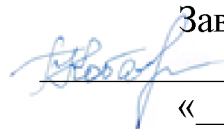


Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

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 рефтрюма
офшорного судна-постачальника дедвейтом $D_w = 21000$ т»**

Виконав: студент IV курсу, групи **4257**
спеціальності

142 «Енергетичне машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

«Холодильні машини і установки»
(назва освітньо-професійної програми)

 **Дмитро БУЛДАКОВ**
(прізвище та ініціали)

Керівник **Дмитро КОНОВАЛОВ**
(прізвище та ініціали) 

Рецензент **Галина КОБАЛАВА**
(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 **Булдакова Дмитра Антоновича, група 4257**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Розробка проєкту холодильної установки для рефтрюма офшорного судна-постачальника дедвейтом $Dw = 21000$ 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, швидкопсувні вантажі

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)

Розділ 5. Розробка принципової схеми холодильної машини з елементами автоматизації

Розділ 6. Охорона праці

Висновки.

Список використаних літературних джерел.

Розрахунково-пояснювальна записка (60...80 сторінок тексту) повинна відповідати вимогам ЄСКД та ДСТУ.

4. Перелік графічного матеріалу

1. Креслення приміщення, що охолоджується, з ізоляцією та приладами охолодження – 1 аркуш формату А1.
2. Принципова схема та цикл холодильної машини на p -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 _____ – 1 аркуш формату А1.

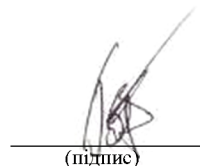
5. Дата видачі завдання « 12 » 03 2025 року.

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 pI -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		

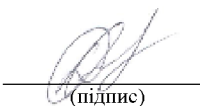
Здобувач


(підпис)

Дмитро БУЛДАКОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Дмитро КОНОВАЛОВ

(прізвище та ініціали)

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		3

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	«Розробка проєкту холодильної установки для рефтрюма офшорного судна-постачальника дедвейтом Dw = 21000 т»		
Студент		Булдаков Д.А.					
Керівник		Коновалов Д.В.					
Н. Контр.							
Зав. каф.		Кобалава Г.О.			ХННІ НУК Літ. Арк. Аркуші 4 4		

АНОТАЦІЯ

Булдаков Дмитро Антонович, група 4257.

Випускню бакалаврську роботу виконано за темою: «Розробка проєкту холодильної установки для рефтрюма офшорного судна-постачальника дедвейтом $D_w=21000$ 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 11 таблиць, 14 рисунків та список літератури з 15 найменувань. Графічну частину подано на 4 листах формату А1.

Актуальність теми визначається необхідністю розробки системи охолодження повітря, яка призначена для холодильної установки рефтрюма офшорного судна-постачальника дедвейтом $D_w=21000$ т.

Система охолодження рефтрюма призначена для забезпечення зберігання швидкопсувних продуктів, шляхом підтримки необхідної температури зберігання, незалежно від зовнішніх умов.

Було обґрунтовано вибір типу холодильної машини і її елементів, а також типу холодильного агенту. Розраховано коефіцієнти теплопередачі переборок, подволоку та настилу приміщення з урахуванням вибраної ізоляції. Розраховані теплоприпливи в трюмі зберігання продуктів від інших приміщень. Побудовано цикл на діаграмі $p-i$ та розраховані основні параметри циклу холодильної установки, що працює на холодоагенті R-404a з врахуванням перегріву холодоагенту у трубопроводі та в напівгерметичному поршневному компресорі. За розрахованими параметрами циклу виконано підбір обладнання холодильної машини, а саме компресора (Bitzer марки 4FE-28Y-40P), повітроохолоджувача (Eco ICE 42A10), конденсатора і допоміжних елементів холодильної машини. У системі охолодження застосовані повітроохолоджувачі з електровентильторами кубічного типу Eco ICE 42A10 з площею поверхні рівної 42 м^2 .

Розроблено принципову схему холодильної установки з автоматизацією роботи. Також приведені основні рекомендації охорони праці при роботі з СХУ.

Ключові слова: холодильна машина, компресор, конденсатор, повітроохолоджувач, $p-i$ діаграма.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
						5
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Buldakov Dmytro, group 4257

The bachelor's thesis was completed on the topic "Development of a Refrigeration System Project for the Reefer Room of an Offshore Supply Vessel with a Deadweight of 21,000 Tons."

The explanatory note to the bachelor's thesis consists of the following parts: introduction, six chapters, conclusions, and a list of references. All information presented in the explanatory note is printed on typewritten pages and includes 11 tables, 14 figures, and a list of 14 bibliographic sources. The graphical part is presented on 4 sheets of A1 format.

The relevance of the topic is determined by the necessity to develop an air-cooling system intended for the refrigeration unit of the reefer room of an offshore supply vessel with a deadweight of 21,000 tons. The cooling system of the reefer room is designed to ensure the preservation of perishable products by maintaining the required storage temperature regardless of external conditions.

The type of refrigeration machine and its components, as well as the refrigerant type, were justified. The heat transfer coefficients of the bulkheads, ceiling, and floor of the compartment were calculated considering the selected insulation. The heat gains in the storage hold from adjacent spaces were also calculated.

A refrigeration cycle was constructed on a p-i diagram, and the main parameters of the cycle operating with refrigerant R-404a were calculated, taking into account the superheating of the refrigerant in the pipeline and in the semi-hermetic reciprocating compressor. Based on the calculated cycle parameters, the refrigeration unit equipment was selected, including the compressor (Bitzer model 4FE-28Y-40P), air cooler (Eco ICE 42A10), condenser, and auxiliary components of the refrigeration unit. The cooling system employs cube-type air coolers with electric fans (Eco ICE 42A10) with a surface area of 42 m².

A schematic diagram of the refrigeration system with automation of operation was developed. Basic occupational safety recommendations for working with the refrigeration system are also provided.

Keywords: refrigeration machine, compressor, condenser, air cooler, p-i diagram.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
						6
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ	11
1.1. Загальні відомості судна	11
1.2. Основні технічні характеристики судна.....	14
1.3. Енергетична установка	14
1.4. Системи холодопостачання.....	17
1.5. Висновки по розділу 1.	19
РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ.....	20
2.1. Вибір і обґрунтування типу рефрижераторної установки	20
2.2. Вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщення, що охолоджуються.....	25
2.3. Визначення теплоприпливів у приміщення і холодопродуктивності судової холодильної установки.	32
2.4. Вибір системи охолодження та холодильного агенту	37
2.5. Висновки по розділу 2.	40
РОЗДІЛ 3. ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ, ЇЇ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ, РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ РОБОТИ	41
3.1. Побудова циклу холодильної машини на p, h -діаграмі та його розрахунок	41
3.2. Підбір холодильного компресора та теплообмінних апаратів та іншого устаткування холодильної установки	48
3.3. Висновки по розділу 3.	56
РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА	57
4.1. Основні характеристики повітроохолоджувачів.	57
4.2. Розрахунок та підбір повітроохолоджувача.....	59
4.3. Висновок по розділу 4.	61
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ З ЕЛЕМЕНТАМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	62
5.1. Спосіб регулювання температури в приміщеннях.....	63

5.2. Автоматичний захист, сигналізація і контроль сху.....	64
5.3. Висновки по розділу 5.	66
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	67
ВИСНОВКИ.....	76
ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА	77
ДОДАТКИ.....	79

					<i>КР.142.4257.01.06.ПЗ.00</i>	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Вступ

Рефрижераторні судна призначені для транспортування вантажів, які вимагають підтримки певної температури для збереження їх якості під час перевезення. Це спеціалізовані судна з холодильними установками, які забезпечують необхідний температурний режим у трюмах або контейнерах. Основні призначення рефрижераторних суден включають:

1. Транспортування продуктів харчування
 - Свіжі фрукти та овочі: забезпечення оптимальних умов для запобігання псуванню та збереження свіжості.
 - М'ясо та риба: зберігання заморожених або охолоджених продуктів для запобігання їх розморожуванню та псуванню.
 - Молочні продукти: транспортування продуктів, таких як молоко, сир, масло, які вимагають постійного охолодження.
 - Заморожені продукти: перевезення заморожених товарів, таких як морозиво, заморожені овочі та готові страви.
2. Транспортування фармацевтичних та медичних препаратів
 - Вакцини та медичні препарати: забезпечення стабільного температурного режиму для збереження ефективності та безпеки ліків.
 - Біологічні матеріали: перевезення чутливих біологічних матеріалів, таких як кров, плазма, органи для трансплантації.
3. Транспортування квітів та рослин
 - Живі квіти: збереження свіжості та якості живих квітів під час транспортування.
 - Саджанці та інші рослини: забезпечення необхідних умов для перевезення живих рослин без пошкодження.
4. Транспортування хімічних речовин
 - Температурно чутливі хімічні речовини: перевезення хімічних речовин, які потребують підтримання певної температури для запобігання їх деградації або небезпечних реакцій.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

5. Військові та спеціальні призначення

- Армійські запаси: перевезення харчових продуктів та медичних запасів для військових операцій.

- Гуманітарна допомога: транспортування гуманітарної допомоги в умовах, де необхідно зберігати продукти харчування та медичні препарати в належному стані.

Ключові особливості та функціональні можливості рефрижераторних суден:

1. Холодильні установки: високопродуктивні холодильні установки для підтримання необхідного температурного режиму в трюмах.

2. Контроль температури: системи автоматичного контролю температури та вологості для забезпечення стабільних умов.

3. Ізольовані трюми: трюми з термоізоляцією для мінімізації тепловтрат та забезпечення ефективного охолодження.

4. Різні температурні зони: можливість створення різних температурних зон для перевезення різних типів вантажів.

5. Моніторинг та управління: системи дистанційного моніторингу та управління для контролю умов перевезення та оперативного реагування на зміни.

Завдяки цим особливостям рефрижераторні судна є незамінними для міжнародної торгівлі продуктами, що швидко псуються, забезпечуючи їх безпечне та ефективне транспортування на великі відстані.

Для охолодження трюму на судні передбачена автоматизована хладонова холодильна установка, що працює по циклу одноступінчатого стиснення холодоагента R12 з безпосереднім кипінням його у випарнику.

До складу установки входять три компресорно-конденсаторні агрегати з регульованою холодопродуктивністю типу МАК-9РБ ТУ26-03-255-77 (у тому числі один резервний).

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Система охолодження рефтрюма – повітряна з вертикальною циркуляцією холодного повітря знизу (під вантаж). Кратність циркуляції біля 40 об/год (при порожньому трюмі) забезпечується трьома осьовими вентиляторами типу 25/1,6 ОСО-122 по ОСТ54026-71.

Приладами охолодження служать чотири повітроохолоджувача типа ВОТ-40 по ТУ26-03.216-71 із змінним кроком ребер 15 і 7,5мм, які розташовані у вигородженні кормовій частині рефтрюма.

Передбачається охолодження вантажу зовнішнім повітрям при температурі зовнішнього повітря більш низької ніж в трюмі, для чого працює система подачі повітря на всмоктування вентиляторів.

Подача холодного повітря від повітроохолоджувача в рефтрюм здійснюється з нагнітальної частини кормового вигородження рефтрюма через палубні ґрати холодне повітря охолоджуючи вантаж і компенсуючи теплопритоки із ззовні повертаючи у всмоктувану порожнину через зазор у верхній частині кормового вигородження рефтрюма.

Робота холодильної установки повністю автоматизована. Заповнення випарників повітроохолоджувача – регулюється терморегулюючими вентилями типу 12ТРВ-Б.3 по перегріву пари хладона, що відсмоктується, з випарників повітроохолоджувачів.

Температура повітря в трюмі підтримується за допомогою термореле, яке припиняє за допомогою соленоїдних вентилів, подачу хладона у випарники, коли температура повітря в трюмі досягає заданій.

Передбачений автоматичний захист агрегату від підвищеного тиску нагнітання і пониження тиску всмоктування; від зниження тиску мастила і захист електро-двигуна компресора від перевантаження.

Є можливість і ручного управління всіма приладами і механізмами холодильної установки. Первинний пуск установки здійснюється вручну.

Для забезпечення роботи цієї системи в РМО встановлені три хладонові компресорно-конденсаторних агрегати МАК40 з автоматичним регулюванням

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

холодопродуктивності. Охолодження конденсаторів здійснюється забортною водою подається електронасосом НЦВ 100/30А.

Відповідно до теми дипломного проєкту необхідно розробити ескізний проєкт холодильної установки рефтрюма офшорного судна-постачальника.

Система охолодження рефтрюма призначена для забезпечення зберігання швидкопсувних продуктів, шляхом підтримки необхідної температури зберігання, незалежно від зовнішніх умов.

Основні вимоги, що пред'являються до установки.

1. Надійне потримання заданих параметрів в трюмі.
2. Мінімальні габарити і маса;
3. Безпека в обслуговуванні.
4. Надійність системи автоматичного регулювання роботи холодильної установки.
5. Невисокий рівень шуму і вібрації.
6. Безпека роботи і обслуговування установки.

ХУ рефтрюма має бути екологічно безпечною та економічною.

В роботі необхідно підібрати системи охолодження та холодильного агенту, холодильного компресора та апаратів охолодження для приміщення, що охолоджується. Розробити принципову схему автоматизації.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ

1.1. Загальні відомості судна

Офшорне судно-постачальник типу «SAMPSON» (ІМО: 9429455) здано в експлуатацію у 2010 р.

1.1.1 Тип і призначення судна.

Судно «SAMPSON» (ІМО: 9429455) є судном для підтримки офшорних операцій, що працює переважно в Перській затоці. Це судно призначене для перевезення вантажів постачання у пакетах, різного типу контейнерах, на піддонах і т.п. у високоширотні й інші важкодоступні пункти Арктики в арктичну навігацію; перевезення великих пакетированих вантажів і контейнерів типу ІС і ІА, у тому числі рефрижераторних контейнерів на верхній палубі та у трюмі №3, паливно-мастильних, вибухонебезпечних і вогненебезпечних вантажів у тарі, а в трюмах 1, 3 і 4 – кам'яного вугілля і частково руди.

Передбачено перевезення швидкопсувних вантажів у рефтрюмі, перевезення, вантаж і видача на плавзасоби 500 тон дизельного палива.

1.1.2 Район плавання та умови експлуатації

Район плавання:

Основний регіон: Перська затока

Порти заходу: Часто заходить в порти Об'єднаних Арабських Еміратів, зокрема Абу-Дабі та Мусафа.

Тип: Судно для підтримки офшорних операцій.

Характеристики двигуна: Дизель-електричні двигуни від Caterpillar з загальною потужністю 17,168 кВт.

Швидкість руху: Середня експлуатаційна швидкість 16 вузлів.

Обладнання: Оснащене різними кранами з вантажопідйомністю від 70 до 1,600 тон, що вказує на його роль в важких підтримуючих операціях.

Судно «SAMPSON» побудоване для виконання вимогливих умов, типових для ролей підтримки офшорних операцій, які включають транспортування постачань, підтримку офшорного будівництва та, можливо,

Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата

КР.142.4257.01.06.ПЗ.00

Аркуш

допомогу у технічному обслуговуванні та ремонті нафтових платформ в регіоні.

1.1.3 Архітектурно-конструктивний тип судна

Тип судна – одногвинтовий двопалубний теплохід (рис. 1.1) з надмірним розміщенням житлової надбудови і кормовим розміщенням машинного відділення.



