K \cdot F_3(t_3 - t_{\text{с.в.}}) = 0,358 \cdot 9,92(42 - 0) = 1491,6 \text{ Вт}$$

$$Q_{17} = K \cdot F_7(t_7 - t_{\text{с.в.}}) = 0,358 \cdot 22,97(16 - 0) = 1315,7 \text{ Вт}$$

$$Q_{18} = K \cdot F_8(t_8 - t_{\text{с.в.}}) = 0,358 \cdot 4,78(35 - 0) = 59,89 \text{ Вт}$$

$$Q_{19} = K \cdot F_9(t_9 - t_{\text{с.в.}}) = 0,395 \cdot 17,92(27 - 0) = 1911,2 \text{ Вт}$$

$$Q_{110} = K \cdot F_{10}(t_{3.н.} - t_{3.в.}) = 0,415 \cdot 17,76(26 - 0) = 19163 \text{ Вт}$$

Пол:

$$Q_{14} = K \cdot F_4(t_4 - t_{3.в.}) = 0,356 \cdot 4,4(40 - 0) = 6266 \text{ Вт}$$

Однак на перегородку 10 діє сонячна радіація, тому:

$$Q_{н.огр}^{рад} = \frac{K_{срi}}{\alpha_{нар}} \cdot q_p \cdot \varepsilon_p \cdot F_p - \text{теплопритоки, що надходять через огорожувальні}$$

поверхні при впливі сонячної радіації, де:

q_p - інтенсивність сонячної радіації для поверхні, для необмеженого району

плавання судна, приймаємо:

вертикальна поверхня – $720 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$

ε_p - коефіцієнт поглинання сонячних променів зовнішньою поверхнею,

приймаємо 0,7 для гладкої поверхні, пофарбованої сірою фарбою.

F_p - площа поверхні, яка схильна до сонячної радіації, м^2

$\alpha_{нар}$ - коефіцієнт тепловіддачі від зовнішньої поверхні до повітря $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$,

залежить від швидкості повітря $W_в = 10 \text{ м/с}$, т.к. $W_в > 5 \text{ м/с}$, тоді

$$\alpha_{эф} = 7,53 \cdot W_в^{0,78} = 7,53 \cdot 10^{0,78} = 45,3$$

$$Q_{н.огр}^{рад} = \frac{0,481}{45,3} \cdot 720 \cdot 0,7 \cdot 17,76 = 95,04 \text{ Вт}$$

Всі результати заносимо в таблицю:

Параметр	Ki,	Fвн.i,	Fвнут.i	Fi,	tз,	тп,	Qli,	Qрад,	Qобщ,
	Вт/м²·К	м²	м²	м²	°С	°С	Вт	Вт	Вт
Поверхня									
Подволок	0,276	24	20,32	22,16	34	0	207.95	-	207.95
Подволок	0,276	12	10	11	38	0	115.37	-	115.37
Переборка 3	0,358	11,2	8,63	9,92	42	0	149.16	-	149.16
Переборка 7	0,358	25,2	20,74	22,97	16	0	131.57	-	131.57
Переборка 8	0,358	5,6	3,93	4,78	35	0	59.89	-	59.89

Переборка 9	0,395	22,4	13,43	17,92	27	0	191.12	-	191.12
Переборка 10	0,415	19,6	15,92	17,76	26	0	191.63	95,04	286.67
Пол 4	0,356	4	2,97	3,49	38	0	62.66	-	62.66
Пол 5	0,356	32	26,77	29,39	-	0		-	
Σ	-	-	-	-	-	-	1109.35	95,04	1204.39

2.4. Вибір системи охолодження та холодильного агенту

Система охолодження - це сукупність приладів охолодження і способу відводу тепла з приміщень. Розрізняють системи безпосереднього, розсолу і повітряного охолодження. При правильному виборі системи охолодження вантажу, використання вантажопідйомності судна, підвищується економічність і безпеку роботи холодильної установки та ін.

Безпосереднє охолодження – найекономніший спосіб, який скорочує початкові витрати (не потрібно випарника, насосів та ін. Обладнання для охолодження та подачі розсолу), експлуатаційні витрати (відсутній хладоноситель і підтримку вищої температури кипіння), амортизаційні витрати (менша корозія трубопроводів і обладнання, ніж при контакті з розсолом). Крім того, при АЛЕ відразу після включення компресора починає охолоджуватися приміщення. Недоліками цієї системи є: більш складне регулювання розподілу холодоагенту по батареях і камерам, ніж в розсільній системі; велика небезпека витоків і проникнення холодоагенту в камери з продуктами (хоча фреони і не псують продуктів); щодо швидке зростання температури в камері після установки компресора.

Для охолодження м'яса морозива, що знаходяться в трюмі, вибираємо повітряну систему охолодження. При цьому охолодження в трюм вентилятором подається охолоджене в спеціальному повітроохолоджувачі повітря, де нагрівається і знову засмоктується вентилятором. Повітроохолоджувач встановлюється всередині трюму. Повітряна система забезпечує: інтенсивний теплообмін між повітрям і холодоагентом або розсолом в випарнику, а також між повітрям і вантажем; хороші умови для повітрообміну в трюмі і можливість регулювання вологості повітря, що забезпечує найкращі гігієнічні

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00				Аркуш
									31
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата					

умови зберігання продукту; універсальність системи, тобто можливість перевозити будь-які вантажі (від мороженої риби до фруктів і овочів); меншу вагу і первісна вартість установки; менша ємність системи холодоагенту; менші витрати енергії на привід компресорів.

Недоліки системи повітряного охолодження:

- кілька підвищених загальних витрат енергії в зв'язку з наявністю вентиляторів (25-30% всієї енергії на установку);
- збільшена потрібна холодопродуктивність установки через підвищених витоків холодного повітря з трюму і приплив теплого атмосферного повітря, а також з-за підвищеного коефіцієнта тепловіддачі від стінок трюму до повітря має підвищену швидкість;
- зменшений поперечний обсяг трюму, внаслідок розміщення в ньому повітропроводів і повітроохолоджувачів;
- відсутність акумуляції холоду в системі;
- дещо підвищена усушка морожених вантажів в результаті підвищеної циркуляції повітря при тривалому зберіганні.

