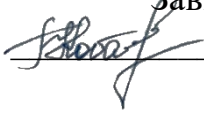


Міністерство освіти і науки України
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова
Херсонський навчально-науковий інститут

Кафедра теплотехніки

«Допущений до захисту»
Завідувач кафедри теплотехніки
 к.т.н., доцент Г.О. Кобалава
« 10 » червня 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття ступеня вищої освіти «бакалавр»

на тему: «Розробка проєкту холодильної установки для провізійних комор
балкера «Mater» дедвейтом Dw=50 345 т»

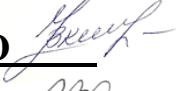
Виконав: студент IV курсу, групи 4257
спеціальності

142 «Енергетичне машинобудування»
(шифр і назва спеціальності)

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

Артем ТАРАНОВ 

(прізвище та ініціали)

Керівник Вікторія КОРНІЄНКО 

(прізвище та ініціали)

Рецензент Іван КАЛІНІЧЕНКО 

(прізвище та ініціали)

Херсон – 2026

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

« 22 » квітня 2026 року

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

здобувача **Таранова Артема Сергійовича, група 4257**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **«Розробка проєкту холодильної установки для провізійних комор балкера «Mater» дедвейтом Dw=50 345 т»**

керівник роботи **Корнієнко В.С., к.т.н., доцент**

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

затверджені наказом ректора НУК від « 22 » квітня 2026 року № 293уч

2. Термін подання студентом роботи « 10 » червня 2026 року.

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки

Вступ.

Розділ 1. Загальний опис об'єкту дослідження. Мета кваліфікаційної роботи.

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, швидкокопсувні 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. Проєктування холодильної машини.

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

3.2. Підбір холодильного компресора, теплообмінних апаратів, системи автоматичного регулювання і захисту.

3.3. Розміщення обладнання холодильної установки.

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

Розділ 5. 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. Компонувальне креслення компресора, компресорно-конденсаторного агрегату або холодильної машини – 1 аркуш формату А1.
4. Креслення теплообмінника _____ – 1 аркуш формату А1.

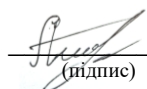
5. Дата видачі завдання « 22 » квітня 2026 року.

Дата представлення на кафедрі « 10 » червня 2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів випускної магістерської роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	Вступ + розділ 1	28 квітня	виконано
2.	Розділ 2 + креслення приміщення, що охолоджується	до 07 травня	виконано
3.	Розділ 3 + креслення принципової схеми та циклу холодильної машини на pI -діаграмі	до 15 травня	виконано
4.	Компонувальне креслення компресора, компресорно-конденсаторного агрегату або холодильної машини	до 23 травня	виконано
5.	Розділ 4 + креслення теплообмінника	до 02 червня	виконано
6.	Розділ 5 + висновки	до 06 червня	виконано
7.	Остаточне оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічного матеріалу; подання кваліфікаційної бакалаврської роботи на кафедрі	до 10 червня	виконано

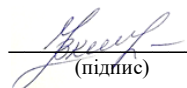
Здобувач


(підпис)

Артем ТАРАНОВ

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Вікторія КОРНІЄНКО

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Таранов Артем Сергійович, група 4257.

«Розробка проєкту холодильної установки для провізійних комор балкера «Mater» дедвейтом $D_w=50\,345\text{ т}$ ».

Кваліфікаційна робота на здобуття кваліфікації бакалавр за спеціальністю 142 Енергетичне машинобудування (освітньо-професійна програма «Холодильні машини і установки»). Херсонський навчально-науковий інститут Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова, Херсон, 2026 р.

Метою даної бакалаврської роботи є дослідження і розрахунок холодильної установки для провізійних комор балкера.

Перший розділ роботи містить загальну характеристику судна та його енергетичної установки. У другому розділі визначені параметри повітря і води в залежності від району та параметрів продуктів, що зберігаються у провізійній коморі. Проведений розрахунок теплоприпливів через ізоляційну конструкцію провізійної комори. У третьому розділі побудований цикл холодильної машини в $P-h$ діаграмі холодильного агента R-449A, та проведений його розрахунок. Виконаний підбір холодильного компресора марки Danfoss марки MTZ100-4, теплообмінних апаратів та іншого устаткування. У четвертому розділі роботи виконаний конструктивний розрахунок конденсатора, проведені тепловий гідравлічний розрахунки конденсатора та розрахунок на міцність.

Заходи з охорони праці у машинному відділенні наведені в п'ятому розділі, в якому було розглянуто нормативно правову базу з охорони праці, проведено аналіз небезпечних та шкідливих факторів, яким піддається людина в процесі роботи на судні, розглянуто заходи, щодо зменшення їх впливу.

Ключові слова: холодильна машина, компресор, теплообмінний апарат, холодильний агент, $p-h$ діаграма.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ABSTRACT

Taranov Artem Serhiyovych, group 4257.

"Development of a project of a refrigeration unit for the provisioning pantries of the bulk carrier "Mater" with a deadweight of $D_w=50,345$ t".

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 142 Power Engineering (educational and professional program "Refrigeration Machines and Installations"). Kherson Educational and Scientific Institute of the Admiral Makarov National Shipbuilding University, Kherson, 2026.

The purpose of this bachelor's work is to study and calculate a refrigeration unit for the provisioning pantries of the bulk carrier.

The first section of the work contains a general characteristic of the vessel and its power plant. The second section determines the parameters of air and water depending on the region and the parameters of the products stored in the provisioning pantries. The calculation of heat inflows through the insulating structure of the provision pantry was carried out. In the third section, the refrigeration cycle in the $P-h$ diagram of the refrigerant R-449A was built, and its calculation was carried out. The selection of the Danfoss MTZ100-4 refrigeration compressor, heat exchangers and other equipment was carried out. In the fourth section of the work, the constructive calculation of the condenser was carried out, thermal hydraulic calculations of the condenser and strength calculations were carried out.

Occupational safety measures in the engine room are given in the sixth section, which considered the regulatory legal framework for occupational safety, analyzed the dangerous and harmful factors to which a person is exposed while working on a ship, and considered measures to reduce their impact.

Keywords: refrigeration machine, compressor, heat exchanger, refrigerant, $P-h$ diagram.

					<i>КРБ.142.4257.07.05.П3.00</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ.....	11
1.1. Загальні відомості.	11
1.2. Основні технічні характеристики судна.....	12
1.3. Енергетична установка.	17
1.4. Висновки за розділом 1.	18
РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ.	20
2.1. Вибір параметрів повітря та води в залежності від параметрів продуктів, що зберігаються.	20
2.2. Вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщення, що охолоджується..	21
2.3. Визначення сумарного теплопритоку і холодопродуктивності СХУ.	24
2.4. Вибір системи охолодження та холодильного агенту.	28
2.5. Висновки за розділом 2.	30
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ.....	32
3.1. Побудова циклу холодильної машини на p, h -діаграмі та його розрахунок.	32
3.2. Підбір холодильного компресора, теплообмінних апаратів та іншого устаткування холодильної установки.....	35
3.3. Розміщення обладнання холодильної установки у приміщенні.	40
3.4. Система автоматичного керування холодильною установкою.....	42
3.5. Висновки за розділом 3.	43
РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА	45
4.1. Тепловий розрахунок конденсатора	45
4.2. Вибір та опис конструкції конденсатора.....	48
4.3 Висновки по розділу 4	51

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ	53
5.1. Аналіз небезпек в машинному відділенні на рефрижераторних суднах. ...	53
5.2. Можливі причини пожеж у МВ та засоби для їх гасіння	53
5.3 Розрахунок системи штучного освітлення машинного відділення	54
5.4. Висновки за розділом 5.	56
ВИСНОВКИ.....	57
ЛІТЕРАТУРА.....	58

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

В - випарник

ВцК – відцентровий компресор

ГД – головний двигун

ДАУ – дистанційне автоматичне управління

ДВЗ – двигун внутрішнього згоряння

ДГ – дизель-генератор

ДК – дросельний клапан

ККД – коефіцієнт корисної дії

Км – компресор

Кн – конденсатор

КнВ – конденсатор – випарник

МВ – мастиловіддільник

Н – насос

НС – навколишнє середовище

Ох – охолодник

ПК – поршневий компресор

ПКХМ – парокомпресорна холодильна машина

ПО – проміжний охолодник

ПП – проміжна посудина

РК – регулюючий клапан

РТ – реле температури

СХУ – судова холодильна установка

ТОА – теплообмінний апарат

ХА – холодильний агент

ХМ – холодильна машина

D – Danfoss;

GE – General Electric.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

Розвиток суднових холодильних установок, пристосованих для охолодження складських приміщень транспортних суден, йде по шляху створення компактних компресорно-конденсаторних установок, які відрізняються більш високими енергетичними показниками, можливістю зміни холодопродуктивності в широких межах.

Метою роботи є розрахунок холодильної установки для провізійних комор балкера «Mater» дедвейтом $D_w=50\ 345$ т, з урахуванням ізоляції та теплоприпливів.

Застосування більш ефективних холодоагентів дозволяє створювати більш прості схеми одноступеневої компресії з використанням безсальникових компресорів. Це дозволяє зменшити займану площу та об'єм, зменшити все обладнання, досягти більш повної автоматизації, полегшити технічне обслуговування та підвищити безпеку експлуатації.

Застосування систем прямого охолодження складських приміщень за рахунок кипіння холодоагенту в повітроохолоджувачах має низку суттєвих переваг у порівнянні з акумуляторними системами та дозволяє значно підвищити енергетичні характеристики холодильного агрегату.

Охолоджувані приміщення використовують тільки безпосередню систему охолодження з хладоном R449A.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел з 26 найменувань. Загальний обсяг роботи складає 60 сторінок, містить 8 рисунків та 5 таблиць.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1	Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Таранов А.С.						
Керівник		Корнієнко В.С.						
Консульт.								
Зав.каф.		Кобалава Г.О.				ХННІ НУК 10		

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ, КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ

1.1. Загальні відомості.

Балкер «Mater» – один із спеціалізованих балкерів, призначених для перевезення деревної тріски для виробництва паперу. ІМО номер – 9841184. Він є першим у серії з восьми суден, що експлуатуються компанією Royal Marine Holdings з Циндао, і був побудований верф'ю Chengxi Shipyard, яка побудувала чотири судна цього класу, а решта побудовані верф'ю Weihai Shipyard. Будівництво та експлуатація балкерів для деревної тріски раніше були монополізовані Японією, але «Mater» – перше судно такого типу, побудований у Китаї. Його спроектувала SDARI. Судно було доставлено в червні, а за ним у 2019 році послідували п'ять аналогічних суден, інші у 2020 році.

Щоб вмістити якомога більше вантажу, бункерні танки, що є на більшості балкерів такого розміру, відсутні, а трюми мають коробчасту форму. Крім того, судно довше, ширше та глибше, ніж типовий Ultramax аналогічного дедвейту. Mater має шість трюмів та торцеві відкидні люки. Форма корпусу забезпечує меншу осадку і, отже, менший гвинт (Рис. 1.1).

