

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему: **Проект рефрижераторного контейнера місткістю 1TEU з температурою -50°C**

Здобувача Єрмоєнко В. Г.
4 курсу ХМ -741а групи

Керівник доцент Подмазко О.С.

Консультанти: доц. каф. ХУКП Жихарєва Н.В.

доц. каф. ХУКП Когут В.О.

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від 28.05.2026 р. протокол № 10

Завідувач кафедри ХУКП _____ Михайло ХМЕЛЬНЮК

(назва кафедри)

(підпис)

(Ім'я ПРИЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

<u>Інститут</u>	<u>Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського</u>
<u>Кафедра</u>	<u>Холодильні установки і кондиціонування повітря</u>
<u>Ступінь вищої освіти</u>	<u>Бакалавр</u>
<u>Спеціальність</u>	<u>142 Енергетичне машинобудування</u>
<u>Освітня програма</u>	<u>Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря</u>

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

«16» березня 2026 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Єрмоєнко В`ячеславу Геннадійовичу

1. Тема роботи Проект рефрижераторного контейнера місткістю 1 TEU з температурою -50°C

Затверджена наказом академії від 26.09.2025 р. наказ № 499-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2026 р.

3. Вихідні дані роботи: рефрижераторний контейнер місткістю 1 TEU (двадцяти футовий) Провести порівняльний аналіз роботи холодильної установки контейнера на холодильних агентах: R134a; R407c; R404a; R410a

4. Перелік питань, які потрібно розробити: перелік скорочень; вступ ; основні характеристики судна та його головного двигуна; суднові системи; конструктивні особливості контейнера; розрахунок тепло припливів; холодильна схема та розрахунок циклів; порівняльний аналіз; охорона праці; цивільний захист/оборона; визначення енергетичної ефективності СЕУ; економічна частина; висновки; перелік використаної літератури.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): контейнеровоз; схема переміщення холодного повітря в середині рефконтейнеру; принципова схема холодильної установки; залежності: холодопродопродуктивності, потужності компресора, теплоти конденсації, коефіцієнта робочого часу та добового споживання електроенергії від температури повітря для різних холодоагентів.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Когут В.О., доц. ХУКП	01.02.2026р.	15.05.2026 р.
Цивільний захист	Когут В.О., доц. ХУКП	01.02.2026р.	15.05.2026 р.
Економічна частина	Жихарева Н.В., доц. ХУКП	01.02.2026р.	15.05.2026 р.

7. Дата видачі завдання 01.09.2025 р.

Керівник _____ Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання _____ Єрмоєнко В'ячеслав Геннадійович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ ;Основні характеристики судна	15.02.2026р.	виконано
2	Суднові системи; розрахунок робочого процесу головного двигуна	01.03.2026р.	виконано
3	Конструктивні особливості контейнера	15.03.2026р.	виконано
4	Розрахунок тепло припливів	01.04.2026р.	виконано
5	Холодильна схема та розрахунок циклів	15.04.2026р.	виконано
6	Порівняльний аналіз: залежність коефіцієнта робочого часу та добового споживання електроенергії на різних холодоагентах	01.05.2026р.	виконано
7	Цивільний захист; охорона праці; техніко-економічний розрахунок	15.05.2026р.	виконано

Здобувач-дипломник _____ Єрмоєнко В'ячеслав Геннадійович

Керівник роботи _____ Подмазко Олександр Степанович

Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web- ресурсах ОНТУ. Підтверджую, що в кваліфікаційній робот відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник Єрмоєнко В'ячеслав Геннадійович

РЕФЕРАТ

Бакалавр ХМ 741а групи Єрмоєнко В'ячеслав Геннадійович

Керівник: доцент, кандидат технічних наук Подмазко О.С.

Об'єкт дослідження: Рефрижераторний контейнер місткістю 1 TEU

Мета дослідження: Провести порівняльний аналіз роботи холодильної установки контейнера на холодильних агентах: R134a; R407c; R404a; R410a

Як відомо, морські перевезення вантажів сьогодні являються найбільш економічними в порівнянні з перевезенням залізничним, або автомобільним транспортом. Зокрема перевезення морським шляхом харчових продуктів-використовувались рефрижераторні судна, але вони мали ряд недоліків. Основний, це великі габарити, що не дозволяє доставити вантаж в пункт призначення (використовуються тільки великі порти, а далі вантаж йшов залізничним, або автомобільним транспортом в пункт призначення) По прогнозам до 2050 року рефрижераторні судна не будуть використовуватись. На зміну їм приходять контейнеровози. Контейнеровози транспортують не тільки звичайні контейнери, а і рефрижераторні, які обладнані холодильною установкою. В кваліфікаційній роботі був проведений порівняльний аналіз роботи холодильної установки контейнера на холодильних агентах: R134a; R407c; R404a; R410a

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 86 с., 25 рис., 31 табл., 15 джерел, 18 ілюстративного матеріалу.

Ключові слова: ТЕМПЕРАТУРИ КИПІННЯ ТА КОНДЕНСАЦІЇ, ТЕПЛОВЕ НАВАНТАЖЕННЯ, КОЕФІЦІЄНТ РОБОЧОГО ЧАСУ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ, КОМПРЕСОР, ПОВІТРООХОЛЮВАЧ, КОНДЕНСАТОР, ЦИКЛ.

					Проект рефрижераторного контейнера місткістю 1 TEU з температурою -50°C				
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА		Літ.	Маса	Масштаб
Розроб.		Єрмоєнко В.							
Перевір.		Подмазко О.С.							
Т. Контр.									
Реценз.									
							Арк. 4	Аркушів 86	
Н. Контр.							ОНТУ гр. ХМ-741а		
Затверд.									

ABSTRACT

Bachelor of HM 741a group Eremenko Vyacheslav Gennadievich

Supervisor: Associate Professor, Candidate of Technical Sciences Podmazko O.S.

Object of research: refrigerated container with a capacity of 1TEU

Research objective: To conduct a comparative analysis of the operation of a container refrigeration unit on refrigerants: R134a; R407c; R404a; R410a

As is known, sea transportation of goods today is the most economical compared to transportation by rail or road. In particular, for the transportation of food products by sea, refrigerated vessels were used, but they had a number of disadvantages. The main one is large dimensions, which does not allow delivering cargo to the destination (only large ports are used, and then the cargo was transported by rail or road to the destination). According to forecasts, refrigerated vessels will not be used until 2050. They will be replaced by container ships. Container ships transport not only ordinary containers, but also refrigerated containers equipped with a refrigeration unit. In the qualification work, a comparative analysis of the operation of the container's refrigeration unit on refrigerants: R134a; R407c; R404a; R410a was conducted.

The bachelor's qualification work contains 86 p., 25 fig., 31 tab., 15 sources, 18 illustrative material.

Keywords: BOILING AND CONDENSATION TEMPERATURES, HEAT LOAD, WORKING TIME COEFFICIENT, ELECTRICITY, COMPRESSOR, AIR COOLER, CONDENSER, CYCLE.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	6
ВСТУП.....	7
1. ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУДНА ТА ЙОГО ГОЛОВНОГО ДВИГУНА.....	9
2. СУДНОВІ СИСТЕМИ.	26
3. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ КОНТЕЙНЕРА	29
4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ.....	34
5. ХОЛОДИЛЬНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНОК ЦИКЛІВ	38
6. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ.....	43
7.ОХОРОНА ПРАЦІ	47
8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ/ОБОРОНА	58
9. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕУ.....	67
10. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	75
ВИСНОВКИ.....	84
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	85

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

ГД – головний двигун

N_e - потужність

n – частота обертів

КР – контейнер

РК – рефрижераторний контейнер

ШПВ – швидкопсувний вантаж

ХУ – холодильна установка

ТП – тепло припливи

РТО – рекуперативний теплообмінник

ТРВ – терморегулюючий вентиль

КМ – компресор

КН – конденсатор

ВП – випарник

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ВСТУП

Як відомо, морські перевезення вантажів сьогодні являються найбільш економічними в порівнянні з перевезенням залізничним, або автомобільним транспортом. Зокрема перевезення морським шляхом харчових продуктів-використовувались рефрижераторні судна, але вони мали ряд недоліків. Основний, це великі габарити, що не дозволяє доставити вантаж в пункт призначення (використовуються тільки великі порти, а далі вантаж йшов залізничним, або автомобільним транспортом в пункт призначення) По прогнозам до 2050 року рефрижераторні судна не будуть використовуватись. На зміну їм приходять контейнеровози. Контейнеровози транспортують не тільки звичайні контейнери, а і рефрижераторні, які обладнані холодильною установкою.

Контейнерні перевезення мають величезні обсяги і вони постійно зростають, займаючи перше місце серед інших видів вантажоперевезень. В результаті кількість морських суден для перевезення контейнерів різко зросла.

На палубі на контейнер впливає багато зовнішніх факторів, які можуть завдати шкоди вантажу. Тому їх кріпленню і розміщенню приділяється особлива увага. На вантажній палубі кожен контейнер фіксується спеціальними кріпленнями: ланцюгами, штангами, талерами.

Як відомо, чим нижча температура в рефрижераторному контейнері, тим більший час зберігання в ньому продукції. Візьмемо, наприклад зберігання рибної продукції. При температурах -6°C , -12°C та -20°C термін зберігання 1, 2 та 3 місяця відповідно. Також відомо, що при пониженні температури в контейнері, а відповідно і температури кипіння на 1°C приводить до збільшення енерговитрат на 4 відсотка. При температурі -50°C зазвичай транспортують дуже дорогу продукцію, наприклад голубого тунця. В даній кваліфікаційній роботі проведені дослідження роботи холодильної установки на різних холодильних агентах.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. ОПИС СУДНА ТА ВИБІР ГОЛОВНОГО ДВИГУНА

1.1. Короткий опис судна

У якості прототипу судна прийнято контейнеровоз “СМАСGMWhiteShark” (Рис.1.1), побудований у 2007 році. Тип судна: судно одногвинтове, з надбудовою і машинним відділенням у кормі, з бульбоподібним носом. Призначення судна: контейнеровоз «СМАСGMWhiteShark» (далі – судно) призначається для транспортування контейнерів, судно відрізняється великою маневреністю та максимальною швидкістю (26вузлів). Конструкція судна та його обладнання відповідають правилам Регістру та Міжнародним конвенціям.



Рис.1.1. Обране судно“ СМАСGMWhiteShark ”.

Розмірності судна:

- Найбільша довжина – 294,12 м;
- Ширина – 32,2 м;
- Осадка – 13.5 м.

Водотоннажність:

- Максимальне водовиміщення–86588 т;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

- Dead Weight– 65930,5 т;
- Gross Tonnage – 54309 т;
- Net Tonnage – 34011 т.

Вміст контейнерів – 5095 TEU.

Максимальна кількість рефконтейнерів – 330.

Місткість танків:

- важке паливо – 8616м³
- дизельне паливо – 372м³
- прісна вода – 372м³

Район плавання – Необмежений

Швидкість: Максимальна швидкість ходу зареєстрована під час ходових випробувань (спокійне море, вітер не більше двох балів за шкалою Бофорта, з чистим дном та гвинтом, на глибокій воді) становить 26 вузлів.

Витрата палива: Щоденна витрата палива в економ режимі на швидкості 21.5 вузлів при NCR 52072 kW (69840 ВНР) x 100 RPM становить приблизно 125 тон.

Тривалість ходу при NCR (52072 kW) головного двигуна за умови використання тільки повного бункеру важкого палива складає близько 65 днів.

Дальність плавання без дозаправки палива

Запас ходу за умови вищевказаного і швидкістю 21,5 вузлів становить близько 33500 морських миль.

Формула:

$$D = 24 \times V \times \{(K \times S \times Q) / q - 3\}$$

де D – відстань (в морських милях);

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q – вмісткість паливних танків (100%) м³;

K - коефіцієнт наповнення (0,98);

S -S.G. of F.O. (0.99)

q - витрата палива(вТ/день)

V – швидкість близько 22 вузлів .

1.2. Визначення потужності та марки головного двигуна

На практиці потужність ГД визначають по формулі адміралтейських коефіцієнтів

$$N_e = \frac{V^{2/3} \cdot v^3}{C_a \cdot \eta_{вл} \cdot \eta_{пер}}$$

де v = 22 вуз.;

V = 86588 - об'ємне водо вміщення судна, м³;

P = 1, 025 - густина морської води, т/м³;

$\eta_{вл} = 0,98$ – ККД валопроводу;

$\eta_{пер} = 0,93$ – ККД передачі;

C_a = 480 – адміралтейський коефіцієнт для суден типу General Cargo.

$N_e = 865880^{2/3} \cdot 22^3 / (480 \cdot 0,98 \cdot 0,93) = 57800$ кВт.

1.3. Опис головного двигуна

Судновий двигун входить до складу суднової енергетичної установки. У якості двигуна використовують двигуни внутрішнього згорання (ДВС).

Особливостями головного двигуна є: великий ресурс, можливість реверсування, помірна трудомісткість технічного обслуговування, що проводиться в суднових умовах, використання палива в основному важких сортів, відсутність жорстких обмежень по масі і розмірам двигуна. Малообертові ДВС використовуються як головні двигуни судів різних типів; їх агрегатна потужність складає 2,2—35 Мвт, число циліндрів 5—12, питома ефективна витрата палива 210—215 г/ (кВт×ч) , частота обертання 103—225 об / хв.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Середньоборотні ДВС використовуються переважно як головні двигуни судів середнього розміру; їх потужність досягає 13,2 Мвт, число циліндрів 6—20, ефективна витрата палива 205—210 г/ (кВт × год) , частота обертання 300—500 об/ хв. Високооборотні ДВС застосовуються в основному як головні двигуни на малих судах, а також як допоміжні двигуни на судах всіх типів; їх агрегатна потужність до 2 Мвт, число циліндрів 12—16, питома ефективна витрата палива 215—230 г/ (кВт × год) частота обертання понад 500 об/хв. Таким чином, щоб задовольнити усім вимогам нашого судна, а також бути економічним та вигідним у експлуатації, ми обираємо мало обертовий дизель з низькою питомою витратою палива. В нашому випадку цим двигуном стане 10K98MC-СМк6 фірми HYUNDAI-MANB&W потужністю 57866 кВт при 104 об/хв.