Повітряна система охолодження працює на фреоні R22, тому що це найбільш економічний варіант на сьогоднішній день. Цей холодоагент поєднує в собі позитивні якості аміаку і R12. R22 являє собою б / ц газ зі слабким запахом хлороформу, летючий, не горить, краще розчиняє воду, ніж R12, при високих температурах необмежено розчиняється в маслі, при звичайних температурах кипіння у випарнику, масло виділяється з фреону R22, при цьому утворюється в'язкий шар масла на поверхні фреону, рівних умовах, дозволяє збільшити холодопродуктивність машини приблизно на 60%.

Питома витрата енергії при цьому зменшується приблизно на 6%. Теплообмінні апарати в даному випадку виходять більш компактними, в зв'язку з кращою тепловіддачею при кипінні і конденсації фреону R22, яка на 25-30% вище, ніж у фреону R12.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						32
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК КОНДЕНСАТОРА.

В конденсатор холодильної машини надходить перегріта пара, а виходить переохолоджений конденсат. Тому теплове навантаження на конденсатор складається з теплоти перегріву, конденсації та переохолодження, які відводяться у відповідних умовних зонах конденсатора.

Однак, тепловий розрахунок конденсатора виконується не по зонам, а в цілому, так як навіть в області перегрітого пару відбувається конденсація на трубках, які мають температуру нижче температури конденсації t_k , а для теплоти, яка віднімається у першій та третій зонах, не велика у порівнянні з загальним тепловим навантаженням конденсатора.

Орієнтовна поверхня теплообміну конденсатора по внутрішньому діаметру трубок:

$$F'_k = 10^3 Q_k \cdot \eta_k / k_{вн} \cdot \theta, \text{ м}^2;$$

де $Q_k = 18.3$ кВт- загальне теплове навантаження на конденсатор, яке визначається за результатом розрахунку цикла.

η_k - коефіцієнт запасу поверхні. $\eta_k = 1,2$ - для малих конденсаторів. [3];

$k_{вн}$ - коефіцієнт теплопередачі, віднесений до внутрішньої поверхні.
 $k_{вн} = 1800 \dots 4500$ Вт/м²К - для фреонових конденсаторів [1]. Приймаємо $k_{вн} = 1800$ Вт/м²К;

θ - температурний напір в конденсаторі, який визначається за формулою:

$$\theta = (t_{w2} - t_{w1}) / [2,31 \lg(t_k - t_{w1}) / (t_k - t_{w2})], \text{ } ^\circ\text{C};$$

де $t_{w1} = t_{3,в} = 30^\circ\text{C}$ - температура води, яка поступає в конденсатор;

$t_{w2} = t_{w1} + (2 \dots 4)^\circ\text{C}$ - температура води на виході з конденсатора.

Приймаємо $t_{w2} = 33^\circ\text{C}$.

$t_k = 38^\circ\text{C}$ - температура конденсації. $\theta = 8,41^\circ\text{C}$

Знаючи теплове навантаження на конденсатор Q_k та повний температурний напір в конденсаторі визначаємо орієнтовну внутрішню поверхню теплообміну конденсатора.

$$F'_k = 5.8 \text{ м}^2.$$

В якості прототипу приймаємо фреоновий кожухотрубний конденсатор марки КТР – 6 з площею теплообмінної поверхні $6,8 \text{ м}^2$.

Для суднових фреонових конденсаторів рекомендується мідна трубка з накатним оребрінням, яка має наступні характеристики [1]:

$D_p = 16,6 \text{ мм}$ - зовнішній діаметр ребер;

$S_p = 1,18 \text{ мм}$ - крок ребер;

$d_3 = 14,2 \text{ мм}$ - діаметр трубки у просвітах між ребрами;

$d_{вн} = 12,6 \text{ мм}$ - внутрішній діаметр трубки;

$\delta_r = 0,65 \text{ мм}$ - товщина ребра у торця;

$\delta_{осн} = 0,8 \text{ мм}$ - товщина ребра в основі;

$\beta = 3,3$ - ступінь оребріння.

Конденсатори, які мають поверхню теплообміну менше 15 м^2 , мають 4 хода по воді $z=4$.

Визначаємо витрату води крізь конденсатор:

$$G_w = Q_k / c_w(t_{w1} - t_{w2}), \text{ кг/с};$$

де $c_w = 4,19 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ - теплоємність морської води.

$$G_w = 18,3 / 4,19 \cdot (33 - 30) = 1,456 \text{ кг/с}$$

Об'ємна витрата води крізь конденсатор:

$$V_w = G_w / \rho_w, \text{ м}^3 / \text{с};$$

де $\rho_w = 1025 \text{ кг/м}^3$ - густина морської води.

$$V_w = 1,456 / 1025 = 1,42 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3 / \text{с}.$$

Число трубок в одному ході:

$$n_x = 4G_w / \pi \cdot d_{вн}^2 \cdot W_w \cdot \rho_w = 4 V_w / \pi \cdot d_{вн}^2 \cdot W_w,$$

де $d_{вн}$ - внутрішній діаметр трубок, м;

$W_w = 1,5 \text{ м/с}$ - швидкість води в трубках [1].

$$n_x = 4 \cdot 1,42 \cdot 10^{-3} / 3,14 \cdot 0,0126^2 \cdot 1,5 = 7,59.$$

Приймаємо: $n_x = 8$. Загальна кількість трубок: $n = n_x \cdot z = 8 \cdot 4 = 32$ шт.