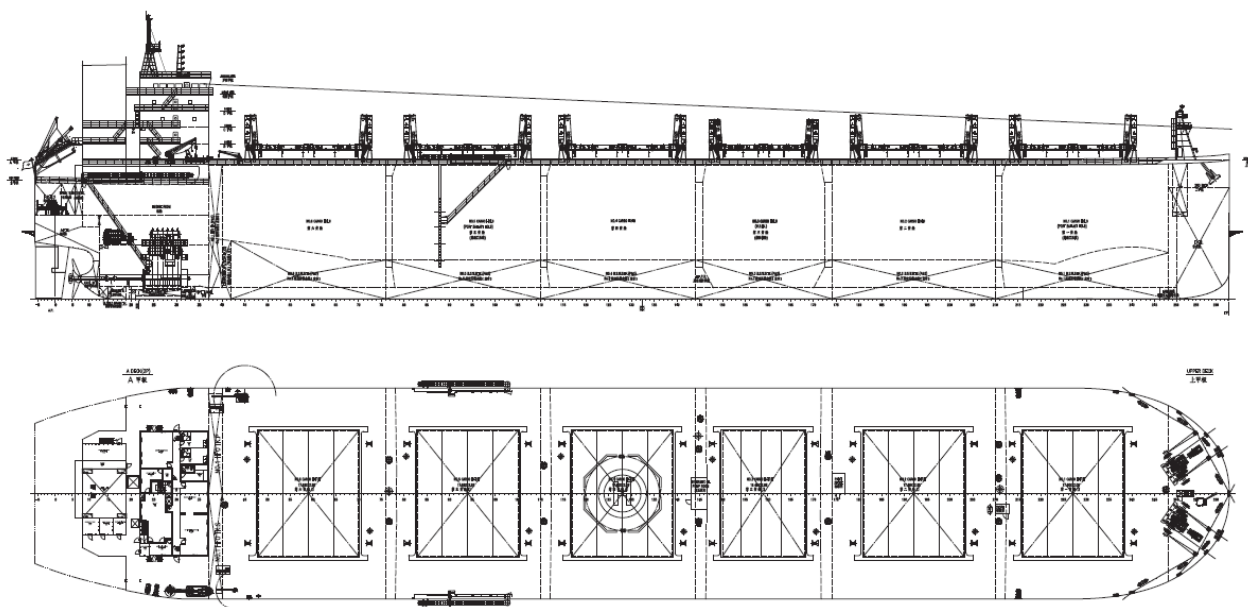


Рисунок 1.1. Зовнішній вид балкера «Mater»

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		11

Суднобудівник: Chengxi Shipyard Co, Ltd;
 Назва судна:Mater;
 Власник/Оператор: Mater Shipping Ltd/ Royal
 Marine Holdings;
 Країна: Китай;
 Конструктор:SDARI;
 Країна: Китай;
 Модельна випробувальної установи:Шанхайський науково-
 дослідний інститут судноплавства і судноплавства (SSSRI);
 Прапор:Ліберія;
 Номер ІМО: 9841184;
 Загальна кількість суден 5.

1.2. Основні технічні характеристики судна.

Судно довжиною 210 м, шириною 37,05 м та глибиною 23,5 м має дедвейт 50 345 тонни, але, як і у всіх суден цього типу, призначених для перевезення вантажів низької щільності, найважливішим фактором є місткість трюму. Для судна Mater це 130 943 м³ або 4,622 мільйона кубічних футів, що приблизно в 1,65 раза більше, ніж у порівнянного дедвейту звичайного балкера. На судні працюють 25 членів екіпажу.

Головні розміри.

Довжина по борту (oa)..... 210,00 м
 Довжина по борту (bp)..... 206,50 м
 Ширина по борту (складена)..... 37,00 м
 Глибина по борту (складена)..... 23,50 м
 до головної палуби..... 20,8 м
 до верхньої палуби: 24,3 м

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		12

Ширина подвійної обшивки

нижнього дна..... 1,9 м

Осадка

по довжині: 11,95 м

проектна: 10,00 м

Бруто: 52906 брутто-тонна

Водотоннажність: 78 031,7 т

Легка вага: 13 500,29 т

Дедвейт

по довжині..... 64 531,4 т

проектна..... 50 345,4 т

Коефіцієнт блокування:0,832 (розмір)

Швидкість, обслуговування (82% потужності MCR):14,38 вузлів

Вантажний об'єм (м³)

Трюм: 13 0943,1

Бункери (м³)

Важке паливо: 2 243,6

Дизельне паливо: 422,3

Водяний баласт (м³) 16 026,4

Добове споживання палива (тонн/добу)

Тільки головний двигун: 30,3

Допоміжне обладнання: 3,5

Класифікаційне товариство та позначення: .. NK NS* (BC-XII, PSPC-WBT, NC), (IHM), (IWS), (EA), (PSCM), (NO_x-III(SCR)), MNS* (M0)

% високоміцної сталі, що використовується в конструкція:.....70%

Пропульсивний комплекс

Головний двигун

Фірма MAN

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Модель: MAN 6G50ME-C9.5 TIII

Виробник MAN

Номер 1

Тип палива: HFO

Потужність кожного двигуна: 8 300 кВт

Гвинт(и)

Матеріал: Ni-Al-Bronze

Номер 1

Фіксований/Керований крок: Фіксований

Діаметр 6,95 м

Швидкість: 75,8 об/хв

Обладнання для очищення вихлопних газів

Виробник: SAACKE

Тип: 85%SMCR ME + 3x75%AEs

Котли

Кількість 1

Тип: LYF1.5/295-0.6

Марка: Greens Shazhou

Продуктивність кожного котла: 1500 кг/год

Кормові відростки/спеціальні керма: Напівзбалансоване кермо з рогом керма

Інші крани

Кількість 1

Марка: CSSC Luzhou

Тип: Монорейка

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Завдання:Запасне обладнання

Продуктивність: 4 т х 3 м (виліт від макс.
ширини судна)

Швартовне обладнання

Кількість 4

Марка:Kawasaki WuHan

Тип: Гідравлічне

Спеціальне рятувальне обладнання

Кількість кожного та місткість:25 осіб

Марка:JiangYinShi BeiHai

Тип:Рятувальний шлюп вільного
падіння

Кришки люків

Конструкція:TTS-Huahai

Виробник: Chengxi Shipyard Co.,Ltd

Тип (верхня палуба/інше палуби): Гідравлічно керований
складаний тип для негоди

Система очищення баластних вод

Марка:SunRui

Продуктивність 1600 м³/год

Плавсклад

Офіцери 13

Екіпаж..... 12

Ремонтний екіпаж 6

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Одномісні/двомісні/інші кімнати 25/0/1

Навігаційне та інше обладнання

Система керування містком

Марка:Lushun Nav. Ele. App. Co.,
Ltd Dalian

Радари

Кількість: 2

Марка:Furuno

Модель(і FAR-2827 та FAR-2837S

Система пожежної сигналізації

Марка:Consilium

Системи пожежогасіння

Вантажні трюми:

Марка/Тип NK

Машинне відділення:

Марка/Тип NK

Ефективність

Досягнуте значення EEDI: 3,64

Необхідне значення EEDI: 4,40

Енергозберігаючі технологіїHVAF

Дата контракту26 липня 2017 р.

Дата запуску/виведення на воду28 січня 2019 р.

Дата поставки14 червня 2019 р.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		16

1.3. Енергетична установка.

Енергетична установка балкера «Mater» (рис. 1.2.) складається з двотактного двигуна MAN B&W 6G50ME-C9.5, з'єданого з гвинтом довжиною 6,95 м. Вихідна потужність становить 8300 кВт, а робоча швидкість - 14,5 вузлів. Досягнутий коефіцієнт EEDI 3,64 нижчий за необхідний рівень 4,4. На судні для забезпечення потреб в електроенергії встановлено три дизель-генератора, один з яких працює в ходовому режимі, а на стоянці з вантажними операціями вмикається другий дизель-генератор. Також на судні встановлений утилізаційний котел «Greens Shazhou» марки LYF1.5/295-0.6 паропроодуктивністю 1500 кг/годину з тиском 0,7 МПа. Верхня та нижня платформи машинного відділення представлені на рис. 1.3 [1].



Рисунок 1.2. Зовнішній вид судна балкера «Mater»

Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата

КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.01

Арк.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 2					Літ.	Арк.	Аркушів
Студент	Таранов А.С.											
Керівник	Корнієнко В.С.											
Консульт.										ХННІ НУК		
Зав.каф.	Кобалава Г.О.											

19

РОЗДІЛ 2. ТЕПЛОВІ РОЗРАХУНКИ КОМПЛЕКСУ РЕФРИЖЕРАЦІЇ.

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

Для вибору параметрів робочого середовища необхідно знати умови експлуатації приміщення, що обслуговується. Відповідно ISO вимогам (ISO 3046-1: 2002; ISO 1550: 2002), для судна з необмеженим районом плавання прийняті наступні температури [3, 4]:

температура зовнішнього повітря +34 °С;

температура забортної води +30 °С.

Згідно «Санітарним правилам для морських суден» прийняті наступні температури повітря в камерах:

- камера м'яса - 12 °С;

- камера риби - 8 °С;

- камера овочів + 4 °С;

- камера сухої провізії + 10 °С.

До даної системи пред'являються наступні вимоги [3, 4]:

- універсальність (придатність для перевезення різних вантажів);

- ефективні способи відведення теплоти з приміщення і достатня теплова акумуляційність;

- економічність системи та надійність в роботі;

- безпека для членів екіпажу та вантажу;

- простота і зручності в експлуатації.

Розташування приміщень на судні представлені на рис. 2.1.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		20

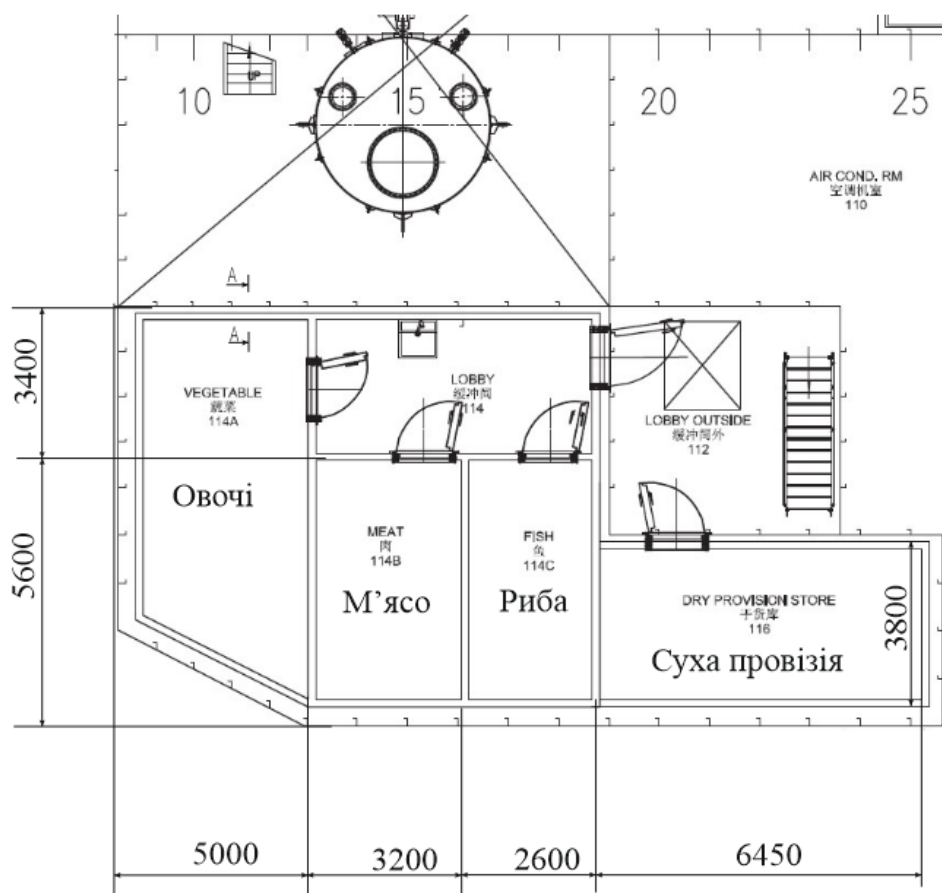


Рисунок 2.1. Провізійні комори балкера

2.2. Вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщення, що охолоджується.

Головним споживачем холоду в провізійних камерах є теплота, яка надходить до приміщень, що охолоджуються, ззовні, крізь конструкції огорожень. Зменшення зовнішніх теплоприпливів сприяє зменшенню холодопотребы судна. Це можливо забезпечити шляхом виконання теплової ізоляції огорожувальних поверхонь. Чим нижча теплопровідність ізоляційного матеріалу та більша її товщина, тим менше теплоти проходить до приміщення. Але із збільшенням товщини ізоляції зменшується корисний вантажний об'єм приміщень, що ізолюються, та зростають вартість ізоляційного матеріалу та його монтаж. Для теплоізоляції застосовують матеріали, у яких низький коефіцієнт теплопровідності.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		21

Особливості конструкцій ізолюючих огорож суднових охолоджуваних приміщень визначаються Правилами морського класифікаційного товариства, відповідно до яких, повинне бути забезпечено виконання наступних вимог [5]:

В охолоджуваних приміщеннях всі металеві частини корпусу судна повинні бути ретельно ізольовані;

Ізоляція охолоджуваних приміщень повинна бути виконана з біостійких, і, як мінімум, негорючих матеріалів, що не мають запаху, бажано з малою об'ємною масою і низьким коефіцієнтом теплопровідності. Ізоляційні матеріали повинні бути схвалені класифікаційними органами. Дистанційні прокладки, що відділяють ізоляцію від сталевих поверхонь суміжних приміщень цистерн і настилу другого дна, повинні бути виконані з нафтостійкого матеріалу, що не згоряє, не виділяє запаху.