1.3.1 Аналіз конструкції дизеля 10K98MC- СМк6

Дизель 10K98MC- СМк6-довгоходовий, двотактний, крейцкопфний, реверсивний, з газотурбінним наддуванням, з прямоточно-клапанною системою газообміну. Двигун призначений для роботи в якості головного з прямою передачею на гребний гвинт. Діаметр поршня 980 мм, хід поршня 2400 мм, частота обертання на номінальному режимі 82 об/хв, число циліндрів — 10. Допускається короткочасне перевантаження до 110 % протягом 1 години кожні 12 годин.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

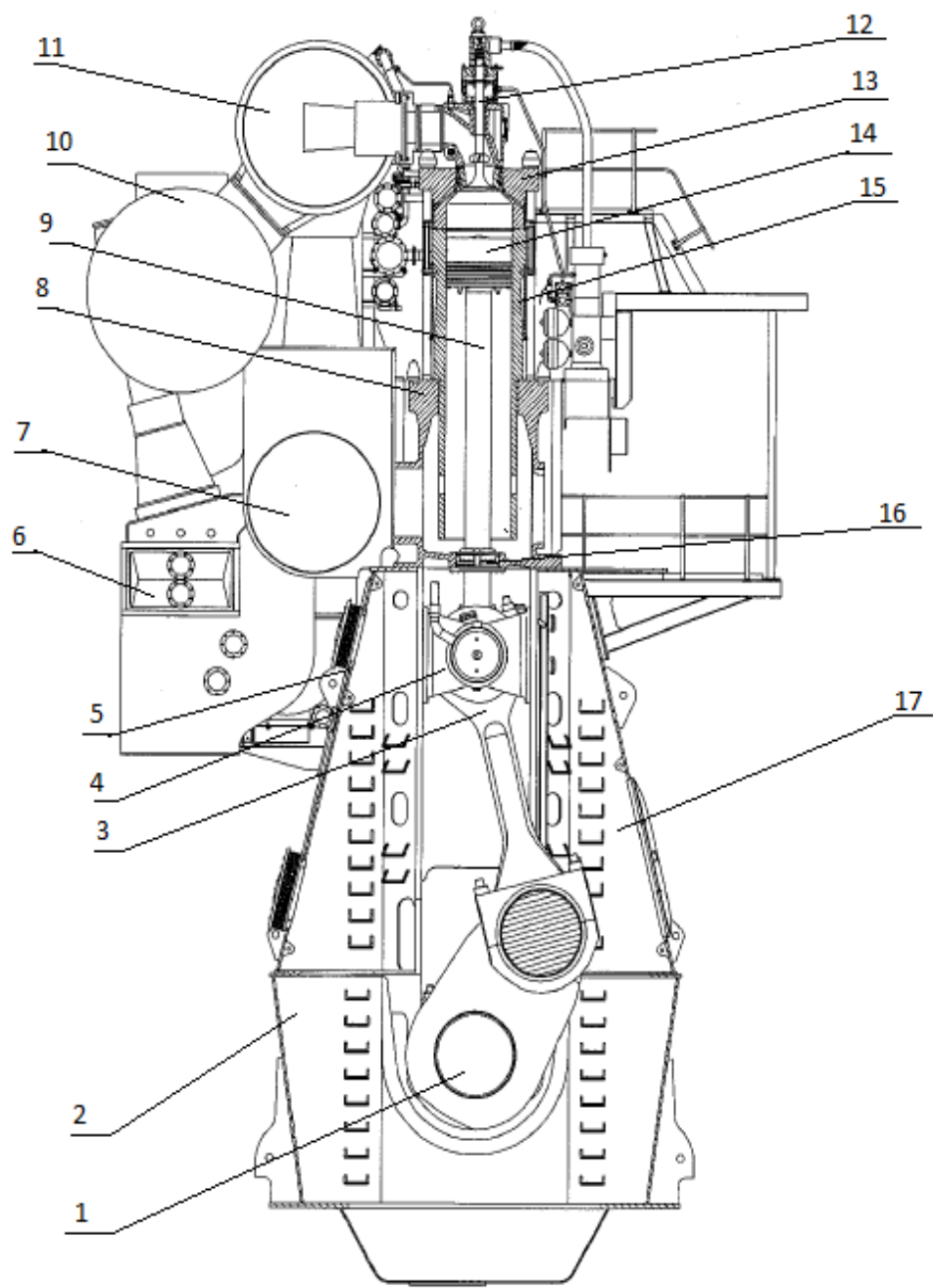


Рисунок 1.2 - Поперечний розріз головного двигуна:

1-колінчатий вал; 2-фундаментна рама; 3-шатун; 4-крейцкопф; 5-станина; 6-повітряний холодильник; 7-ресивер; 8-рубашка циліндра; 9-шток поршня; 10-газотурбонагнітач; 11-випускний колектор; 12-випускний клапан; 13-кришка циліндра; 14-поршень; 15-втулка циліндра; 16-сальник штока поршня; 17 – станина;

Фундаментна рама має коробчасту форму, розділена на секції й складається з високих поздовжніх балок і зварних поперечних балок, в яких розміщені постелі рамових підшипників зі сталевого литва. Станина зварна й

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

має високу жорсткість; блок циліндрів чавунний. У піддон картера, інтегрований з фундаментною рамою, збирається зворотне масло від систем примусового мащення й охолодження. Масло випускні отвори виконані вертикальними й оснащені сітками. Фундаментна рама, станина й циліндровий блок стягнуті між собою довгими анкерними зв'язками.

Упорний підшипник складається, головним чином, з упорного буртика на колінчатому валу, опори підшипника й сегментів сталі вкритих бабітом. Упорний вал є складовою частиною колінчатого вала. Упор гвинта передається через упорний буртик, сегменти й опору на фундамент двигуна. Упорний підшипник змазується головною системою мащення двигуна.

Колесо валоповоротного пристрою (ВПП) приєднано до упорного вала. Воно одержує обертання від шестірні, закріпленої на вихідному валу редуктора ВПП, що встановлений на фундаментній рамі. Обертання передається електромотором через редуктор і ланцюгову передачу. Редуктор має механізм блокування, що запобігає запуску дизеля при включеному ВПП.

Втулка циліндра спирається на блок циліндрів, причому верхня її частина виведена з блоку й охоплюється тонкою сорочкою, що створює порожнину охолодження водою, що підводиться через просвердлені тангенціальні канали, завдяки чому температура дзеркала циліндра на верхньому рівні кільця при положенні поршня у ВМТ не перевищує 160-180 °С, що забезпечує надійність роботи й збільшує термін служби поршневих кілець. Втулка має просту симетричну конструкцію; в її нижній частині розташовані продувні вікна, рівномірно розподілені по всій окружності. Осі каналів, що утворюють продувні вікна, спрямовані по дотичній до окружності циліндра, що створює закручування потоку повітря при його надходженні в циліндр. Штуцера для підведення циліндрового масла розташовані у верхній частині втулки (трохи вище верхньої полиці блоку циліндрів)

Кришка циліндра сталева кована ковпачкового типу, тому при знаходженні поршня у ВМТ головка поршня розташовується вище району ущільнення кришки і втулки циліндра. У кришці розміщується корпус

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випускного клапана, три форсунки, а також пусковий і запобіжний клапани. Випускний клапан має гідропневматичний привід. Клапанне гніздо охолоджується водою. Форсунки не охолоджуваного типу, їхня температура регулюється циркулюючим паливом. Сопла виконані сталітовими й мають досить великий термін служби.

Поршень, розрахований на підвищення тиску згоряння, виконаний із хромо молібденової сталі, і охолоджується мастилом, що підводиться за допомогою телескопічного пристрою до штока поршня в районі крейцкопфного з'єднання.

У зв'язку з периферійним розташуванням форсунок днище поршня має напівсферичну форму.

Шатун має порівняно короткий стержень, що сприяє зниженню загальної висоти двигуна.

Колінчатий вал зварного типу, причому зварювання здійснене посередині рамових шийок. Упорний вал становить одне ціле з колінчатим валом, що зменшує загальну довжину двигуна з упорним підшипником.

Остов підтримує й направляє рухомі деталі, сприймає всі зусилля при роботі двигуна; являє собою сукупність нерухомих деталей — фундаментної рами, картера, циліндрів із установленими в них циліндровими втулками й кришок циліндрів, а також анкерних зв'язків, шпильок і болтів, що стягують ці деталі. Жорсткість його забезпечується за рахунок збільшення перетину поздовжніх і поперечних зв'язків рами, застосування картера коробчастої конструкції, з'єднання деталей довгими анкерними зв'язками.

Кривошипно-шатунний механізм (КШМ) сприймає зусилля від тиску газів і перетворює зворотно-поступальний рух поршня в обертовий рух колінчатого вала. Основними деталями КШМ є: поршень, шток поршня, крейцкопф, шатун, колінчатий вал. Поршень сприймає силу від тиску газів і передає її через шатун на колінчатий вал. Днище поршня сприймає тиск і теплоту гарячих газів, обмежує й формує камеру згоряння. Поршневий шток, виконуваний з вуглецевої сталі, служить для з'єднання поршня з крейцкопфом,

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

передачі КШМ зусилля від тиску газів на поршень. Шатун перетворює зворотно-поступальний рух поршня зі штоком в обертання колінчатого вала, передає зусилля від поршня колінчатому валу; з'єднується мотилевою шийкою колінчатого вала за допомогою мотилевого підшипника з поперечиною крейцкофа. Шатун піддається дії сили від тиску газів, сил інерції мас, що рухаються поступально, і сил інерції, що виникають при коливанні шатуна. Колінчатий вал — одна з найбільш відповідальних, дорогих і складних у виготовленні деталей. Ефективна потужність, що розвивається дизелем, знімається з фланця колінчатого вала. Обертальний момент через лінію валопроводу передається гребному гвинту. Маховик на вихідному кормовому кінці колінчатого вала, що має більшу розрахункову масу для підтримки заданого ступеня нерівномірності обертання колінчатого вала й лінії валопроводу, акумулює надлишкову енергію під час робочого ходу поршнів і віддає її в систему при інших допоміжних ходах поршня.

Комбінований механізм газорозподілу призначений для керування процесами впуску й випуску відповідно до прийнятих фаз газообміну; складається з робочих клапанів і деталей, що передають рух від колінчатого вала до клапанів, гідроприводів випускних клапанів. Випуск газів здійснюється через клапани, керовані механізмом газорозподілу, відкриття й закриття продувних вікон — верхньою крайкою днища поршня. Моменти відкриття й закриття клапанів і продувних вікон, виражені в градусах кута повороту колінчатого вала (ПКВ), називають фазами газорозподілу. Процеси газообміну здійснюються на частині ходів розширення й стискування до та після НМТ.

1.4. Розрахунок робочого процесу головного двигуна

У цілому робочий процес у циліндрі дизеля оцінюється енергетичними та економічними показниками роботи двигуна. До першої групи відносяться ефективний тиск у циліндрі p_e і ефективна потужність циліндра $N_{e\zeta}$ (чи дизеля взагалі N_e). До другої – питома витрати палива b_e і ефективний коефіцієнт корисної дії.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Послідовність розрахунку робочого процесу дизеля і параметрів розрахункової індикаторної діаграми наведено нижче.

Вихідні дані по двигуну 10K98MC- CMk6

Циліндрова потужність, N_{ec} , кВт	5786
Діаметр поршня, D , мм	980
Хід поршня, S , мм	2400
Оберти двигуна, n , об/хв	82
Тактність	2
Число циліндрів, i	10
Коефіцієнт тактності, z	1
Тиск навколишнього середовища, p_0 , МПа	0,10
Температура навколишнього середовища, T_0 , К	300
Показник політропи стискання в компресорі, n_k	1,7

Визначаємо робочий об'єм циліндра

$$V_s = \frac{\pi \cdot D^2 \cdot S}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.98^2 \cdot 2.4}{4} = 1,810311 m^3$$

Середній ефективний тиск

$$P_e = \frac{0.06 \cdot N_{ec}}{V_s \cdot z \cdot n} = \frac{0.06 \cdot 5786}{1,810311 \cdot 1 \cdot 82} = 2,3386 \text{ МПа}$$

Тиск наддуву

$$P_k = 0,2 \cdot 2,3 = 0,467727 \text{ МПа}$$

Розрахунок процесу наповнення

Приймаємо:

- температура забортої води $T_{36} = 293 \text{ K}$
- температура заряду від стінок циліндра $\Delta T_a = 10 \text{ K}$
- температура залишкових газів $T_s = 800 \text{ K}$
- коефф. залишкових газів $\gamma_s = 0.08$
- втрата тиску у воздухоохолоджувачі $\Delta P_{охл} = 0,005 \text{ МПа}$

Температура повітря за компресором

$$T_k = T_0 \cdot \left(\frac{P_k}{P_0} \right)^{n_k - 1 / n_k} = 300 \cdot \left(\frac{0.4}{0.103} \right)^{\frac{1.7 - 1}{1.7}} = 524.36899 \text{ K}$$

Температура повітря перед двигуном

$$T_s = T_{36} + 10 \text{ K} = 293 + 10 = 303 \text{ K}$$

Зниження температури в охолоднику повітря

$$\Delta T_{охл} = T_x - T_s = 524.368 - 303 = 221.3689947 \text{ K}$$

Температура заряду до кінця процесу наповнення

$$T_a = \frac{T_s + \Delta T_a + \gamma_s \cdot T_s}{1 + \gamma_s} = \frac{303 + 10 + 0.08 + 800}{1 + 0.08} = 349.0740741 \text{ K}$$

Тиск повітря перед двигуном

$$P_s = P_k - \Delta P_{охл} = 0.39 - 0.005 = 0.394764335 \text{ МПа}$$

Тиск заряду до кінця процесу наповнення

$$P_a = P_s \cdot 0.95 = 0.394764335 \cdot 0.95 = 0.375026 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт наповнення

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\eta_n = \frac{\varepsilon}{\varepsilon - 1} \cdot \frac{P_a}{P_s} \cdot \frac{T_s}{T_a} \cdot \frac{1}{1 + \gamma_s} \cdot (1 - \phi_\varepsilon)$$

$$= \frac{14}{14 - 1} \cdot \frac{0,3750}{0,3947} \cdot \frac{303}{349,07} \cdot \frac{1}{1 + 0,08} \cdot (1 - 0,1) = 0,74003$$

$\phi_n = 0.1$ частка ходу поршня зайнята процесами газообміну

$\varepsilon = 14$ ступінь стиснення.