Рис. 1.1. Загальний вигляд судна SAMPSON (IMO: 9429455) $D_w = 21000$ т, 2010 р.

Вантажних трюмів – 4, включаючи трюм, із стаціонарним вантажним пристроєм, включаючи одинарні і спарені крани вантажопідйомністю 12 і 24 т і стрілу важкоатлета вантажопідйомністю 80т.

Судно має обладнаний злітно-посадочний майданчик з ангаром для гелікоптера Ка – 32, вантажопідйомністю 5т.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Судно обладнане системою динамічного позиціонування класу 3 і великоваговим поворотним краном, укладанням труб S-образної укладання і підводним краном.

1.1.4. Клас судна.

Судно будується на клас Регістра КМ Ⓢ Л2 І П2 (рибальське). Цей клас відповідає класу Українського Морського Регістру Судноплавства.

1.1.5 Морехідні якості судна.

Співвідношення головних розмірів, форма корпусу забезпечують добрі льодові, ходові і морехідні якості судна як в повному вантажу, так і в баласті.

Швидкість судна при ходових випробуваннях, при осіданні носом 5,3 м і корми 8,1м, при частоті обертання гребного гвинта 145 об/хв на глибокій воді, при хвилюванні моря і вітру не більше 3 балів; при чистому свіжопофарбованому корпусі складає 17,9 вузли.

Відхилення швидкостей ходу судна на випробуваннях допускається в межах від гарантованої $\pm 0,3$ вузли.

Остійність судна у всіх експлуатаційних випадках завантаження відповідає діючим нормам для судів необмеженого району плавання.

Непотоплюваність судна забезпечена при осіданні 9,0м при затопленні будь-якого одного відсіку. При осіданні 8,5м з диферентом на корму 1,0м при осіданні 8,0м без диферента непотоплюваність забезпечена при заповненні будь-яких двох відсіків відповідно до діючих норм.

Льодопробитимість судна при швидкості ходу судна 1,0 1,5 вузли складе 0,7м. Діаметр циркуляції судна на повному передньому ході при перекиданні керма на 35о складає не більше 5 довжин корпусу судна.

На судні встановлені скуласті кілі для стримування бортового качання, загальною площею близько 3% площі КВЛ.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

1.2. Основні технічні характеристики судна

Головні розміри:

Таблиця 1.1.

Довжина найбільша, м	175,0
Довжина по КВЛ, м	164,4
Довжина між перпендикулярами, м	163,4
Ширина найбільша, м	32,0
Висота борта, м	12,0
Осадка по КВЛ, м	9,0
Осадка арктична, м	8,0
Висота міжпалубних перекриттів, м	2,5
Висота подвійного дна середня, м	1,7
Підйом палуби бака, м	0,7

Водотоннажність судна в морській воді густиною 1,025 т/м³ при осіданні по літню вантажну марку (9,0 м), складає 21000 тон. Дальність плавання при швидкості 16,3 вузла складає 10000 миль. Передбачена можливість збільшення дальності плавання до 15000 миль за рахунок зменшення вантажопідйомності.

Автономність плавання

- по запасах провізії і прісної води з поповненням від опріснювачів – 60 діб; по запасах сухої провізії – 90 діб.

Дедвейт судна:

- при осіданні по літню вантажну марку – 10000 тонн
- при арктичному осіданні – $T = 8\text{м} - 7210\text{т}$.

Водяний баласт в баластному переході, при 10% запасів приймається в кількості 3180т для забезпечення осідання:

- носом близько 4,5 м;
- кормою до повного занурення грибного гвинта.

1.3. Енергетична установка

СЕУ знаходиться в кормі судна. Розташування механізмів, устаткування і прокладка трубопроводів в машинному відділенні виконані з урахуванням зручності і безпеки їх обслуговування, огляду і ремонту.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Основні дані по СЕУ:

1) Головна установка.

Як головний двигун служить дизельгідрозубчастий агрегат, що виготовляється фірмою «Рожні» Фінляндія, має в своєму складі:

- два судових середньооборотних, чотирьохтактних, нереверсивних дизеля 102V40/48, потужністю 7500 л.с. кожний;
- гідрозубчасту передачу, що має по два гідротрансформатора передні і задні ходи;
- дві пневматичні муфти;
- еластичні муфти;

Дизелі чотирьохтактні, нереверсивні, середньої швидкохідності, V-образные з газотурбінним надувом від турбонагнітачів.

ДГЗА забезпечують роботу двох дизелів з одночасною передачею потужності на гребний гвинт; роботу одного будь-якого з дизелів, на гребний гвинт при зупинці іншого тільки при зниженні потужності; розвиток моменту, що крутить, до 250% при роботі двох дизелів через гідротрансформатори при застопореному гребному гвинті і утриманні його не менше двох хвилин.

2) Допоміжна енергетична установка.

Це установка яка призначена для постачання судна електроенергією. Електростанція складається з чотирьох дизель-генераторів, потужністю 500кВт кожний; одного аварійного дизель-генератора, потужністю 200кВт. Дизель-генератори розташовані в трюмі, в приміщенні (ДГО), яке розташовані в ніс від МКО. Генератор складається з дизеля і генератора, сполученої між собою пружною муфтою і змонтованих на загальній фундаментальній рамі, встановленій на амортизаціях. Для приводів генератора застосовані двигуни марки 84Н25/34-5. Двигуни охолоджуються прісною водою по замкнутому циклу. Пуск двигунів здійснюється стислим повітрям тиском 30кг/с. Дизель-генератори забезпечені звуковою і світловою аварійно-попереджувальною сигналізацією; а також системою автоматичного захисту, який забезпечує зупинку дизель-генератора при виникненні аварійних ситуацій. Аварійний

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

дизель-генератор розташований в районі 180-190 шп.пр.б. на палубі надбудов 1-го ярусу. Для приводу аварійного генератора застосовується неререверсивний чотирьохконтактний дизель марки 124 15/18, змонтований на загальній фундаментній рамі з генератором установлюваний на амортизаціях.

За допомогою тих, що навісили на двигун радіатора і вентилятора він охолоджується водою з присадками по замкнутому циклу. Як змащувальний матеріал застосовується масло, що рекомендується заводом постачальником. Аварійний дизель-генератор обладнаний системою автоматичного запуску стартера, якщо напруга в судновій електромережі зникне.

3) Допоміжна котельна установка.

Складається з двох водотрубних котло-агрегатів КАВ 4,0/7-22 з нафтовим опалюванням, з природною циркуляцією, встановлених на накатній палубі в шахті МКО; двох котлів утилізацій КУП 150СИ, що працюють на вихлопних газах дизелів ДГЗА, вертикальних, водотрубних, з примусовою циркуляцією, встановлених в шахті МКО.

Допоміжні котли укомплектовані механізмами, теплообмінними апаратами і устаткуванням спрощуючих їх роботу. Комплектація і трубопроводи допоміжних котлів забезпечують можливість одночасної роботи допоміжних котлів, що працюють на свої споживачі і котлів утилізацій, а також роздільну їх роботу. З машинного відділення, без зупинки ДГЗА, проводиться переклад роботи котельної установки з котлів утилізацій на нафтовій і назад.

Опріснювальна установка.

Дві вакуумні опріснювальні установки ДБУ передбачено для поповнення котельної і миючої води. Виконані вони в агрегатованому виконанні, що утилізували тепло охолоджуючої прісної води головних дизелів. Робота однієї з цих установок можлива також на насиченій парі. Продуктивність: 20т/сут.

Інші допоміжні установки.

В МКВ, на платформі знаходиться установка для знищення експлуатаційних і побутових відходів. Продуктивність: по сміттю 65 кг/ч; по паливному шламу 145 кг/ч; по нафтовідходам 46кг/ч.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

1.4. Системи холодопостачання.

Холодильна установка провізійних комор.

Система призначена для забезпечення зберігання продуктів харчування шляхом підтримки необхідних температур зберігання. Обслуговується трьома хладоновими компресорно-конденсаторними агрегатами МАК6рб, розташованими на верхній палубі в приміщенні холодильних машин, які обладнані пристроєм регулювання холодопродуктивності методом байпасування.

Один агрегат обслуговує комори низькими температурами повітря; другий агрегат – обслуговує комори з позитивними температурами повітря. Резервний – третій агрегат забезпечує в провізійних коморах такі температури:

- замороженого м'яса	255K (-12 °C)
- риби	255K (-12 °C)
- жирів	269K (-4 °C)
- охолоджуваного м'яса	272K (-1 °C)
- фруктів	275K (2 °C)
- овочів	275K (2°C)
- мокрої провізії	275K (2 °C)
- молочних продуктів	272K (-1°C)

Точність підтримки температур 2 °C. Охолодження конденсаторів компресорно-конденсаторних агрегатів холодильної системи провізійних комор здійснюється забортною водою за допомогою електронасоса. Для низькотемпературних комор мороженого м'яса, риби і жирів як прилади охолодження застосовані екранні батареї типу БЕН, для інших – ПО типу МВО Ш20.

Холодильна установка рефрижераторного трюму.

Для охолодження трюму на судні передбачена автоматизована хладонова холодильна установка, що працює по циклу одноступінчатого стиснення холодоагента R12 з безпосереднім кипінням його у випарнику.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

До складу установки входять три компресорно-конденсаторні агрегати з регульованою холодопродуктивністю типу МАК-9рб ТУ26-03-255-77 (у тому числі один резервний).

Система охолодження рефтрюма – повітряна з вертикальною циркуляцією холодного повітря знизу (під вантаж). Кратність циркуляції біля 40об/год (при порожньому трюмі) забезпечується трьома осьовими вентиляторами типу 25/1,6 ОСО-122 по ОСТ54026-71.

Приладами охолодження служать три повітроохолоджувача типа ВОТ-40 по ТУ26-03.216-71 із змінним кроком ребер 15 і 7,5мм, які розташовані у вигородженні кормовій частині рефтрюма.

Передбачається охолодження вантажу зовнішнім повітрям при температурі зовнішнього повітря більш низької ніж в трюмі, для чого працює система подачі повітря на всмоктування вентиляторів.

Подача холодного повітря від повітроохолоджувача в рефтрюм здійснюється з нагнітальної частини кормового вигородження рефтрюма через палубні ґрати холодне повітря охолоджуючи вантаж і компенсуючи теплопритоки із ззовні повертаючи у всмоктувану порожнину через зазор у верхній частині кормового вигородження рефтрюма.

Робота холодильної установки повністю автоматизована. Заповнення випарників повітроохолоджувача – регулюється терморегулюючими вентилями типу 12ТРВ-Б.3 по перегріву пари хладона, що відсмоктується, з випарників повітроохолоджувачів.

Температура повітря в трюмі підтримується за допомогою термореле, яке припиняє за допомогою соленоїдних вентилів, подачу хладона у випарники, коли температура повітря в трюмі досягає заданій.

Передбачений автоматичний захист агрегату від підвищеного тиску нагнітання і пониження тиску всмоктування; від зниження тиску мастила і захист електродвигуна компресора від перевантаження.

Є можливість і ручного управління всіма приладами і механізмами холодильної установки. Первинний пуск установки здійснюється вручну.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Холодильна установка системи кондиціонування повітря.

Для забезпечення роботи цієї системи в РМО встановлені три хладонові компресорно-конденсаторних агрегати МАК40 з автоматичним регулюванням холодопродуктивності. Охолодження конденсаторів здійснюється забортною водою подається електронасосом НЦВ 100/30AI20.

1.5. Висновки по розділу 1.

Проведено аналіз загальної характеристики судна та комплексу рефрижерації. Наведено основні технічні характеристики судна та описані основні елементи енергетичної та холодильної установок.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ

2.1. Вибір і обґрунтування типу рефрижераторної установки

Вибір типу системи охолодження (СО) залежить від низки факторів: властивостей вантажу, що підлягає охолодженню, розмірів приміщень, які потрібно охолоджувати, їхнього взаємного розташування відносно рефрижераторного машинного відділення (РМВ), а також типу використовуваного холодоагенту. Під час проектування СО для рефрижераторних приміщень розробники стикаються з необхідністю вибрати тип системи охолодження за двома класифікаційними ознаками, згаданими у джерелі [1].

На офшорному судні-постачальнику для рефрижераторного трюма застосована повітряна безпосередня система охолодження, що працює на фреоні R-12, з безканалною системою повітрярозподілення. Холодоагент R-12 заборонений, як екологічно небезпечний, тому потрібно обґрунтувати такий, що найбільше підходить для рефтрюму.

Повітряна система охолодження в найбільшій мірі відповідає сучасним вимогам холодильної технології по підтримці в трюмах необхідних тепловологісних режимів збереження мороженої продукції. У застосовуваній системі циркуляція повітря в охолоджуваніх приміщеннях здійснюються примусово вентилятором, установленим перед повітряохолоджувачем.

За допомогою цієї систем охолодження температура повітря і вантажу в трюмі може підтримуватися від +5 °С до -18 °С. Вологість повітря складає близько 93% усередині штабеля вантажу і 82-89 % у потоці повітря.

Розглянемо основні переваги та недоліком вказаних систем. Системи прямого охолодження мають такі переваги:

1) можливість підтримувати в установці більш економічного режиму з підвищеною (в порівнянні з розсольною системою) температурою кипіння.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

2) невеликі маса і габарити, простота холодильної установки у зв'язку з відсутністю випарника, насосів та іншого обладнання для охолодження і подачі розсолу;

3) охолодження приміщень відразу після включення компресора;

4) можливість застосування трубопроводів рідкого холодоагенту меншого розрізу, ніж розсольні, оскільки холодопродуктивність 1кг рідкого холодоагенту (при його випаруванні) більше ніж 1кг розсолу.

Для теплопередачі необхідна різниця температур між повітрям та холодоагентом, а при розсольному охолодженні теплопередача здійснюється двічі – від повітря до розсолу (в батареї) і від розсолу до холодоагенту (в випарнику), що і обумовлює більшу різницю температур. Підвищення температури кипіння (при одній і тій же температурі в трюмі) зменшує витрати енергії на вироблення холода і дозволяє зменшити габарити компресора і апаратів.

Так по даним [18] перехід від системи непрямого охолодження (розсільної) до системи прямого охолодження при роботі СХУ на R404a з $t_0 = -20^{\circ}\text{C}$ підвищує ефективний холодильний коефіцієнт установки з поршневим компресором приблизно на 20%. Система прямого охолодження може втратити цю (головну) перевагу при значному гідравлічному опорі трубопроводу всмоктуючого холодоагента. В нашому випадку РМВ розташовано поряд з трюмом і на тому ж рівні. Окрім того, при використанні повітряної СО є можливість розташування повітроохолоджувачів біля огороження РМВ. При цьому довжина трубопроводів буде мінімальна, а втрати тиску на всмоктуванні – незначні. Тому вибираємо систему прямого охолодження.

Недоліки системи:

1) відсутність майже будь-якій акумулюючої здібності (відносно швидкий зріст температури в коморі після зупинки компресора, внаслідок припинення відсмоктування пари; підвищується температура та тиск холодоагента і при вирівнюванні його температури з температурою в коморі він перестає кипіти);

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

2) небезпека витоків холодоагента, особливо при розгалужених системах трубопроводів із проникненням його в приміщення з продуктами (хоч і R404a не шкодить продукти). Цим недолік особливо важливий для судна, так як через качку, різного переміщення грузів, роботи механізмів, корпусу судна та його конструкції піддаються перемичним деформаціям і вібрації;

В таких умовах можлива розгерметизація фланцевих та штуцерних з'єднань трубопроводів та виток холодоагента.