Перераховуємо швидкість води в трубках:

$$W_w = 4 V_w / \pi \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot n_x = 4 \cdot 1,42 \cdot 10^{-3} / 3,14 \cdot 0,0126^2 \cdot 8 = 1,42 \text{ м/с.}$$

Тепловий розрахунок конденсатора виконуємо графоаналітичним методом, вирішуючи сумісно два рівняння для удільних теплових потоків з боку холодоагенту та з боку води, віднесених до внутрішньої поверхні трубок:

$$q_a = \alpha_p (t_k - t_{\text{ст}}) \cdot \beta;$$

$$q_w = \alpha_w (t_{\text{ст}} - t_{\text{вер}}),$$

де α_p та α_w - коефіцієнти тепловіддачі, Вт/м²К;

β - ступінь оребріння.

Гідравлічний розрахунок конденсатора.

Для правильного підбору циркуляційного водяного насосу системи охолодження необхідно визначити гідравлічні втрати в неї.

Значну частину загальних втрат напору складає гідравлічний опір в конденсаторі:

$$\Delta p_w = \sum \Delta p_T + \sum \Delta p_M, \text{ кПа};$$

де $\sum \Delta p_T$ - сума гідравлічних опорів на тертя в прямих ділянках трубок;

$\sum \Delta p_M$ - сума місцевих опорів.

Гідравлічні опори тертя:

$$\Delta p_T = \lambda \cdot L \cdot W_w^2 \cdot \rho_w \cdot 10^{-3} / 2 \cdot d_{\text{вн}}, \text{ кПа};$$

де λ - коефіцієнт опору тертя;

L - сумарна довжина 1 хода прямих трубок з внутрішнім діаметром $d_{\text{вн}}$;

ρ_w - густина теплоносія, $\rho_w = 1025 \text{ кг/м}^3$.

Для розрахунку λ використовуємо формулу Блазіуса для турбулентного потоку в гладких трубках при $Re = 3000 \dots 100000$:

$$\lambda = 0,3164 / Re^{0,25};$$

де Re - критерій Рейнольдса: $Re = W_w \cdot d_{\text{вн}} / \nu_w$;

де $\nu_w = 0,805 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості води.

$$Re = 0,8 \cdot 0,0126 / 0,805 \cdot 10^{-6} = 21600$$

$$\lambda = 0,3164 / 21600^{0,25} = 0,0261$$

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						35
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Сума гідравлічних опорів тертя:

$$\Delta p_T = 0,0261 \cdot 4 \cdot 1,42^2 \cdot 1025 \cdot 10^{-3} / 2 \cdot 0,0126 = 11,72 \text{ кПа.}$$

Місцеві опори визначаються за формулою:

$$\Delta p_M = \xi \cdot W_w^2 \cdot \rho_w \cdot 10^{-3} / 2, \text{ кПа;}$$

де ξ - коефіцієнт місцевих опорів:

$$\xi = a \cdot \xi_1 + b \cdot \xi_2 + c \cdot \xi_3;$$

де a - число вхідних камер, $a=2$;

b - число вихідних камер, $b=2$;

c - число поворотів, $c=3$;

$\xi_1=1,5$ - коефіцієнт місцевого опору при раптовому розширенні [27];

$\xi_2=1,5$ - коефіцієнт місцевого опору при раптовому звуженні [27];

$\xi_3=2,5$ - коефіцієнт місцевого опору при повороті на 180° всередині кришки для переходу з одного пучка трубок в інший [27].

$$\xi = 2 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5 + 3 \cdot 2,5 = 13,5$$

Сума місцевих опорів:

$$\Delta p_M = 13,5 \cdot 1,42^2 \cdot 1025 \cdot 10^{-3} / 2 = 3,18 \text{ кПа.}$$

Гідравлічний опір конденсатора:

$$\Delta p_w = \sum \Delta p_T + \sum \Delta p_M = 33,72 + 3,18 = 14,90 \text{ кПа.}$$

2.3. Розрахунок конденсатора на міцність.

Розрахунок виконується у відповідності до методики, яка викладена в частині Правил Регістру "Котли, теплообмінні апарати, сосуди під тиском".

2.3.1. Розрахунок на міцність обичайки конденсатора.

Вихідні дані для розрахунку:

$D_{вн}=255\text{мм}$ - внутрішній діаметр обичайки ;

$P_p=3,5 \text{ МПа}$ - розрахунковий тиск.

Мінімальна товщина стінки корпусу:

$$\delta = [(D_{вн} \cdot P_p) / 200 (\sigma_p) \cdot y - P_p] + C, \text{ мм;}$$

де $(\sigma)=1,2 \text{ МПа}$ - допустимі напруги розтягування для матеріалу стінки [17];

$y=1$ - коефіцієнт міцності в повздовжньому напрямку для цілковитягнутої труби [17];

$C=1,5\text{ мм}$ - надбавка до розрахункової товщини стінки .

$$\delta = 4,3 \cdot 10^{-3} \text{ мм.}$$

Конструктивно приймаємо $\delta = 5\text{ мм}$.

Приймаємо матеріал обичайки Ст10.

Розрахунок на міцність трубної решітки.

Вихідні дані для розрахунку:

Матеріал: латунь ЛО62 по МРТУ НН20-54;

$P_p=3,5 \text{ МПа}$ - розрахунковий тиск [17]. Мінімальна товщина трубної решітки: $\delta_p = 0,45 \cdot D_{\text{вн}} \sqrt{P_p / (100 \cdot [\sigma] \cdot y)} + C, \text{ мм};$

де $[\sigma]=0,8 \text{ МПа}$ - допустиме напруження на вигин [17];

$y=1$ - коефіцієнт міцності [10];

$C=1,5\text{ мм}$ - надбавка до розрахункової товщини стінки [17].

$$\delta_p = 0,45 \cdot 0,19 \cdot \sqrt{3,5 \cdot 10^6 / (100 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 1)} + 1,5 \cdot 10^{-3} = 19,4 \text{ мм};$$

Конструктивно приймаємо $\delta_p = 20 \text{ мм}$.