Розрахунок процесу стиснення

Средняя молярна ізохорна теплоємність повітря

$$C'_v = 19.26 + 0.0025 \cdot T = 19.26 + 0.0025 \cdot 303 = 20.0175 \text{ кДЖ/(кмоль} \cdot \text{K)}$$

Середня молярна ізохорна теплоємність чистих продуктів згоряння

$$C''_v = 20,47 + 0,0036T = 20,47 + 0,003680 = 23,35 \text{ кДЖ/(кмоль} \cdot \text{K)}$$

Теплоємність суміші повітря і залишкових газів на ході стиснення

$$C_{vc} = \frac{\gamma_s \cdot C''_v + [\alpha \cdot (1 + \gamma_s) - \gamma_s] \cdot C'_v}{\alpha \cdot (1 + \gamma_s)} = 19.2949 + 0.0025317 T \text{ кДЖ/(кмоль} \cdot \text{K)}$$

$\alpha = 2.57$ коефіцієнт надлишку повітря (стр.148 Фомін)

Средний показатель политропы стиснення

$$n_1 = \frac{8.314}{a_{v_c} + b_{v_c} \cdot T_a \cdot (1 + \varepsilon^{n_1-1})} + 1 = 1.369184$$

Тиск в кінці стиснення

$$P_c = P_a \cdot \varepsilon^{n_1} = 0.375026 \cdot 14^{1.37} = 13.90981268 \text{ МПа}$$

Температура в кінці стиснення

$$T_c = T_a \cdot \varepsilon^{n_1-1} = 349,074 \cdot 14^{1.37-1} = 924,8032048 \text{ K}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок процесу згоряння

Дійсна кількість повітря для згоряння

$$L = \frac{\alpha}{0.21} \cdot \left(\frac{C}{12} + \frac{H}{4} + \frac{S}{32} + \frac{O}{32} \right) = 1.250453 \text{кДЖ}/(\text{кмоль} \cdot K)$$

Де С, Н, S, О - масовий склад палива:

$$C = 0.859$$

$$H = 0.12$$

$$S = 0.02$$

$$O = 0.001$$

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta_0 = 1 + \frac{8 \cdot H + O}{32 \cdot L} = 1 + \frac{8 \cdot 0.12 + 0.001}{32 \cdot 1.25} = 1.024016299$$

Дійсний коефіцієнт молекулярної зміни

$$\beta = \frac{\beta_0 + \gamma_s}{1 - \gamma_s} = \frac{1.024016 + 0.08}{1 + 0.08} = 1.022237314$$

Частка палива того, що згорів в крапці Z

$$x_z = \frac{\xi_z}{\xi_b} = \frac{0.93}{0.96} = 0.96875$$

Де $\xi_z = 0.93$ коефіцієнт використання тепла в крапці Z, $\xi_b = 0.96$ коефіцієнт використання тепла в крапці В (стр.154 Фомін)

Коефіцієнт молекулярної зміни в точці Z

$$\begin{aligned} \beta_z &= 1 + \frac{\beta_0 - 1}{1 + \gamma_s} \cdot x_z = \frac{1.024016 - 1}{1 + 0.08} \cdot 0.96875 + 1 \\ &= 1.021542398 \text{кДЖ}/(\text{кмоль} \cdot K) \end{aligned}$$

Середня молярна ізохорна теплоємність в точці Z

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$C_{vz} = \frac{(m \cdot x_z + \gamma_s) \cdot C_v'' + [\alpha \cdot (1 + \gamma_s) - x_z + \gamma_s] \cdot C_v'}{\alpha \cdot (1 + \gamma_s) + (m - 1) \cdot x_z}$$

$$= 19.73364234 + 0.0029317$$

де $m = 1 + \Delta m / L_0 = 1.064 \text{ кДЖ} / (\text{кмоль} \cdot K)$ постійна величина для даного палива

Середня молярна ізохорна теплоємність в крапці в

$$C_{vb} = \frac{(m + \gamma_s) \cdot C_v'' + (\alpha - 1) \cdot (1 + \gamma_s) \cdot C_v'}{\alpha \cdot (1 + \gamma_s) + (m - 1)} = 19.74747711 + 0.002943 T$$

Максимальну температуру згорання визначаємо з рівняння

$$\frac{\xi_z \cdot Q_H}{\alpha \cdot L_0} + [C_v' + 8.314 \cdot \lambda + \gamma_s \cdot (C_v'' + 8.314 \cdot \lambda)] \cdot T_c = \beta_z \cdot (1 + \gamma_s) \cdot C_{pz} \cdot T_z$$

де Q_H - 42200 кДЖ/кг нижча теплотворна здатність палива (по паливу)

L_0 - 0,495 кмоль/К -теоретично необхідна кількість повітря

λ - 1,15 ступінь підвищення тиску при згоранні(с.155 Фомін)

$$C_{pz} = C_{vz} + 8.314 = 28.04764234 + 0.002931 T$$

$$0.003233213 T_z^2 + 28.36565293 T_z - 59725.8098 = 0 \text{ кДЖ} / (\text{кмоль} \cdot K)$$

$$D = 1577,035 \quad T_z = 1754,64$$

Максимальний тиск згорання

$$P_z = \lambda \cdot P_c = 1.15 \cdot 13.909 = 15.99628 \text{ МПа}$$

Розрахунок процесу розширення

Ступінь попереднього розширення

$$\rho = \frac{\beta_z \cdot T_z}{\lambda \cdot T_c} = \frac{1,02154 \cdot 1754,64}{1,15 \cdot 924,803205} = 1,685377958$$

Ступінь подальшого розширення

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\delta = \varepsilon / \rho = \frac{14}{1,68537} = 8,306742$$

Середній показник політропи розширення визначаємо з рівняння

$$n_2 = \frac{8.314 \cdot \left(\frac{\beta_z}{\beta} \cdot T_z - T_b \right)}{\frac{Q_H \cdot (\xi_b - \xi_z)}{L \cdot (1 + \gamma_s) \cdot \beta} + \frac{\beta_z}{\beta} \cdot (\alpha_{vz} + b_{vz} + T_z) \cdot T_z + (\alpha_{vb} + b_{vb} \cdot T_b) \cdot T_b} + 1$$

$$= 1.288849$$

Температура в кінці процесу розширення

$$T_b = T_z / \delta^{n_2-1} = \frac{1754.64}{8.30674^{1.296128-1}} = 951.943328 \text{ K}$$

Тиск в кінці процесу розширення

$$P_b = P_z / \delta^{n_2} = \frac{15.9962}{8.30674^{1.296128}} = 1.04474767 \text{ МПа}$$

Визначення індикаторних показників

Теоретичний середній індикаторний тиск

$$P'_t = \frac{P_c}{\varepsilon-1} \cdot \left[\lambda \cdot (\rho - 1) + \frac{\lambda \cdot \rho}{n_2-1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\delta^{n_2-1}} \right) - \frac{1}{n_1-1} \cdot \left(1 - \frac{1}{\varepsilon^{n_1-1}} \right) \right] = 2.72 \text{ МПа}$$

Дійсний середній індикаторний тиск

$$P_i = P'_i \cdot (1 - \phi_n) = 2.323533 \cdot (1 - 0.1) = 2.45 \text{ МПа}$$

Індикаторна питома витрата палива

$$e_i = \frac{443 \cdot P_s \cdot \eta_H}{\alpha \cdot L_0 \cdot T_s \cdot P_i} = \frac{443 \cdot 0.3976 \cdot 0.74003}{2.57 \cdot 0.495 \cdot 303 \cdot 2.09} = 0.16055 \text{ кг/(кВт} \cdot \text{ч)}$$

Індикаторний КПД

$$\eta_i = \frac{3600}{e_i \cdot Q_H} = \frac{3600}{0.16055 \cdot 42200} = 0.53133536$$

Індикаторная потужність агрегату

$$N_i = 13.1 \cdot D^2 \cdot S \cdot z \cdot P_i \cdot n \cdot i = 13.1 \cdot 0.98^2 \cdot 2,4 \cdot 1 \cdot 2.45 \cdot 82 \cdot 10 = 60661 \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення ефективних показників

Середній ефективний тиск

$$P_e = P_i \cdot \eta_m = 2.45 \cdot 0.94 = 2,303 \text{ МПа}$$

$$\eta_m = 0,94 \text{ механічний КПД}$$

Питома ефективна витрата палива

$$b_e = b_i / \eta_m = \frac{0,16055}{0,94} = 0,170802 \text{ кг/(кВт} \cdot \text{ч)}$$

Ефективний КПД двигуна

$$\eta_e = \eta_i \cdot \eta_m = 0.53133536 \cdot 0.94 = 0.49945524$$

Ефективна потужність двигуна

$$N_e = N_i \cdot \eta_m = 60661 \cdot 0.94 = 57021,34 \text{ кВт}$$

Похибка по P_e

$$\Delta = 1,01\%$$

що цілком прийнятно.

1.5. Розрахунок і побудова теоретичної індикаторної діаграми

Розрахункову індикаторну діаграму будують за даними розрахунку робочого циклу. Надалі ця діаграма є вихідним матеріалом для динамічного й міцнісного розрахунків двигуна. Побудову діаграми виконують аналітичним або графічним способом. Графічні методи побудови дають більші похибки, тому в нашому випадку використано аналітичний спосіб. Ординати точок політропи стискання й розширення обчислюють за наступними формулами:

– для процесу стискання $P = \frac{P_c}{(V/V_c)^n}$;

– для процесу розширення $P = \frac{P_z \cdot P^{n_2}}{(V/V_c)^{n_2}}$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тут $V/V_c = \varepsilon_x$ — відношення об'ємів, що є поточним значенням ступеня стискання.

Теоретична діаграма робочого циклу у цьому випадку подається в системі координат $p — V/V_c$, безрозмірній по осі об'ємів. Відповідні абсолютні об'єми знаходять шляхом множення відносного об'єму на величину постійного об'єму камери стискання V_c . Для двотактних дизелів

$$V_{c_2} = V_s / (\varepsilon - 1)$$

де — геометричний ступінь стискання. $\varepsilon_2 = \frac{(\varepsilon - \varphi_6)}{(1 - \varphi_6)}$

Таблиця 1.1 – Побудова індикаторної діаграми

$\frac{V}{V_c}$	$\lg\left(\frac{V}{V_c}\right)$	$n_1 \cdot \lg\left(\frac{V}{V_c}\right)$	$\left(\frac{V}{V_c}\right)^{n_1}$	$P, МПа$	$P, мм$	$n_2 \cdot \lg\left(\frac{V}{V_c}\right)$	$\left(\frac{V}{V_c}\right)^{n_2}$	$P, МПа$	$P, мм$
1	0	0	1	14,85399	297,0798				
1,25	0,09691	0,133001	1,358316	10,93559	218,7118				
1,49695	0,175207	0,240458	1,739633	8,538578	170,7716	0,226971	1,686441	20,05289	401,0578
1,5	0,176091	0,241671	1,744499	8,514763	170,2953	0,228116	1,690893	20,00009	400,0018
1,75	0,243038	0,33355	2,155507	6,891181	137,8236	0,314842	2,064629	16,37971	327,5942
2	0,30103	0,413139	2,589039	5,73726	114,7452	0,389967	2,454524	13,77783	275,5567
2,5	0,39794	0,54614	3,516734	4,223802	84,47605	0,515509	3,277243	10,31905	206,3809
3	0,477121	0,654809	4,516575	3,288773	65,77546	0,618083	4,150338	8,148257	162,9651
4	0,60206	0,826277	6,703124	2,21598	44,31961	0,779934	6,024687	5,613241	112,2648
6	0,778151	1,067948	11,69359	1,270268	25,40536	1,008051	10,1871	3,31969	66,3938
8	0,90309	1,239416	17,35465	0,855908	17,11817	1,169902	14,78774	2,286896	45,73793
10	1	1,372417	23,57311	0,630124	12,60249	1,295443	19,74436	1,712794	34,25587
12	1,079181	1,481087	30,27516	0,490633	9,812658	1,398018	25,00449	1,352478	27,04956
13	1,113943	1,528795	33,7905	0,439591	8,791815	1,44305	27,73641	1,219265	24,38529