Тому в системах прямого охолодження усі з'єднання трубопроводів рекомендується виконувати зварними та використовувати герметичну арматуру. Слід вказати, що перший недолік звичайно не має важливого значення тому, що акумулююча здатність вантажу набагато вища ніж розсолу.

Значним недоліком прямих СО також є, у деяких випадках, велика ємність системи холодоагенту, що збільшує витрати на установку та збільшує її техногенний вплив. Однак у нашому випадку, система холодоагенту може бути мінімальна.

За способом організації руху повітря в об'єкті проєктована система є системою з примусовою циркуляцією повітря (повітряна). В ній циркуляція повітря через повітроохолоджувачі і в приміщенні здійснюється примусово електровентиляторами.

Переваги повітряних систем охолодження в порівнянні з системами «тихого охолодження» будь-якого типу:

- 1) легкість забезпечення подачі в приміщення свіжого повітря, ф газового складу ;
- 2) простота і менша тривалість відтавання повітроохолоджувачів (ПО) практично без попадання в трюм підігрітого повітря і талої води;
- 3) краща рівномірність поля температур і газового складу в трюмі і штабелі вантажу в порівнянні з батарейними системами охолодження;
- 4) повна універсальність – здатність забезпечити охолодження, заморожування і зберігання будь-якого виду вантажу;

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

5) більш високі коефіцієнти теплопередачі від вантажу до повітря і від нього до теплообмінної поверхні, що скорочує час первинного охолодження або заморожування вантажу і зменшує габарити і металоємність ПО;

6) можливість істотної зміни інтенсивності охолодження вантажного приміщення в цілому і, при використуванні деяких типів систем каналного повітрярозподілення, окремих його зон;

7) менша місткість холодоагента в безпосередніх СО, що обумовлює можливість їх застосування для трюмів порівняно великих судів, і холодоносія в розсольних СО. Останнє істотно зменшує масу і металоємність системи.

До недоліків такої системи відносяться:

1) Підвищена загальна витрата енергії (до 25...30 %), обумовлена наступними чинниками:

- витратами потужності на привід вентилятора $N_{ЭВ}$;
- збільшенням холодопродуктивності і потужності компресорів для компенсації теплопритоків від вентилятора $\Delta N_{ЭК} = N_{ЭВ} / \epsilon_{э}$ додаткових теплопритоків через огорожі зважаючи на підвищену швидкість повітря і теплопритоків, пов'язаних з можливістю витоків холодного повітря і підсосу теплого повітря.

2) Підвищене усихання вантажу через велику швидкість повітря.

3) Менша акумулююча здатність системи.

Слід зазначити, що другий та третій недоліки повітряної СО практично не мають значення, тому що для м'яса та риби можна приймати невелику кратність циркуляції повітря внаслідок чого швидкість повітря у штабелі вантажа буде мала, а відносна вологість – велика. Враховуючи це, а також короткий термін зберігання продукту на судні, його усушка буде незначна. Головним безумовно є перший недолік. Але його вплив значною мірою зменшується за рахунок відтавання снігової шуби в будь-який момент рейсу (звичайно 1-2 рази на добу).

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

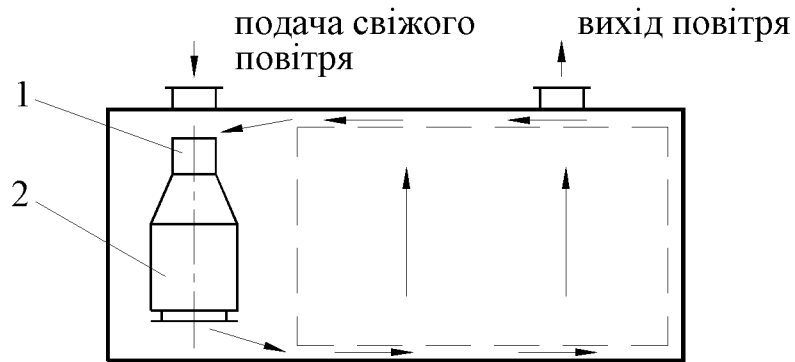


Рис. 2.1. Система охолодження рефтрюма.

Повітря, вентиляторами 1 (рис. 1.1) прямує в повітроохолоджувач 2. Вентилятори та повітроохолоджувачі розташовані в огороженні трюма і відокремлені від нього непрозорою переділкою. Подача охолоджувального повітря від повітроохолоджувачів в трюм здійснюється з нагнітаємої частини кормового огороження рефтрюма через палубну решітку.

Холодне повітря охолоджує груз, компенсує зовнішні теплопритоки, і повертається в всмоктуючу порожнину через отвір в верхній частини кормового огороження рефтрюма. Така система повітрярозподілення не досконала, але має мінімальну масу і габарити. Особливість її полягає в тому, що існують спеціальні канали руху повітря в просторі між палубою та решітчастим настилом.

Основні характеристики трюма взяті з технічної документації: $V_{\text{Тр}}$ – об’єм рефрижераторного трюма – 200 м^3 ; Носова переборка – $11,6\text{ м}^2$; Носова переборка – $17,4\text{ м}^2$; Палуба – $23,0\text{ м}^2$; Кормова переборка – $17,9\text{ м}^2$; Палуба – $35,0\text{ м}^2$; Борт – $63,8\text{ м}^2$; Підволока – $12,0\text{ м}^2$; Права переборка – $61,2\text{ м}^2$; Підволока – $50,0\text{ м}^2$.

На рис. 1.2 зображена принципова схема парокомпресорної холодильної машини. Парокомпресорна холодильна машина володіє високою економічністю, малими габаритами, компактністю порівняно з іншими холодильними машинами.

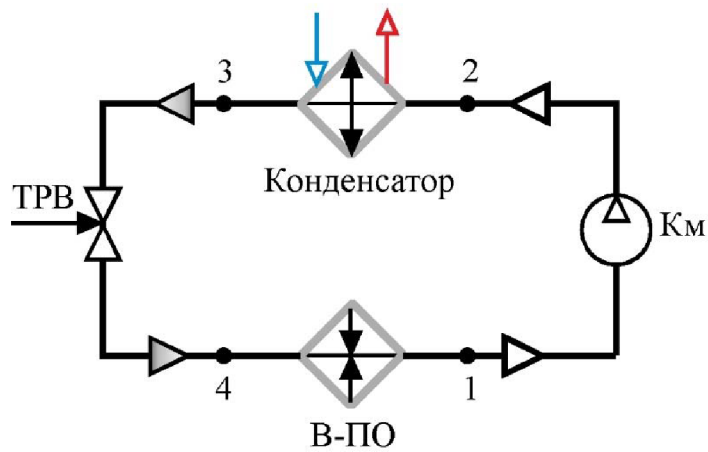


Рис. 2.2. Принципова схема парокомпресорної холодильної машини

Вибір і обґрунтування зовнішніх та внутрішніх параметрів для розрахунку установки.

Для необмеженого району плавання температура забортної води і зовнішнього повітря в розрахунку відповідно [1]: $t_{з.в.} = 30^{\circ}\text{C}$; $t_{н.п.} = 34^{\circ}\text{C}$

В рефрижераторному трюмі при перевезенні замороженої риби та м'яса приймається температура $t_T = -15 \dots -30^{\circ}\text{C}$. Приймаємо температуру зберігання -20°C .

Температура кипіння холодоагенту: $t_0 = t_T - (7 \div 10) = -20 - 7 = -27^{\circ}\text{C}$;

Температура конденсації холодоагенту для малих ХМ: $t_K = t_{з.в.} + (6 \div 10) = 30 + 10 = 40^{\circ}\text{C}$.

2.2. Вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщення, що охолоджуються

Головним споживачем холоду у рефрижераторних перевезеннях є тепло, яке проходить до приміщень, що охолоджується, ззовні крізь конструкції, які їх огорожують. Зменшення зовнішніх тепло припливів сприяє зменшенню холодопотреби судна. Це можливо забезпечити шляхом виконання теплової ізоляції огорожувальних поверхонь.

Ізоляційні матеріали - це спеціальні матеріали, що володіють порівняно низькими коефіцієнтами теплопровідності і призначені для ізоляції огорожувальних конструкцій охолоджуваних приміщень, зменшення теплопритоків у них.

Ізоляція приміщень повинна забезпечувати:

- 1) підтримання розрахункового (заданого) температурного режиму при раціональних значеннях холодо- і теплопродуктивності установок;
- 2) зниження різниці температур внутрішніх поверхонь огорож і повітря в приміщеннях до раціональних або регламентованих значень;
- 3) запобігання висадженню вологи або інію на поверхнях огорож.

Підтримка заданої середньої температури в приміщеннях можлива навіть при повній відсутності ізоляції шляхом істотного збільшення потужності холодильних або обігрівальних установок. Однак це буде супроводжуватися дуже великими енерговитратами і не забезпечить необхідну рівномірність поля температур у всьому об'ємі приміщень. Крім того, велика різниця температур стінок і повітря в рефрижераторних приміщеннях призведе до підсилення усушки продуктів, а в кондиціонованих – до дискомфорту екіпажу та пасажирів. Недостатній термічний опір ізоляції може викликати конденсацію вологи на холодних поверхнях огорож приміщень при зменшенні їх температури нижче температури точки роси ($t_{\text{рос}}$). Це явище неприпустиме, тому що висаджена волога призводить до корозії металу, псування продуктів і устаткування, погіршення санітарного стану приміщень і здоров'я персоналу. Крім того, висадка вологи декілька збільшує коефіцієнт теплопередачі огорожі.

Ізольовують такі поверхні суднових приміщень:

- зовнішні огорожі (борта, палуби, настил другого дна, двері, кришки і комінгси люків;
- проміжні палуби, переборки і вигородки, які розділяють суміжні приміщення з різними температурами;
- проміжні палуби, переборки і вигородки (металеві товщиною більше 2 мм, зі склопластика – товщиною більше 3 мм), які розділяють приміщення з

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

однаковою температурою, аде межуючи з зовнішнім бортом або палубою, а також із приміщеннями, температури в яких значно відрізняються;

- металеві деталі і конструкції, які є тепловими містками (пілерси, колони, основи щогл, каркаси виносної ізоляції, доізоляційного насичення товщиною більше 2 мм).

Для успішного виконання своїх функцій теплоізоляційний матеріал повинен мати низькі значення λ , ρ , гігроскопічності, водопоглинання і коефіцієнта паропроникнення, дешевим, недефіцитним; мати стійкість до вібрації, температури і біохімічних чинників; не повинен залучати гризунів, піддаватися корозії сам і викликати її у металів, виділяти шкідливі речовини, додавати продуктам запахів і бути сприятливим до них. Виробництво і монтаж матеріалів повинні бути нешкідливими для людей і навколишнього середовища.

Для розрахунку ізоляційної конструкції необхідно правильно вибрати товщини ізоляції. Найкращі значення товщин ізоляції для кожного огороження окремо можуть бути встановлені в результаті техніко – економічних розрахунків. Можливо обмежуватись проєктуванням ізоляції лише по нормативним значенням.

Товщина основної ізоляції, покриваючої обшивку корпусу між елементами набору повинна знаходитись в межах 200 – 300 мм. Товщина ізоляції під полицею набору в межах 50 – 100 мм.

Обираємо плити теплоізоляційні зі стіродуру.

Стіродур – це екструдований твердий пінопласт – полістирол німецького концерну BASF. Характеризується низьким λ , високою вологостійкістю і тривкістю на стиск $\sigma=0.15...0.7$ МПа (в залежності від марки та товщини) при 10-% деформації.

Таке сполучення дозволяє застосовувати його як захисний шар від промерзання ґрунту під автомобільними шляхами, залізничними коліями і т.д. за даними фірми він виправдав себе при використанні в холодильних камерах, авторефрижераторах і на суднах. Випускається 9 марок плит стіродура: 2000, 2500, 3035 – із рівними краями; 2800S, 3035S, 4000S, 5000S – з уступчастим

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

фальцем; 2500N і 3035N – із краями шипаз. Матеріал не містить хладонів, горючий, важкозаймистий.

Таблиця 2.1.

Густина, кг/м ³ 25	25; 33; 45
Температура застосування, °С	до 70 °С
Стійкість до тиску, МПа	0.15 – 0.7
Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м*К)	0.028 – 0.035
Розміри плит, мм: - ширина - довжина - інтервали по довжині і ширині - товщина	1250 – 2500; 600; 50; 0.02 – 0.2

Використовуються для ізоляції бортів, перегородок, подволоков і палуб в охолоджуваних приміщеннях, а також холодних трубопроводів і вентиляційних каналів.

Транспортуються без упаковки в закритих транспортних засобах; при зберіганні повинні дотримуватися заходи протипожежної безпеки.

Ізоляція для палуби рефтрюма.

В якості ізоляції використовують піноскло. Цей матеріал володіє високою міцністю, стійкий до пар і кислот, не гниє, не горить.

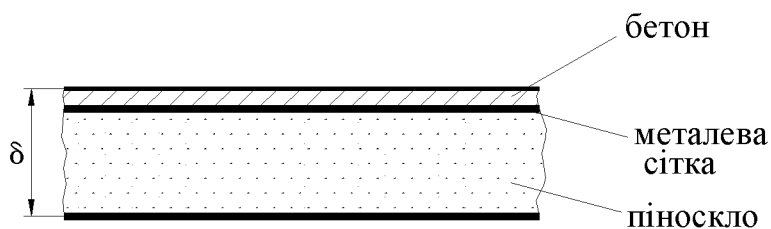


Рис. 2.3 Ізоляція (піноскло)

Піноскло – формований пористий матеріал, одержуваний спіканням порошкоподібного скла с газоутворювачем.

$$k = 1 / (1/\alpha_n + 1/\lambda_{i3} + 1/\alpha_v);$$

$1/\alpha_n$ и $1/\alpha_b$ – тепловий опір з зовнішньої та внутрішньої сторони ізоляції. Внаслідок їх малого значення по порівнянню з загальним термічним опором ними нехтують;

δ - товщина ізоляції 0,25 м;

$\lambda_{из}$ – коефіцієнт теплопровідності 0,081 Вт/(м · К);

$k = 0,31$ Вт/(м² · К);

В розрахунку бетон, як ізолюючий матеріал не враховується так як коефіцієнт теплопровідності його дуже високий в порівнянні з коефіцієнтом ізоляції.

Ізоляція переборок рефтрюма.

В якості ізоляції переборки вибираємо ПСБС-30 – пінопласт полістирольний, який випускається у вигляді плит товщиною 50-100 мм і площиною 1000×500 мм.

Теплоізоляційна конструкція (ТІК) з решітчастою латою на шпильках і металевим захиттям (лист АД товщиною 1,5 мм) є найбільш ефективною, тому що має тільки дискретні теплові містки. Вона використовується для будь-яких поверхонь, крім палуби. Для розрахунку ТІК гладких перебірок (рис. 1.6) використовуємо спрощений метод, замінюючи умовно дерев'яну решітчасту лату на суцільну.