Перевірка товщини решітки по надійності вальцовочного кріплення труб:

$$\delta \geq d_3 / 8 + 5;$$

де $d_3= 14,2 \text{ мм}$ - зовнішній діаметр вальцованої трубки.

$$\delta \geq 14,2 / 8 + 5 = 6,8; \delta_p > \delta.$$

Перевірка надійності кріплення кінців трубок на вирівнювання:

$$q = P_p \cdot F / \pi \cdot d_3 \leq 4 \text{ МПа};$$

де F - площа між чотирма трубками, м^2 ;

$$F = \pi / 4 (D_{\text{вн}}^2 - d_3^2 \cdot n) = 3,14 / 4 (190^2 - 14,2^2 \cdot 12) = 23 \text{ мм}^2.$$

$$q = 3,5 \cdot 23 / 3,14 \cdot 14,2 = 1,81 \text{ МПа} \leq 4 \text{ МПа}.$$

Розрахунок на вирівнювання кінців труб з гнізда трубної решітки

Розрахунок виконуємо по формулі Циганкова, яка здійснює перевірку напруг в містку трубної решітки.

$$R = P_p / [3,6 (1 - \frac{d_3}{l}) \cdot (\frac{\delta_p}{l})^2] \leq 100 \text{ МПа};$$

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						37
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

де $l=0,5(22+22)=22\text{мм}$ - напівсума сторін прямокутника, утвореного чотирма трубками.

$\delta_p=20\text{ мм}$ - товщина трубної решітки.

$$R = 3,3 \text{ МПа} < 100 \text{ МПа.}$$

2.3.3. Перевірка напруг в зварному шві, який з'єднує денце з корпусом.

$$\sigma_p = P_p \cdot F_1 / l \cdot \delta_p \leq [\sigma_p] = 120 \text{ МПа};$$

де $l = \pi \cdot D_{\text{вн}}$, мм - довжина зварного шва;

$$l = 3,14 \cdot 190 = 596,9 \text{ мм.}$$

F_1 - площа, що сприймає зусилля від тиску;

$$F_1 = \pi \cdot (D_{\text{вн}}^2 / 4 - d_3^2 \cdot n) = 3,14 \cdot (190^2 / 4 - 14,2^2 \cdot 32) = 8077,71 \text{ мм}^2.$$

$$\sigma_p = 3,5 \cdot 8077,71 / 596,9 \cdot 20 = 2,37 \text{ МПа} < [\sigma_p] = 120 \text{ МПа.}$$

Перевірка напруг в зварному шві, що сполучає денце з його корпусом.

Товщина донця відстійника:

$$\delta_b = 0,38 \cdot d_b \cdot \sqrt{P_p / (100[\sigma_p])} + C, \text{ мм};$$

$[\sigma_p] = 120 \text{ МПа}$; $C = 1,5 \text{ мм}$ [17].

$$\delta_b = 0,38 \cdot 40 \cdot \sqrt{3,5 / (100 \cdot 120)} + 1,5 = 1,76 \text{ мм};$$

Приймаємо $\delta_b = 2 \text{ мм}$.

Напруження в зварному шві:

$$\sigma_b = P_p \cdot F_2 / l_b \cdot \delta_b \leq [\sigma_b] = 120 \text{ МПа};$$

де $F_2 = 0,785 \cdot d_b^2$, мм - площа, що сприймає зусилля від тиску P_p .

$$F_2 = 0,785 \cdot 40^2 = 1256 \text{ мм}^2.$$

$l_b = \pi \cdot d_b$ - довжина зварювального шва, мм.

$$l_b = 3,14 \cdot 40 = 125,66 \text{ мм.}$$

$$\sigma_b = 3,5 \cdot 1256 / 125,66 \cdot 2 = 17,49 < [\sigma_b] = 120 \text{ МПа.}$$

2.3.5. Товщина кришки конденсатора.

$$\delta_k = (6 \cdot P_{\text{кр}} \cdot D_{\text{кр}} / 200[\sigma_p]) + C, \text{ мм};$$

де $P_{\text{кр}} = 0,6 \text{ МПа}$ - розрахунковий тиск води в конденсаторі;

$D_{\text{кр}} = 230 \text{ мм}$ - внутрішній діаметр кришки;

$[\sigma_p]=80$ МПа - припустима напруга розтягувань для матеріалу кришки [17].

$C=1,5$ мм - надбавка до розрахункової товщини [17].

$$\delta_k = (6 \cdot 0,6 \cdot 130 / 200 \cdot 80) + 1,5 = 5,53 \text{ мм};$$

Приймаємо $\delta_k = 8$ мм.

Розробка конструкції конденсатора.

Конденсатор - елемент холодильної машини, в якому тепло, що віднімається у випарнику і тепло, що витрачається на роботу в компресорі, відводиться в навколишнє середовище.

Розроблений конденсатор є горизонтальним апаратом зі сталевую обичайкою $d_{вн} = 265$ мм, $d_3 = 255$ мм і завдовжки 1240 мм.

Усередині обичайки розташовані мідні трубки в кількості 52 шт. $\varnothing 14,2 \times 0,8$ і завдовжки 1,0 м, які розвальцьовані в латунних решітках.

До трубних решіток на болтах приєднані бронзові литі кришки з переділками, які створюють чотири ходи води.

Переділки в кришках виконані таким чином, щоб при заповненні труб водою, в них не виникали трубні мішки, а при спорожненні не залишалася вода. В однієї з кришок розташований клапан для випуску повітря.

Конденсатор має патрубки для підводу пари та відводу рідини, а також для підключення показчиків рівня, запобіжного клапану.

Крім того, кожух конденсатора забезпечено лапами для кріплення конденсатора.

По трубкам протікає вода, а в між трубному просторі рухаються пари холодоагенту. Пар холодоагенту подається компресором зверху, а відводиться конденсатором знизу.