Ізоляція охолоджуваних приміщень повинна бути захищена від проникнення вологи, а також від пошкоджень гризунами та покритою обшивкою.

Трубопроводи не повинні мати безпосереднього контакту з перегородками або палубами в місцях проходу через них щоб уникнути виникнення теплових містків.

Матеріал повинен володіти низьким коефіцієнтом теплопровідності λ_{iz} ;

Мати малу об'ємну вагу γ ;

Володіти зниженими значеннями паропроникності, гігроскопічності і водопоглинання;

Бути міцним, еластичним, вібростійким, морозостійким, біостійким, технологічним;

Володіти тривалим терміном служби, не повинен викликати корозії металів;

Бути пожежобезпечним;

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Не виділяти шкідливих речовин, не передавати продуктам харчування запах, бути несприйнятливим до запахів.

Для теплоізоляції провізійних камер судна використовуються теплоізоляційні плити з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,045$ Вт/(м·К), густина 80 кг/м³ та дерев'яні бруси з коефіцієнтом теплопровідності $\lambda=0,25$ Вт/(м·К) [6, 10].

Розрахунок коефіцієнта теплопередачі ізоляційної конструкції

Для Конструкції ізоляції і зашивки з розташуванням обрешітника перпендикулярно до набору (рис. 2.2) коефіцієнт теплопередачі визначається за формулою, Вт/м²·с,

$$K_0 = \frac{\lambda_{i3}}{s} \left(\frac{\epsilon}{l} + 4,6 \lg \frac{n+i}{l} + \frac{S-2h-\epsilon}{H} \right).$$

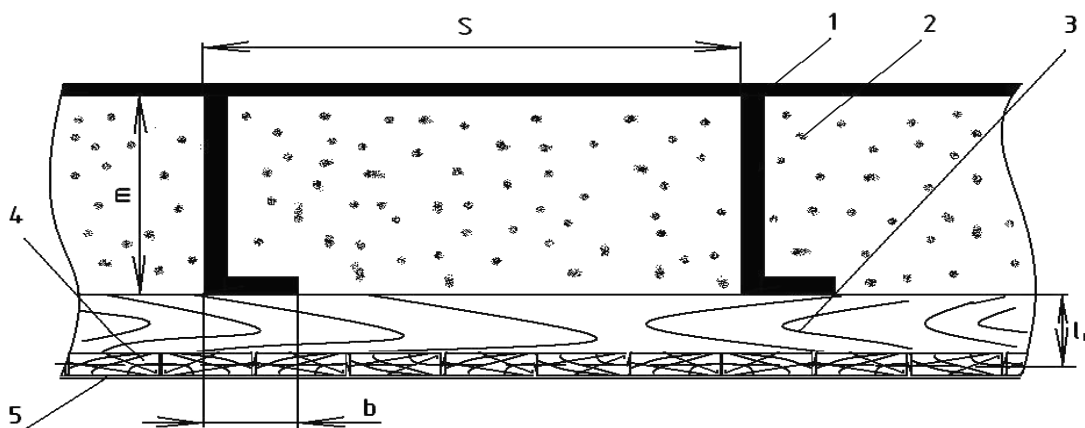


Рисунок 2.2. Конструкція ізоляції і зашивки з розташуванням обрешітника перпендикулярно до набору

1 – металева обшивка корпусу судна; 2 – пінопласт; 3 – брусок 50х50;
4 – дошка; 5 – захисний лист

Для розрахунку тепло припливу вибираємо середнє значення коефіцієнта теплопередачі $k=0,5$ Вт/(м²·К) згідно [10].

2.3. Визначення сумарного теплопритоку і холодопродуктивності СХУ

2.3.1. Дані для розрахунку

Провізійні камери призначені для зберігання продуктів харчування для суднової команди та пасажирів. Їх ємність повинна бути достатньою для забезпечення суднового складу продуктами на весь період рейсу. Також, на цеменьовозах холодильна установка повинна обслуговувати потреби невеликого рефрижераторного приміщення, призначеного для невеликих партій швидкопсувних вантажів.

Теплоприливи до провізійної камери складаються з наступних величин:

Q1 – теплоприливи через огорожі;

Q2 – теплоприливи при термообробці вантажу;

Q3 – теплоприливи при вентиляції камер;

Q4 – теплоприливи від працюючих електровентиляторів повітроохолоджувачів;

Q5 – інші теплоприливи.

2.3.2. Теплоприливи через огорожі конструкцій

Витрата холоду на асиміляцію теплоприливів крізь ізоляцію залежить від різниці температур та коефіцієнтів теплопередачі окремих переборок та визначається за формулою, Вт,

$$Q_1 = Q_{1c} + Q_{1t},$$

де Q_{1c} – теплоприливи від поглинання зовнішньої поверхні огорож теплоти сонячної радіації; Q_{1c} не ураховується, оскільки камери не мають поверхонь, відкритих сонячній радіації.

Q_{1t} – теплоприливи від різниці температур зовнішнього повітря та повітря в камерах, Вт.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Теплоприпливи від різниці температур зовнішнього повітря та повітря в камері знаходимо за формулою, Вт [10],

$$Q_{1T} = k_1 F (t_n - t_k), \text{ Вт},$$

де k_1 – коефіцієнт теплопередачі огорожі, Вт/(м²·К);

F – площа огорожі, м²;

t_n – температура навколишнього середовища;

t_k – температура повітря камери.

Результати розрахунку приведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1. Результати розрахунку теплоприпливу через огорожі

Найменування огорожі		$F, \text{ м}^2$	$k, \text{ Вт/ (м}^2 \cdot \text{К)}$	$t_k, ^\circ\text{C}$	$t_n, ^\circ\text{C}$	Δt	$Q_{1T}, \text{ Вт}$	$\Sigma Q_{1T}, \text{ Вт}$
Камера м'яса	Нос. переборка	16,8	0,5	-12	-8	4	33,6	
	Корм. переборка	16,8	0,5	-12	10	22	184,8	
	Правий борт	9,6	0,5	-12	30	42	201,6	
	Лівий борт	9,6	0,5	-12	22	34	163,2	
	Підволок	17,9	0,5	-12	22	34	304,3	
	палуба	17,9	0,5	-12	22	34	304,3	1192
Камера риби	Нос. переборка	16,8	0,5	-8	10	18	151,2	
	Корм. переборка	16,8	0,5	-8	-12	4	33,6	
	Правий борт	7,8	0,5	-8	30	38	148,2	
	Лівий борт	7,8	0,5	-8	22	30	117	
	Підволок	14,6	0,5	-8	22	30	219	
	палуба	14,6	0,5	-8	22	30	219	888
Камера сухої провізії	Нос. переборка	19,4	0,5	10	22	12	116,4	
	Корм. переборка	19,4	0,5	10	-8	18	174,6	
	Правий борт	11,4	0,5	10	30	20	114	
	Лівий борт	11,4	0,5	10	22	12	68,4	
	Підволок	24,5	0,5	10	22	12	147	
	палуба	24,5	0,5	10	22	12	147	767
Камера овочів	Нос. переборка	27	0,5	4	14	10	135	
	Корм. переборка	27	0,5	4	22	18	243	
	Правий борт	15	0,5	4	30	26	195	
	Лівий борт	15	0,5	4	22	18	135	
	Підволок	45	0,5	4	22	18	405	
	палуба	45	0,5	4	22	18	405	1518
Сумарні теплоприпливи через огорожі камер, Вт								4365

2.3.3. Теплоприпливи від термообробки і охолодження тари

Ці теплоприпливи не ураховуються, бо заморожені продукти надходять до провізійних камер з температурами, близькими до температур їх зберігання, і значного коефіцієнта робочого часу відповідних компресорів в режимі термообробки не відбувається.

2.3.4. Теплоприпливи при вентиляцію комор

Теплоприпливи від вентиляції визначаються за формулою, Вт,

$$Q_3 = \frac{10^3}{24 \cdot 3600} \cdot V_k \cdot \rho_n \cdot n \cdot C_p \cdot (t_n - t_k) = 0,01 \cdot V_k \cdot \rho_n \cdot n \cdot (t_n - t_k),$$

де V_k – об'єм вентилязованої камери, м³;

ρ_n – густина повітря при t і ϕ підтримуваних в камерах, кг/м³;

n – кратність обміну повітря, обм/добу;

C_p – теплоємність зовнішнього повітря; $c = 1,05$ кДж/(кг·К);

t_n – температура зовнішнього повітря, °С;

t_k – температура в камері, °С.

Результати розрахунку зведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Результати розрахунку теплоприпливу при вентиляції комор

Комора	t_n , °С	t_k , °С	Δt , °С	n	V_k , м ³	Q_3 , Вт
М'яса	30	-12	42	2	54	52
Риби	30	-8	38	2	43	32
Сухої провізії	30	+10	20	3	74	45
Овочів	30	+4	26	4	135	140
Сумарні теплоприпливи при вентиляції комор, Вт						269

2.3.5 Теплоприливи від працюючих в камері механізмів

У зв'язку з тим, що на судні застосовано безканалне повітроохолодження, електродвигуни, які вбудовані у ПО для роботи електровентиляторів, знаходяться в охолоджувані приміщеннях.

Тоді теплоприпливи від працюючих механізмів, Вт,

$$Q_4 = \frac{\tau_y}{24} \psi_{\text{мех}} N_{\text{ед}} \cdot \Pi,$$

де τ_y – час роботи СХУ протягом доби при її максимальному тепловому навантаженні; годин, 24 години;

$\psi_{\text{мех}}$ – коефіцієнт одночасності роботи механізмів; $\psi_{\text{мех}}=0,7$ [8];

$N_{\text{ед}}$ – потужність, яка споживається електродвигунами; $N_{\text{ед}}=150$ Вт;

Π – кількість приладів охолодження, штук.

Зважаючи на відсутність даних про споживану електродвигунами потужність і малу величину цих теплопритоків, у розрахунок береться встановлена потужність електродвигунів вентиляторів базової установки.

Результати розрахунків зведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Результати розрахунків теплоприпливу від працюючих в коморах механізмів

Найменування. камери	кількість ПО	Ne кВт	Q ₄
м'яса	1	0,15	105
риби	1	0,15	105
сухої провізії	2	0,3	210
овочів	1	0,15	105
Сумарні теплоприпливи від працюючих в коморах механізмів			525

2.3.6. Розрахунок інших тепло припливів

До інших теплоприпливів відносять усі теплоприпливи, які не були враховані раніше (теплоприпливи від відкривання дверей, від освітлення, від перебування людей тощо).

Ці теплоприпливи знаходять за формулою:

$$Q_5 = 0,2 \cdot Q_1 = 0,2 \cdot 4365 = 873 \text{ Вт.}$$

2.3.7. Сумарні теплоприпливи в режимі зберігання

Сумарні теплоприпливи в режимі зберігання знаходимо за формулою:

$$Q_{\text{зберіг}} = Q_1 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = 4365 + 269 + 525 + 873 = 6032 \text{ Вт.}$$

Сумарні теплоприпливи в режимі зберігання в провізійних камерах приймаємо $Q_{\text{зберіг}} = 6,1 \text{ кВт.}$

2.4. Вибір системи охолодження та холодильного агенту.

Комплекс охолоджувальних пристроїв (компресор, конденсатор, випарник), вентиляторів, насосів та повітроводів, за допомогою яких здійснюється відведення теплоти від провізійних камер, складають судову систему охолодження.

Головні вимоги, яким має задовольняти судова система охолодження [4, 5]:

- система охолодження провізійних комор повинна забезпечувати хороше теплове екранування огорожувальних поверхонь камери з метою перехоплення зовнішніх теплоприпливів, забезпечуючи одночасно

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		28

рівномірне обтікання повітрям у провізійних камерах вантажу для швидкого та ефективного відведення теплоти;

- забезпечувати рівномірне (однорідне) температурне поле у будь-якій точці провізійної камери з мінімальним відхиленням від оптимальних значень для даного вантажу;

- система охолодження повинна мати велику теплову акумуляційну здатність (інерційність) з метою уповільнення підвищення температури в провізійній камері у разі тимчасової зупинки холодильної машини;

- система охолодження повинна забезпечувати найменший температурний перепад між температурою вантажу та температурою кипіння холодильного агента. Це за заданої температури провізійної камери забезпечить максимальне значення холодильного коефіцієнта машини та мінімальні енерговитрати на зберігання вантажу;

- малу масу та габарити охолоджуючих приладів та систем транспортування холодоносія. Необхідно враховувати, що малі габарити поверхонь, що охолоджують, можуть бути досягнуті тільки за рахунок підвищення значень коефіцієнтів теплопередачі;

- система охолодження повинна бути надійною, простою та зручною в експлуатації, безпечною для людей та вантажу, забезпечувати нормальне спостереження за режимом охолодження, легкість його регулювання, ревізії, ремонту тощо.