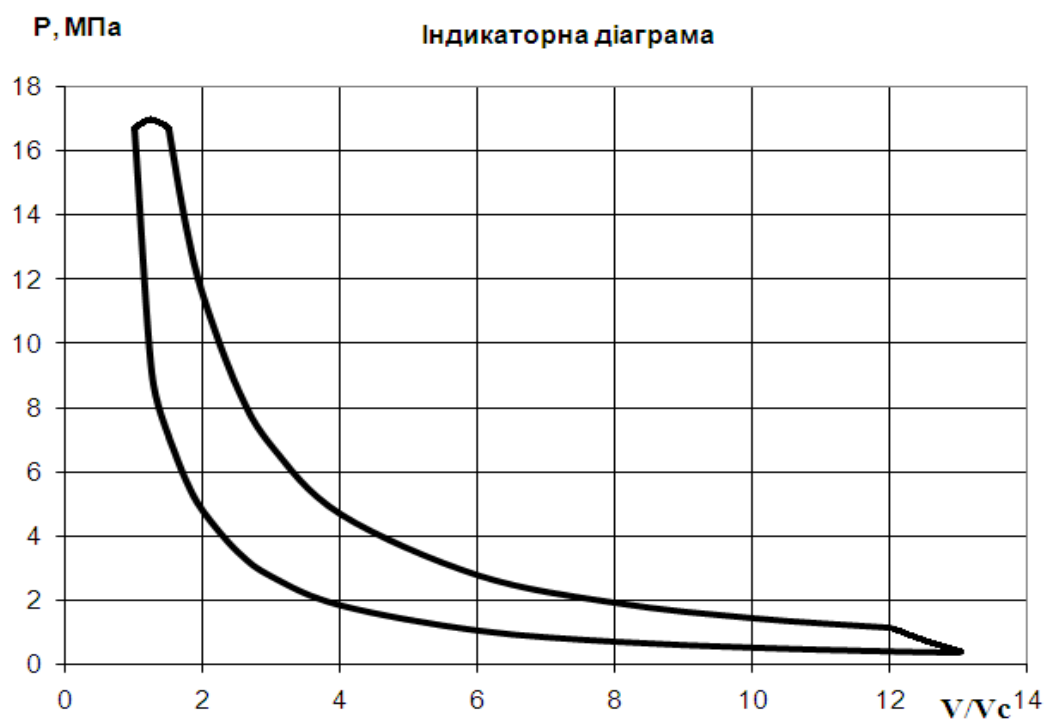


Рис. 1.3 Індикаторна діаграма

2. СУДНОВІ СИСТЕМИ

2.1. Системи охолодження двигуна

Головний двигун судна охолоджується прісною водою, одержуваної з опріснювача шляхом випаровування заборотної води.

Система охолодження прісною водою двоконтурна.

Високотемпературний контур охолоджує ГД і ДГ. Температура води у цьому контурі 65-85 °С.

Високотемпературний контур охолоджується прісною водою низькотемпературного контуру. Масляні холодильники також охолоджуються прісною водою низькотемпературного контуру. Температура охолоджуючої води цього контуру повинна бути не більше 37° С.

Забортна вода охолоджує низькотемпературний контур с прісною водою, рев-установки, та інші установки.

Основними розрахунковими параметрами системи є наступні.

Подача відцентрового насоса охолоджуючої води, м3 / ч.

$$Q_{вн} = \frac{k_3 \times Q_6}{P_6 \times C_6 \times (t_2 - t_1)} = \frac{k_3 \times q_6 \times b_e \times N_e \times Q_n^p}{P_6 \times C_6 \times (t_2 - t_1)}$$

де $k_3 = 1,5 \div 2,5$ - коефіцієнт запасу;

$q_6 = 0,12 \div 0,24$ - частка теплоти, що відводиться водою;

$\rho_6 = 1000$ кг/м3 - щільність води;

$c_6 = 4,3$ кДж / кг - теплоємність води;

$t_1 = 55 \div 65$ ° С-температури води на вході в ГД;

$t_2 = 65 \div 85$ ° С-температури води на виході з ГД.

$Q_n^p = 41868$ кДж / кг - нижча теплотворна здатність палива середнього складу.

Прийнявши $k_3 = 1,5$; $q_6 = 0,13$,

враховуючи, що $b_e = 0,170$ кг / кВт-ч;

$N_e = 9960$ кВт;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Q_p для палива середнього складу дорівнює 41868 кДж / кг;

$\rho_s = 1000 \text{ кг/м}^3$;

$c_s = 4,3 \text{ кДж / (кг} \cdot \text{К)}$;

$t_2 = 85^\circ \text{C}$; $t_1 = 65^\circ \text{C}$, отримаємо

$Q_{\text{нас}} = 1,5 \times 0,13 \times 0,170 \times 9960 \times 41868 / 1000 \times 4,3 \times (85 - 65) = 160 \text{ м}^3/\text{год.}$

2.2 Розрахунок обсягу витратної цистерни важкого палива

Годинна витрата палива обчислюється по формулі

$$Q_e = b_e \cdot \sum P_e$$

де b_e - питома ефективна витрата палива, $= 0,170 \text{ кг/(кВт} \cdot \text{год)}$

$\sum P_e$ - сумарна ефективна потужність головних двигунів, $= 9960 \text{ кВт}$.

$$Q_e = 0,170 \cdot 9960 = 1693 \text{ кг/год.}$$

Обсяг кожної з двох витратних цистерн важкого палива вибирається з розрахунку забезпечення роботи головного двигуна протягом $\tau_1 = 8 \text{ год}$.

Розрахуємо обсяг витратної цистерни важкого палива:

$$V_{en} = \frac{Q_e \cdot \tau_1}{\rho_m}$$

де ρ_m – щільність палива, кг/м^3 .

отримаємо: $V_{\text{вит}} = 1693 \times 8 / 980 = 13,8 \text{ м}^3$

Продуктивність сепараторів визначається:

$$Q_{cn} = \frac{24 b_e \times N_e}{\rho_m \times \tau_{cn}}$$

де $\tau_{сп} = 6 \div 12 \text{ год}$ - Подача одночасно працюючих сепараторів палива з умови сепарації добової витрати палива. Приймавши час сепарації $\tau_{сп} = 12 \text{ годин}$ отримаємо: $Q_{сп} = 24 \times 0,170 \times 9960 / 980 \times 12 = 3,5 \text{ м}^3/\text{год.}$

2.3. Баластна система

Для забезпечення остійності судна, а також для зміни осідання, крену і диференту на судно приймають баласт, в якості якого використовують забортну воду. Для його прийому і видалення служить баластна система.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На морських суднах баластна система виконується централізованого принципу.

Від клапанних коробок , розташованих в машинному відділенні, в кожену баластову цистерну проведено окрему труба, по якій проводиться як наповнення, так і осушення цистерн. Тому у баластної системи застосовується арматура запірною типу, що допускає рух рідини в обох напрямках. Основні данні баластної системи представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1. Основні данні баластної системи

Назва	Параметр
Число на борту	2
Принцип дії	відцентрові
Продуктивність	800 м3/год
Максимальний робочий тиск	5 кг/м ³
Тип приводу	електродвигун
Метод керування	з ЦПУ

3. КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ КОНТЕЙНЕРА

Холодильно-опалювальний агрегат РК (чи групи контейнерів, в яких передбачається перевозити конкретний ШПВ) приблизно за 6-18 годин до початку завантаження має бути включений в роботу, а вантажне приміщення РК охолоджене або нагріте до заданої температури. Перед початком завантаження агрегат вимикається, перевіряється правильність режиму температурної вологості і повітрообміну, що встановився. Режим повітрообміну - подання всередину контейнера свіжого повітря в невеликих кількостях (2-3 обм./год) - перевіряється тільки у разі перевезення плодоовочевих або інших вантажів, для яких він потрібний. Якщо температура зовнішнього повітря нижче 0°C, то при завантаженні плодоовочі на відкритому повітрі рекомендується окрім попереднього нагріву вантажного приміщення контейнера, включати нагрівачі на увесь період вантаження.

Потік повітря із заданою температурою подається з рефрижераторного агрегату всередину контейнера на рівні підлоги, потім проходить уздовж Т-подібних профілів підлоги, у кінці контейнера піднімається уздовж дверей до стелі і вже уздовж стелі повертається в рефрижераторний агрегат.

Під час циркуляції повітря, залежно від встановлених параметрів, нагріває або охолоджує внутрішній об'єм контейнера, забезпечуючи, таким чином, температуру і вологість, необхідні для підтримки встановленого режиму зберігання ШПВ (рис. 3.1).

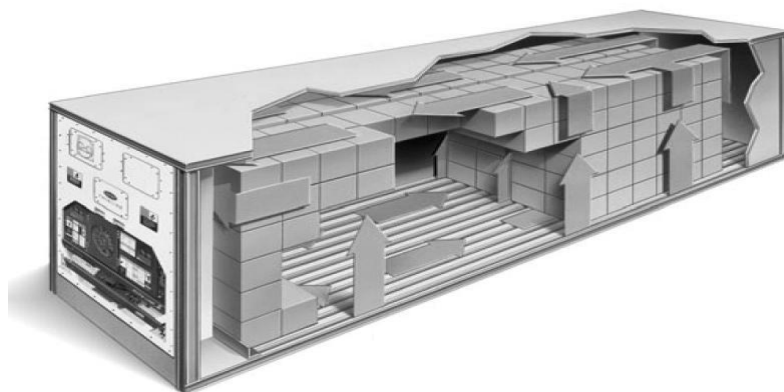


Рисунок 3.1 Схема переміщення холодного повітря усередині

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

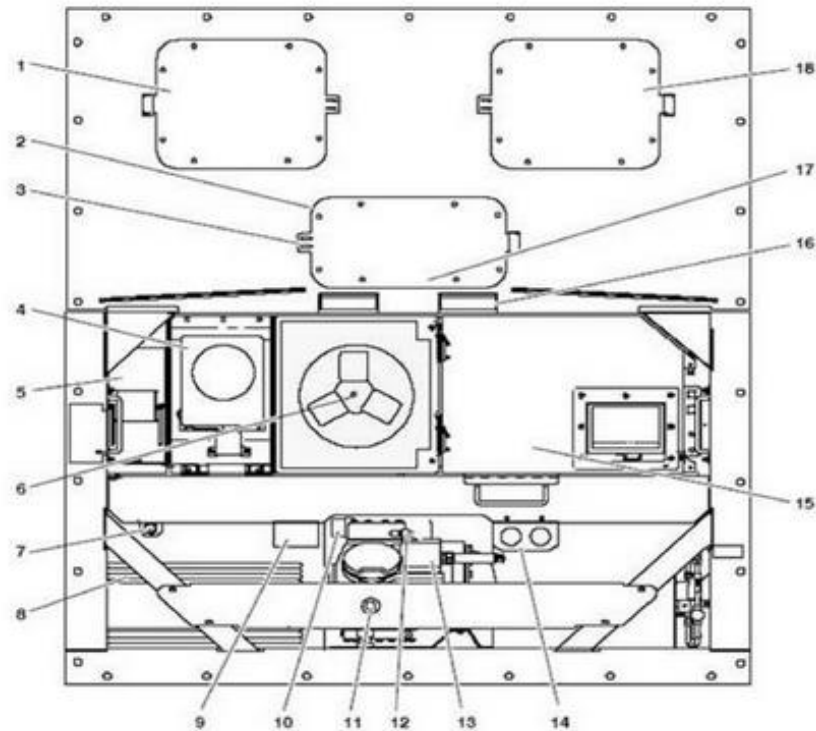


Рисунок 3.2 Схема розташування агрегатів на рефконтейнері типу CARRIER.

1.Знімна (сервісна) панель мотору випарника № 2.2. Сервісна панель нагрівачів.

3. Місце пломбування. 4. Термограф. 5. Клапан припливної вентиляції. 6.

Мотор конденсатора. 7. Дистанційний роз'єм.8. Кабель і штекер живлення.

9.Ідентифікаційна таблиця.10. Нагнітальний сервісний вентиль.11.Оглядове

скло компресора. 12.Датчик високого тиску. 13. Компресор.14. Манометри

тиску всмоктування і нагнітання. 15.Блок управління. 16. Монтажні проушини.

17.ТРВ. 18. Знімна панель (сервісна) мотору випарника № 1.

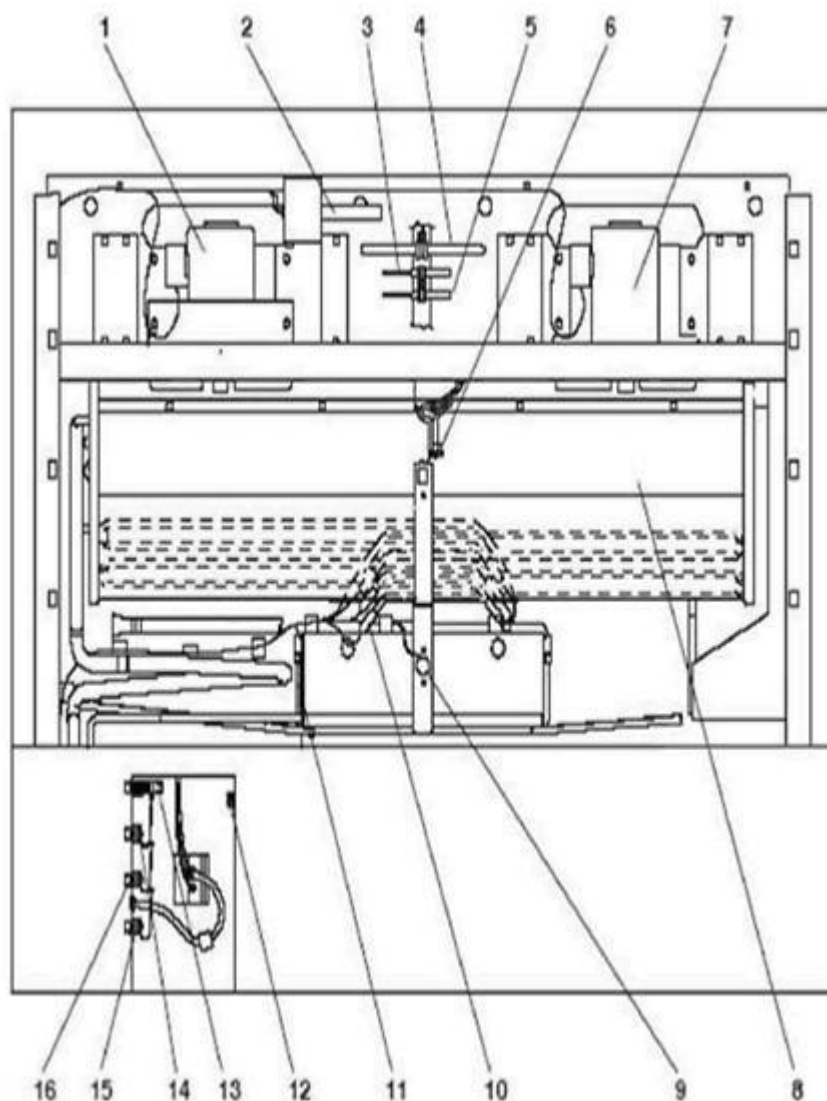


Рис.3.3.Розташування обладнання

1. Вентилятор випарника №1; 2. Датчик вологості.3. Температури поворотного повітря. 4. Датчик реєстратора температури. 5. Датчик температури поворотного повітря. 6. Термостат віддтайки. 7. Вентилятор випарника №2. 8. Випарник. 9. Термостат випарника. 10. Нагрівальні елементи випарника. 11. Нагрівальні елементи піддону зливу.12,15. Резервні рознімання. 13,14,16.