На конденсаторі монтується безсальниковий компресор та апаратура, які утворюють компресорно - конденсаторний агрегат.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						39
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

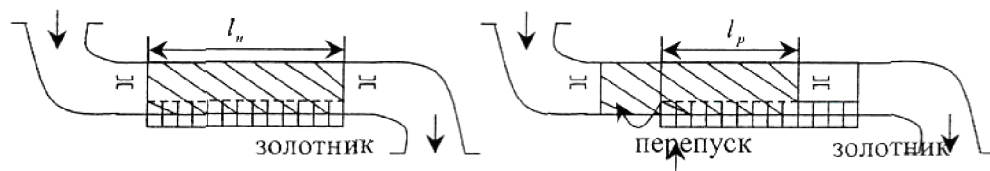
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ З ЕЛЕМЕНТАМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Для гвинтових компресорів, як і для поршневих, застосовують всі способи, не пов'язані зі зміною їх конструкції: байпасування, дроселювання на всмоктуванні, пуск-зупинка, зміна частоти обертання.

Сучасні гвинтові компресори регулюють при зміні активної (робочої) довжини гвинтів шляхом перепуску газу з частоти порожнини стиснення в порожнину всмоктування.

При максимальній продуктивності золотник перебуває в крайньому лівому положенні, біля вікон всмоктування, зниження тиску всмоктування служить сигналом до зменшення продуктивності, при цьому золотник за допомогою електродвигуна, гідро- або пневмопривода переміщається вправо, змінюючи активну довжину гвинтів від нормальної l_n до регульованої l_p .

Серійні холодильні гвинтові компресори забезпечені золотниковим регулятором, що забезпечує плавну зміну продуктивності про 100 до 10% номінального значення з відповідною зміною потужності.



5.1 Спосіб регулювання температури в приміщеннях.

В охолоджуваних об'єктах встановлюють датчики температурних реле, які керують соленоїдними клапанами подачі холодоагенту до приладів охолодження.

Реле температури малих ХМ (для провізійних камер) може безпосередньо управляти пуском і установкою компресора. У великих установках

продуктивність компресора змінюють по сигналу датчика тиску всмоктування. Зменшення теплового навантаження на охолоджуваній об'єкт призводить до зниження тиску всмоктування; регулятор компресора так зменшує його продуктивність, щоб тиск всмоктування залишилося колишнім.

Автоматичний захист, сигналізація і контроль СХУ

Автоматичний захист СХУ може бути попереджувальною, що не допускає настання небезпечного режиму, і аварійної, що забезпечує зупинку компресора, спрацювання запобіжних клапанів і інші заходи, коли один з параметрів приймає небезпечне значення.

Часто автоматичний захист установки здійснюється за допомогою тих же приладів, які виконують функції автоматичного регулювання. Захист від гідравлічного удару компресора виробляють приладами, що регулюють подачу рідини в випарник, перед яким, як правило, встановлюють соленоїдний клапан, що закривається при зупинці компресора. Завдяки цьому виключаються переповнення випарника рідиною при непрацюючому компресорі і відсутності відсмоктування пара.

Захист від неприпустимого підвищення тиску нагнітання і надмірного зниження тиску всмоктування здійснюють за допомогою маноконтроллеров і Пресостати, об'єднаних, як правило, в один прилад - реле тиску.

Захист від перегріву компресора виконують за допомогою термореле, яке відключає компресор при надмірному підвищенні температури нагнітання. Для захисту компресора від недостатньої подачі мастила використовують реле контролю змащення (РКС) - диференціальне реле, сприймає різницю тисків масла до насоса і після нього, тобто в картері компресорі і в нагнетательной олійною трубці. При зниженні різниці тисків до 0,05 МПа компресор автоматично зупиняється. На час запуску компресора контакти РКС блокуються на 10-15 секунд, а потім, коли з'являється тиск, замикаються.

Система автоматичного захисту та сигналізації (САЗ) - установка, що складається з гвинтового компресора (К), конденсатора (Кн) і повітроохолоджувача (ПО).

У САЗ входять 6 реле захисту (РЗ), які контролюють такі параметри:

– РЗ1 - тиск всмоктування РВС. Сигнал подається при надмірному зниженні тиску всмоктування (закриття і відсутність циркуляції холодоагенту, відсутність теплового навантаження на випарник і ін);

– РЗ2 - різницю тисків масла на вході в масляний насос і виході з нього ΔP_M . Сигнал подається при віднесенні масла з картера компресора (на час запуску компресора РЗ1 автоматично відключається).

– РЗ3 - тиск нагнітання рн. Сигнал подається при надмірному підвищенні тиску нагнітання внаслідок закриття нагнітального клапана, недостатнього охолодження конденсатора, наявності повітря в системі;

– РЗ4 - температуру нагнітання Тн. Сигнал подається при надмірному перегріві пара на виході з компресора;

– РЗ5 - температура обмоток статора вбудованого електродвигуна тобм. Сигнал подається при надмірному перегріві обмоток електродвигуна.

Всі реле захисту підключаються до електричної схемою одноразової дії АЗ. При спрацюванні будь-якого реле схема видає сигнал аварійної зупинки ХЗ в схему автоматичного управління АУ, яка відключає пускач МП електродвигуна компресора. Одночасно запалюється одна з сигнальних ламп Л1-Л8, що сигналізує про аварійну зупинку і її причини (за номером лампи).

Після спрацювання захисту компресор не може автоматично включатися в роботу.

Після усунення причини спрацювання САЗ її можна повернути в нормальний стан кнопкою повернення КВЗ, при натисканні якої звільняється схема АУ і дозволяється автоматичний пуск компресора. Сигнальна лампа гасне.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально – економічних, організаційних, технічних, гігієнічних та лікувально–профілактичних заходів та засобів, які забезпечують безпеку, збереження здоров'я та працездатності людини в процесі праці.

Основною задачею охорони праці є зведення до мінімуму ймовірності ураження або захворювання працівників з одночасним забезпеченням комфорту при максимальній продуктивності праці.