В якості зашивання використовуємо два шари:

1) решітка з дерев'яних соснових брусів;

2) листи з алюмінієвого сплаву АД товщиною 1,5 мм;

Приймаємо: $m = 0,2$ м, $\delta = 0,05$ м, $\lambda_i = 0,046$ Вт/(м · К); $\lambda_{дер} = 0,2$ Вт/(м · К);

$k_p = 1 / (m/\lambda_i + \delta/\lambda_{дер}) = 1 / (0,2/0,46 + 0,05/0,2) = 0,22$ Вт/(м² · К);

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

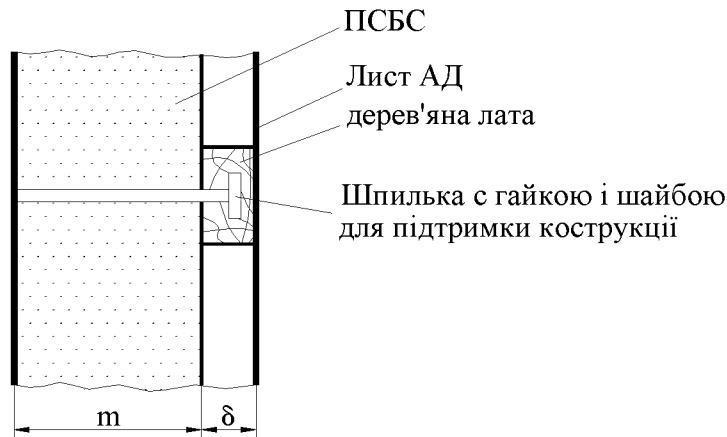


Рис. 2.4. Ізоляція переборок рефтрюма

Вплив сталевих шпильок не враховуємо, тому що ми за рахунок суцільної лати завищили k_p . Тому дійсний коефіцієнт теплопередачі приймаємо $k = k_p$.

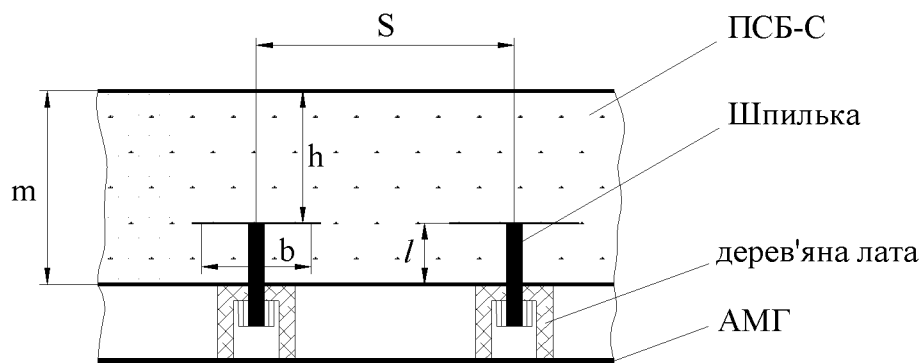


Рис. 2.5. Ізоляція подволока рефтрюма.

В якості ізоляції подволока рефтрюма використовуємо ПСБ-С $m = 0,25$ м; $l = 0,5$ м. Розрахунок коефіцієнта теплопередачі ізоляційних конструкцій можна спростити, якщо шари неметалевих матеріалів привести до якостей ізоляційних матеріалів.

Для зручності розрахунку шари зашивки замінюють сумарним еквівалентним шаром ізоляційного матеріалу товщиною:

$$\delta_e = \delta_3 / \lambda_3 \cdot \lambda_{із} = 0,046 \cdot 0,05 / 0,35 = 0,0065 \text{ м};$$

$$m_n = m + \delta_e = 0,25 + 0,0065 = 0,257 \text{ м};$$

$$l_n = 0,05 + 0,0065 = 0,057 \text{ м};$$

Розміри корпусного набору: $S = 0,65$ м; $h = 0,2$ м; $b = 0,1$ м;

Щоб розрахувати коефіцієнт теплопередачі використовуємо метод ЕТА. (Електро-теплової аналогії).

$$k = \lambda_{из} / S \cdot \varnothing \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

де $\lambda_{из}$ – коефіцієнт теплопровідності матеріала ізоляції $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$; S – розмір шпациї, м; $\varnothing$ – критерій форми.

Тобто обчислення коефіцієнта k зводиться до визначення критерію форми $\varnothing$ для електричної моделі.

Треба вирахувати відносні розміри ізоляційних конструкцій:

$$M_n = m_n / n = 0,257 / 0,2 = 1,285;$$

$$\alpha_n = 0,057 / 0,2 = 0,285; B = 0,1 / 0,2 = 0,5; S = 0,65 / 0,2 = 3,25;$$

Критерій форми $\varnothing$ - доданок з двох величин

$$\varnothing = \varnothing_o + \Delta\varnothing,$$

де $\Delta\varnothing$ – додатковий критерій форми, враховуючий вплив судового набору.

$$\Delta\varnothing = \Delta\varnothing_{м.в.} + \Delta\Delta\varnothing_s, \text{ де}$$

$\Delta\varnothing_{м.в.}$ – додатковий критерій форми, враховуючий зміну відносної приведеної товщини основної ізоляції M і відносної ширини полки набору B , який дорівнює 1,1.

$\Delta\Delta\varnothing_s$ – поправочний критерій форми, який враховує вплив відносної шпациї S в залежності від $S_o = S - B$, який визначається по діаграмі і дорівнює – 0,75.

$$\Delta\varnothing = 1,1 - 0,075 = 1,03; \varnothing = 3,25 / 1,285 + 1,03 = 3,53; k = \lambda_{из} / S \cdot \varnothing = 0,046 / 0,65 \cdot 3,53 = 0,25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

Ізоляція для борта рефтрюма.

Для ізоляції, що прорізається набором використовуємо ПСБ-С полістирол, виготовлений у вигляді плит товщиною 50-100мм та площиною 1000 × 500мм.
 $m = 0,25 \text{ м}; l = 0,5 \text{ м};$

Можна спростити розрахунок коефіцієнта теплопередачі ізоляційних конструкцій, якщо шари неметалевих матеріалів заздалегідь “привести” до якостей ізоляційного матеріалу.

Для зручності розрахунку шарів зашивки замінюють сумарним еквівалентним шаром ізоляційного матеріалу товщиною:

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$\delta_e = \delta_3 / \lambda_3 \cdot \lambda_{i3} = 0,046 \cdot 0,05 / 0,35 = 0,0065 \text{ м};$$

$$m_n = m + \delta_e = 0,25 + 0,0065 = 0,257 \text{ м};$$

$$l_n = 0,05 + 0,0065 = 0,057 \text{ м};$$

Розміри корпусного набору: $S = 0,65 \text{ м}; h = 0,2 \text{ м}; b = 0,1 \text{ м};$

Треба вирахувати відносні розміри ізоляційних конструкцій:

$$M_n = m_n / n = 0,257 / 0,2 = 1,285; \alpha_n = 0,057 / 0,2 = 0,285; B = 0,15 / 0,2 = 0,75;$$

$$S = 0,65 / 0,2 = 3,25;$$

$$\varnothing = \varnothing_o + \Delta\varnothing = S / M_n + \Delta\varnothing, \text{ де}$$

$$\Delta\varnothing = \Delta\varnothing_{\text{м.в.}} + \Delta\Delta\varnothing_s = 1,27 - 0,12 = 1,15;$$

$$\varnothing = \varnothing_o + \Delta\varnothing = S / M_n + \Delta\varnothing = 3,25 / 1,285 + 1,15 = 3,6;$$

$$k = \lambda_{i3} / S \cdot \varnothing = 0,046 / 0,65 \cdot 3,6 = 0,254 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К});$$

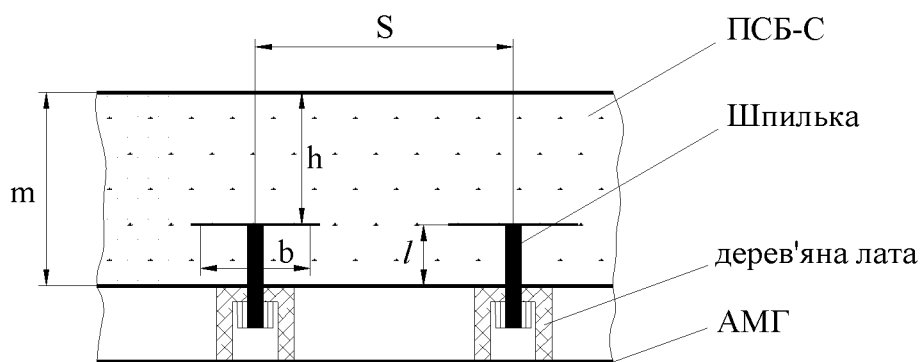


Рис. 2.6. Ізоляція для борта рефтрюма

2.3. Визначення теплоприпливів у приміщення і холодопродуктивності судової холодильної установки.

Холодопродуктивність судової холодильної установки (СХУ) мусить бути такою, щоб її вистачило для підтримання у приміщенні, що охолоджується, заданих температур в найжаркіший час року (в розрахунок приймають найвищу середньодобову температуру зовнішнього повітря і забортної води, можливу в продовж тривалого рейсу в різних широтах). При варіантних розрахунках визначають той режим експлуатації, котрий потребує максимальної витрати холода.

Для визначення необхідної холодопродуктивності установки проводиться тепловий розрахунок, тобто визначаються всі притоки теплоти в охолоджувані

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

приміщення з метою визначення для кожного охолоджуємо приміщення необхідної холодопродуктивності (поверхні охолодження камерного холодильного обладнання і сумарного навантаження на СХУ.

Тепловий розрахунок теплопритоків здійснюється за допомогою рівняння:

$$Q_0 = Q_1 + Q_{ЗБ} + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6 ,$$

де Q_0 – сумарні теплопритоки, Вт; Q_1 – теплопритоки через огороження, Вт;

$Q_{ЗБ}$ – теплопритоки від тепловиділень вантажу в період зберігання при t_T , Вт; Q_2 – теплопритоки від термообробки груза, Вт; Q_3 – теплопритоки від охолодження тари, Вт; Q_4 – теплопритоки від вентиляції трюма, Вт; Q_5 – теплопритоки від працюючих механізмів та освітлення, Вт; Q_6 – інші невраховані теплопритоки, Вт;

Розрахунок складових Q_0 проведений у табличній формі для літніх та зимових умов.

Теплопритоки через огорожі складаються:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ де}$$

$Q_{1T} = kF (t_{з.п.} - t_T)$ – теплопритоки від різниці температур навколишнього середовища і повітря в рефтрюмі, Вт.

k – коефіцієнт теплопередачі огорожень, Вт/(м² · К);

F – площа огорожень, м²;

t_T – температура повітря в трюмі, К;

$t_{з.п.}$ – температура зовнішнього повітря, К; Літній режим: $t_{з.в.} = 30^\circ\text{C}$; $t_{з.п.} = 34^\circ\text{C}$.

Табл. 2.2. Результати теплового розрахунку теплопритоків

Назва огороження	F, м ²	k, Вт/(м ² ·К)	t _{з.п.}	Δ t	Q _{1T}
Носова переборка	11,6	0,22	37	+ 62	158,2
Носова переборка	17,4	0,22	34	+ 59	225,9
Кормова переборка	17,9	0,22	45	+ 70	275,7

Борт	63,8	0,25	34	+ 59	941,1
Права переборка	61,2	0,22	45	+ 70	942,5
Палуба	23,0	0,31	34	+ 59	420,7
Палуба	35,0	0,31	45	+ 70	759,5
Підволока	12,0	0,25	34	+ 59	177,0
Підволока	50,0	0,25	45	+ 70	875,0
Всього $\sum Q_{1T}$					4760

Зимовий режим: $t_{3.B.} = - 2^{\circ}\text{C}$; $t_{3.П.} = - 50^{\circ}\text{C}$;

$Q_{1C} = k / \alpha_n \cdot q_n \cdot \varepsilon_p \cdot F$ - теплопритоки від поглинання зовнішньою поверхнею огорожень теплоти сонячної радіації, Вт.

α_n – коефіцієнт теплопередачі від зовнішнього повітря к огороженню.

$$\alpha_n = 2,32 + 11,6 \sqrt{W_c}, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{K});$$

w_c - швидкість руху повітря відносно огороження м/с; приймаємо W_c рівною швидкості судна;

ε_p – коефіцієнт поглинання сонячної радіації по ОСТ 5.5231-75;

q_n – напруженість сонячної радіації Вт/м² по ОСТ 5.5231-75;

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} = 4760 + 310,2 = 5070,2 \text{ Вт};$$

Табл. 2.3. Результати теплового розрахунку теплопритоків

	$k, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$	$\alpha_n, \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{K}}$	$w_c, \text{ м/с}$	$F, \text{ м}^2$	$q_n, \text{ Вт/м}^2$	ε_p	$Q_{1C}, \text{ Вт}$	$\sum Q_{1C}, \text{ Вт}$
Борт	0,25	45,4	13,8	63,8	720	0,7	177,0	310,2
Підволока	0,25	45,4	13,8	35,0	1047	0,7	135,0	

Теплопритоки від термообробки вантажа Q_2 і тари Q_3 не враховуються, так як м'ясопродукти надходять на судно в замороженому вигляді з температурою близькою до t_T ; при необхідності може бути ввімкнений резервний компресор.

Теплопритоки від вентиляції трюма для літнього режиму знаходяться по формулі:

$$Q_4 = V \rho_n (i_{зп} - i_T) / 24 \cdot 3600, \text{ де}$$

$V = 1200 \text{ м}^3$ – об'єм трюма; ρ_n – густина повітря при t_T , кг/м^3 ; n – кратність обміну повітря в добу.

$i_{зп}$ і i_T – ентальпії повітря зовнішнього і у трюмі, які визначаються по відповідним значенням температур і відносної вологості за допомогою d-і діаграми. Результати розрахунку для літа зведені в таблицю.

Табл. 2.4.

$t_{з.п.}, ^\circ\text{C}$	$t_T, ^\circ\text{C}$	$\phi_{з.п.}, \%$	$\phi_T, \%$	$i_{зп}, \text{кДж/кг}$	$i_T, \text{кДж/кг}$	$\rho_T, \text{кг/м}^3$	$Q_4, \text{Вт}$
34	-25	70	90	96	24	1,4	2800

$$Q_4^{\text{л}} = V \rho_n (i_{зп} - i_T) / 24 \cdot 3600 = 1200 \cdot 1,4 \cdot 2 \cdot (96 - 24) / 24 \cdot 3600 = 2,8 \text{ кВт}$$

В розрахунках прийнята кратність вентиляції $n_n = 2$ об/добу.

Для зимового режиму втрати тепла із приміщення розраховується по аналогічній формулі, но з використанням теплоємності сухого повітря у трюмі $C_p = 1,015 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{K)}$.

$$Q_4^3 = V \rho_n C_p (t_{з.п.} - t_T) / 24 \cdot 3600 \cdot 10^3 = 1200 \cdot 1,4 \cdot 1,015 \cdot (-50 + +25) / 24 \cdot 3600 \cdot 10^3 = -493 \text{ Вт.}$$

Тепловий потік, що відводиться від вантажу при його термообробці (охолодженні), до Вт:

$$Q_{т.о.} = m_{\Gamma} \cdot C_{\Gamma} \cdot (t_{\text{нач}} - t_{\text{кон}}) / (\tau \cdot 3600),$$

де: m_{Γ} - маса пристрій продуктів, кг ;

C_{Γ} - теплоємність продукту(скупбрія), Дж / (кг · К) ;

$t_{\text{нач}}$ та $t_{\text{кон}}$ - температура продукту до і після охолодження, $^{\circ}\text{C}$.