Для забезпечення заданих температур у провізійних камерах найкраща повітряна система охолодження з безпосереднім кипінням холодоагенту з ребристими охолоджувачами повітря.

Холодоагентом для даної системи вибираємо хладон - R 449A. Цей холодоагент найбільш нешкідливий для людей і навколишнього середовища, безпечний і за інших рівних умов порівняно з фреоном – R 12, що дозволяє збільшити продуктивність на 23% і зменшити витрату енергії на 8%.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

В даний час в судновій холодильній установці (СХУ) провізійних комор застосовуються одноступінчасті безсальникові компресори об'єм їх приблизно в два, а маса на 25 ... 40% менше сальникових, що досягається в основному усунення корпусу електродвигуна, сальника і сполучної муфти.

Застосування безсальникових компресорів дозволяє знизити шум і вібрацію, вартість монтажу, усунути найістотніший витік холодоагенту в схемі СХУ та підвищити надійність.

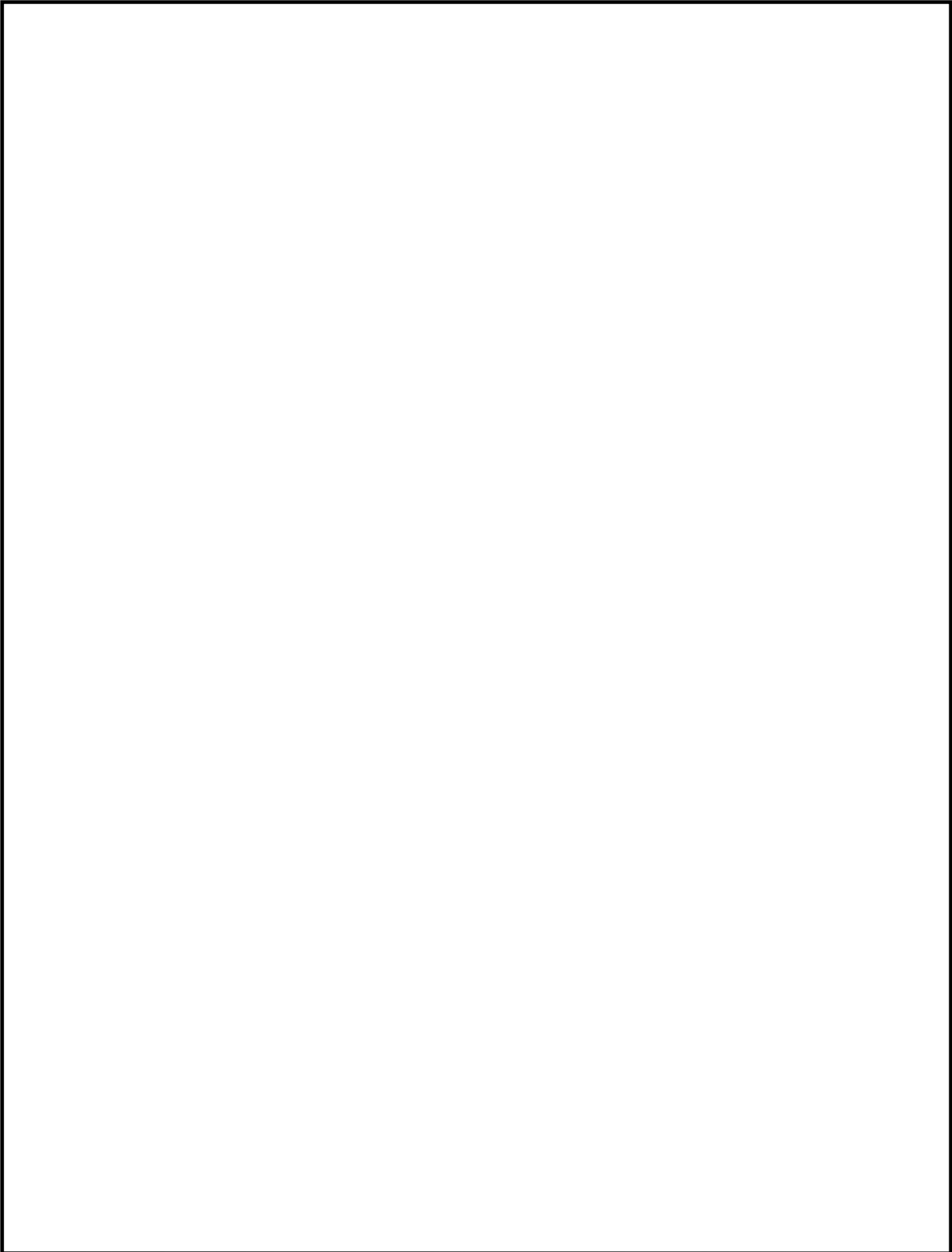
Виходячи із сказаного найбільш раціональним для провізійних камер є повітряна система ХУ з безсальниковим компресором та безпосередньою системою охолодження з хладоном R449A.

2.5. Висновки за розділом 2.

В даному розділі бакалаврської випускної роботи були визначені параметри повітря і води в залежності від району та параметрів продуктів, що зберігаються у провізійній камері, також проведений розрахунок коефіцієнту теплопередачі через ізолюючу поверхню.

Проведений розрахунок теплоприпливів через ізоляційну конструкцію провізійної камери становить 6,1 кВт. У якості хладону був вибраний R449A.

					<i>КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.02</i>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		



					<i>КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03</i>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>Розділ 3</i>	Літ.	Арк.	Аркушів
<i>Студент</i>		<i>Таранов А.С.</i>						
<i>Керівник</i>		<i>Корнієнко В.С.</i>						
<i>Консульт.</i>								
<i>Зав.каф.</i>		<i>Кобалава Г.О.</i>			<i>ХННІ НУК</i>			31

РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИНИ

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

3.1.1. Побудова циклу холодильної установки в P-h діаграмі

Цикл холодильної машини розраховується і будується на діаграмі **P-h** , за наступними даними [3, 4, 5]:

t_0 – температура кипіння холодоагента;

t_k – температура конденсації хладагента;

$t_{пр}$ – переохолодження рідкого ХА в конденсаторі;

$t_{вс}$ – всмоктування.

За рекомендаціями [3] приймаємо для провізійних камер $t_0 = -22\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Температуру конденсації вибираємо залежно від $t_{3в} = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Для малих СХУ.

$$t_k = t_{3в} + (10...12) = 40\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температуру переохолодженого ХА на виході з конденсатора приймаємо

$$t_{пр} = t_{3в} + (3...4) = 34\text{ }^{\circ}\text{C}.$$

Температура пари на всмоктуванні в компресор $t_{вс} = t_0 + t_{пр}$ завжди вище t_0 . Це залежить від типу приладів охолодження, схеми ХУ, протяжності всмоктуючого трубопроводу, його ізоляції та інших чинників.

При роботі з низькотемпературним повітроохолоджувачем $t_{пр} = 4...6\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Слід також ураховувати перегрів пари, пов'язаної з тепловиділеннями вбудованих електродвигунів герметичних і безсальникових компресорів. Ураховуючи що тип компресора і його електродвигуна нам поки не відомий, згідно величинам, сумарних теплоприпливів в блоки камер визначаємо в I

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		32

наближенні тип компресора потужність електродвигуна і КПД електродвигуна.

З урахуванням вимог реєстра вимагається холодопродуктивність

$$Q_0 = \frac{\Sigma Q_{зберіг} \cdot 24}{x} = \frac{6,1 \cdot 24}{18} = 8,2 \text{ кВт.}$$

Визначаємо, що за прототип може бути узятий поршневий герметичний компресор фірми Danfoss марки MTZ100-4, з номінальною холодопродуктивністю $Q_0 = 11$ кВт при кипінні $t_0 = -10$ °С, (при перерахунку на температуру кипіння $t_0 = -22$ °С має холодопродуктивність $Q_0 = 8,2$ кВт) та споживаючий $N_e = 5,1$ кВт з масовою витратою хладона R449A в компресорі $V=185$ кг/годину [3].

Підвищення ентальпії пари електродвигуна буде:

$$\Delta H_{\text{ед}} = H_1 - H_5 = \frac{q_0(1 - \eta_{\text{ег}})}{c} = 5 \text{ кДж/кг,}$$

де $\eta_{\text{ег}} = 0,75 \dots 0,85$ к – коефіцієнт враховуючий втрати тепла в навколишнє середовище; $\eta_{\text{ег}} = 0,75 \dots 0,85$ [3, 5];

g_0 визначаємо при побудові циклу

Закінчуємо побудову циклу, а параметри стану в характерних точках зводимо в табл. 3.1 згідно розрахунку циклу (рис. 3.1).

Таблиця 3.1. Параметри стану в характерних точках

Параметри стану	Точки циклу					
	1	2	3	3'	4	5 (1s)
t, °С	-14	65	35	33	-22	-22
P, МПа	0,23	1,67	1,67	1,67	0,23	0,23
H, кДж/кг	395	455	250	253	250	390
v, кг/м ³	0,102					

Масова витрата в компресорі: 185,7 kg/h

Точка	Опис	Температура [°C]	Тиск (абс.) [bar]	Густина [kg/m ³]	Ентальпія [kJ/kg]	Ентропія [kJ/(kg·K)]
1	Всмоктування компресором	-14,0	2,267	9,79	394,1	1,789
2	Нагнітання компресором (розрахункове)	103,8	16,63	52,48	486,5	1,908
2s	Точка роси на лінії конденсації	40,0	16,63	76,54	413,4	1,695
3s	Точка початку кипіння на лінії конденсації	35,6	16,63	1048	253,5	1,181
3a	Вихід конденсатора	33,5	16,63	1058	250,3	1,17
3	Включаючи додаткове переохолодження	33,5	16,63	1058	250,3	1,17
4	Після розширювального клапана	-25,7	2,267	25,75	250,3	1,213
4s	Точка початку кипіння на лінії кипіння	-27,6	2,267	1292	162,1	0,8552
1s	Точка роси на лінії кипіння	-22,0	2,267	10,2	387,2	1,762
1a	Вихід випарника	-14,0	2,267	9,79	394,1	1,789

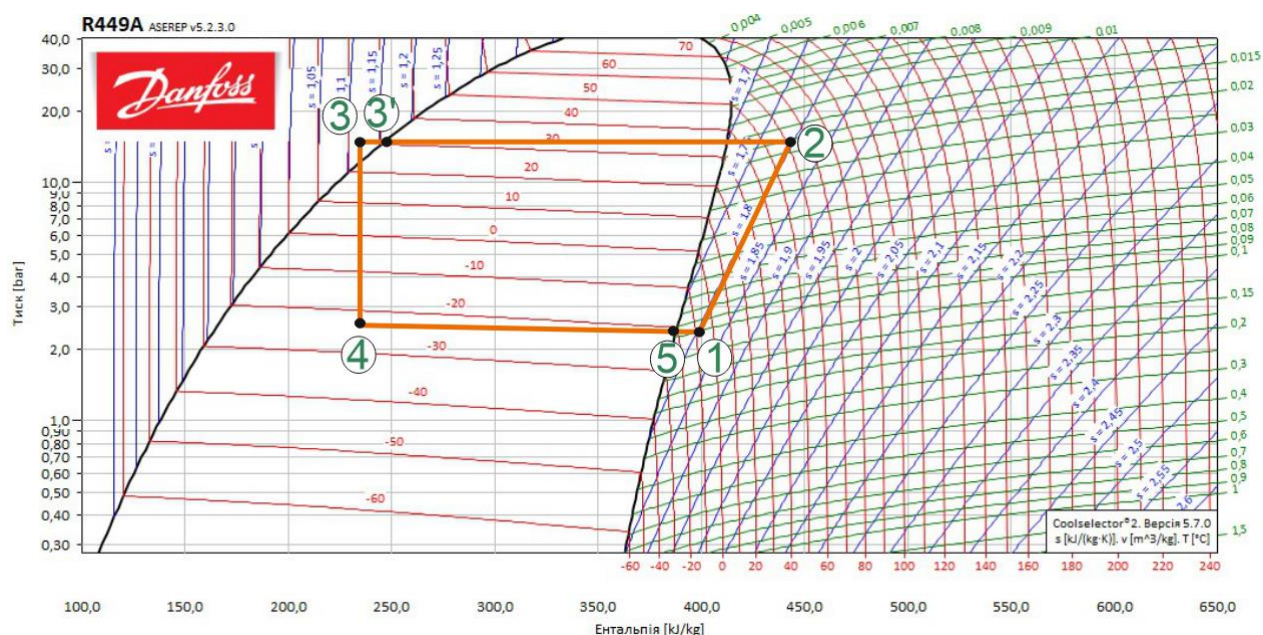


Рисунок 3.1 Цикл в $P-h$ діаграмі хладону R449A

$$q_0 = H_5 - H_4 = 390 - 250 = 140 \text{ кДж/кг.}$$

Тоді:

$$H_1 = H_5 + \Delta H_{\text{ЕД}} = 390 + 5 = 395 \text{ кДж/кг.}$$

3.1.2. Тепловий розрахунок циклу холодильної установки

1. Питома масова (робоча) холодопродуктивність:

$$q_0 = H_1 - H_4 = 395 - 240 = 145 \text{ кДж/кг.}$$

2. Питома об'ємна холодопродуктивність:

$$q_v = q_0/v_1 = 145/0,102 = 1422 \text{ кДж/м}^3.$$

3. Масова витрата холодоагенту:

$$G_{op} = Q_0/q_0 = 8,2/145 = 0,057 \text{ кг/с.}$$

4. Дійсна об'ємна продуктивність компресора:

$$V_{op} = Q_0/q_v = 8,2/1422 = 5,8 \cdot 10^{-3} \text{ м/с.}$$

5. Питома продуктивність компресора:

$$l = H_2 - H_1 = 455 - 395 = 60 \text{ кДж/кг.}$$

6. Питома теплота конденсації:

$$q_k = H_2 - H_3 = 455 - 250 = 205 \text{ кДж/кг.}$$

7. Теоретичний холодильний коефіцієнт:

$$\varepsilon = q_{op}/l = 145/60 = 2,42.$$

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

3.2.1. Вибір і обґрунтування прийнятої конструкції компресора

Застосування безсальникових компресорів призводить до деякого збільшення енергоспоживання, але дозволяє зменшити габарити, шум, вібрацію, вартість монтажу, виключити найбільш значні витоки холодоагенту (в сальнику) та підвищити надійність.

Технічні рішення в наш час пов'язані зі збільшенням радіусу дії і зменшенням ваги компресора.

Обираємо поршневий 4-х циліндровий герметичний компресор фірми Danfoss марки **MTZ100-4**, з номінальною холодопродуктивністю $Q_0 = 11 \text{ кВт}$ при кипінні $t_0 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$, (при перерахунку на температуру кипіння $t_0 = -22 \text{ }^\circ\text{C}$ має холодопродуктивність $Q_0 = 8,2 \text{ кВт}$) та споживаючий $N_e = 5,1 \text{ кВт}$ з масовою витратою хладона R449A в компресорі $V=185 \text{ кг/годину}$.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		35

Технічні дані

Розподільний об'єм [м³/год]	29,8;
Робний об'єм [см³]	171,26;
Кількість циліндрів	4;
Заправка мастила [л]	3,90;
Тип мастила	175PZ;
Внутрішній вільний об'єм (всмоктування) [дм³]	31,0;
Внутрішній вільний об'єм (нагнітання) [дм³]	1,2;
Вага нетто [кг]	62,17;
Вага брутто [кг]	66,75;
Ліміт	
Максимальний тиск всмоктування [бар]	22,6;
Максимальний тиск нагнітання [бар]	29,4;
Максимальна температура всмоктування [°C]	50,0;
Мінімальна температура всмоктування [°C]	-35,0;
Максимальна температура нагнітання [°C]	150,0;
Мінімальна температура нагнітання [°C]	-35,0;

Інше

Коди продуктів	MTZ100-4VI, MTZ100-4VM
Схвалені холодоагенти	R134a, R404A, R407A, R407C, R407F, R448A, R449A, R452A, R513A
Керування продуктивністю	Немає
Ступінь захисту	IP54
Кріплення до скла	Різьбове.
Зовнішній вид та габаритні розміри компресора MTZ100-4 представлені на рис. 3.2.	

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

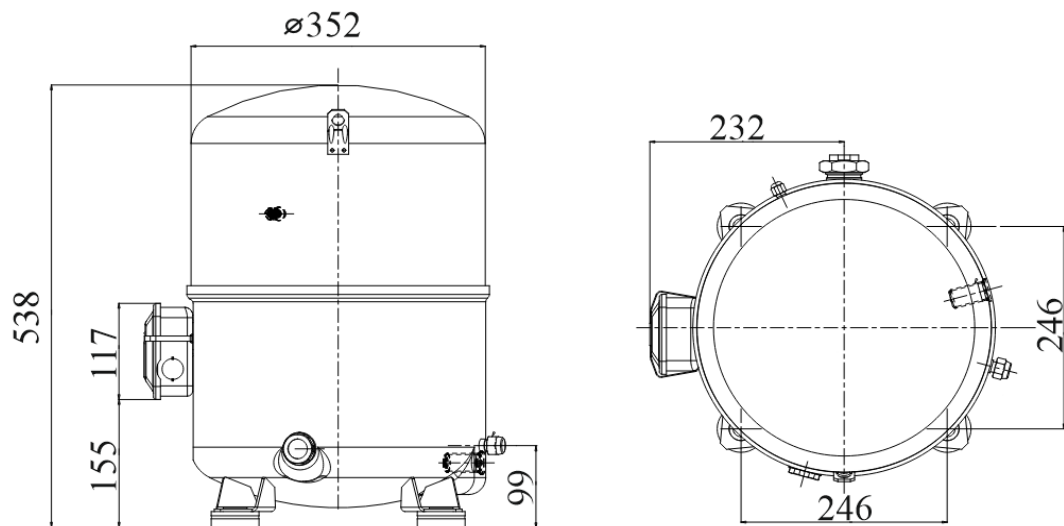


Рисунок 3.2. Зовнішній вид та габаритні розміри компресора MTZ100-4

Поршневі компресори Maneurop® від Danfoss Commercial Compressors спеціально розроблені для застосування в широкому діапазоні робочих умов. Усі компоненти високої якості та точності, що забезпечує тривалий термін служби виробу.

Компресори серії Maneurop MTZ є герметичними поршневими компресорами та призначені для застосування в умовах середньої та високої температури випаровування.

Позитивні переваги внутрішнього захисту двигуна, високоефективної конструкції кругового клапана та двигунів з високим крутним моментом забезпечують якісний монтаж.

Компресори серії Maneurop MT та MTZ мають однакову механічну та моторну конструкцію. MT заправляється мінеральною оливою, а MTZ - поліефірною. Ці компресори можна використовувати з великим вибором холодоагентів відповідно до їх сумісності з оливою. Компресори MT та MTZ мають великий внутрішній вільний об'єм, що захищає від ризику гідроудару, коли рідкий холодоагент потрапляє в компресор.

Компресори MT та MTZ повністю охолоджуються всмоктуваним газом. Це означає, що додаткове охолодження компресора не потрібне, і

дозволяє ізолювати компресори акустичними кожухами, щоб отримати нижчий рівень шуму без ризику перегріву компресора.

Компресори MT та MTZ доступні в 16 різних моделях з робочим об'ємом від 1,84 до 16,57 дюймів/об. Доступні сім різних діапазонів напруги двигуна для однофазних та трифазних джерел живлення з частотою 50 та 60 Гц. Усі компресори доступні у версії VE (вирівнювання рівня оливи + оглядове скло оливи).

3.2.2. Розрахунок і підбір теплообмінних апаратів та іншого устаткування

3.2.2.1. Розрахунок і підбір повітроохолоджувача

Тепловий розрахунок повітроохолоджувача зводиться до визначення загальної поверхні теплообміну, яка необхідна для відведення теплоприпливів з охолоджуваної камери, м²,

$$F_{\text{по}} = Q_{0\text{по}} / (k_3 \cdot \theta),$$

де $Q_{0\text{по}}$ - теплове навантаження на повітроохолоджувач в охолоджуваній камері, Вт;

k_3 - коефіцієнт теплопередачі, віднесений до повної зовнішньої ребристої поверхні ПО; $k_3 = 18 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ [5];

θ - повна різниця температур, °С,

$$\theta = \frac{t_{\text{в1}} - t_{\text{в2}}}{\ln \cdot \frac{t_{\text{в1}} - t_0}{t_{\text{в2}} - t_0}}.$$

Підбор повітроохолоджувача здійснюється для кожної камери. Розрахунок загальної поверхні теплообміну та марки повітроохолоджувачів для кожної охолоджуваної камери представлені в табл. 3.2.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.2. Розрахунок загальної поверхні теплообміну та марки повітроохолоджувачів для кожної охолоджуваної камери

Камера, що охолоджується	$Q_{зберіг}$, кВт	k_z	Δt_p , °C	F , м ²	Тип апарату	Кількість
м'яса	1192	18	10	6,9	ПО-10Н	1
риби	888	18	10	6,5	ПО-10Н	1
овочів	767	18	20	6,3	ПО-20	1
сухої провізії	1518	18	26	12,4	ПО-20	2

3.2.2.2. Підбір терморегулюючого вентиля

Збалансована конструкція електронного терморегулюючого клапана KVS-1C-16 фірми Danfoss (рис. 3.3) забезпечує двопотокову роботу, а також функцію соленоїдного відключення в обох напрямках потоку при P_D 40 бар.

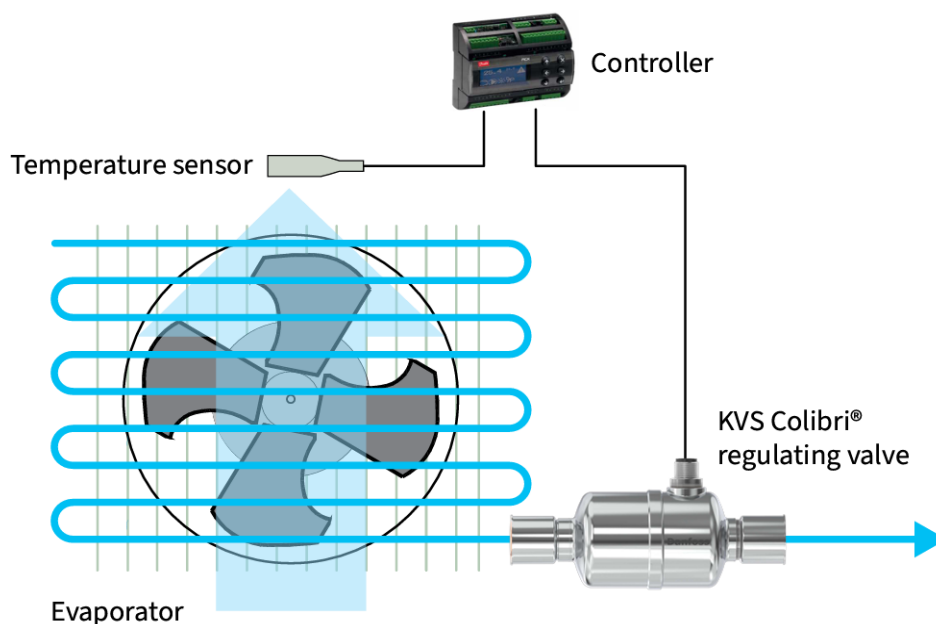


Рисунок 3.3. Електронний терморегулюючий клапан KVS-1C-16 фірми Danfoss

Характеристики та переваги:

- Точне керування тиском та температурою;
- Повторюваність роботи клапана за будь-яких умов;
- Вищий MOPD (максимально допустимий хід обертання);
- Легко підходить для різних застосувань та умов експлуатації;
- Двопотоківий. Технологія прямого приводу двигуна клапана;
- Потужний двигун, що гарантує точне керування потоком та підвищену енергоефективність системи;
- Зменшення складності завдяки зменшенню кількості деталей;
- Підтримує різноманітні холодоагенти, в тому числі R449A, схвалено для безмасляних застосувань;
- Швидкий час відкриття/закриття 2,5 сек.;
- Швидка реакція на робочі умови. Герметичне закриття соленоїдом;
- Біметалеві з'єднувачі. Швидкий та покращений процес паяння – не потрібне мокре обгортання;
- Конструкція з нержавіючої сталі. Стійкість до внутрішньої та зовнішньої корозії. Повністю герметична конструкція з лазерним зварюванням;
- Герметичний клапан відповідно до Регламенту ЄС щодо F-газів (EU) 517/2014;
- Відсутність зовнішніх витоків, що заощаджує витрати на обслуговування та втрату холодоагенту;
- Захист навколишнього середовища та клімату. Виготовлено відповідно до ISO/TS 16949.