Обслуговуючому персоналу, який знаходиться р РВМ, вкрай необхідно вивчати та дотримуватися техніки безпеки хладонових холодильних установок.

6.1 Аналіз потенційно небезпечних та шкідливих факторів у машинному відділенні рефрижераторного судна

Для РВМ характерні наступні шкідливі фізичні та хімічні фактори:

- наявність машин та механізмів, що рухаються, рухомих частин виробничого обладнання;
- присутність апаратів що працюють під тиском;
- підвищення запиленості та загазованості повітря робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищена вібрація;
- підвищений або низький рівень барометричного тиску, або його різка зміна;
- підвищена або низька рухомість повітря;
- підвищене значення напруги в електромережі, замикання котрої може пройти через людину;
- відсутність або брак природного світла, недостатня освітленість робочої зони;

- шкідливу дію холодоагенту, який використовується в холодильних установках провізійних комор.

Підвищений рівень вібрації в РВМ.

6.1.1. Захист від вібрацій

Причиною збудження вібрацій є виникаючі при роботі машин і агрегатів невіднозначені силові дії.

Розрізняють загальну и локальну вібрацію. Загальна вібрація викликає струс всього організму, місцева залучає до коливального руху окремі частини тіла. Загальна вібрація з частотою менше 0,7 (качання) хоча і неприємна, але не приводить до вібраційної хвороби. Следством такої вібрації є морська хвороба, що відбувається через порушення нормальної діяльності рівноваги (вестибулярного апарату) унаслідок резонансних явищ.

Систематична дія вібрації, що характеризується високим рівнем віброшвидкості, може бути причиною вібраційної хвороби – стійких порушень фізіологічних функцій організму, обумовлене переважно дією вібрацій на центральну нервову систему.

Санітарні правила для РМО.

Застосовують наступні методи по зменшенню вібрацій : в джерелі виникнення, по зниженню їх на шляху розповсюдження, по зниженню шкідливої дії вібрації на працюючих шляхом відповідної організації праці, а також вживання засобів індивідуального захисті і лікувально-профілактичних заходів.

Граничні допустимі значення вібрації на суднах встановлюються у відповідності з граничними спектрами (ГС) рівнів середньоквадратичних значень віброшвидкості L_v (див. табл. 6.1) або відповідних їм віброприскорень L_a (див. табл. 6.2).

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						44
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 6.1. Граничні спектри рівнів вібрації ПС (L_v), дБ

Номер ПС (L_v)	Середньгеометричні частоти в октавних смугах, Гц					
	2	4	8	16	32	63
1	115	107	104	104	101	100
2	112	104	101	99	98	97
3	106	98	95	93	92	91
4	101	93	90	88	87	86
5	96	88	85	83	82	81
6	91	83	80	78	77	76
7	86	78	75	73	72	71

Таблиця 6.2. Граничні спектри рівнів вібрації по прискоренню ПС (L_a), дБ

Номер ПС (L_a)	Середньгеометричні частоти в октавних смугах, Гц					
	2	4	8	16	32	63
1	61	60	62	66	71	77
2	58	57	59	63	68	74
3	52	51	53	57	62	68
4	48	45	48	52	57	63
5	42	41	43	47	52	58
6	37	36	38	42	47	53
7	32	31	33	37	42	48

6.1.2 Захист від шуму

Шум – є будь-який небажаний для людини звук. В якості звуку ми сприймаємо пружні коливання, які розповсюджуються в твердому, рідкому та газоподібному середовищі [16,17].

Шум викликає небажану реакцію всього організму людини. При нормуванні шуму використовують два методи: нормування по межовому спектру шуму; нормування рівню звуку в дБа.

Оцінка шуму по загальному рівню в дБа виконується, як правило, у випадку неможливості проведення октавного аналізу.

Для зниження шуму застосовують наступні методи:

- зменшення шуму в джерелі;
- зміна спрямованості випромінювання;

- раціональне планування об'єктів;
- акустична обробка приміщень;
- зменшення шуму на шляху його розповсюдження.

Допустимі рівні широкосмугового шуму на робочих місцях зведені до таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 Допустимі рівні широкосмугового шуму.

Робоче Місце	Рівні звукового тиску (дБ) в октавних смугах зі середньо геометричними частотами (Гц)								Рівень Звуку дБа
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
МВ з постійною вахтою	99	92	86	83	80	78	76	74	85

6.1.2. Освітлення РВМ

Освітлення характеризується кількісними та якісними показниками. ДО кількісних показників відносять: світловий потік, сила світла, освітленість, яскравість. При освітленні технологічних приміщень використовують природне освітлення, яке створюється світлом сонця; штучне, яке здійснюється електричними лампами, та сумісне, при якому у світлий час доби не достатнє по нормам природне освітлення доповнюється штучним[16,17].

Основні вимоги до штучного освітлення:

1. освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової праці, який визначається наступними параметрами: об'єкт, розрізнення, фон, контраст об'єкту з фоном;
2. необхідно забезпечити рівномірне розподілення яскравості на робочому місці;
3. На робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;
4. у полі зору повинні бути відсутні блики постійною у часі;
5. Величина освітленості повинна бути постійною у часі;
6. потрібно обирати оптимальну спрямованість світлового потоку;

7. усі елементи освітлених установок повинні бути довговічними, електробезпечними, а також не повинні призводити до пожеж та вибухів.

Норми освітлення на суднах регламентуються чинними нормами штучного освітлення на суднах морського флоту 2506-81.

Таблиця 6.4 Норми природного освітлення на суднах.

№ п/п	Приміщення	КПО
1	Житлові	0.5
2	Загального користування	1.0
3	Медичного призначення	1.0
4	Харчовий блок	1.0
5	Головні прохідні коридори	0.3
6	Пральні	0.5
7	Рульова рубка	2.0

6.2. Захист від ураження електричним струмом

При використанні електродвигунів, що приводять у дію компресори і насоси, а також інші електричні прилади в рефрижераторному машинному відділенні з'являється небезпека поразки електричним струмом. Електричний струм, проходячи через живий організм, може зробити термічний і електрохімічний вплив.