Рознімання датчика системи USDA.

Деякі моделі агрегатів забезпечені двошвидкісним компресором, який служить для підвищення безпеки від напруги. Рефконтейнер забезпечений шести циліндровим поршневым напів герметичним компресором. Деякі моделі компресорів рефконтейнера забезпечені ТЕНами, для підігрівання олії в картері компресора. Певні моделі компресорів РК забезпечені манометрами, показуючі значення тисків всмоктування і нагнітання. Існують рефконтейнерні агрегати яких розроблені для використання подвійної напруги живлячої електричної мережі, тобто для роботи при напрузі 190/230 В або 380/460 В, мають 3 фази, сила струму 50-60 Гц. Інші агрегати РК розроблені для напруги тільки 380/460 В, мають 3 фази, сила струму 50-60 Гц. Для роботи при напрузі 190/230В РК має бути забезпечений зовнішнім знижувальним трансформатором. Контроль потужності забезпечується контролюючим трансформатором, який знижує високу напругу джерела змінного струму, до 18 і 24 В, а також контролем напруги кожної фази. Температурним контроллером/кодувальник даних рефконтейнера (Micro - Link2) є контролюючий пристрій на основі мікропроцесора і вбудованим електронним обладнанням реєстрації даних. При установці певного значення температури на контроллері, РК автоматично перебудовується для того, щоб досягти заданої температури, впродовж кратчайшого часу. Потік повітря з певною температурою подається з рефрижераторного агрегату всередину РК на рівні підлоги, потім проходить уздовж Т-подібних профілів підлоги, у кінці рефконтейнера піднімається уздовж дверей до стелі і вже уздовж стелі повертається в рефрижераторний агрегат. Під час циркуляції повітря, залежно від встановлених параметрів, нагріває або охолоджує внутрішній об'єм РК, забезпечуючи таким чином температуру і вологість, необхідні для підтримки встановленого режиму зберігання товару. Рефрижераторний агрегат, розміщений в торці корпусу, підтримує в автоматичному режимі всередині контейнера задану температуру в діапазоні від +25С до -25С. Живлення здійснюється від 3-х фазній електричній мережі з напругою 380V/50 Гц, споживана потужність знаходиться в межах від 4-х до 6 кВт, залежно від встановленого температурного режиму. Контролююча

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

система автоматично вибирає нагрів, охолодження або заморожування, для досягнення заданої температури в контейнері. Холодильні установки рефконтейнерів випускаються в США, Китаї, Малайзії. Основними виробниками є Carrier Transcold, ThermoKing, Daikin, Sabroe, Mitsubishi, Seacold.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ

Відповідно до роду вантажу і рекомендацій роботи, приймається розрахункова температура в охолоджуваному приміщенні, яка вибирається з таблиці норм завантаження охолоджуваних приміщень на судах і оптимальних умов перевезення швидкопсувних вантажів (бананів): $t_0 = 13^{\circ}\text{C}$.

Визначаємо ТП через ізоляційні конструкції обгороджувань:

$$Q_{\text{огр}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{вн}}), \text{ Вт}$$

де: K – коефіцієнт теплопередачі ізоляційної конструкції обгороджування. Економічно доцільно приймати K в межах:

$$K = 0,41 - 0,7, \text{ Вт} / (\text{м}^2 \text{ К}),$$

F – площа обгороджування, $t_{\text{н}}$ – температура за обгороджуванням, $^{\circ}\text{C}$

t_0 – температура повітря в охолоджуваному приміщенні, $^{\circ}\text{C}$.

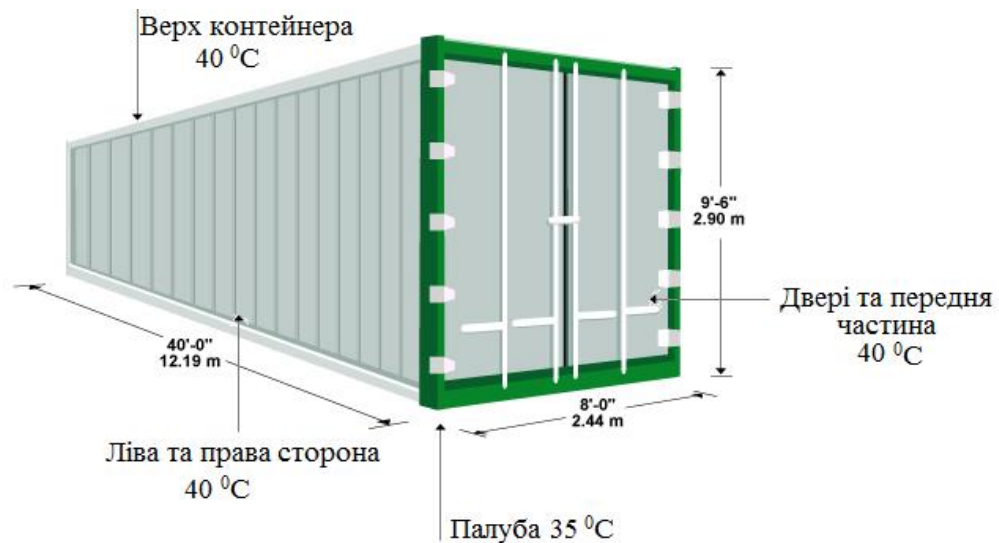


Рисунок 3.1. Температури, які впливають на контейнер.

$$Q_{\text{ст}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_0) = 0,45 \cdot 31,5 \cdot (40 - 13) = 382,7, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ст}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_0) = 0,45 \cdot 31,5 \cdot (35 - 13) = 382,7, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ст}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_0) = 0,45 \cdot 7 \cdot (40 - 13) = 85, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ст}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_0) = 0,45 \cdot 7 \cdot (40 - 13) = 85, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ст}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_0) = 0,45 \cdot 35,3 \cdot (40 - 13) = 428,9, \text{ Вт}$$

$$Q_{\text{ст}} = K \cdot F \cdot (t_{\text{н}} - t_0) = 0,45 \cdot 35,3 \cdot (40 - 13) = 428,9, \text{ Вт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma Q_{\text{ст}} = 1794,3 \text{ Вт}.$$

Результати розрахунків, за визначенням ТП зводяться в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1. Результати розрахунку тепло припливів

Найменування обгороджування	$F, \text{м}^2$	$K, \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{К})$	$t_n, ^\circ\text{C}$	$Q_{\text{озр}}, \text{Вт}$	$\Sigma Q_{\text{озр}}$
Верх контейнера	31,5	0.45	40	382,7	
Низ контейнера	31,5	0.45	40	382,7	
Права сторона контейнера	35,3	0.45	40	428,9	
Ліва сторона контейнера	35,3	0.45	40	428,9	
Дверні стулки	7	0.45	40	85	
Передня частина	7	0.45	40	85	

Тепловий потік сонячної радіації, $Q_{\text{ср}}, \text{Вт}$, що поступає в приміщення через обгороджування, визначається з вираження:

$$Q_{\text{ср}} = K \cdot F \cdot q_n \cdot \varepsilon_p / \alpha_n,$$

де: K – коефіцієнт теплопередачі ізоляційної конструкції обгороджування, що поглинає теплоту сонячної радіації;

α_n – коефіцієнт тепловіддачі від зовнішнього повітря до обгороджування,

$$\alpha_n = 2 + 10\sqrt{\omega_c} = 2 + 10\sqrt{20} = 46,7, \text{Вт}/(\text{м}^2 \text{К});$$

ω – швидкість руху повітря відносно судна, приймається рівній експлуатаційній швидкості судна м/с, q_n – напруженість сонячної радіації, $\text{Вт}/\text{м}^2$, $q_{\text{нверт}} = 720$,

$q_{\text{нгор}} = 1040$; ε_p – коефіцієнт поглинання сонячної радіації, $\varepsilon_p = 0,4$; F – площа поверхні схильної до сонячної радіації, м^2 ,

Значення величин q_n і ε_p вибрані з таблиць "Напруженості сонячної радіації" і "Значень для гладких забарвлених поверхонь".

$$Q_{\text{ср верт}} = K \cdot F \cdot q_n \cdot \varepsilon_p / \alpha_n = 0,45 \cdot 73,8 \cdot 720 \cdot 0,4 / 46,7 = 204, \text{Вт},$$

$$Q_{\text{ср гор}} = K \cdot F \cdot q_n \cdot \varepsilon_p / \alpha_n = 0,45 \cdot 73,8 \cdot 1040 \cdot 0,4 / 46,7 = 296, \text{Вт};$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Загальний T_{PQ_1} Вт, в приміщення через обгороджування визначається по формулі:

$$Q_1 = \sum Q_{ст} + Q_{ср\ верт} + Q_{ср\ гор} ;$$

$$Q_1 = \sum Q_{ст} + Q_{ср\ верт} + Q_{ср\ гор} = 1794,3 + 296 + 204 = 2293,3 \text{ , Вт};$$

Кількість теплоти, яку необхідно відвести при термообробці вантажу, Вт:

$$Q_2 = 0,28 \cdot G_{гр} \cdot c (t_{гр}^H - t_{гр}^K) / z ,$$

де: $G_{гр}$ – маса провізії, що піддається термообробці кг,

$$G_{гр} = 1000 \cdot V_0 / v_y = 1000 \cdot 77,3 / 4,25 = 18188 \text{ , кг}$$

V_0 – об'єм охолоджуваного приміщення ,м³,

$$V_0 = L \cdot B \cdot H = 12,19 \cdot 2,44 \cdot 2,6 = 77,3 \text{ , м}^3$$

v_y – питомий навантажувальний об'єм м³ / Т, приймаємо по табл. 3.2.

C – теплоємність овочів і фруктів, приймається $C = 3,35 \dots 4,95 \text{ , кДж / (кг} \cdot \text{K)}$,

$t_{гр}^H$ и $t_{гр}^K$ – початкова і кінцева температури фруктів і овочів,

$$Q_2 = 0,1 \cdot G_{гр} \cdot c (t_{гр}^H - t_{гр}^K) / z = 0,1 \cdot 18188 \cdot 4 (40 - 13) / 24 = 8184,6 \text{ , Вт};$$

Тепло притоки від охолодження тари Q_3 Вт, приймаються:

$$Q_3 = 0,1 \cdot Q_2 ,$$

$$Q_3 = 0,1 \cdot Q_2 = 0,1 \cdot 8184,6 = 818,5 \text{ , Вт};$$

Тепло притоки від вентиляції охолоджуваного приміщення:

$$Q_4 = 0,01 \cdot V_0 \cdot \rho \cdot n \cdot (t_{нв} - t_0),$$

де: V_0 – об'єм охолоджуваного приміщення, м, ρ – щільність повітря при температурі і відносній вологості охолоджуваного приміщення, $\rho = 1,28 \dots 1,38 \text{ , кг / м}^3$; n – число обмінів повітря в добу, приймаємо $n=6$; $t_{нв}$ – температурного зовнішнього повітря, за завданням;

$$Q_4 = 0,01 \cdot V_0 \cdot \rho \cdot n \cdot (t_{нв} - t_0) = 0,01 \cdot 77,3 \cdot 1,3 \cdot 6 (40 - 13) = 162,8 \text{ , Вт}.$$

Тепло притоки від працюючих механізмів(електродвигуна, вентилятора):

$$Q_5 = 1000 \cdot N$$

де: N – потужність механізмів, кВт приймається в першому наближенні:

$N = 0,2 \dots 4 \text{ , кВт}$ – для повітряної системи охолодження, приймаємо $N = 0,4 \text{ , кВт}$

$$Q_5 = 1000 \cdot N = 1000 \cdot 0,4 = 400 \text{ , Вт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Інші невраховані ТП в охолоджуване приміщення,:

$$Q_6 = 0,2 \cdot Q_1, \text{Вт}$$

$$Q_6 = 0,2 \cdot Q_1 = 0,2 \cdot 2293,3 = 458,66, \text{Вт}$$

Сумарні ТП в охолоджуване приміщення при режимі зберігання $Q_{\text{хран}}$,:

$$Q_{\text{хран}} = Q_1 + Q_4 + Q_5 + Q_6, \text{Вт}$$

$$Q_{\text{хран}} = Q_1 + Q_4 + Q_5 + Q_6 = 2293,3 + 162,8 + 400 + 458,66 = 3314,8, \text{Вт}$$

Необхідна холодопродуктивність Q_0 , установки це сумарні ТП при режимі термообробки визначається з вираження:

$$Q_0 = Q_{\text{хран}} + Q_2 + Q_3, \text{Вт}$$

$$Q_0 = Q_{\text{хран}} + Q_2 + Q_3 = 3314,8 + 8184,6 + 818,5 = 12317,9 \text{ Вт} \approx 12,3, \text{ кВт.}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. ХОЛОДИЛЬНА СХЕМА ТА РОЗРАХУНОК ЦИКЛІВ

5.1. Розрахунок циклу.