Маса вантажу разом з тарою m , кг, можна визначимо наступним чином:

$m = 10^3 \cdot V_{\text{оп}} \cdot v_{\Gamma}$, где v_{Γ} - питомий навантажувальний обсяг, т/м^3 , який для замороженої риби дорівнює $v_{\Gamma} = 0,5 \text{ т/м}^3$. Тоді, знаючи що $V_{\text{оп}} = 1200 \text{ м}^3$, отримаємо :

$$m = 1200 \cdot 0,5 = 600 \cdot 10^3 \text{ кг.}$$

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Теплоємність для замороженої риби $C_r = 1,6 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{К)} = 1600 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$.

Температура замороженої риби до охолодження $t_{\text{нач}} = t_{\text{кон}} + (2 \dots 3)^\circ\text{C} = -20 + 3 = -17^\circ\text{C}$.

Кількість тепла, що виділяється при охолодженні продукту:

$$Q_{\text{т.о.}} = 600 \cdot 10^3 \cdot 1600 \cdot (-17 + 20) / (48 \cdot 3600) = 16667 \text{ Вт} = 16,7 \text{ кВт}$$

В зимову навігацію температура завантажувальної риби дорівнює її температурі зберігання тому $Q_{\text{т.о.}} = 0 \text{ Вт}$.

Теплопритоки від працюючих механізмів (електродвигунів).

Для визначення потужності споживаної електродвигунами вентиляторів проведемо їх попередній (приблизний) підбір.

За проектними даними приймаємо, що трюм охолоджується трьома повітроохолоджувачами типу ВОР-40.

Об'ємна витрата циркулюючого повітря визначається по формулі:

$$V = n_{\text{ц}} V / 3600, \text{ де}$$

$n_{\text{ц}}$ – кратність циркуляції. Приймаємо $n_{\text{ц}} = 2 \text{ об/час}$ (для мороженої риби та м'яса).

$$V = n_{\text{ц}} V / 3600 = 2 \cdot 1200 / 3600 = 0,67 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Витрата одного вентилятора

$$V_{\text{в}} = 0,67 / 3 = 0,223 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По даній витраті підбираємо вентилятор. Найближчим є осьовий вентилятор 10/1,6 ОСО продуктивністю $0,25 \text{ м}^3/\text{с}$. Він має електродвигун АМ001-2 з максимальною потужністю споживаною від мережі 1 кВт .

Тоді теплопритоки від трьох вентиляторів складатимуть:

$$Q_5 = 3 \cdot 1000 \cdot N_e = 600 \text{ Вт}.$$

Інші невраховані теплопритоки прийняті рівними:

$$Q_6 = 0,2 \cdot Q_1$$

$$\text{При } t_{\text{з.п.}} = 34^\circ\text{C}; Q_6 = 0,2 \cdot 5070,2 = 1012,34 \text{ Вт}.$$

$$\text{При } t_{\text{з.п.}} = -50^\circ\text{C}; Q_6 = 0,2 \cdot 626,5 = 125,1 \text{ Вт}.$$

Результати розрахунків складових теплопритоків зведені в таблицю 2.5.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Табл. 2.5. Результати розрахунків складових теплопритоків

$t_{з.п.}, ^\circ\text{C}$	$Q_1, \text{Вт}$	$Q_{то}, \text{Вт}$	$Q_4, \text{Вт}$	$Q_5, \text{Вт}$	$Q_6, \text{Вт}$	$Q_0, \text{Вт}$
34	5070,2	16667	395	600	1012,34	23640,6
-50	626,5	0	-493	600	125,1	858,6

2.4. Вибір системи охолодження та холодильного агента

В СХУ судна-прототипу був використаний R-12. Однак рішенням Монреальського Протоколу (1987р) заборонено його використання з 1996р. Перевід СХУ на аміак (R-717) потребував би використання системи непрямого охолодження та повної зміни усього устаткування. Для заміни R-12 у діючих установках розроблений R-134а вимагає використання поліефірних мастил, які не змішуються з мінеральними.

Після вибору робочого режиму необхідно визначити параметри холодильних агентів і у вузловій, і в проміжній точках циклу, що дозволить проконтролювати правильність визначення потрібних для розрахунку параметрів і порівняти їх між собою.

Визначення параметрів, а також показників перетворення (COP) проведені за допомогою програми CoolPack.

Для розрахунку і підбору були вибрані такі холодильні агенти: R-12, R-22, R-404a, R-407c, R-410a.

З табл. 2.6 видно, що хладони R-12, R-22 мають непогані показники відношення тиску в компресорі, масової витрати холодильного агента в холодильній машині, теоретичний холодильний коефіцієнт не великий, але і не дуже малий. Вони є відносно дешеві та прості у використанні, але на рахунок них існують міжнародні обмеження (оформлені у вигляді протоколів та договорів), так як ці хладони завдають істотної шкоди озоновому шару землі.

Використання хладону R-410a потребує установку в систему охолодження більш дорогих запчастин і елементів.

Таблиця 2.6 Основні показники циклів порівнюваних холодильних агентів

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Параметр, його одиниці вимірювання	R-12	R-22	R-404a	R-407c	R-410a
Тиск всмоктування, МПа	0,114	0,185	0,231	0,157	0,310
Тиск нагнітання, МПа	0,961	1,533	1,816	1,517	2,398
Відношення тиску в ступені компресора	8,433	8,278	7,864	9,688	7,744
Масова витрата холодильного агента, кг/с	0,257	0,180	0,292	0,182	0,184
Електрична потужність компресора, кВт	9,737	9,777	12,11	10,346	10,928
Теоретичний холодильний коефіцієнт циклу	2,67	2,66	2,14	2,51	2,38

При дозаправці пристрою 410a хладоном потрібно більше часу, високого професіоналізму майстра і спеціального обладнання.

При поганому вакуумуванні, порушення герметичності або попаданні вологи/забруднень в контур, система швидко прийде в несправність. Для того, щоб заправити кліматичний пристрій хладоном R-410a або R-22, не потрібно видаляти попередній склад (як у випадку з фреоном 407c). Хладон R-410a володіє потужністю до 50 % вище щодо інших типів холодоагентів (при температурі конденсації 54°C). Це дає можливість використовувати компресор, у якого об'ємна продуктивність нижче. Даний тип холодоагенту несумісний з мінеральними маслами. Відповідне поліефірне масло має високу вартість і вимагає точності виконання заправки (і спецобладнання). Через більш високий тиск в контурі, вимоги до міцності елементів системи (мідних трубок конденсатора і випарника) строгі. Це все безсумнівно впливає на кінцеву вартість продукту. Але, міцність і довговічність такого буде також вище. Незважаючи на те, що холодоагент R-22 є більш звичним і знайомим, так і в обслуговуванні поки обходиться трохи дешевше, R-410a стає більш популярним. Це обумовлено, перш за все, законодавством. Також, виробники намагаються

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

виготовляти екологічно безпечні продукти, що теж тягне за собою використання хладону R-410a. Є різні відгуки і дослідження з даної теми, проте одне можна сказати з упевненістю – при використанні холодоагенту R-410a, якість і надійність кліматичного пристрою буде в рази вище. При цьому не буде завдано шкоди навколишньому середовищу.

Хладон R-404a затребуваний за рахунок найрізноманітніших переваг у порівнянні з іншими хладонами.

Знадобиться значно менший обсяг хладону R-404a, ніж багатьох інших хладонів, щоб зробити певну кількість холоду. Наприклад, у R-502 холодопродуктивність на 7% нижче, ніж у хладону R-404a. Токсичність хладону R-404a не вище, ніж у R-502. Це хімічно стабільна речовина. Хладон R-404a, на відміну від багатьох інших хладонів, не руйнує озоновий шар. Це відбувається тому, що дана речовина не має в складі хлор. Хладон R-404A сприяє парниковому ефекту в значно меншому ступені, ніж багато інших хладони.

Хладон R-404a незмінний у своєму складі, навіть якщо відбувається витік, або його перезаряджати. Це дозволяє говорити про те, що його характеристики залишаються незмінними, сприяючи тим самим стабільній і надійній роботі. Крім того, в разі, якщо відбудеться витік хладону R-404a, незмінність його складу стане гарантією загальної безпеки. Можна бути впевненими, що не відбудеться ніяких небезпечних хімічних реакцій.

Після проведених порівнянь та враховуючи фізичні властивості хладонів приходимо до висновку, що буде використано холодильний агент R-404a для вибраного робочого режиму холодильної установки.

Імовірно, раціональною буде заміна агрегатів МАК з відкритими компресорами на агрегати напівгерметичні поршневі, незважаючи на те, що це приведе до деякого росту витрат електроенергії через перегрів пари хладона на усмоктуванні при охолодженні електродвигуна.

Заміна холодоагенту й конструкції компресора на даному етапі буде основним заходом щодо модернізації базової СХУ. Однак ці зміни можуть призвести до інших змін у схемі СХУ.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

2.5. Висновки по розділу 2.

У розділі вибрані ізоляційні конструкції огорож рефтрюма судна та розраховані їх коефіцієнти теплопередачі. Розраховані теплові потоки через огорожу трюму в літній та зимовий періоди. Враховані також скриті теплопритоки від працюючих механізмів, обладнання, вантажу та ін. Розраховані загальні значення теплопритоків, тепловтрат, волого припливів в приміщення, а також значення коефіцієнта тепло-вологомісткого відношення ε , що необхідне для побудови процесу тепловологоасиміляції на $i-d$ діаграмі. Обрано холодильний агент для роботи в системі СХУ.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 3. ВИБІР І ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ, ЇЇ РОБОЧИХ ПАРАМЕТРІВ, РОЗРАХУНОК ЦИКЛУ РОБОТИ

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

В ідеальному циклі холодильних машин, цикл Карно, підведення теплоти від охолоджуваного об'єкта до холодоагенту і відведення теплоти від нього до навколишнього середовища відбувається при постійній температурі холодоагента. Крім того, доцільно, з точки зору зручності експлуатації теплообмінників, щоб процеси теплообміну протікали при постійному тиску. Це в більшій мірі досягається, якщо в якості холодильного агента застосовувати легкокиплячі рідини; тоді підведення і відведення теплоти відбуватимуться при фазових перетвореннях холодоагента (кипіння і конденсації), що протікають при постійній температурі і постійному тиску.

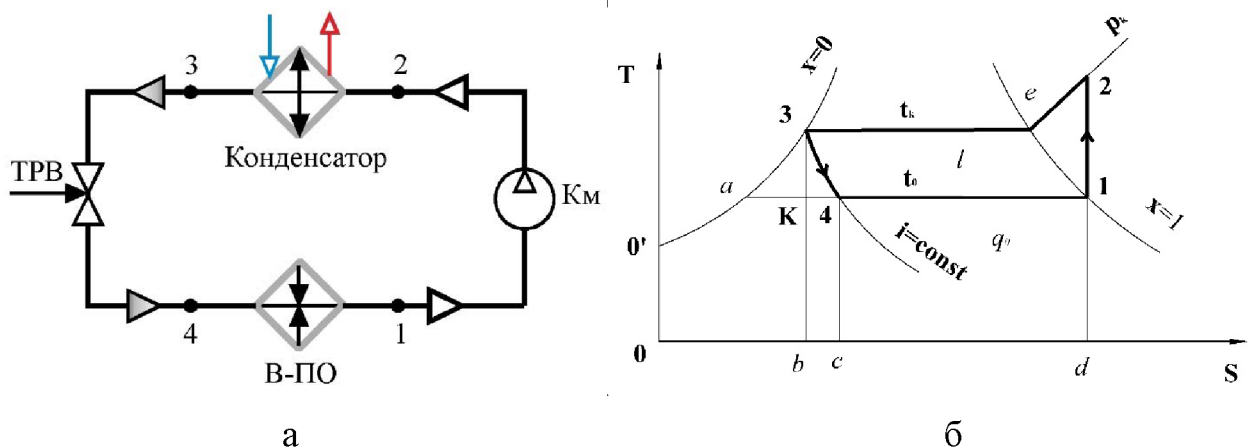


Рис. 3.1 Принципова схема (а) та теоретичний цикл (б) ПКХМ

На рисунку 1 показані принципова схема і теоретичний цикл парокомпресорної холодильної машини в $T-s$ координатах. На схемі машини (рис.1, а) цифрами 1,2,3,4 зазначений стан холодоагента в різних місцях контура, відповідне однойменною точкам в циклі (рис.1, б). Компресор К засмоктує холодні пари холодоагенту з випарника І при тиску

кипіння p_0 (точка 1) і стискає їх адіобатні (лінія 1-2) до тиску нагнітання, теоретично рівного тиску конденсації p_k . При цьому температура парів істотно зростає.

Стиснутий пар холодоагенту (точка 2) надходить в конденсатор Кн, в якому при постійному тиску p_k спочатку охолоджується (зняття перегріву - лінія 2-е), а потім конденсується (лінія е-3) при постійній температурі t_k і при тому ж тиску p_k . Рідкий холодоагент (точка 3) дроселюється в регулюючому клапані ТРВ.

Процес дроселювання (лінія 3-4) відбувається при постійній ентальпії (лінія $i_3 = i_4 = \text{const}$). В результаті дроселювання тиск знижується до p_0 , а температура - до t_0 , рідина перетворюється на вологий пар - парорідинна суміш (точка 4), тобто при дроселюванні частина рідини кипить (випаровується) в випарнику І при постійному тиску p_0 і температурі кипіння t_0 , (лінія 4-1). Необхідна для цього процесу теплота віднімається від охолоджуваного об'єкта. Потім пар, що утворився в випарнику засмоктується компресором, і цикл повторюється знову.

Холодопродуктивність 1 кг агента, (питома масова холодопродуктивність), кДж/кг,

$$q_0 = i_1 - i_4$$

еквівалентна площі с-4-1-d під лінією процесу кипіння 4-1. Як відомо, ентальпія в s-T діаграмі може бути представлена площею наприклад, $i_1 = \text{пл. } 0-0'-a-1-d-1-0$, $i_4 = \text{пл. } 0-0'-a-4-c-0$, тому тут і далі площі виражаються через різницю ентальпій і навпаки.

Холодопродуктивність 1 м^3 парів, всмоктується компресором (питома об'ємна холодопродуктивність), кДж/ м^3 ,

$$q_v = q_0 / v_1 = (i_1 - i_4) / v_1,$$

де v - питомий об'єм всмоктуваних компресором парів (в точці 1), $\text{м}^3/\text{кг}$.

Витрата на 1 кг холодоагенту робота в компресорі, кДж/кг,

$$l = i_2 - i_1$$

Вона еквівалентна площі 1-2-3-a-1 .

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Теплота, віддана холодоагентом охолоджуючій воді конденсатора в процесі, позначеному лінією 2-3, при постійному тиску p_k , кДж/кг,

$$q_k = q_0 + l = i_2 - i_3$$

еквівалентна площі d-2-3-b-d. Оскільки $l = q_k - q_0$, то пл. 1-2-3-a-1 = пл. d-2-3-b-d – пл. c-4-1-d-c = пл. 1-2-3-b-c-4-1. Значить, площа b-k-4-c-b рівна площі a-k-3-a.