Разом з тим електричний струм робить і біологічний вплив, що є особливим процесом, властивим лише живим тканинам. Зовнішній вплив електричного струму виявляється у виді опіків, металізації; внутрішній вплив – у виді розриву тканин і розтріскування кісток, електролізу розчину солей і впливу на нервову систему [16,17].

Найбільш небезпечний для людини електричний удар –порушення живих тканин організму, викликане протіканням по них електричного струму і супроводжуються судорожним скороченням м'язів. Це може привести до порушення діяльності життєво важливих органів людини і навіть до смерті.

Головні фактори, що роблять вплив на результат електричних травм: сила струму, що проходить через тіло людини; тривалість впливу струму; стан організму людини в момент одержання електротравми.

Причиною поразки людини електричним струмом може бути, зіткнення зі струмоведучими частинами, що знаходиться під напругою, чи з конструктивними частинами, що під напругою виявилися випадково, в наслідок ушкодження ізоляції електричного устаткування.

Основною умовою, що забезпечує безпеку в обслуговуванні холодильної установки, є установка захисного заземлення. Відповідно до Правил Регістра України захисне заземлення виконується в системах постійного струму при напрузі $> 50\text{В}$ в системах перемінного струму при напрузі вище 36В [16,17]. Як індивідуальні засоби захисту застосовуються діелектричні рукавички, калоші, чоботи, килимки.

Основними заходами захисту від ураження струмом є:

- Забезпечення недосяжності струмоведучих частин, які знаходяться під напругою;
- Електричний поділ мережі;
- Виключення небезпеки враження при появі напруги на корпусах, частинах електрообладнання, що досягається використанням малих напруг, використанням подвійної ізоляції, захисним заземленням, зануленням, захисним відключенням;
- Організація безпечної експлуатації електроустановок.

6.3. Техніка безпеки при ремонті устаткування СХУ.

Ремонтні роботи на холодильних установках проходять під безпосереднім керівництвом рефмеханіка, який, перед початком робіт зобов'язаний : перевірити справність підйомних механізмів, інструментів і пристосувань, забезпечити працюючих захисними засобами, спецодягом, запобіжними пристроями, нормальну освітленість місць ремонту, переконається, що в компресорах, апаратах і трубопроводах відсутній тиск або холодоагент .

Проводити ремонт обладнання , ущільнення сальників арматури , системи що під тиском правилами заборонено .

При монтажних і демонтажних роботах слід користуватися тільки стандартним інструментом. Під час перерви в роботі не можна залишати вантажі в підвішеному стані або в піднятому положенні на лебідках , домкратах або інших механізмах.

Розкривати компресори, апарати, трубопроводи дозволяється тільки в захисних окулярах , масці тільки після того , як з системи надійно відсмоктаний холодоагент і тиск знижений до атмосферного. Правилами заборонено розкривати апарати , трубопроводи з температурою стінок нижче -33 - 35 ° С.

Механізми, апарати, арматуру тимчасово демонтажу необхідно розміщувати в заздалегідь намічених місцях, не займаючи коридори, проходи. Укладати їх на палубі слід стійко, з метою виключення їх переміщення при хитах судна.

При користуванні переносними електроінструментами необхідно попередньо вивчити інструкції з їх експлуатації.

Зварювальні та паяльні роботи при ремонті на діючому обладнанні повинні виконуватися під діючими рефмеханіком та представником портового нагляду із забезпеченням все запобіжних заходів по охорони суміжних апаратів від пошкоджень.

Роз'єднання фланців , постановку заглушок , що відокремлюють апарати , пломбування в закритому стані маховиків, вентилів слід при безперервній роботі аварійної вентиляції.

6.4. Пожежна безпека.

Для запобігання пожежі на судах встановлюють вогнестійкі чи вогнестримуючі конструкції , які повинні витримувати на вогнестійкість стандартні випробування.

Основою конструкцією протипожежного захисту корпусної частини судів є застосування вогнестійких конструкцій типу В і С.

До конструкцій типу А ставляться перегородки , палуби , вигородки трапів , шахти , а також закриття отворів в них. Вони виконуються із сталі або іншого

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						49
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

рівнозначного матеріалу , посилені ребрами жорсткості і мають термостійку ізоляцію товщини . Всі конструкції типу А зберігають свою цілісність і непроникність для диму і полум'я протягом одногодинного стандартного випробування на вогнестійкість .

Вогнезатримуючі конструкції типу В і С застосовують на судах для виконання допоміжних перегородок і закриття отворів в них. Конструкції цих класів можуть бути виготовлені цілком з будь-яких негорючих матеріалів, або з декількох шарів різних за ступенем возгораємості. Вони повинні бути непроникні лише для полум'я протягом півгодинного стандартного випробування на вогнестійкість .

6.5. Розрахунок освітленості в рефрижераторному машинному відділенні.

Розрахунок штучного висвітлення в ПК ведеться по методу коефіцієнта використання світлового потоку.

Кількість світильників, необхідних для забезпечення заданої освітленості E визначається по формулі:

$$N = \frac{E \cdot S \cdot K_z \cdot Z}{\Phi \cdot \eta}, \text{ де}$$

E – мінімальна освітленість, що нормує, Лк; $E = 75$ Лк.

S – площа приміщень, м^2

$$S = L \cdot B = 7 \cdot 4 = 28 \text{ м}^2$$

L – довжина, м;

B – ширина, м.

K_z – коефіцієнт запасу, що враховує зниження освітленості в порівнянні з спроектованою.