Принципова схема холодильної установки, працюючої по рекуперативному циклу показана на рис.5.1.

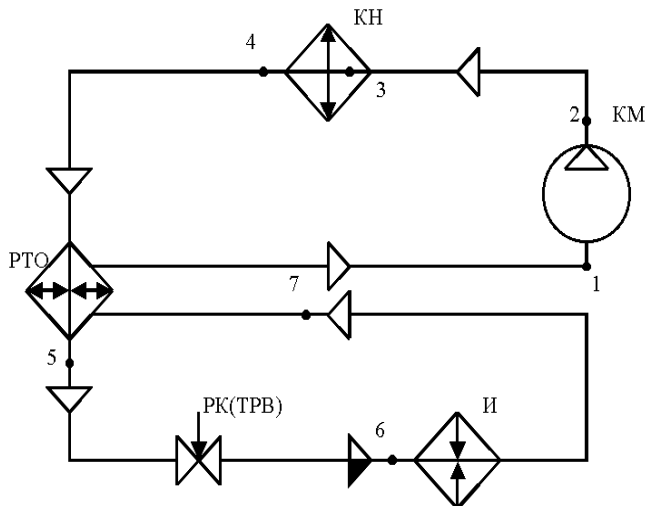


Рисунок 5.1 Принципова схема холодильної установки

Приймаємо значення температури заборотної води:

$$t_{зв} = 40, ^\circ\text{C} \quad t_{в} = 13, ^\circ\text{C}$$

Визначаємо наступні температури:

а) Приймаємо температуру кипіння холодагенту на 7°C нижче температури повітря в камері, вузлова точка 6:

$$t_0 = 13 - 7 = 6, ^\circ\text{C}$$

б) На вході в конденсатор і на виході з нього:

$$t_{вд1} = t_{зв} + (2...3) = 40 + 2 = 42, ^\circ\text{C}$$

$$t_{вд2} = t_{вд1} - (2...5) = 42 + 2 = 44, ^\circ\text{C}$$

в) конденсації холодагенту, вузлова точка 3:

$$t_k = t_m + (12...16) = 31 + 16 = 47, ^\circ\text{C}$$

де t_m – температура мокрого термометра, беремо по і - d діаграмі

$$t_m = 31, ^\circ\text{C}$$

г) рідкого холодагенту на виході з конденсатора, вузлова точка 4:

$$t_{ж} = t_k - (1...3) = 47 - 3 = 44, ^\circ\text{C}$$

г) рідкого холодагенту перед ТРВ, вузлова точка 5:

$$t_n = t_{ж} - (8...10) = 44 - 10 = 34, ^\circ\text{C}$$

д) холодагенту на виході з випарних апаратів, вузлова точка 7:

$$t_7 = t_0 + (5...8) = 6 + 5 = 11, ^\circ\text{C}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

Температура пари холодагенту на виході з рекуперативного теплообмінника t_1 визначається по ентальпії i_1 з рівняння теплового балансу, вузлова точка 1, :

$$i_1 - i_7 = i_4 - i_5,$$

$$i_1 = (i_4 - i_5) + i_7 = (255 - 245) + 409 = 10 + 409 = 419, \text{кДж / кг}$$

$$t_1 = 20, ^\circ\text{C}.$$

По прийнятих температурах в діаграмі $h - \lg P$ будуюмо робочий цикл холодильної установки і визначаємо параметри холодагенту у вузлових точках циклу, які заносимо в таблиці.

Таблиця 5.1. Температури в вузлових точках для фреону R134A.

Вузлові точки	$t, ^\circ\text{C}$	$p, \text{МПа}$	$i, \text{кДж / кг}$	x
1	20	0,38	419	перегріта пара
2	65	1,2	445	перегріта пара
3	47	1,2	420	суха насичена пара
4	44	1,2	255	рідина
5	34	1,2	245	переохолоджена рідина
6	6	0,38	245	
7	11	0,38	409	перегріта пара

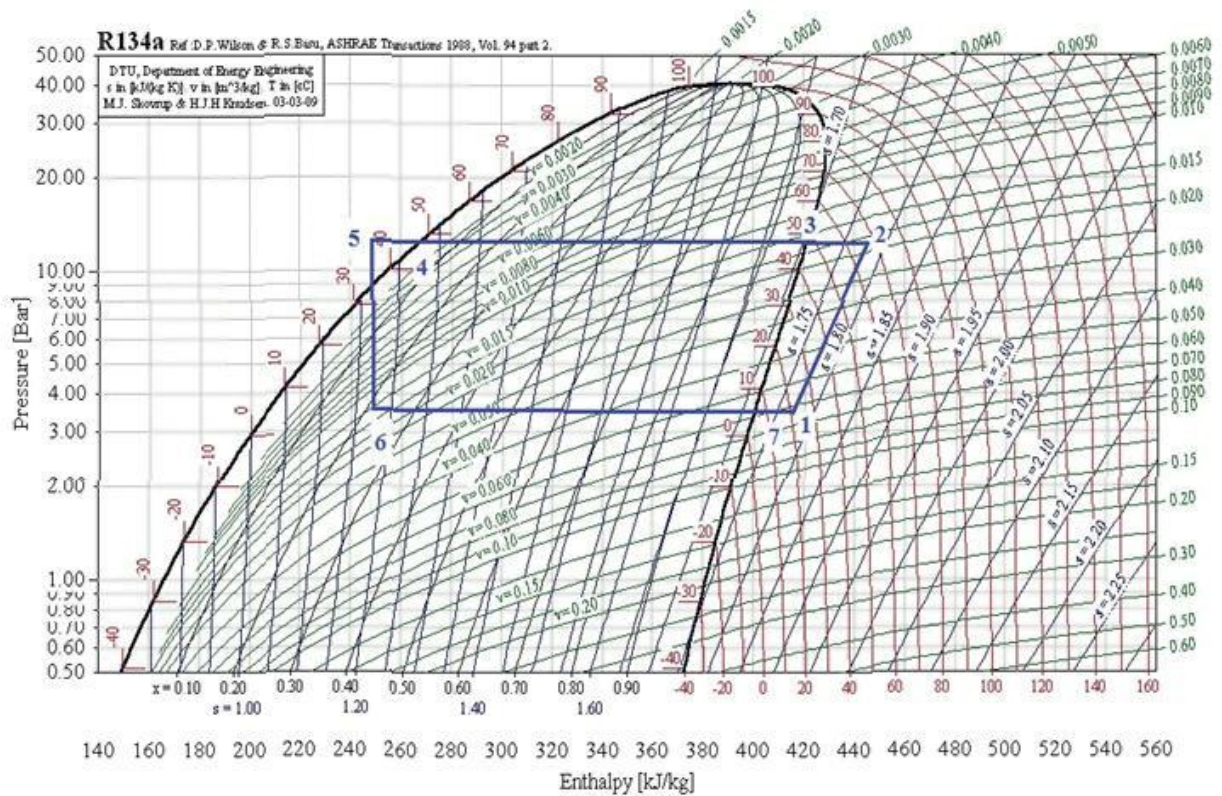


Рисунок 5.2. Діаграма хладагента для фреона R134A.

5.2. Розрахунок та підбір компресора

Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = i_7 - i_6 = 437 - 262 = 175, \text{ кДж / кг}$$

Питома об'ємна холодопродуктивність: $q_v = \frac{q_0}{V_1} = \frac{175}{0,034} = 5147, \text{ кДж / м}^3$

Питома теоретична робота компресора: $l_a = i_2 - i_1 = 480 - 452 = 28, \text{ кДж / кг}$

Кількість циркулюючого хладагенту: $G_a = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{12,3}{175} = 0,07, \text{ кг / с}$

Об'єм пари хладагенту, що відсмоктується компресором:

$$V_d = G_a \cdot V_1 = 0,07 \cdot 0,034 = 0,0028, \text{ м}^3 / \text{с}$$

Об'єм, що описується поршнями компресора:

$$V_v = \frac{V_d}{\lambda} = \frac{0,028}{0,84} = 0,033, \text{ м}^3 / \text{с}$$

де коефіцієнт подання компресора, λ :

$$\lambda = [1 - c \cdot (\frac{P_k}{P_0} - 1)] \cdot \frac{T_0}{T_k} = [1 - 0,020 \cdot (2,9 - 1)] \cdot 0,87 = 0,84 ,$$

де c – відносна величина мертвого об'єма: $c = 0,015 \div 0,04 = 0,020$,

$\frac{P_k}{P_0}$ – відношення тисків конденсації і кипіння,

$\frac{T_0}{T_k}$ – відношення температури кипіння і конденсації,

$$\frac{P_k}{P_0} = \frac{2,8}{0,97} = 2,9 , \frac{T_0}{T_k} = \frac{279,15}{320,15} = 0,87 .$$

Теоретична(адіабатична) потужність компресора:

$$N_a = G_a \cdot l_a = 0,07 \cdot 28 = 1,96 , \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресора: $N_i = \frac{N_a}{\eta_i} = \frac{1,96}{0,89} = 2,2 , \text{ кВт}$

де індикаторний ККД компресора:

$$\eta_i = \lambda_{\omega} + b_0 \cdot t_0 = 0,87 + 0,0025 \cdot 6 = 0,89 ,$$

$$\text{при } \lambda_{\omega} = \frac{T_0}{T_k} = \frac{279,15}{320,15} = 0,87 , b_0 = 0,0025.$$

Потужність, що витрачається на тертя: $N_{тр} = V_h \cdot P_{тр} = 0,033 \cdot 40 = 1,32 , \text{ кВт}$

де V_h – об'єм, що описується поршнем компресора: $V_h = 0,0033 , \text{ м}^3 / \text{ с}$

$$P_{тр} = (0,3 \div 0,5) \cdot 10^2 , \text{ кПа}; P_{тр} = 0,4 \cdot 10^2.$$

Ефективна потужність(потужність на валу компресора):

$$N_e = N_i + N_{тр} = 2,2 + 1,32 = 3,52 , \text{ кВт}$$

Потужність, що підводиться до електродвигуна:

$$N_{\Sigma} = \frac{N_e}{\eta_{\text{эл.д}} \cdot \eta_{\text{пер}}} = \frac{3,52}{0,8 \cdot 0,8} = 5,5 , \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{эл.д}}$ – ККД електродвигуна, $\eta_{\text{эл.д}} = 0,8$; $\eta_{\text{пер}}$ – механічний ККД клиноремінної передачі; $\eta_{\text{пер}} = 0,8$.

Теоретичний холодильний коефіцієнт:

$$E_m = \frac{q_0}{l_a} = \frac{Q_0}{N_a} = \frac{175}{28} = \frac{12,3}{1,96} = 6,26$$

Дійсний холодильний коефіцієнт: $E_d = \frac{Q_0}{N_a} = \frac{12,3}{5,5} = 2,2$

Тепловий потік в конденсаторі:

$$Q_k = Q_0 + N_i = 12,3 + 2,2 = 14,5 , \text{ кВт}$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після розрахунків, приймаю компресор згідно спеціальних таблиць на сайті виробника компресорів Emerson. По нашим розрахункам, нам підійшов спіральний компресор ZF40KVE-TWD EVI (рис. 5.3).

Таблиця 5.2. Характеристики підібраного компресора.

Модель	Холодопродуктивність, кВт	Кількість масла, л	Розмір, мм	Маса, кг
ZF40KVE-TWD EVI	35,6	4,1	316x368x550	96,2

ZF24 to 40 ZS56 to 92

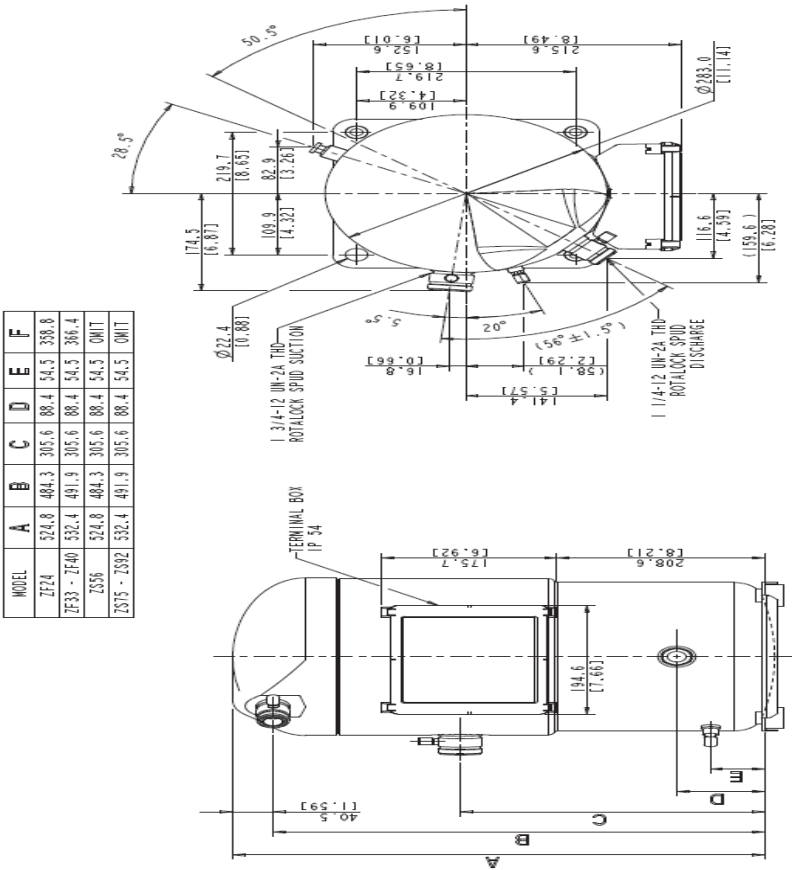


Рис. 5.3 Спіральний компресор ZF40KVE-TWD EVI

6. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ

Спіральний компресор ZF40KVE-TWD EVI може працювати на різних фреонах (R134a, R404a, R407c, R410a). В залежності від того, який холодильний агент заправлений в систему змінюються робочі показники. За допомогою комп'ютерної програми KMKreis були отримані наступні результати.