3.3. Розміщення обладнання холодильної установки у приміщенні.

Для зручності та підвищення якості монтажу, зменшення комунікацій і кількості обладнання окремі елементи холодильної машини зібрані на одній

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

рамі у вузол, виготовлений на машинобудівному заводі. Це забезпечує підвищену надійність роботи машини в умовах її експлуатації на судні.

Проектована установка включає: компресорно-конденсаторну установку, що працює на R 449A, запірну арматуру, пристрої керування та захисту.

Компресорно-конденсаторний агрегат складається з [11]:

- бессальник компресорний;
- конденсатор;
- пристроїв автоматизації;
- трубопроводи та арматура.

Агрегат монтується на фундаменті судна, на амортизаторах, що забезпечує необхідну жорсткість кріплення і знижує вібрацію.

Холодильна установка розташована на головній палубі, з правого борту судна.

Розміщення машини в автофургоні забезпечує швидкий і зручний демонтаж, монтаж і чищення елементів холодильної установки. Вільні проходи між кінцевими частинами обладнання - 700 мм, між обладнанням і перегородками - не менше 100 мм. Для зменшення впливу розгойдування судна на роботу агрегату його встановлюють паралельно кілю судна.

Взаємне розташування вузлів відповідає функціональній послідовності елементів у монтажній схемі, тобто всі елементи розташовані так, щоб сполучні трубопроводи мали мінімальну кількість витків. Для подачі морської води в конденсатор передбачені відцентрові насоси. На пульті управління розташовані індикатори вимірювальних приладів, що контролюють тепловий стан камер забезпечення.

У разі виникнення пожежі передбачений аварійний викид холодоагенту в атмосферу. Завдяки високій плинності холодоагенту установка оснащена газоаналізатором.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		41

3.4. Система автоматичного керування холодильною установкою

Автоматизовані холодильні установки провізійних камер можуть дещо відрізнятися від налаштувань ручного керування. Автоматизована установка забезпечує більш точне встановлення діапазону різниці температур в холодильних камерах активує функцію регулювання, керування та захисту.

Установка регулює такі параметри: холодопродуктивність, температури в камерах, подачу рідкого холодоагенту до випарника, тиск конденсації холодоагенту. Під час роботи автоматизованої холодильної установки параметри автоматичного керування на основних агрегатах установки взаємопов'язані. Таким чином створюється комплекс, який підтримуватиме задану температуру в зонах охолодження. СХУ працює в дренажних басейнах для виробництва пари. Оскільки температура повітря в коморах повинна підтримуватися постійною, виникає потреба в регулюванні температури та холодопродуктивності. Регулювання температури в камерах здійснюється двопозиційним способом за допомогою додаткового термостата, який реагує на температуру в цій камері та забезпечує, щоб електромагнітний клапан, встановлений на трубопроводах, відключав подачу рідкого холодоагенту в обшивочну камеру при низьких встановлених межах температури.

Основним завданням автоматизації є підтримка необхідного температурного режиму в приміщеннях, що охолоджуються, що допомагає регулювати холодопродуктивність компресорів. Щоденні гвинтові компресори регулюються додатковим золотниковим механізмом у діапазоні від 100 до 10% холодопродуктивності [15].

Однак регулятор продуктивності має велику інерцію, що може призвести до нестабільності температурного режиму в трюмах. Тому в схемі автоматизації подача холодоагенту переводиться залежно від температури охолоджуваної зони.

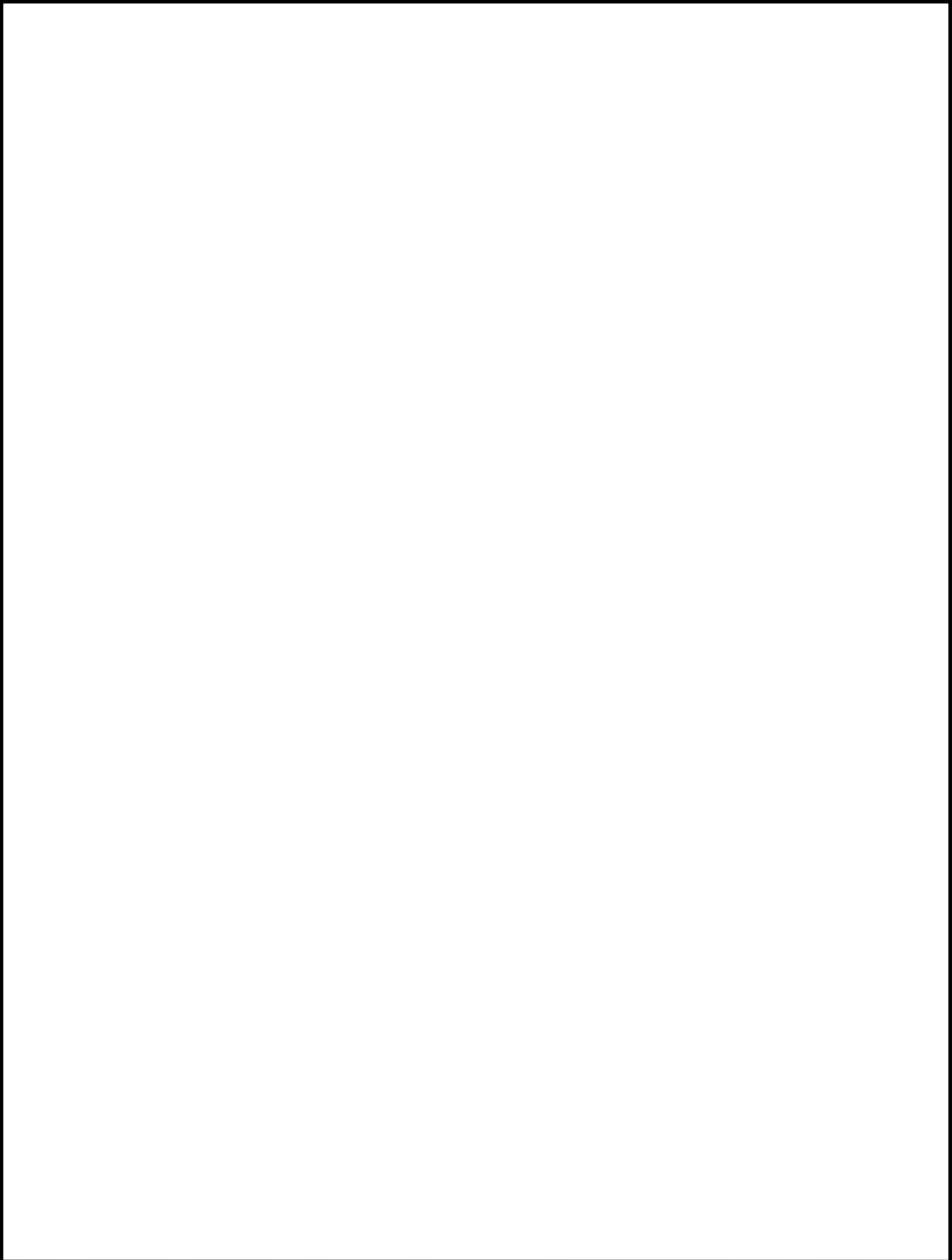
					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		42

Термостатичні клапани встановлюються на трубопроводах, що подають основну частину холодоагенту до випарника, а проміжну частину – до підстанції. Чутливі елементи встановлені на термоелектричній батареї, а решта – на паропроводі. Місце встановлення термопатрона та батареї ізольоване для захисту навколишнього середовища від занадто жорстких умов. Встановлення термостатичного клапана з термоелектричною батареєю використан дає значну перевагу. Термоелектричний «підсилювач-коректор» дозволяє контролювати не тільки перегрів пари, але й температуру в трюмі, оскільки в холодильній зоні встановлена термоопора.

3.5. Висновки з розділу 3

В даному розділі бакалаврської випускної роботи побудований цикл холодильної машини в в Р-h діаграмі холодильного агента R 449A, та проведений його розрахунок. Також був виконаний підбір холодильного компресора фірми Danfoss марки **MTZ100-4**, з номінальною холодопродуктивністю $Q_0 = 8,2$ кВт при температурі кипіння $t_0 = -22$ °C, теплообмінних апаратів та іншого устаткування.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.03	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		43



					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.04							
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 4					Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Таранов А.С.										
Керівник		Корнієнко В.С.										
										ХННІ НУК 44		
Консульт.												
Зав.каф.		Кобалава Г.О.										

РОЗДІЛ 4. КОНСТРУКТИВНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛООБМІННИКА

4.1. Тепловий розрахунок конденсатора

Визначаємо теплове навантаження на конденсатор за формулою, кВт [13],

$$Q_k = Q_0 + N_e \cdot k,$$

де Q_0 – холодопродуктивність установки, кВт;

$N_e = 5,1$ кВт – електрична потужність компресора на розрахунковому режимі, кВт;

k – коефіцієнт, що ураховує втрати теплоти в зовнішнє середовище; $k = 0,80$ [13].

$$Q_k = 8,2 + 5,1 \cdot 0,80 = 12,3 \text{ кВт.}$$

Температура води на вході в конденсатор

$$t_{w1} = t_{3B} = 30 \text{ }^\circ\text{C};$$

Притискуємо підігрів води в конденсаторі $5 \text{ }^\circ\text{C}$, тоді температура води на виході з K_H

$$t_{w2} = t_{w1} + 5 = 35 \text{ }^\circ\text{C}.$$

Визначаємо температурний напор в конденсаторі

$$\theta = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{2,3 \lg \frac{t_k - t_{w1}}{t_k - t_{w2}}} = \frac{35 - 30}{2,3 \lg \frac{40 - 30}{40 - 35}} = 7,22 \text{ }^\circ\text{C},$$

і орієнтовну поверхню теплообміну

$$F_k = \frac{10^3 \cdot Q_k}{k_{BH} \cdot \theta} = \frac{10^3 \cdot 12,3}{1400 \cdot 7,2} = 1,21 \text{ м}^2,$$

де k_{BH} – коефіцієнт тепловіддачі, $\text{Вт/м}^2 \text{ К}$, віднесений до внутрішньої поверхні труби конденсатора. Для хладонових конденсаторів

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.04	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$k_{\text{вн}} = 1300 \dots 1800 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$. Принято $k_{\text{вн}} = 1400 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$, оскільки буде застосована оребрена поверхня теплообміну і використовується R 449A.

Для проектного конденсатора застосовуємо трубу з налитим оребренням, яка має наступні характеристики [13]:

- зовнішній діаметр ребер $D_p = 12,4 \text{ мм}$;
- діаметр трубки в просвітах між ребрами $d_H = 11,1 \text{ мм}$;
- внутрішній діаметр трубки $d_{\text{вн}} = 10,0 \text{ мм}$;
- шаг ребер $S_p = 11,8 \text{ мм}$;
- товщина ребра у основи $V_{\text{осн}} = 0,8 \text{ мм}$;
- товщина ребра у товщина $V_T = 0,65 \text{ мм}$;
- кут розбіжності міжреберної канавки $\alpha = 220$;
- ступінь оребрення $\beta = 3,3$;
- площа зовнішньої поверхні на погонний метр $F_{\text{нс}} = 0,129 \text{ м}^2$;
- крок труби в пучку по горизонтами $S_1 = 22 \text{ мм}$;
- компактність теплопередаючої поверхні $W = 248 \text{ м}^2 / \text{м}^3$.

Враховуючи, що $Fk < 5 \text{ м}^2$, приймаємо число ходів води в конденсаторі $Z = 2$.

Витрата охолоджуючої води

$$G_w = \frac{Q_k}{C_p(t_{w2} - t_{w1})} = \frac{12,3}{4,19 \cdot (35 - 30)} = 0,59 \text{ кг/с}.$$

Прийнявши швидкість руху води $W_w = 1,0 \text{ м/с}$ (W_w для мідних труби не повинен перевищувати $1,5 \text{ м/с}$), визначаємо необхідну сумарну площу для потоку води за один хід, м^2 ,

$$S_x = \frac{G_w}{W_w \rho_w} = \frac{0,59}{1,0 \cdot 1025} = 0,565 \cdot 10^{-3},$$

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

Визначаємо число трубок за один хід

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.04	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$n_x = \frac{4S_x}{z \cdot d_{\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 0,565 \cdot 10^{-3}}{2 \cdot 0,01^2} = 10,8.$$

Приймаємо число трубок за одиницю $n_x = 11$.