Теоретичний холодильний коефіцієнт

$$\varepsilon_T = q_0 / l = (i_1 - i_4) / (i_2 - i_2)$$

Ступінь термодинамічної корисності циклу ПКХМ для більшості холодильних агентів досить висока: $\eta = 0,8-0,9$.

Якщо холодопродуктивність машини Q_0 , кВт, то кількість циркулюючого агента (масова продуктивність або подача компресора), кг/с,

$$G_0 = Q_0 / q_0$$

Обсяг пара, засмоктуваного компресором в секунду (об'ємна продуктивність або подача компресора), м³/с,

$$V_0 = G_0 v_1 = Q_0 / q_v$$

Оскільки теоретична потужність компресора $N_T = G_0 l$, кВт, то теоретичний холодильний коефіцієнт може бути представлений і як:

$$\varepsilon_T = Q_0 / N_T$$

Парокомпресорні холодильні машини відрізняються високою економічністю (дійсний ефективний холодильний коефіцієнт малих машин $Q_0 \leq 15$ кВт, і середніх $Q_0 = 15 \dots 20$ кВт при $t_0 = (-30 \dots 0)^\circ\text{C}$ и $t_k = (40 \dots 30)^\circ\text{C}$ складає $\varepsilon_e = 1,8 \dots 4,7$), малими габаритами і компактністю в порівнянні з іншими холодильними машинами. Тому вони є найбільш поширеними в стаціонарній і судовій практиці.

Холодоагенти парокомпресорних холодильних машин.

До холодоагентів ПКХМ ставляться такі вимоги.

1. Досить високий тиск у випарнику при експлуатаційних температурах кипіння, що забезпечують задані температури охолодження об'єкта (бажано, щоб тиск був не нижче атмосферного щоб уникнути підсосу повітря в систему).

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

2. Помірне (до 1,2-1,5 МПа) тиск конденсації при температурі навколишнього середовища (охладжуючих конденсатор води або повітря) дорівнює (20 ... 30) ° С, що зменшує масу і спрощує конструкцію холодильної машини.

3. Невелика величина відносини тиску конденсації і кипіння P_k / P_0 , що забезпечує менші витрати на привід компресора, тобто велику економічність машини.

4. Велика питома об'ємна холодопродуктивність всмоктуваних компресором парів, що обумовлює малі розміри і компактність поршневих і турбокомпресорних машин. Для невеликих турбомашин з малим перерізом проточної частини, навпаки холодоагент повинен мати малу питому холодопродуктивність, щоб для Q_0 машини вийшли відносно великі об'ємні витрати і достатні перетину проточної частини компресора, що забезпечує менші внутрішні втрати.

5. Мала теплоємність рідини С'Р (великий вигин нижньої прикордонної кривої на s-T діаграмі), невелика в'язкість, хороша теплопровідність і тепловіддача, що забезпечує найбільшу ефективність циклу, менші витрати енергії на здійснення циркуляції в системі, кращий теплообмін, що дозволяють зменшити поверхні конденсатора і випарника .

6. Низька температура затвердіння, необхідна для отримання низької температури охолодження.

7. Висока критична температура. Робота холодильної машини в навіколокритичній і надкритичній області.

8. Не токсичність для обслуговуючого персоналу.

9. Не горючість і вибухонебезпечність.

10. Інертність по відношенню до металів, органічних речовин.

11. Здібність добре розчиняти вологу і погано розчиняться в маслі. При малій розчинності в холодоагенті вода, що зібралися в системі, замерзає, утворюючи пробки на стороні низького тиску (особливо в регулюючому клапані, мале прохідний перетин, де відбувається дроселювання і зниження температури

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

до мінусових значень). Це порушує нормальну роботу установки. При гарній взаємній розчинності масла і холодоагенту масло несеться з компресора, накопичується в конденсаторі і випарнику, при цьому ж тиску підвищується температура кипіння і потрібне прийняття ефективних заходів для повернення масла з системи в конденсатор.

12. Невисока вартість і недифіцитність.

13. Хімічна стабільність протягом багатьох років; мала плинність; легкість виявлення витоків.

Хладон R-404a.

Хладон R-404a затребуваний за рахунок найрізноманітніших переваг у порівнянні з іншими хладачами.

Знадобиться значно менший обсяг хладону R-404a, ніж багатьох інших хладачів, щоб зробити певну кількість холоду. Наприклад, у R-502 холодопродуктивність на 7% нижче, ніж у хладону R-404a. Токсичність хладону R-404a не вище, ніж у R-502. Це хімічно стабільна речовина. Хладон R-404a, на відміну від багатьох інших хладачів, не руйнує озоновий шар. Це відбувається тому, що дана речовина не має в складі хлор. Хладон R-404A сприяє парниковому ефекту в значно меншому ступені, ніж багато інших хладачів.

Хладон R-404a незмінний у своєму складі, навіть якщо відбувається витік, або його перезаряджати. Це дозволяє говорити про те, що його характеристики залишаються незмінними, сприяючи тим самим стабільній і надійній роботі. Крім того, в разі, якщо відбудеться витік хладону R-404a, незмінність його складу стане гарантією загальної безпеки. Можна бути впевненими, що не відбудеться ніяких небезпечних хімічних реакцій.

Розрахунок циклу холодильної машини і її головних показників.

1. Визначення температур в процесах кипіння і конденсації хладону.

а) температура кипіння $t_0 = t_n - \Delta t_1$, $t_k =$ де $\Delta t_1 = 5 \dots 10^\circ\text{C}$

$t_0 = -20 - 7 = -27^\circ\text{C}$;

б) температура конденсації $t_k = t_{o.c.} + \Delta t_2$, де $\Delta t_2 = 6 \dots 18^\circ\text{C}$

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$t_k = 30 + 10 = 40^\circ\text{C};$$

с) перегрів холодоагента в всмоктуючому патрубку $t_7 = t_1 + 5 \dots 10^\circ\text{C}$

$$t_7 = -27 + 7 = -20^\circ\text{C};$$

У діаграмі $p - i$ будуємо теоретичний цикл ПКХМ з урахуванням перегріву холодоагента в компресорі і по ній визначаємо температуру, тиск, ентальпію в вузлових точках циклу і питомий об'єм пари на всмоктуванні в компресор. Всі дані зводимо в таблицю 3.1.

Табл. 3.1. Параметри циклу ПКХМ

Параметр	Вузлова точка циклу							
	1	7	2	8	3	4	5	6
Температура $t, ^\circ\text{C}$	-27	-20	47,5	53,8	47,5	40	-27	-27
Тиск $p, \text{бар}$	2,309	2,309	18,2	18,2	18,2	18,2	2,309	2,309
Ентальпія $i, \text{кДж/кг}$	352,2	357,8	393,8	401,1	393,8	263,2	263,2	352,2
Питомий об'єм $v, \text{м}^3/\text{кг}$	0,085	0,088	0,01	0,01	0,01	-	-	0,085

2. Визначення кількості теплоти, яке підводиться до холодоагенту в напівгерметичному поршневному компресорі від електродвигуна.

$$\Delta i_{\text{эд}} = \frac{i_8 - i_7}{\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_{\text{эд}}} (1 - \eta_{\text{эд}}) \cdot \psi,$$

де:

а) η_i - індикаторний ККД компресора, визначаємо за графіком залежно η_i від відношення p_k/p_0

$$p_k/p_0 = 18,2/2,31 = 7,87; \quad \eta_i = 0,77;$$

б) η_m - механічний ККД (втрати на тертя в підшипниках), $\eta_m = 0,90 \dots 0,95$, приймаємо $\eta_m = 0,91$;

с) $\eta_{\text{эд}}$ - ККД електродвигуна $\eta_{\text{эд}} = 0,80 \dots 0,85$; приймаємо $\eta_{\text{эд}} = 0,84$;

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00		Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата			

d) ψ – частка тепла електродвигуна, яка відводиться з хладоном.
приймаємо $\psi = 0.5$;

$$\Delta i = \frac{401,1 - 357,8}{0,77 \cdot 0,91 \cdot 0,84} (1 - 0,84) \cdot 0,5 = 5,88 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

3. Визначення дійсної роботи стиснення $l_d = \frac{l_s}{\eta_i \cdot \eta_m}$; де теоретична

робота стиснення $l_s = i_8 - i_7 = 401,1 - 357,8 = 43 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$

$$l_d = \frac{43}{0,77 \cdot 0,91} = 61,4 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$$

4. Визначення параметрів циклу.

1. Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = i_6 - i_5 = 352,2 - 263,2 = 89 \text{ кДж/кг};$$

2. Питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_v = q_0 / v_1 = 89 / 0,13 = 684,6 \text{ кДж/м}^3;$$

3. Масова витрата хладагента:

$$G = Q_0 / q_0 = 23,6 / 89 = 0,265 \text{ кг/с};$$

4. Дійсний обсяг парів, який всмоктується компресором:

$$V = Q_0 / q_v = 23,6 / 684,6 = 0,0344 \text{ м}^3/\text{с};$$

5. Питома теплота відведення в конденсаторі:

$$q_k = i_2 - i_4 = 393,8 - 263,2 = 131 \text{ кДж/кг};$$

6. Теоретичний холодильний коефіцієнт:

$$\varepsilon = q_0 / l = 89 / 43 = 2,07$$

7. Дійсний холодильний коефіцієнт:

$$\varepsilon_d = q_0 / l_d = 89 / 61,4 = 1,45$$

8. Теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k = q_k \cdot G_0 = 131 \cdot 0,265 = 34,7 \text{ кВт};$$

9. Адіабатична потужність компресора:

$$N = l \cdot G = 61,4 \cdot 0,265 = 16,2 \text{ кВт}.$$

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

В схемі холодильної машини використовується поршневий компресор.

Поршневий компресор – тип компресора, принцип роботи якого базується на використанні механічного пристрою поршневого типу для збільшення тиску газу шляхом компресії (зменшення об'єму). Компресори даного типу широко застосовуються в машинобудуванні, енергетичному обладнанні, автомобілебудуванні, хімічній промисловості, холодильній та кріогенній техніці.

У поршневих компресорах холодильний агент стискається агента зворотно-поступальним рухом поршнем в робочому циліндрі.

У поршневих це досягається в результаті стиснення пари холодильного агента зворотно-поступальним рухом поршнем в робочому циліндрі. Стиснутий агент виходить через нагнітальний клапан в трубку конденсатора, після чого циліндр здійснює зворотний рух, обсяг між ним і днищем поршня збільшується, створюючи розрідження, і нова порція пари входить в робочий циліндр через всмоктувальний клапан. Після цього цикл стиснення повторюється.

Є три основні типи поршневих компресорів: герметичні, напівгерметичні (безсальникові) і відкритого типу (сальникові). У герметичних компресорах електродвигун приводу знаходиться в герметичному корпусі. Такі компресори застосовуються в холодильному обладнанні невеликої холодопродуктивності, потужність застосовуваних у них електродвигунів досягає 30-40 кВт.

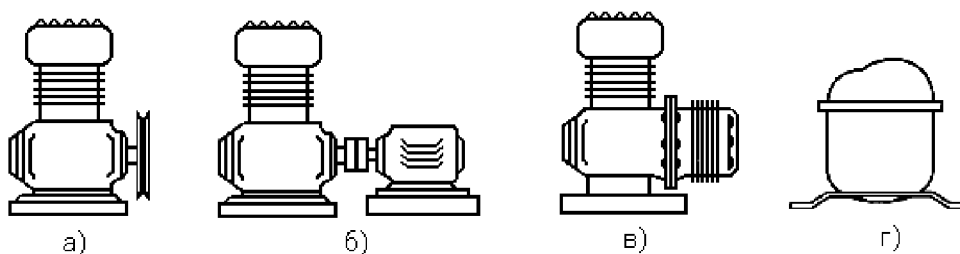


Рис. 3.2. Умовні схеми компресорів за ступенем герметизації

а, б – відкриті, в – напівгерметичні, г – герметичні

За приведеною продуктивністю поршневі компресори поділяються на такі групи:

1. Мінікомпресори поршневі, продуктивність яких змінюється в межах від 0 до $3 \cdot 10^{-2} \text{ м}^3/\text{с}$. Подібні машини використовуються для спеціальних цілей в приладобудуванні, медицині і т. д.

2. Мінікомпресори поршневі, продуктивність яких змінюється від $3 \cdot 10^{-2}$ до $0,01 \text{ м}^3/\text{с}$. Цю групу становлять деякі види транспортних компресорів, які подають стиснене повітря в гальмівні системи, лабораторні компресори і т. д.

3. Поршневі компресори малої продуктивності з діапазоном продуктивності від $0,01$ до $0,1 \text{ м}^3/\text{с}$. Вони використовуються найчастіше як машини загальнопромислового призначення з тиском нагнітання до $1,5 \text{ МПа}$, у пересувних компресорних установках і т. д.

4. Поршковий компресор середньої продуктивності з діапазоном продуктивності від $0,1$ до $1 \text{ м}^3/\text{с}$. Основну частину цієї групи становлять компресори загального призначення, що використовуються на компресорних станціях заводів, шахт, рудників.

5. Поршковий компресор великої продуктивності. Він має продуктивність понад $1 \text{ м}^3/\text{с}$ і використовується в основному на хімічних комбінатах.

Компресори поділяють за тиском, що створюється (тиском нагнітання) на компресори:

- низького тиску — від $0,3$ до 1 МПа ;
- середнього тиску — до 10 МПа ;
- високого тиску — вище за 10 МПа .

Переваги поршкових компресорів:

1. Вищі об'ємні і енергетичні показники.
2. Менші масогабаритні показники.
3. Висока технологічність конструкції.
4. Гарна взаємозамінність вузлів і деталей компресора.
5. Спрощення конструкції зі зменшенням холодопроизводительности компресора.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

6. Можливість роботи на різних холодильних агентах.
7. Більш високе відношення тиску в одному щаблі стиснення.

Недоліки поршневих компресорів:

1. Мала врівноваженість конструкції.
2. Складність конструкції.
3. Менша надійність роботи компресора.
4. Велике наявність пар тертя в компресорі.
5. Наявність мастила в стисливому парі холодильного агента, що виходить з компресора.
6. Більш низький тиск всмоктування при однаковій температурі кипіння у випарнику.
7. Наявність пульсації потоків у всмоктуючому і нагнітальному трубопроводах.
8. Більш схильні до гідравлічних ударів, при попаданні рідкого холодоагенту в робочій циліндр.

Компресор підбираємо за обсягом, який описують поршні компресора:

$$V_h = V_0 / \lambda ; \text{ м}^3/\text{с},$$

де V_0 - об'ємна холодопродуктивність;

λ – коефіцієнт подачі, що враховує об'ємні втрати в компресорі, знаходимо по залежності λ від p_k/p_0 .

$$p_k/p_0 = 18,2/2,31 = 7,87 \text{ отже приймаємо } \lambda = 0,84$$

$$V_h = V_0 / \lambda = 0,0344 / 0,84 = 0,0409 \text{ м}^3/\text{с}.$$

За величиною V_h підбираємо компресор.

Для даного обсягу, описуваного поршнями, потрібен напівгерметичний поршневий компресор фірми Bitzer марки 4FE-28Y-40P.

Основні характеристики:

- ~ Об'єм описуваний поршнями – 121,3 м³/год
- ~ Число циліндрів - 4;
- ~ Діаметр циліндра – 82 мм;
- ~ Хід поршня - 55 мм;

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

- ~ Частота обертання валу - 25 с^{-1} ;
- ~ Габаритні розміри - $735 \times 453 \times 445$;
- ~ Маса - 207 кг .