6.1. Холодопродуктивність на різних холодоагентах

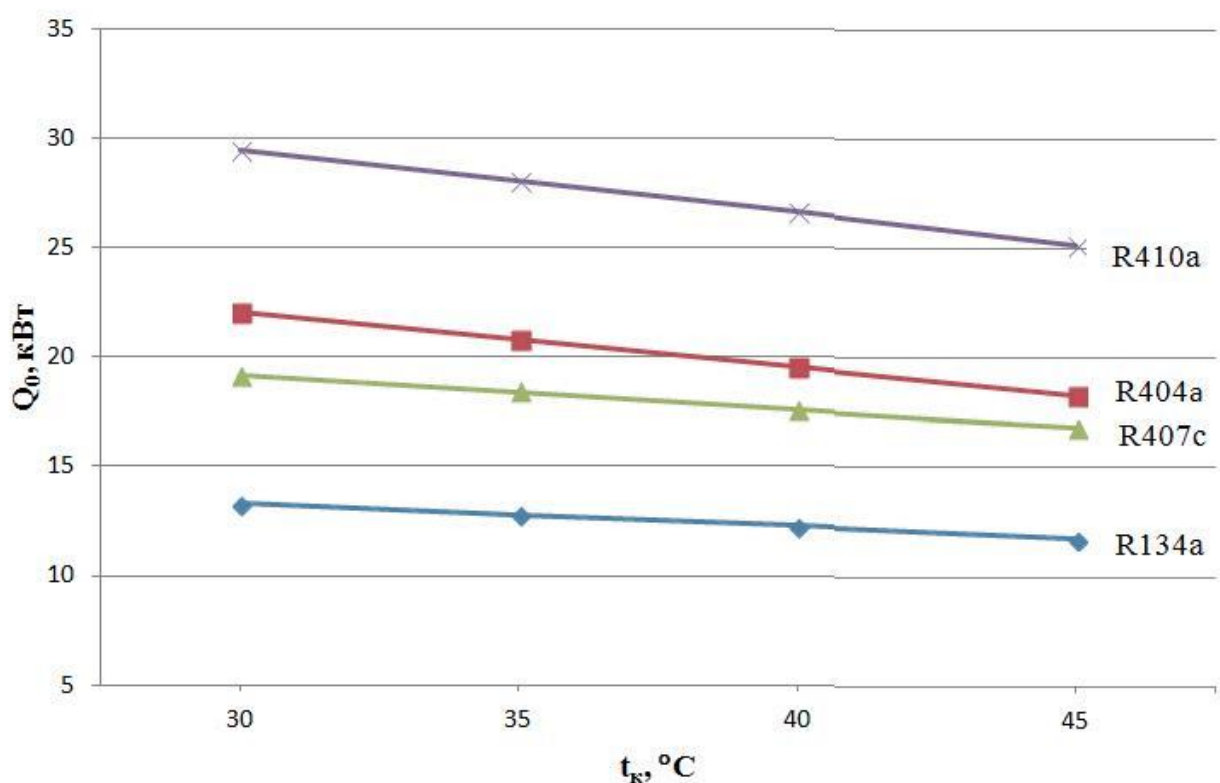


Рис.6.1.Залежність холодопродуктивності від температури повітря для різних холодоагентів

Як видно із отриманих даних, найбільша холодопродуктивність при R410a, а найменша при R134a.

6.2. Потужність компресора на різних холодоагентах

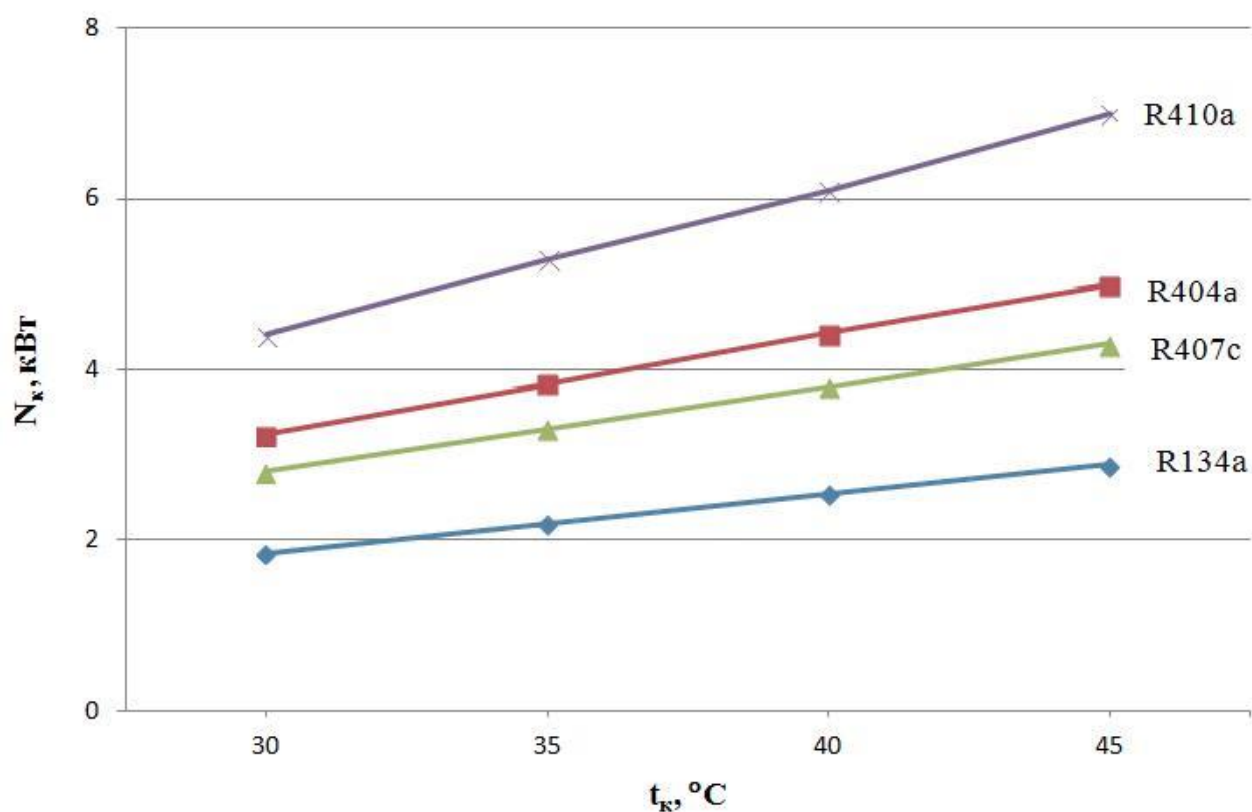


Рис.6.2. Залежність потужності від температури повітря для різних холодоагентів

Як видно із отриманих даних, найбільша потужність при R410a, а найменша при R134a.

6.3.Теплота конденсації на різних холодоагентах

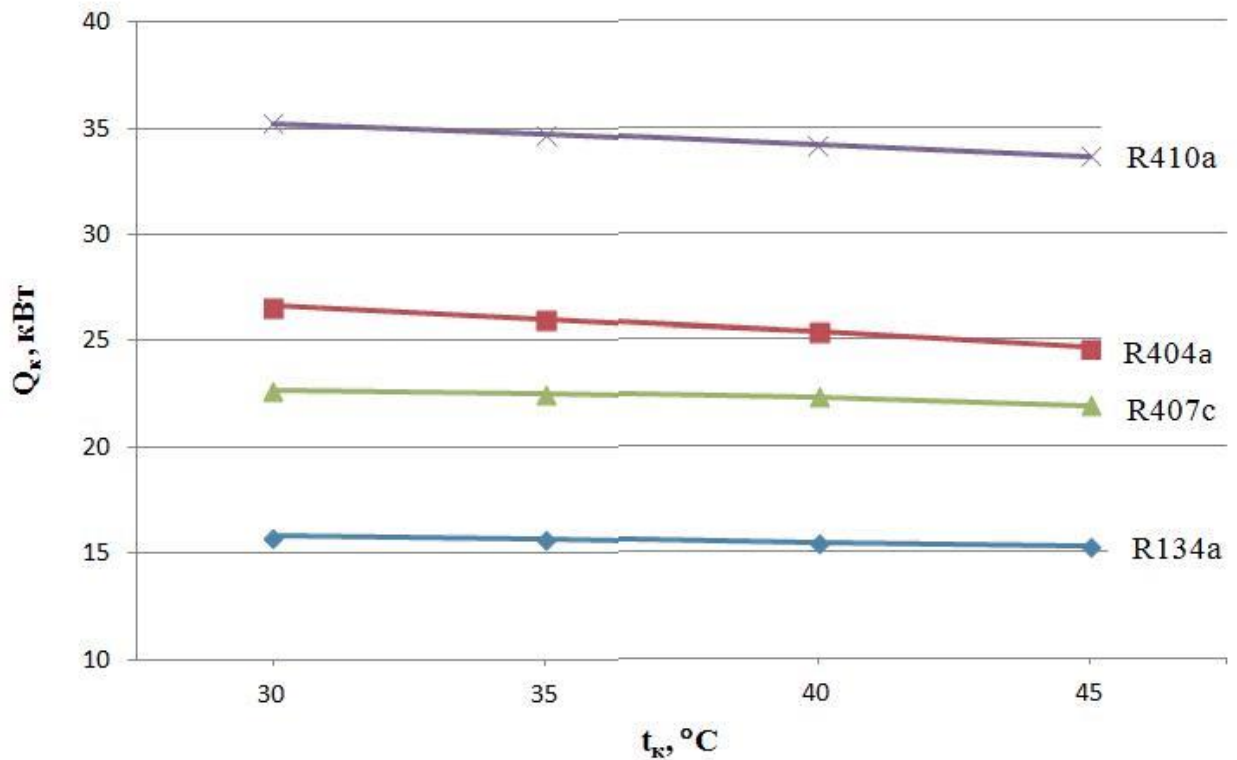


Рис.6.3.Залежність теплоти конденсації від температури повітря для різних холодоагентів

Як видно із отриманих даних, найбільша теплота конденсації при R410a, а найменша при R134a.

6.4. Коефіцієнт робочого часу на різних холодоагентах

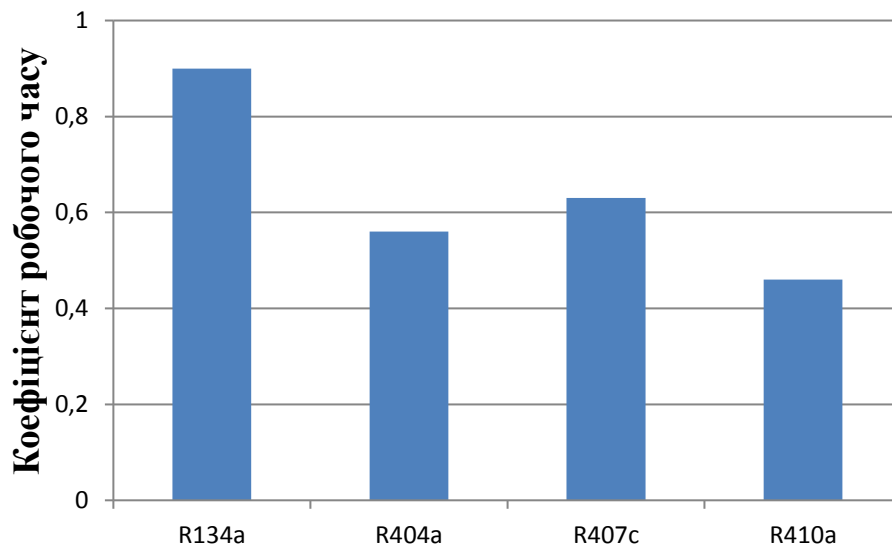


Рис.6.4. Залежність коефіцієнта робочого часу на різних холодоагентах

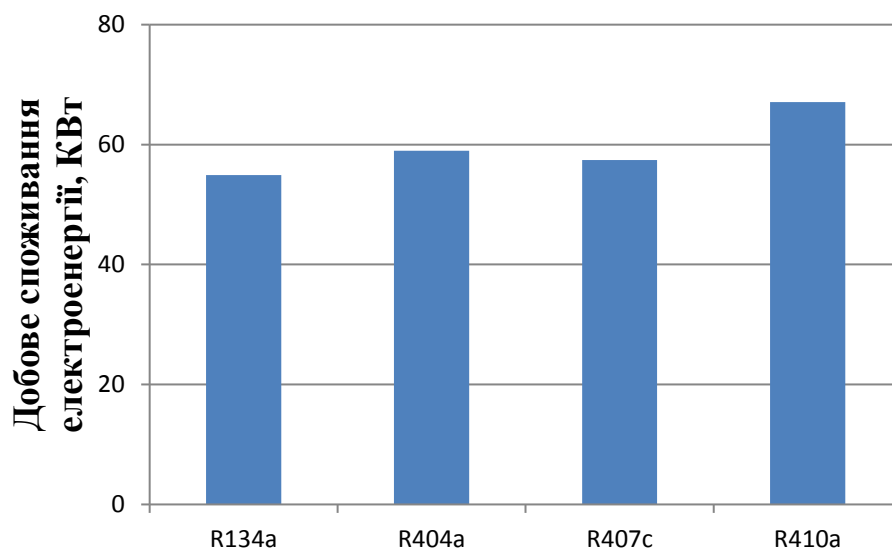


Рис.6.5. Залежність добового споживання електроенергії для різних холодоагентів

Як видно із отриманих даних, найбільш вигідним являється використання R134a, хоча термодинамічні його показники поступають перед іншими, але споживання електроенергії менше.