Тоді:

$$W_w = \frac{4G}{n_x \cdot z \cdot d_{\text{вн}}^2 \cdot \rho} > 1,39 < 1,5 \text{ м/с.}$$

Кількість трубок в конденсаторі складає

$$n_{\text{тр}} = n_x \cdot Z = 11 \cdot 2 = 22 \text{ шт.}$$

Довжина трубок буде визначена після розрахунку уточненої поверхні теплообміну.

Проводячи попередню компоновку конденсатора (поперечного перетину), приймаючи крок трубок в пучку по вертикалі, рівним кроку по горизонталі $S_1 = S_2 = 22 \text{ мм}$, при цьому пучок розташовується у верхній частині конденсатора.

При даній компоновці діаметр сердечника конденсатора складатиме $D=0,18 \text{ м}$, а середнє число трубок по висоті $n_p = 4$.

Визначаємо теплообмінну поверхню конденсатора

$$F_k = \frac{Q_k}{q_a} \cdot \eta_{mp} = \frac{12,3}{10,5} \cdot 1,1 = 1,27 \text{ м}^2,$$

де η_{mp} – коефіцієнт, що враховує опір частини трубок конденсатора при їх пошкодженні. Приймаємо $\eta_{mp} = 1,1$.

Загальна довжина активної (теплопередаючої) частини трубок

$$\alpha_{mp} = \frac{F_k}{\pi \cdot d_{\text{вн}}} = \frac{1,27}{\pi \cdot 0,01} = 41,1 \text{ м.}$$

Тепер проводячи остаточну компоновку конденсатора і розробляємо конструкцію конденсатора.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		47

4.2. Вибір та опис конструкції конденсатора.

Стандартне виконання для звичайної води

Труби теплообмінника характеризуються високою товщиною матеріалу; трубні решітки мають пластикове покриття. Ця серія підходить для всіх типів охолоджувачів, які не пошкоджують мідь.

Конструкція, стійка до морської води

Моделі К перевірили себе протягом десятиліть у всіх морських застосуваннях. Вони надзвичайно стійкі до корозії морської води. Профільні труби з низьким рівнем забруднення та пластикове покриття трубних решіток і кришок для реверсивного потоку охолоджувачів роблять їх першим вибором. У моделях до K813NB рідкий холодоагент зливається через занурювальну трубку, а починаючи з K1053NB - через два виходи для холодоагенту.

Перегрівачі нагнітаючого газу

Конструкційні розміри від K1053N до K4803T також доступні у стандартному виконанні для звичайної води як перегрівачі нагнітаючого газу. Все, що потрібно, це замовити додатковий другий вихід для холодоагенту.

Для суднової холодильної установки з холодопродуктивністю $Q_0 = 8,2$ кВт та теплопродуктивності на конденсатор $Q_k = 12,3$ кВт обираємо конденсатор фірми **Bitzer серії K123NB** (рис. 4.1).



Рисунок 4.1. Конденсатор фірми **Bitzer серії K123NB**

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.04	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Усі кожухотрубні конденсатори можна використовувати з новими холодоагентами з низьким потенціалом парникового потепління (ПГП). Ці холодоагенти є важливими інструментами для досягнення скорочення викидів, передбаченого Регламентом ЄС 517/2014 та аналогічними сценаріями, чітко визначеними в усьому світі. Їх використання відповідає нашим інноваційним цілям.

Ненасичені фторовані вуглеводні (HFO) R1234yf та R1234ze(E), два варіанти тетрафторпропену, відіграють у цьому центральну роль. Їх можна використовувати як чисті речовини або як компоненти сумішей. Чисті речовини R1234yf та R1234ze(E) класифікуються як легкозаймисті в A2L згідно з ISO817. Усі кожухотрубні конденсатори можна використовувати з екологічно чистими холодоагентами R290 пропан та R1270 пропен.

Для легкозаймистих холодоагентів необхідно провести оцінку ризику для системи, яка враховує займистість, і вона повинна бути побудована відповідно до національних або місцевих норм. Якщо оцінка ризику класифікує зону встановлення як вибухобезпечну, кожухотрубні конденсатори використовувати не можна.

Дозволені холодоагенти для використання в конденсаторі фірми Bitzer серії K123HB: R134a, R22, R290, R1270, R1234yf, R1234ze(E), R404A, R507A, R407C, R448A, R449A, R450A, R513A.

Дозволені охолоджувальні рідини для використання в конденсаторі фірми Bitzer серії K123HB:

- Промислова вода;
- Прісна вода;
- Технологічна вода;
- Морська вода;
- Етиленгліколь/вода;
- Пропіленгліколь/вода;
- CaCl₂ у воді;

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.04	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Тухofit 1,15 у воді.

Габаритні розміри конденсатора фірми Bitzer серії K123NB представлені на рис. 4.2 та в табл. 4.1 [19].

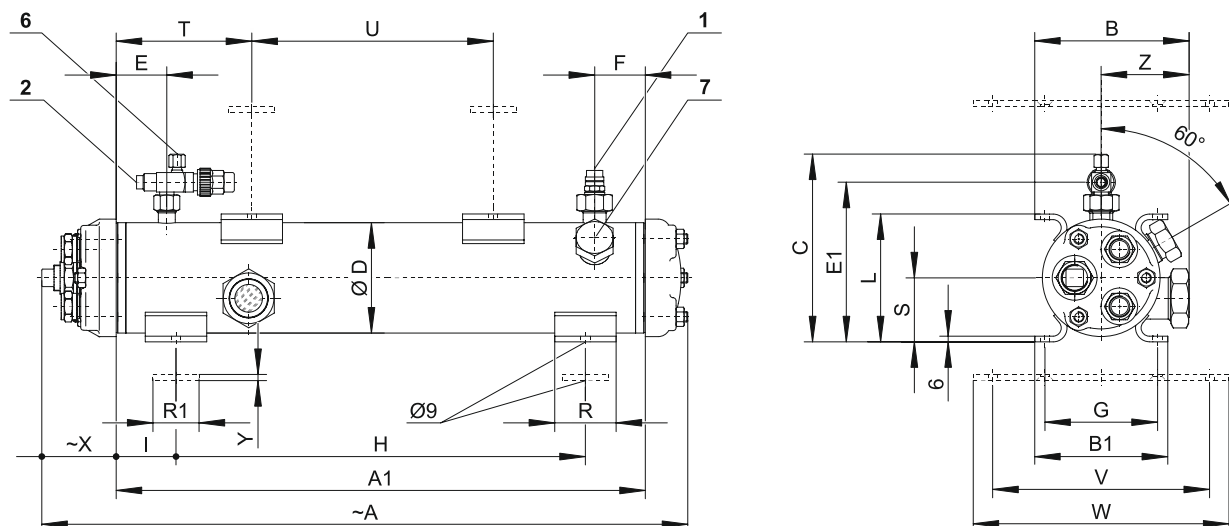


Рисунок 4.2. Габаритні розміри конденсатора фірми Bitzer серії K123NB

Таблиця 4.1. Габаритні розміри конденсатора фірми Bitzer серії K123NB

Model	Dimensions in mm													
	-Pass	A	A1	B	B1	C	C1	ØD	E	E1	F	G	H	I
K033NB		626	517	152	130	184	—	108	50	156	50	110	400	58
K033NB		626	517	152	130	184	—	108	50	156	110	110	400	58
K073NB		626	517	152	130	184	—	108	50	155	50	110	400	58
K123NB		876	767	152	130	237	172	108	60	154	60	110	400	184
K203NB		882	767	197	130	299	234	159	60	213	60	110	400	184
K283NB		882	767	197	130	307	242	159	60	223	60	110	400	184
K373NB		1132	1017	197	130	313	248	159	60	223	60	110	740	138

Характеристики конденсатора фірми Bitzer марки K123NB

Теплопродуктивність конденсатора..... 14,8 кВт;

Максимальне завантаження холодоагенту5,1 кг;

Максимальна витрата води

об'ємна 2,14 м³/год;

масова 0,758 кг/с;

Вага суха 14 кг.

Холодоагент **R449A** повністю сумісний із кожухотрубним конденсатором Bitzer **K123HB**. Оскільки це суміш холодоагентів групи HFO/HFC, що має певний температурний перепад (~ 4 K), перехід на цей фреон змінює деякі заправні та теплові показники обладнання:

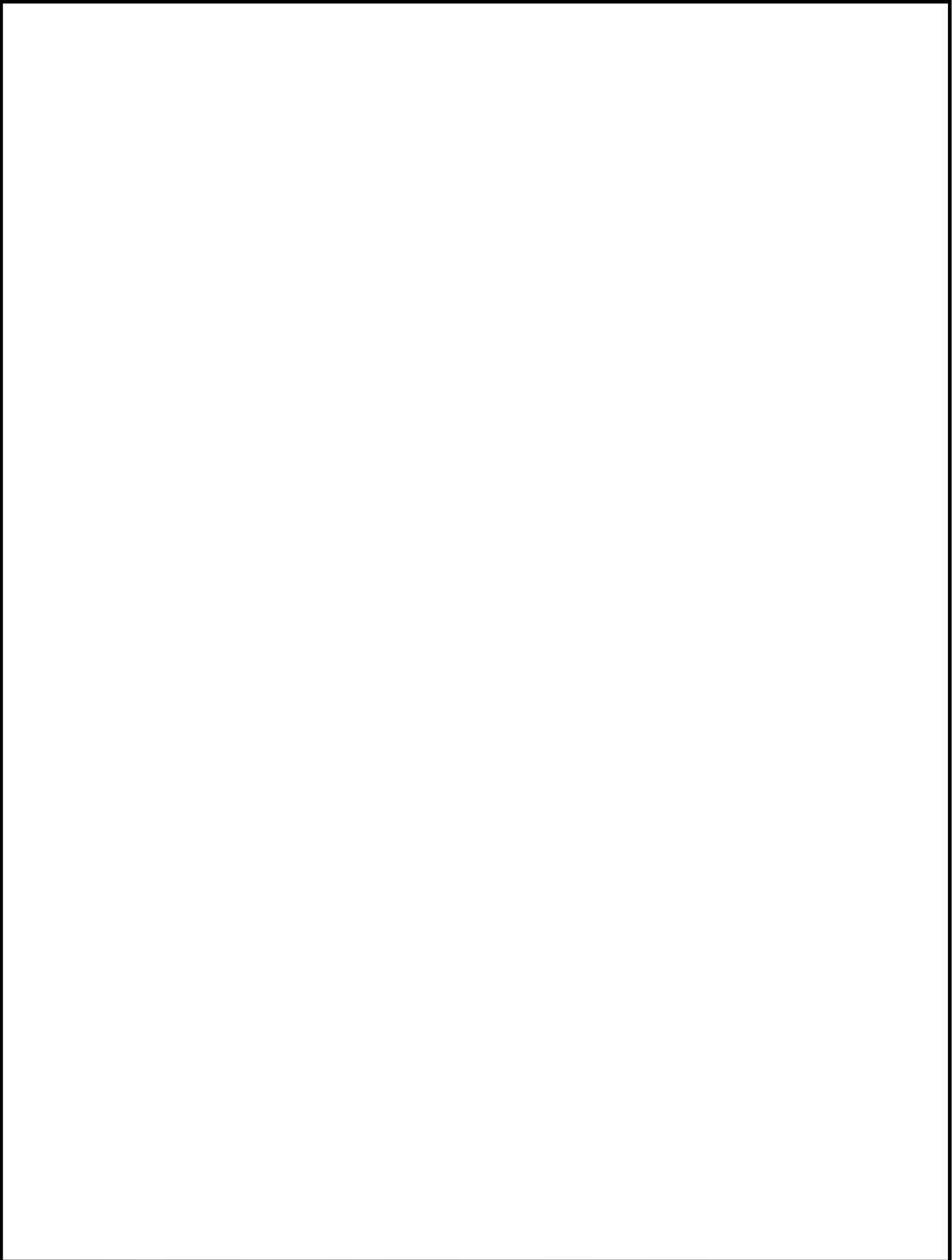
Кількість ходів води: Для підключення використовується **2** ходи охолоджуючої води в водяних патрубках регулювання у кришці конденсатора.