$K_z = 1,3$ (вибирається в залежності від умов середовища за ДСТ 5.6077-75)

Φ – сумарний світловий потік одного світильника Б125-136-100 у відповідність ГОСТ 5.6077-75, $\Phi = 1540$ мм

Z – відношення середньої освітленості до мінімального для ламп накаливання $Z = 1,15$.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						50
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

η – коефіцієнт використання світлового потоку. Для визначення η необхідно знати:

- коефіцієнти відображення.
 - подволака $\rho_n = 0,7$;
 - палуби $\rho_{унав.} = 0,3$;
 - перебирань $\rho_{пер.} = 0,5$;
- i – індекс приміщення

$$i = \frac{B \cdot L}{h(L+B)} = \frac{4 \cdot 7}{2,6(7+4)} = 0,98$$

де

$h = 2,6$ м – висота ПК;

$\eta = 1,8$ вибираємо по таблиці.

Кількість світильників:

$$N = \frac{75 \cdot 28 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{1540 \cdot 1,8} = 1,1 \Rightarrow N = 2$$

Для висвітлення РМВ застосовуємо лампи накаливання типу Б125-136-100 з напругою 100 В. Вибір таких ламп улаштовується тим, що вони прості по конструкції, не пред'являють твердих вимог до стабільності параметрів живильної мережі (напруга, частота), включаються в мережу без допоміжних пристроїв [17].

ВИСНОВКИ

1. За завданням кафедри було виконано проект холодильної установки для провізійної комори замороженого м'яса для судна LIAOYU REEFER 1 – універсальний транспортний рефрижератор для необмеженого району плавання.

2. Приведено обґрунтування вибору типу холодильної машини і її елементів, а також типу холодильного агенту.

3. Розраховані коефіцієнти теплопередачі переборок, подволоку та дна приміщення з урахуванням вибраної ізоляції. Розраховані теплоприпливи в камеру зберігання продукту від інших приміщень, нещільності в приміщенні та працюючих приладів в ньому, а також враховані теплоприпливи від сонячної радіації і від вентиляції приміщення.

4. Побудовано цикл на діаграмі р-і та розраховані основні параметри циклу холодильної установки, що працює на холодоагенті R-22 з врахуванням перегріву холодоагенту у трубопроводі та в герметичному безсальниковому компресорі.

5. За розрахованими параметрами циклу виконано підбір обладнання холодильної машини а саме компресора, повітроохолоджувача, конденсатора і допоміжних елементів холодильної машини: ресивера, масловіддільника та фільтра-осушувача.

6. В розділі охорони праці виконано розрахунок пожежної стійкості універсального рефрижератора.

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						52
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гапонов С.А., Єсін І.П., Радченко М.І. Програма. Методичні вказівки та курсовий проєкт з дисципліни “Холодильна техніка та технологія”. - Миколаїв: НУК, 2005, - 20 с.
2. Гапонов С.А., Лехмус О.О., Журавльов Г.Б. Проєктування і розрахунок теплової ізоляції суднових рефрижераторних приміщень. – Ч.І. Ізоляційні матеріали і конструкції: Навчальний посібник. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 44 с.
3. Єсін І.П., Радченко М.І. Програма, методичні вказівки до виконання курсової роботи та курсового проєкту з дисципліни “Теоретичні основи холодильної техніки”. - Миколаїв: НУК, 2008, - 24 с.
4. Hundy G.F. Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps. / G.F. Hundy, A.R. Trott and T.C. Welch. – Butterworth-Heinemann: Elsevier Ltd, March 2, 2016 (5th Edition). – 510 p. [Електронний варіант]
5. Загоруйко В.О. Суднова холодильна техніка: підручник / В.О. Загоруйко, О.А. Голіков. – К.: Наукова думка, 2002. – 576 с. [Електронний варіант]
6. Лозовський А.П. Основи холодильних технологій: навчальний посібник / А.П. Лозовський, О.М. Іванов. – Суми: Університетська книга, 2015. – 149 с. [Електронний варіант]
7. Мелейчук С.С. Монтаж, експлуатація, обслуговування холодильних і тепло насосних установок: навчальний посібник / С.С. Мелейчук, В.М. Арсеньєв. – Суми: СДУ, 2011. – 183 с. [Електронний варіант]
8. Радченко М.І. Суднові холодильні машини: навчальний посібник / М.І. Радченко, О.О. Лехмус. – Миколаїв: НУК. – 2015. – 392 с.
9. Розрахунки з дисципліни «Теплотехнологічні процеси та установки»: Навчальний посібник / Луняка К.В., Димо Б.В., Андрєєва Н.Б., Калініченко І.В. – Херсон: ХНТУ, 2018. – 166 с. [Електронний варіант]

10. Розрахунок суднової холодильної установки / А.А.Андреев, І.П.Есін, Ю.В.Захаров, А.О.Моря, М.І.Радченко; За редакцією доктора технічних наук, професора Ю.В.Захарова. – Миколаїв: УДМТУ, 2003. – 88 с. [Електронний варіант]

11. Теплообмінники суднових систем кондиціонування та рефрижерації: навчальний посібник / М.І. Радченко, А.М. Радченко, Д.В. Коновалов, Р.М. Радченко. – Миколаїв: НУК, 2014. – 260 с.

12. Франів А. Фізика низьких температур : навч. посібник / А. Франів, В. Стадник, В. Курляк. – Львів : ЛНУ імені Івана Франка, 2016. – 362 с. [Електронний варіант]

13. CoolPack IPU. – Електронні дані. – Режим доступу: <https://www.ipu.dk/products/coolpack/> (дата звернення 07.05.2024)

14. Пістун І.П., Тубальцев А.М., Тубальцева Н.П. Охорона праці в суднобудуванні: Навчальний посібник. Львів: «Тріада плюс», 2009. 580 с.

15. Щедролосєв, О. В.; Додонова, Г. В.; Мозговий, А. М.; Савельєв, В. В., Методичні рекомендації до виконання розділу "Охорона праці" у бакалаврських випускних роботах (проектах) Миколаїв: НУК, 2012.

ДОДАТКИ

					КР.142.4257.03.06.ПЗ.00	Аркуш
						55
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