Підбір конденсатора

Тепловий розрахунок для підбору необхідного конденсатора зводиться до визначення площі теплопередаючої поверхні і витрати охолоджувальної води відводу розрахункового теплового навантаження. Площа теплопередаючої поверхні конденсатора з діаметру трубок визначається за формулою:

$$F_K = \frac{Q_K}{q_{KЗОВН}} * \eta_K$$

де $Q_K = 34,7 \text{ кВт}$ – теплове навантаження на конденсатор;

$\eta_K = 1,1$ – коефіцієнт запасу поверхні (на заглушення трубок при псуванні);

$q_{KЗОВН}$ – поверхнева густина теплового потоку конденсатора;

$$q_{KЗОВН} = k * \theta_K$$

k – коефіцієнт теплопередачі конденсатора, $\text{Вт}/(\text{м}^2 * \text{К})$;

θ_K – різниця температур в конденсаторі;

$$\theta_K = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\ln \frac{t_K - t_{w1}}{t_K - t_{w2}}}$$

$t_{w1} = 30^\circ\text{C}$ – температура води, що надходить до конденсатора ($t_{w1} = t_{3.в.}$)

$t_{w2} = 30 + (2 \dots 4) = 30 + 3 = 33^\circ\text{C}$ – температура води на виході з конденсатора;

$$\theta_K = \frac{33 - 30}{\ln \frac{40 - 30}{40 - 33}} = 8,41$$

$$F_K = \frac{1,2 \cdot 34,7 \cdot 10^3}{450 \cdot 8,41} = 11,0 \text{ м}^2$$

Об'ємна витрата води охолодження:

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$V_w = \frac{Q_k \cdot 10^{-3}}{c_w \cdot \rho_w (t_{w2} - t_{w1})} = \frac{8,41 \cdot 10^{-3}}{3,93 \cdot 1,025(33 - 30)} = 0,001 \text{ м}^3 / \text{с}$$

$c_w = 3,93$ кДж/кг*К – питома теплоємність води охолодження;

$\rho_w = 1025$ кг/м³ – густина води;

За допомогою програми по підборі обладнання фірми Bitzer, проводимо підбір кожухотрубного конденсатора з водяним охолодження параметричного ряду конденсаторів. Враховуючи проведені розрахунки приймаємо кожухотрубний конденсатор фірми Bitzer марки К373Н з об'ємною витратою 4,5 м³/год, та основними технічними характеристиками: швидкість протікання рідини 1,05 м/с, падіння тиску 0,09 кПа.

Вага - 35 кг

Загальна ширина - 1113 мм

Загальна висота - 257 мм

Зовнішній діаметр корпусу - 159 мм

Число ходів - 2.

Масловіддільники

До комплектуючих компресора входять масловіддільники зі зворотним клапаном, призначені для відділення масла від пара холодоагенту, що нагнітається компресором. В обраному нами агрегаті фірми Bitzer марки 4FE-28Y-40P встановлений масловіддільник, тому його підбір не потрібний.

Підбір лінійного ресивера:

Обсяг ресивера визначається конструкцією агрегату, режимом його функціонування і призначенням ресивера: або передбачена можливість збору в ресивер всього заправленого холодоагенту або ресивер призначений тільки для компенсації зміни обсягу використовуваного холодоагенту при зміні продуктивності установки.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Модельний ряд продукції Bitzer включає в себе компресорні агрегати з горизонтальними ресиверами.

Основні характеристики горизонтального ресиверу F1052T (підбраного для компресора марки 4FE-28Y-40P):

Вага - 86,5 кг

Загальна ширина - 1714 мм

Загальна глибина - 349 мм

Загальна висота - 413 мм

Корисний об'єм холодоагенту - 105,0 л

Макс. надлишковий тиск 33 кПа

Макс. робоча температура - 120 °С.

У парових і рідинних фільтрах аміачних машин застосовують сталеві сітки з розміром осередків 0,4 мм, які встановлюють в два-три шари з перекриттям осередків.

При фільтрації фреону використовують латунні сітки з осередками для проходу пари 0,2 мм і для проходу рідини 0,1 мм. Перед приладами автоматики рідкий фреон фільтрують через тканини: азбестову, фетрову, фільтро-міткаль. Застосовують також патронні фільтри із стаканами, виготовленими з пористої кераміки.

Поверхня фільтрації коливається в широких межах і залежить від допустимих швидкостей (м/с):

- у парових сітчастих фільтрах — 1... 1.5;
- у рідинних сітчастих фільтрах— 0.07...0.1;
- у рідинних матерчатих фільтрах— 0.03...0.05.

Опір не забруднених сітчастих фільтрів нікчемний і не перевищує 0,3...0,5 мм в. ст.

Конструкції фільтрів, як правило, передбачають заміну і чищення фільтруючих елементів без роз'єднання комунікацій.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Осушувачі. Осушувачі застосовують виключно у фреонових холодильних установках для адсорбції вологи з рідкого агента при заповненні системи, а також в період її експлуатації. В якості сорбенту на судах використовують гранульований силікагель (гель кремнієвої кислоти) з розміром зерен 3...5 мм.

Підбір ФС проводиться, виходячи з діаметра рідинного трубопроводу.

Для $d_{\text{вн}} = 50\text{мм}$ обираємо ФС марки МОФФ – 50.

Розміщення обладнання у приміщенні.

Рефрижераторне машинне відділення розміщується в окремому приміщенні. Механізми й апарати необхідно встановлювати на відстані не менше 100 мм від перегородок і від інших пристроїв. Ширина проходів по всій довжині з постів управління і місць обслуговування до виходів повинна бути не менше 600 мм. Такої ж ширини повинні бути трапи і двері.

Компресори та електродвигуни слід встановлювати так, щоб осі їх валів були в площині, паралельній діаметральної площині (ДП) судна. Апарати СХУ (випарники, конденсатори, ресивери та ін.) встановлюють поздовжніми осями паралельно ДП для зменшення впливу качки судна на роботу установки. Взаємне розташування машини і апаратів має бути технологічним (щоб трубопроводи, що з'єднують елементи СХУ не мали петель), забезпечувати швидкість і зручність процесів розбирання, збирання і чищення обладнання (виїмка колінчастих валів компресора і механічне чищення трубок теплообмінних апаратів).

Повітроохолоджувачі встановлюються в трюмі, для чого передбачена спеціальна вигорodka і доступ до агрегатів (похід повинен бути таких розмірів, щоб можна було пронести робоче колесо ЕВ). Повітря з ПО подається під ґратчастий настил трюму. Навіть піднімаючись, він омиває вантажі трюму і послідовно проходить крізь ґратчастий настил твіндека, охолоджуючи розташовані в ньому вантажі. Підігріте повітря засмоктується з-під подволока твіндека через вікна вигордки ПО.

Підбір трубопроводів проводиться по внутрішньому діаметру трубопроводу, який визначається за формулою:

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{G_i \cdot V_i}{W_i}}, \text{ де}$$

i – ділянки трубопровода;

V – питомий об'єм;

G – витрата;

W – швидкість середовища в трубопроводі.

1. Всмоктуючий трубопровод:

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \sqrt{(0,57 \cdot 0,135)/10} = 99 \text{ мм}$$

Вибираємо сталеву безшовну трубу $\varnothing = 100$ мм, товщина стінки дорівнює 2,5 мм.

2. Нагнітальний трубопровід:

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \sqrt{((0,57 + 0,12) \cdot 0,017) / 15} = 32 \text{ мм}$$

Вибираємо сталеву безшовну трубу $\varnothing = 35$ мм, товщина стінки дорівнює 2,25 мм.

3. Загальний рідинний трубопровід:

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \sqrt{((0,57 + 0,12) \cdot 0,85 \cdot 10^{-3}) / 1} = 27 \text{ мм}$$

Вибираємо сталеву безшовну трубу $\varnothing = 30$ мм, товщина стінки дорівнює 2,25 мм.

4. Основний рідинний трубопровід:

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \sqrt{(0,57 \cdot 0,78 \cdot 10^{-3}) / 1} = 24 \text{ мм}$$

Вибираємо сталеву безшовну трубу $\varnothing = 25$ мм, товщина стінки дорівнює 2,25 мм.

5. Додатковий рідинний трубопровід:

$$d_{\text{вн}} = 1,13 \sqrt{(0,1 \cdot 0,85 \cdot 10^{-3}) / 1} = 10 \text{ мм}$$

Вибираємо сталеву безшовну трубу $\varnothing = 10$ мм, товщина стінки дорівнює 1 мм.

Розводка трубопроводу верхня. При верхньому розведенні трубопроводи кріпляться до перебиранням. Така розводка краще, тому що при ній труби

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

більш доступні для огляду і періодичного ремонту. На трубопроводах встановлені запірні прохідні клапана, запобіжні клапани і клапана регулюють.

3.3. Висновки по розділу 3.

Побудовано цикл холодильної машини на $p-h$ діаграмі та розраховані основні параметри циклу холодильної установки, що працює на холодоагенті R-404a з врахуванням перегріву холодоагенту у трубопроводі та в напівгерметичному поршневному компресорі фірми «BITZER».

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

Для даного обсягу, описуваного поршнями, потрібен напівгерметичний поршковий компресор фірми Bitzer марки 4FE-28Y-40P. Враховуючи проведені розрахунки приймаємо кожухотрубний конденсатор фірми Bitzer марки K373H з об'ємною витратою $4,5 \text{ м}^3/\text{год}$, та основними технічними характеристиками: швидкість протікання рідини $1,05 \text{ м/с}$, падіння тиску $0,09 \text{ кПа}$.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА

4.1. Основні характеристики повітроохолоджувачів.

Повітроохолоджувач – це випарник з примусовим рухом повітря через ребристу поверхню. Рух повітря здійснюється вентилятором з приводом від електродвигуна. Повітроохолоджувач і більш компактні і легкі ніж випарники з природною циркуляцією повітря (рис. 4.1).

Повітроохолоджувачі є необхідними пристроями в харчовій промисловості, медицині та інших галузях, де потрібно підтримувати певну температуру для зберігання продуктів чи товарів. Вони являють собою трубчасті теплообмінники, які зазвичай виготовляються з алюмінію або міді.

Основні компоненти повітроохолоджувачів: вентилятор, капілярний трубопровід, блок ламелей холодильної машини, розподільник холодоагенту та вихідний колектор. Принцип роботи полягає в тому, що вентилятор спрямовує повітряні потоки через теплообмінник, де відбувається передача тепла.



Рис. 4.1 Типи фреонових повітроохолоджувачів з електровентиляторами

Залежно від сфери застосування, виділяють такі типи повітроохолоджувачів: комерційні (для невеликих холодильних камер), промислові (з більшою продуктивністю), шок-фростери (для швидкої заморозки), для овочів і фруктів (з регулюванням вологості), для систем кондиціонування та гравітаційні (без вентиляторів).

За конструкцією бувають сухі (теплообмін з трубопроводами), мокрі (охолодження водою) та комбіновані. А за місцем встановлення - стельові, підлогові, настінні, двопотокові тощо.

Вибір конкретного типу повітроохолоджувача залежить від його призначення, розмірів приміщення та необхідних температурних режимів.

Випарники для відведення тепла від повітря поділяються на повітроохолодники та камерні прилади (батареї) безпосереднього охолодження (прилади «тихого охолодження»). Головною особливістю цих випарників є великий термічний опір тепловіддачі від повітря до поверхні випарника. Через це для інтенсифікації теплопередачі використовують оребрення з боку повітря у вигляді насадних литих та накатних ребер. Литі та накатні ребра, зазвичай, бувають круглими. Насадні ребра бувають круглими (навиваються з металевої стрічки) або пластинчастими. Найпоширеніші труби із пластинчастим оребрінням. Ребра з латуні або дюралюмінію мають товщину 0,2...0,4 мм, із сталі – 0,3...0,5 мм. Крок ребер у випарниках із температурою випарування, не нижчою за 0°C (установки кондиціонування повітря, суднові провізійні камери для зберігання фруктів, овочів, соків), приймають у межах 2...4 мм, а у разі негативних температур – 7...11 мм. Це пов'язане із утворенням інею на поверхні ребер. Найбільшу компактність мають випарники із мінімальним кроком ребер та мінімальною їх товщиною. У випарниках з пластинчастим оребрінням використовують труби діаметром від 9х1 мм до 18х1 мм. Для морських умов застосовують мідні труби.

У повітроохолоджувачах, які працюють за від'ємних температур, має відбуватися періодичне відтавання снігової шуби. Це здійснюють шляхом вимкнення повітроохолоджувача при працюючому вентиляторі шляхом

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

подавання до повітроохолоджувача гарячої пари холодильного агента з компресора, або шляхом встановлення спеціальних електрогрілок, які вмонтовані у повітроохолоджувач і періодично вмикаються за допомогою термореле.

4.2. Розрахунок та підбір повітроохолоджувача.

Підбір полягає у визначенні площі теплообмінної поверхні.

$$F_{\text{во}} = \frac{Q_0}{\kappa \cdot \Theta} \cdot \Psi_{\text{пер}} \cdot C_u, \text{ де:}$$

$\kappa = 48 \text{ Вт/м} \cdot \text{К}$ – коефіцієнт теплопередачі ПО;

Θ - різницю температур між циркулюючим повітрям і киплячим холодоагентом;

$$\Theta = \frac{t_{B1} - t_{B2}}{\ln \left(\frac{t_{B1} - t_0}{t_{B2} - t_0} \right)}$$

$t_0 = -27^\circ\text{C}$ – температура кипіння хладону;

$$t_{\text{п}} = t_0 + (7 \dots 10)^\circ\text{C} = -27 + 7 = -20^\circ\text{C};$$

$t_{B1} = t_{\text{п}} + 2^\circ\text{C} = -20 + 2 = -18^\circ\text{C}$ – температура повітря на вході в повітроохолоджувач;

$t_{B2} = t_{\text{п}} - 2^\circ\text{C} = -20 - 2 = -22^\circ\text{C}$ – температура повітря на виході з повітроохолоджувача.

$$\Theta = \frac{-18 - (-22)}{\ln \left(\frac{-18 - (-27)}{-22 - (-27)} \right)} = 6,8^\circ\text{C}$$

$\Psi_{\text{пер}}$ - коефіцієнт перегріву. Приймаємо $\Psi_{\text{пер}} = 1$;

$C_u = 1,15$ – коефіцієнт, що враховує інтенсифікацію тепловіддачі, внаслідок шорсткості інею;

$$F_{\text{во}} = \frac{23600}{48 \cdot 6,8} \cdot 1 \cdot 1,15 = 83,1 \text{ м}^2$$

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Низькотемпературний повітроохолоджувач кубічного типу Есо ICE розроблено для великих холодильних камер та холодильних складів, призначених для зберігання свіжих або заморожених продуктів. Уся серія Есо ICE обладнана високоефективними змійовиками, розрахованими на холодоагенти нового покоління, виготовленими з мідних труб з внутрішнім оребренням та алюмінієвими ребрами спеціального профілю. Повітроохолоджувачі ICE 10 з кроком ребер 10 мм використовуються для низьких температур $\geq -35^{\circ}\text{C}$.