Заправка холодоагентом: Норма максимальної заправки для R449A (за об'єму теплообмінника 90%) становить **5,1 кг**.

4.3 Висновки по розділу 4

В даному розділі бакалаврської роботи проведено розрахунок кожухотрубного конденсатора СХУ, визначені основні параметри та теплопродуктивність конденсатора. Також було обрано один конденсатор фірми Bitzer серії K123HB для експлуатації СХУ.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.04	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		51



					КРБ.142.4257.01.05.ПЗ.05					
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 5			Літ.	Арк.	Аркушів
Студент		Таранов А.С.								
Керівник		Корнієнко В.С.								
Консульт.										
Зав.каф.		Кобалава Г.О.						ХННІ НУК		52

РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз небезпек в машинному відділенні на рефрижераторних суднах.

Охорона праці – Охорона праці - це система правових, соціально - економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

14 жовтня 1992 року, був опублікований і набрав сили, закон “Про охорону праці”. Даний закон визначає основні положення по реалізації конституційного права громадян на охорону їхнього життя і здоров'я в процесі трудової діяльності, регулює при участі відповідних державних органів відносини між власниками підприємства, установи і організації, чи уповноваженим їх органам і працівникам, з питань безпеки, гігієни праці і виробничого середовища, установлює єдиний порядок охорони праці в Україні. Закон поширюється на всі організації, заснування і підприємства, незалежно від форм власності і видів їхньої діяльності, на всіх громадян, що працюють, а також, притягнуті до праці на цих підприємствах [20, 21].

Згідно статті 50 кожний має право на безпечне навколишнє середовище та на відшкодування збитку від порушення цього права. Кожний має право на доступ до інформації про стан навколишнього середовища, продуктів харчування та предметів побуту, ця інформація ніяким чином та ніким не може бути засекречена.

5.2. Можливі причини пожеж у МВ та засоби для їх гасіння

Вибухопожежобезпека об'єкта забезпечується системами [25]:

- попередження вибухів і пожеж;

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		53

- протипожежний та вибухозахист;
- організаційно-технічні заходи.

Пожежа (вибух) можлива за наявності 3 факторів: горючої речовини, окислювача та джерела займання. За відсутності будь-якого із зазначених факторів або обмеження його визначального параметра безпечним значенням пожежа неможлива.

Горюча речовина і окислювач за певних умов утворюють горюче (вибухонебезпечне) середовище. Тоді попередження пожеж (вибухів) зведеться до:

- запобігання утворенню горючого середовища;
- запобігання появі в горючому середовищі або внесенні в це середовище джерела запалювання.

Заходи і засоби запобігання утворенню горючого середовища в кожному конкретному випадку визначаються фактичними умовами, що розглядаються, пожежо-вибуховими властивостями речовин і матеріалів, які використовуються в технологічному циклі.

Залежно від агрегатного стану і ступеня подрібнення речовин горючу середу можуть утворювати тверді речовини, легкозаймисті і горючі рідини, горючий пил і горючі гази в присутності окислювача.

5.3 Розрахунок системи штучного освітлення машинного відділення

Завдання. Зробити розрахунок загального освітлення виробничого приміщення. Довжина $A = 11$ м, ширина $B = 6$ м, висота $H = 3,2$ м. Висота робочої поверхні $h_p = 1$ м. Для освітлення приймаємо світильники типу УПМ-15. Мінімальна освітленість лампами розжарювання за нормами $E_{\min} = 100$ лк. Коефіцієнт відображення стелі $\rho_{\text{л}} = 70$ %, стін $\rho_{\text{с}} = 50$ %, робочої поверхні $\rho_{\text{р}} = 10$ %. Напруга мережі 220 В.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		54

Рішення.

Відстань від стелі до робочої поверхні, м:

$$H_o = H - h_p = 3,2 - 1 = 2,2 \text{ м.}$$

Відстань від стелі до світильника, м:

$$h_c = 0,2 \cdot H_o = 0,2 \cdot 2,2 = 0,44 \text{ м.}$$

Висота підвішування світильника над освітлюваною поверхнею, м:

$$h = H_o - h_c = 2,2 - 0,44 = 1,76 \text{ м.}$$

Висота підвішування світильника над підлогою, м:

$$H_p = h + h_p = 1,76 + 1 = 2,76 \text{ м.}$$

Для досягнення найбільшої рівномірності освітлення приймаємо відношення:

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

Тоді відстань між центром світильників, м:

$$L = 1,5 \cdot h = 1,5 \cdot 1,76 = 2,64 \text{ м.}$$

Необхідна кількість світильників

$$N = S/L^2 = A \cdot B / L^2 = 11 \cdot 6 / 2,64^2 = 9,46 \text{ шт,}$$

де $S = A \cdot B = 11 \cdot 6 = 66 \text{ м}^2$ – площа освітлюваного приміщення;

приймаємо $N = 10$ світильників (два ряди по 5 світильників). Індекс приміщення:

$$i = \frac{A \cdot B}{h \cdot (A + B)} = \frac{11 \cdot 6}{1,76 \cdot (11 + 6)} = 2,21.$$

За табл. 22 [26] приймаємо $i = 2,5$; $\rho_l = 70 \%$, $\rho_c = 50 \%$, $\rho_p = 10 \%$ для світильника типу УПМ-15 коефіцієнт використання світлового потоку $\eta = 0,62$.

Світловий потік однієї лампи, лм:

$$\Phi_p = \frac{E_{\min} \cdot S \cdot K_z \cdot z}{N \cdot \eta} = \frac{100 \cdot 66 \cdot 1,3 \cdot 1,15}{10 \cdot 0,62} = 1591 \text{ лм}$$

де $K_z = 1,3$ з табл. 5 [26];

$Z = 1,15$ для ламп розжарювання [26].

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.05	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

За знайденим світловим потоком з табл. 16 [26] вибираємо лампу Б21Б-225-150 потужністю 150 Вт, що має світловий потік 2100 лм, найбільш близький до розрахункового.

При цьому фактична освітленість, лк:

$$E_{\phi} = E_{\min} \frac{\Phi_{\text{л}}}{\Phi_{\text{р}}} = 100 \frac{2100}{1591} = 132 \text{ лк.}$$

Загальна потужність освітлювальної установки, кВт:

$$P_3 = P_{\text{л}} N = 150 \cdot 10 = 1500 \text{ Вт} = 1,5 \text{ кВт.}$$

5.4. Висновки за розділом 5.

В даному розділі бакалаврської роботи розглянуто можливі причини пожеж у МВ та засоби для їх гасіння, а також виконано розрахунок системи штучного освітлення машинного відділення

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.05	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		56

ВИСНОВКИ

1) В даній роботі спроектована холодильна установка провізійних комор балкера “Mater” дедвейтом $D_w=50345$ тон.

2) У другому розділі виконаний вибір ізоляційних конструкцій огорож приміщень, що охолоджуються та проведений розрахунок теплоприпливів у провізійні комори, що складає $Q_{зберіг}=6,1$ кВт.

3) У третьому розділі побудований цикл холодильної машини в $P-h$ діаграмі і проведений його розрахунок. Підібраний поршневий безсальниковий холодильний компресор фірми Danfoss марки MTZ100-4 з холодопродуктивністю до $Q_0 = 8,2$ кВт, споживаючий до $N_e = 5,1$ кВт електричної потужності.

4) Як холодоносієм був узятий хладон R-449A, оскільки це найбільш економічний варіант на сьогоднішній день.

5) У четвертому розділі виконаний конструктивний розрахунок конденсатора фірми Bitzer серії K123NB. Кількість трубок для охолоджуючої води складає 22 шт з довжиною 767 мм. Поверхня теплообміну конденсатора складає 1,27 м². Кількість ходів охолоджуючої води складає 2. Теплове навантаження на конденсатор становить $Q_k = 12,3$ кВт.

6) У п'ятому розділі розглянуто проблемні питання охорони праці у машинному відділенні, розглянуто можливі причини пожеж у МВ та засоби для їх гасіння.

					КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00	Арк.
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		57

ЛІТЕРАТУРА

1. Significant Ships of 2019/Mater: Wood chip carrier. – p. 50 – 51.
2. Методичні вказівки з виконання випускної бакалаврської роботи з напряму 6.050604 “Енергомашинобудування” зі спеціальності "Холодильні машини і установки"/ М.І. Радченко, І.П. Єсін, Ф.О. Чегринцев, О.В. Литош. – Миколаїв: НУК. – 2013 р. – 28 с.
3. Радченко М.І. Суднові холодильні машини: Навчальний посібник / М.І. Радченко, О.О. Лехмус. – Миколаїв: НУК. – 2015. – 392 с.
4. Загоруйко В.О., Голіков О.А. Суднова холодильна техніка: Підручник. – К.: Наукова думка, 2002.
5. Розрахунок суднової холодильної установки: Методичні вказівки / А.А. Андреев, І.П. Єсін, Ю.В. Захаров, А.О. Моря, М.І. Радченко; За ред. д-ра техн. наук, проф. Ю.В. Захарова. – Миколаїв: - Вид-во МДГУ ім. П. Могили. - 2003. – 80 с.
6. Гапонов С.А., Лехмус О.О., Журавльов Г.Б. Проектування і розрахунок теплової ізоляції суднових рефрижераторних приміщень. – Ч.І. Ізоляційні матеріали і конструкції: Навчальний посібник. [друк] / Миколаїв: - УДМТУ. - 2003. – 44 с.
7. 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.
8. Сирота А.А. Розрахунок і підбір основного й допоміжного устаткування холодильних установок рефрижераторних суден. Компресорні й основні теплообмінні апарати. Частина 1. Навчальний посібник [друк] / Миколаїв: – 1980. – 150 с.
9. 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.

					<i>КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

10. Лозовський А.П. Основи холодильних технологій: навчальний посібник / А.П. Лозовський, О.М. Іванов. - Суми: Університетська книга, 2015. - 149 с.

11. Мелейчук С.С. Монтаж, експлуатація, обслуговування холодильних і тепло насосних установок: навчальний посібник / С.С. Мелейчук, В.М. Арсеньєв. - Суми: СДУ, 2011. - 183 с.

12. 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]

13. 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.

14. Франів А. Фізика низьких температур : навч. посібник / А. Франів, В. Стадник, В. Курляк. - Львів: ЛНУ імені Івана Франка, 2016. - 362 с.

15. Холодильні установки рефрижераторного рухомого складу: Навчальний посібник / І.Е. Мартинов, В.М. Іщенко, Н.С. Брайковська та ін. - Харків: УкрДАЗТ, 2013. - 134 с.

16. CoolPack IPU. - Електронні дані. - Режим доступу: <https://www.ipu.dk/products/coolpack/> (дата звернення 08.05.2026)

17. Sabroe Products 2023. Creating customer confidens. - 84 р. - Режим доступу <http://www.sabroe.com>. (дата звернення: 15.05.2026 р.).

18. Viessmann Heat pumps up to 2000 kW. - 42 р. - Режим доступу <http://www.viessmann.com>. (дата звернення: 15.05.2026 р.).

19. Bitzer. Режим доступу: https://www.bitzer.de/shared_media/documentation/dp-200-6-en.pdf. (дата звернення: 15.05.2026 р.)

20. Артемов Г.А. Суднові енергетичні установки: навчальний посібник / Г.А. Артемов, В.М. Горбов. - Миколаїв: УДМТУ. - 2002. - 356 с.

21. Герасимов Г.Г. Енергоощадність в теплоенергетиці: навчальний посібник / Герасимов Г.Г. - Рівне: Червінко А.В., 2015. - 382 с.

					<i>КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

22. Методичні рекомендації до виконання розділу "Охорона праці" у бакалаврських випускних роботах (проектах) О.В. Щедролюсєв, Г.В. Додонова, А.М. Мозговий, В.В. Савельєв. – Миколаїв: НУК, 2012, 25 с.

23. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник. – Львів: Афіша, 2002. – 320 с.

24. Суднова енергетика та Світовий океан: Підручник/ В.М. Горбов, І.О. Ратушняк, Є.І. Трушляков, О.К. Чередніченко; За ред. В.М. Горбова. - Миколаїв: НУК, 2007. - 596 с.

25. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников О.В. Основи охорони праці. Підручник. – 5-те доповнене. – Львів: Афіша, 2000. – 350 с.

26. Тубальцев А.М. Виробниче освітлення та його розрахунок: Навчальний посібник. - Миколаїв: УДМТУ, 2001. - 84 с.

					<i>КРБ.142.4257.07.05.ПЗ.00</i>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		