Двигуни двошвидкісних вентиляторів мають діаметр 450 мм, зовнішній ротор, вбудоване реле теплового захисту, захисну стальну решітку з епоксидним покриттям. Однофазне живлення напругою 230В/50-60Гц. Ступінь захисту IP 54, клас ізоляції В, максимальна робоча температура $+40^{\circ}\text{C}$.

Низькотемпературний повітроохолоджувач кубічного типу Есо ICE 42A10 з ламеллю 10 мм застосовується для холодильних камер з температурним режимом від -18°C до -35°C . Комплектується двома осьовими вентиляторами діаметром 450 мм, які створюють потік повітряного струменя до 22 метрів, поверхня теплообміну 42 м^2 , його холодопродуктивність на холодоагенті R 404a становить 13,4 кВт.



Рис. 4.1 Фреоновий повітроохолоджувач з електровентиляторами кубічного типу Есо ICE 42A10

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Вибираємо два повітроохолоджувача з електровентиляторами кубічного типу Есо ICE 42A10 з площею поверхні рівної 42 м², маса ПО - 115 кг, габаритні розміри 2150 x 845 x 792 мм.

4.3. Висновок по розділу 4.

Проведено розрахунок та підбір фреонових повітроохолоджувачів кубічного типу. Обрано два повітроохолоджувача з електровентиляторами кубічного типу Есо ICE 42A10 з площею поверхні рівної 42 м², маса ПО – 115 кг, габаритні розміри 2150 x 845 x 792 мм.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. РОЗРОБКА ПРИНЦИПОВОЇ СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ З ЕЛЕМЕНТАМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Забезпечення безпеки суднової холодильної установки та її роботи на оптимальному режимі є досить складною задачею при ручному регулюванні, яке вимагає високої кваліфікації та значного виробничого досвіду обслуговуючого персоналу.

Автоматизація переслідує дві основні мети:

- автоматизувати усі процеси, які забезпечують безпечність роботи холодильних установок;
- підтримку тривалої роботи холодильної установки на оптимальному режимі, який забезпечує підтримку необхідних температурних(у випадку необхідності - і вологісних) режимів у приміщеннях, які охолоджуються.

Причини аварій холодильних установок:

- виникнення гідравлічного удару через попадання рідкого холодильного агенту або мастила у циліндрі компресора;
- неприпустиме зростання тиску на нагнітальному боці компресора внаслідок припинення (погіршення) подання забортної води у конденсатор, або накопичення (попадання) у систему повітря чи інертних газів(коли тиск випарування нижчий за атмосферний);
- надлишкове підвищення температури нагнітання через неправильне регулювання або зростання тиску (погіршуються умови змащення компресора, а також виникає небезпека розкладання холодильного агенту);
- неприпустимо небезпечне зниження рівня мастила у компресорі внаслідок його повного повернення з системи або витоку.

Експлуатація холодильних установок у суднових умовах має свої особливості:

- під час руху судна холоди́льна установка повинна працювати в умовах параметрів зовнішнього середовища, які швидко змінюються;

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

– сучасне судно обладнане значною кількістю механізмів, через це кількість обслуговуючого персоналу суднової холодильної установки обмежена;

– до судових механізмів ставляться масові та габаритні обмеження, через це суднове холодильне обладнання відрізняється малою місткістю систем по холодильному агенту та холодоносію (мала акумулятивна здатність та значна інтенсифікація термодинамічних процесів);

– протягом рейсу судна доступ обслуговуючого персоналу у трюми, які охолоджуються, обмежений, що значно ускладнює (у випадку необхідності) проведення ремонтних робіт, а вихід з ладу будь-якого трюму призводить до значних матеріальних втрат.

Автоматизація забезпечує (у порівнянні із ручним керуванням) точнішу підтримку заданих параметрів у приміщеннях, що охолоджуються, та надійніший захист від аварій.

При повній автоматизації пристроїв автоматики керують усіма основними процесами, що дозволяє відмовитися від неперервного обслуговування. При цьому необхідно вирішувати великий комплекс задач з керування СХУ, який можна розбити на основні групи регулювання, захисту, сигналізації та контролю.

До головних задач регулювання треба віднести:

1. Підтримка загальних температур в об'єкті охолодження.
2. Регулювання подачі холодоагенту в випарник.
3. Регулювання холодопродуктивності компресорів.

5.1. Спосіб регулювання температури в приміщеннях.

У 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 керувати пуском і установкою компресора. У великих установках продуктивність компресора змінюють по сигналу датчика тиску всмоктування.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

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

5.2. Автоматичний захист, сигналізація і контроль СХУ.

Автоматичний захист СХВ може бути попереджувальної, що не допускає настання небезпечного режиму, і аварійної, забезпечує зупинку компресора, спрацьовування запобіжних клапанів та інших заходів, 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 перепоповнення випарника рідиною при непрацюючому компресорі і відсутності відсмоктування пари.

Захист від недопустимого підвищення тиску нагнітання і надмірного зниження тиску всмоктування здійснюють за допомогою маноконтроллерів і пресостат, 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, що сприймає різниця тисків масла до насоса і після нього, тобто в картері компресорі і в нагнітальній масляної трубці. При зниженні різниці тиску 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 (ВО).

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

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

P31 - тиск всмоктування PBC. Сигнал подається при надмірному зниженні тиску всмоктування (закриття і відсутність циркуляції холодоагенту, відсутність теплового навантаження на випарник і ін);

P32 – 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 P31 автоматично відключається).

P33 – тиск нагнітання рн. Сигнал подається при надмірному підвищенні тиску нагнітання внаслідок закриття нагнітального клапана, недостатнього охолодження конденсатора, наявності повітря в системі;

P34 – температуру нагнітання T_n . Сигнал подається при надмірному перегріві пари на виході з компресора;

P35 – температура обмоток статора вбудованого електродвигуна $t_{обм}$. Сигнал подається при надмірному перегріві обмоток електродвигуна.

В якості реле тиску нагнітання та всмоктування було обрано двоблочне реле Danfoss KP 44 який має основні елементи: 1. Лівий гвинт регулювання тиску

2. Гвинт регулювання диференціала, 3. Головний ричаг; 4. Правий гвинт регулювання тиску; 5. Головна пружина; 6. Гвинт регулювання диференціала; 7. Сільфон 8. З'єднувальні штуцери; 9. Клемна панель; 10. Клема; 11. Контакт заземлення; 12. Вхід кабеля; 13. Тумблер; 14. Блокувальна пластина; 15. Пусковий ричаг.

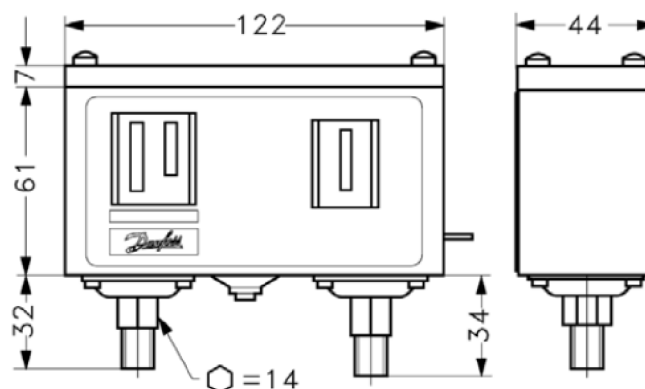


Рис. 5.1 Загальний вид двоблочного реле тиску Danfoss KP 44
з габаритними розмірами

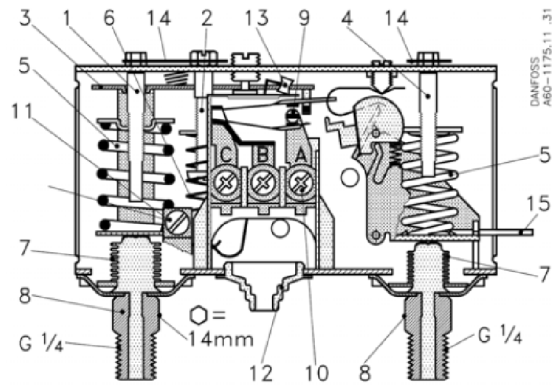


Рис. 5.2 Внутрішня будова двоблочного реле тиску тиску Danfoss KP 44

Всі реле захисту підключаються до електричної схемою односторонньої 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 та 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.

5.3. Висновки по розділу 5.

Розроблено принципову схему холодильної установки з автоматизацією роботи.

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 в РВМ, вкрай необхідно вивчати та додержуватися техніки безпеки хладонових холодильних установок.

Аналіз небезпек в РМО

В процесі експлуатації судна обслуговуючий персонал, при знаходженні в РВМ, може попадати під дію різних шкідливих та небезпечних факторів, які негативно впливають, на стан здоров'я та безпеку праці.

Шкідливий фактор – це такий фактор, дія якого на працюючого в даних умовах призводить до захворювання або зниження працездатності.

Небезпечний фактор – це такий фактор, вплив якого на працюючого в даних умовах призводить до травм або різкого погіршення здоров'я.

У відповідності до ГОСТу 12.0.003-74 небезпечні та шкідливі фактори бувають:

- фізичні;
- хімічні;
- біологічні;
- психофізичні.

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;

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

- 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.

Причиною збудження вібрацій є виникаючі при роботі машин і агрегатів невідновлені 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. Следствием 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.

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 захисту і лікувально-профілактичних заходів.

Граничні допустимі значення вібрації на суднах встановлюються у відповідності з граничними спектрами (ГС) рівнів середньоквадратичних

					<i>КР.142.4257.01.06.ПЗ.00</i>	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

значень віброшвидкості L_v (див. табл. 6.1) або відповідних їм віброприскорень L_a [14] (див. табл. 6.2).

Граничні спектри рівнів вібрації ПС (L_v), дБ, відносно до .

Таблиця 6.1.

Номер ПС (L_v)	Середньоггеометричні 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

Граничні спектри рівнів вібрації по прискоренню ПС (L_a), дБ, відносно до

Таблиця 6.2.

Номер ПС (L_a)	Середньоггеометричні 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

Підвищений рівень шуму

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

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 3.3.

Допустимі рівні широкосмугового шуму.

Таблиця 6.3

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

Освітленість 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.

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;

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00				Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата					

3. На робочій поверхні повинні бути відсутні різкі тіні;
4. У полі зору повинні бути відсутні 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 судах регламентуються чинними нормами штучного освітлення на судах морського флоту 2506-81.

Норми природного освітлення на судах.

Таблиця 6.4

№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

Електричний струм

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.

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 . 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.

Розрахунок захисного заземлення

Для захисту людини від уражень електричним струмом при пошкодженні робочої ізоляції в електроустановках та переході напруги зі струмоведучих частин на металеві, які не є струмоведучими застосовується захисне заземлення. Його дія полягає у зниженні напруги корпусу відносно землі.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

Проектування заземлення для пускового пристрою з напругою 380 В зведено до вибору природних заземлень, при яких опір розтіканню струму не перебільшує встановлених норм: для напруги до 1000 В це $R_a=4$ Ом [14]. У якості заземлення обираємо пристрій, який складається з вертикальних стержнів з кутової сталі з шириною полки 40 мм, довжиною 2,5 м, з'єднаних сталевією смугою 50 x 4 мм (див. рис. 6.1).

Опір вертикального заземлення визначаємо за формулою

$$R_{ст.од} = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2,1l}{b} + 0,5 \ln \frac{4,2t + l}{4,2t - l} \right), Ом$$

де ρ – питомий електричний опір ґрунту (для суглинку $\rho=30$ Ом/м); $t_0 \geq 0,5$ м, приймаємо $t_0=1$ м, отже $t=2,25$ м; $b=0,01$ м [22].

$$R_{ст.од} = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left(\ln \frac{2,1 \cdot 2,5}{0,01} + 0,5 \ln \frac{4,2 \cdot 2,25 + 2,5}{4,2 \cdot 2,25 - 2,5} \right) = 12,5 Ом$$

$R_{ст.од} > R_a$, тому застосовуємо декілька заземлень. Визначаємо необхідну кількість паралельно з'єднаних заземлень.

$$n = \frac{R_{ст.од}}{R_a \cdot \eta} = \frac{12,05}{4 \cdot 0,6} = 6$$

η – коефіцієнт використання заземлень з кутів без врахування впливу смуги зв'язку, $\eta=0,6$ [22].

Фактичний опір заземлень

$$R_\phi = \frac{R_{ст.од}}{n \cdot \eta} = \frac{12,05}{6 \cdot 0,6} = 3,49 Ом$$

Опір смуги зв'язку довжина якої 15м визначається за формулою [22].

$$R'_c = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{2 \cdot l^2}{b \cdot t} = \frac{30}{2 \cdot 3,14 \cdot 15} \ln \frac{2 \cdot 15^2}{0,05 \cdot 1,1} = 2,87 Ом$$

Опір розтіканню струму знаходиться з врахуванням коефіцієнту використання $\eta_c=0,4$ [22].

$$R_c = \frac{R'_c}{\eta_c} = \frac{2,87}{0,4} = 7,17 Ом$$

Фактичний опір пристрою заземлення з вертикальних заземлень та смуги зв'язку.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

$$R_{c.ф} = \frac{R_{\phi} \cdot R_c}{R_{\phi} + R_c} = \frac{3,49 \cdot 7,1}{3,49 + 7,1} = 2,32 \text{ Ом}$$

Це відповідає допустимому значенню опору заземлення.

Порушення герметичності устаткування СХУ

У зв'язку з тим, що холодильні машини працюють з утворенням загу високого тиску, існує небезпека порушення герметичності апаратів. Для виключення такої можливості встановлюються запобіжні пробки. Крім того, обладнання повинно мати аварійну світлову та звукову сигналізацію.

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, переконується, 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 задалегідь намічених місцях, не займаючи коридори, проходи. Укласти їх на палубі слід стійко, з метою виключення їх переміщення при хитах судна.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

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 всіх 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.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ВИСНОВКИ

1) За завданням кафедри було виконано проєкт холодильної установки для ретрьюма офшорного судна-постачальника. Система охолодження рефтрьюму призначена для забезпечення зберігання швидкопсувних продуктів, шляхом підтримки необхідної температури зберігання, незалежно від зовнішніх умов.

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

3) Розраховані коефіцієнти теплопередачі переборок, подволоку та дні приміщення з урахуванням вибраної ізоляції. Розраховані теплоприпливи в трюм зберігання продукту від інших приміщень, нещільності в приміщенні та працюючих приладів в ньому, а також враховані теплоприпливи від сонячної радіації і від вентиляції приміщення. Розрахунок приведений для літнього і зимового плавання. При порівнянні було обрано параметри літнього режиму роботи установки.

4) Побудовано цикл на діаграмі p-i та розраховані основні параметри циклу холодильної установки, що працює на холодоагенті R-404a з врахуванням перегріву холодоагенту у трубопроводі та в напівгерметичному поршневному компресорі фірми «BITZER» марки 4FE-28Y-40P.

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) Розроблено принципову схему холодильної установки з автоматизацією роботи.

7) В розділі охорони праці приведені основні рекомендації охорони праці при роботі з СХУ.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА

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.Андрєєв, І.П.Єсін, Ю.В.Захаров, А.О.Моря, М.І.Радченко; За редакцією доктора технічних наук,

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

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. Щедролоєв, 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.

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

ДОДАТКИ

					КР.142.4257.01.06.ПЗ.00	Аркуш
Зм.	Аркуш	№ документа	Підпис	Дата		