7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7. 1 Дії по тривозі людина за бортом

Впав за борт людина

Тривогу «людина за бортом» оголошує вахтовий помічник капітана при падінні людини за борт або при виявленні на морі людей або рятувальних засобів.

Найголовніший чинник збереження людського життя – це скорочення часу перебування людини у воді.

У тому випадку, коли падіння людини за борт помічається відразу або людей на воді виявляється відразу, вахтовий помічник капітана віддає команду рульовому перейти на ручне управління і починає маневр, скидає рятувальний круг з світодымящимся буйком (тим самим фіксується початок маневру, що полегшує пошук), оголошує тривогу «Людина за бортом», організує спостереження.

В якості спостерігача може бути будь-матрос, що знаходиться поблизу навігаційного містка. Якщо таких немає, спостереження здійснює сам вахтовий помічник капітана, поки не прийде допомога, щоб не втратити з виду людину на воді (кола або буя).

Якщо вахтовий помічник капітана на містку один, то порядок дій іншого: він скидає рятувальний круг з світодымящимся буйком, оголошує тривогу «Людина за бортом», починає маневр.

У тому випадку, якщо про падіння людини за борт повідомлено з великим запізненням, вахтовий помічник капітана доповідає про це капітану і діє за його вказівками.

При виявленні на воді рятувальних засобів або сигналу лиха в темний час доби вахтовий помічник капітана організовує спостереження і маневрує таким чином, щоб не втратити їх з очей, оголошує тривогу «Людина за бортом» і при необхідності викидає рятувальний круг з світодымящимся буйком

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

для фіксування місця.

При виборі початкового маневру для повернення в точку падіння (знаходження) людини вахтовий помічник капітана керується станом погоди, видимістю з судна, можливістю зупинки для спуску шлюпки.

Не слід відкидати корму від випавшого людини, як рекомендувалося раніше. При сучасних швидкостях судів та інерції такі дії марні.

Піднявшись на місток, капітан, віддає вказівки яку шлюпку готувати до спуску.

При оголошенні тривоги «Людина за бортом» вахтовий механік використовує падіння на швидкості циркуляції для зменшення обертів, щоб в кінці маневру швидше зупинити судно.

По закінченні маневру, підходу до людини чи рятувального засобу, зупинки судна, спуском шлюпки керує капітан.

Основний маневр для повернення до місця падіння людини – це поворот на 60° з подальшим виходом на контр курс (маневр Вільямса).

Метод має такі переваги:

- з виходом на контр курс судно виходить на слід судна, що робить цей спосіб незалежним від часу виявлення падіння людини за борт;
- сектор спостереження обмежується малими передніми кутами відносно курсу;
- забезпечується швидка втрата швидкості при дворазовій перекладці керма, що полегшує спуск шлюпки в кінці маневру.

Недолік цього способу – порівняно велика тривалість. Але це не має такого вже великого значення, якщо порівняти, що основний витрата часу йде на спуск шлюпки і на подальші дії.

При невеликій швидкості та можливості швидкого реверсу і в інших випадках, коли при конкретних умовах погоди забезпечується постійне спостереження за людиною в воді, можливе використання маневру, повертаючи на 240° ПРО (маневр професора Шарнова). Тут треба мати на увазі, що

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

звичайний склад екіпажу не забезпечить безперервне спостереження під час процесу маневру.

Схема маневру Вільямса дається в типовій таблиці маневрених елементів. Якраз цей маневр обов'язково відпрацьовується на навчаннях.

Вахтовий помічник капітана на прибуття спостерігачів згідно розкладу по тривозі вказує їм сектор спостереження та особливості спостереження. Сектори спостереження за можливості, дублюються.

Організовується повідомлення про випадок. У світлий час доби піднімається прапор «OSCAR» МСС. У будь-який час доби робляться повідомлення по радіотелефону з зазначенням координат можливого місця падіння людини за борт. За вказівкою капітана інформація про випадку може бути також передана в радіотелеграфне режимі.

Інші члени екіпажу збираються в місцях, зазначених у розкладі по тривозі, з індивідуальними рятувальними засобами і у відповідному одязі. При необхідності з їх числа виділяється зміна або поповнення для чергової шлюпки.

В шлюпці треба мати аптечку для надання першої допомоги потерпілому, ковдру, термос з гарячим питвом.

Між судном і шлюпкою забезпечується надійна УКХ-радіо зв'язок на встановленому каналі.

У разі втрати радіозв'язку напрям рух шлюпки вказується візуальними і звуковими сигналами. Один звук (один світловий проблеск), сигналізація правою рукою – вказівки шлюпці змінювати курс в праву сторону. Два звуку (проблеску), сигналізація лівою рукою – вказівки шлюпці змінювати курс вліво. Відповідно, в шлюпці організовується спостереження за сигналами.

При наближенні шлюпки з потерпілим до борту судна готується:

- носилки;
- ноші для підняття потерпілих на борт;
- судновий лазарет;
- потрібна допомога за інформацією зі шлюпки.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після підняття потерпілих на борт або при припиненні пошуку організується повідомлення всім абонементом про закінчення операції.

Дії екіпажу чергової шлюпки по тривозі «Людина за бортом» відпрацьовується відповідно до вимог Конвенції SOLAS -74.

7.2 Види відповідальності за порушення законодавства про охорону праці

Усяке порушення правил техніки безпеки або невиконання заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці, якщо це порушення або невиконання обов'язків могло спричинити або спричинило нещасні випадки з людьми, карається законом в залежності від небезпеки порушення та наслідків, що наступили. Передбачаються наступні види відповідальності за порушення законодавства з охорони праці:

- дисциплінарна;
- адміністративна;
- матеріальна;
- кримінальна.

За вчинення дисциплінарного проступку, тобто невиконання або неналежне виконання працівником з його вини покладених на нього трудових обов'язків, роботодавець має право застосувати дисциплінарні стягнення. Дисциплінарним стягненням за порушення законодавства з охорони праці є зауваження, догана і звільнення з відповідних підстав.

На відміну від дисциплінарної до адміністративної відповідальності притягуються керівники, посадові особи та інші відповідальні працівники. Рішення про накладення стягнення у вигляді штрафів різної величини приймають інспектори або керівники органів Державного нагляду.

Матеріальна відповідальність як наслідок порушення правил охорони праці виникає в тих випадках, коли в результаті порушення цих правил завдано матеріальної шкоди державі чи потерпілим. Порядок відшкодування матеріальної та моральної шкоди визначається за рішенням суду або посадовими особами на основі ст. 1064-1101 УК України.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рішення про кримінальної відповідальності згідно Кримінального Кодексу України приймається в судовому порядку. Об'єктами відповідальності є особи, що допустили порушення правил охорони праці, які могли спричинити (або спричинили) за собою нещасні випадки з тяжкими наслідками. Величина санкцій, які включають в себе відсторонення від посади, штраф, позбавлення волі, виправні роботи, визначається судом.

Кримінальна відповідальність за злочини, пов'язані з порушенням правил безпеки, передбачена такими статтями УК України:

Стаття 143. Порушення правил охорони праці, здійснене особою, на якому лежали обов'язки з дотримання правил, якщо це спричинило по необережності заподіяння тяжкого або середньої тяжкості шкоди здоров'ю людини, карається штрафом в розмірі від двохсот до п'ятисот мінімальних розмірів оплати праці або в розмірі заробітної або іншого доходу засудженого за період від двох до п'яти місяців, або виправними роботами на строк до двох років. Те саме діяння, що призвело з необережності смерть людини, карається позбавленням волі до п'яти років з позбавленням права обіймати певні посади чи займатися певною діяльністю на строк до трьох років або без такого.

7.3 Небезпечні фактори пожежі.

З погляду живучості судна як складної системи “людина – машина – середовище перебування” необхідно із всіх параметрів пожежі виділити ті, які найбільше повно характеризують небезпека пожежі для екіпажа, пасажирів, техніки й судна в цілому. Такі параметри прийнято називати небезпечними факторами пожежі на судах.

При пожежі в його вогнищі відбуваються хімічні й енергетичні перетворення, у результаті яких генерується теплота й утворюються продукти згоряння, що формують небезпечних факторів пожежі, що викликають травми, отруєння й загибель людей, матеріальний збиток і втрату живучості судна.

До них ставляться наступні параметри:

- температура продуктів згоряння на виході з вогнища пожежі (конвективна складова),

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

- геометричні розміри факела полум'я (висота й площа випромінюючої поверхні),
- температура полум'я,
- падаючий тепловий потік,
- інтенсивність виділення продуктів згоряння,
- зміст кисню й токсичних продуктів згоряння у виділюваних вогнищем пожежі газах,
- надлишковий тиск газів в обсязі аварійного й суміжного приміщень,
- швидкість і напрямок руху нагрітих газів і диму,
- температура середовища аварійного й суміжного приміщень,
- состав диму (наявність твердих часток, що викликають роздратування слизоватих оболонок і інтоксикацію організму людини),
- оптична щільність диму, що знижує видимість в аварійному й суміжних (при негерметичності перебирань) приміщеннях,
- обсяг зони задимлення,
- швидкість поширення диму в суміжні приміщення й т.д.

Всі перераховані небезпечні фактори пожежі змінні в часі й у просторі.

При зовнішніх пожежах (на палубах, надбудовах, пірсах і акваторії) найбільший вражаючий вплив на судно й людей роблять полум'я, теплове випромінювання полум'я й потік іскор, які є причиною утворення нових вогнищ пожежі.

Найнебезпечнішим фактором пожежі варто вважати вибух, що досить часто є наслідком пожежі, або, як іноді говорять, вторинним прояв пожежі, у результаті теплового впливу на горючі й вибухові речовини, посудини під тиском і інше вибухонебезпечне встаткування.

7.4 Аналіз систем накопичення та знезаражування судових відходів

Пристрої по зборі сміття

Для збору сміття на судні можуть бути передбачені знімні пристрої (контейнери), мішки, убудовані в корпус ємності для накопичення сміття (бункери) або бункери установок для ущільнення сміття.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пристрої для збору сміття, у яких він повинен збиратися й зберігатися, повинні бути надійно закриті, причому на кожному з них повинна бути відповідне маркування, що вказує вид сміття. Так само вони повинні розміщатися, як правило, у зоні дії суднових вантажопідйомних засобів для забезпечення можливості навантаження й вивантаження їх з урахуванням зручності збору сміття. Знімні пристрої для збору сміття повинні надійно кріпитися до корпусу судну.

Категорично забороняється змішувати харчові відходи з побутовими й відходами що вміщують нафту.

Конвенція по захисту морського середовища району Балтійського моря рекомендує на судах, побудованих після 1 жовтня 1993 р., мати наступні мінімальні ємності для зберігання сміття всіх категорій.

Таблица 7.1 Объем емностей для хранения мусора:

Общий/полный тоннаж							
	До 400		От 400 до 1600	От 1600 до 4000	От 4000 до 10000	От 10000 и более	Суда, перевозящие более 50 человек
	До 10 человек	До 50 человек					
Минимальная общая вместимость, м³	0,1	0,5	0,4	1,2	2,5	5,0	1 м³ на 100 человек в день

При розрахунку ємності сміттєзбиральників варто керуватися національними санітарними правилами. При підході до особливих районів і інших районів моря, де скидання сміття заборонене, адміністрація судна зобов'язана сповістити про це екіпаж і пасажирів. Всі засоби для збору сміття, що скидається періодично в море, повинні бути завчасно спорожнені й приготовлені для прийому сміття.

Вибір ємностей, включаючи необхідні обсяги суднових накопичувальних цистерн і контейнерів, а також пристроїв, зосереджених у портах, залежить від багатьох факторів, але в першу чергу від класу, типу судна й умов експлуатації (район плавання, тривалість рейса між заходами в порти). Природно, що для судів, що роблять короткі рейси, існує можливість один раз в 2.. 3 дні передавати відходи на берег, досить найпростіших накопичувальних пристроїв.

Даний спосіб застосовують у тому випадку, коли необхідне встаткування є й на судні, і в порту, у якому намічено передати відходи. На судні повинні бути насамперед контейнери, розміщені, як правило, на кормі, а в портах - судна-збирачі, спеціалізовані причали, машини -збирачі сміття, пристрої для переробки відходів і т.п.

Обробка сміття на судні

Судно може бути оснащено пристроями для обробки й знищення сміття такими, як:

- установка для спалювання суднових відходів (інсінератори);
- здрібнювач сміття (гуркіт);
- установка для пресування сміття.

Інсінератори

Значний розвиток і широке застосування в останні роки одержав термічний спосіб обробки суднових відходів. Відходи спалюються в спеціальних печах-інсінераторах. Даним способом можна знищити практично всі види суднових відходів, за винятком металу й скла, які варто відокремлювати із загальної маси. Продуктивність інсінератора визначається кількістю відходів, які можуть бути спалені в одиницю часу.

Спосіб термічної обробки суднових Відходів має наступні переваги: можливість переробки всіх видів сміття й значне зменшення його обсягу, стерильність залишків, що утворюються, автоматизація процесу.

Установки для спалювання сміття повинні мати сертифікат Регістра, що підтверджує фактичну здатність спалювати відходи, найменування яких повинне бути перераховане в Інструкції для експлуатації установки для спалювання сміття. Крім того, всі інсінератори, установлені на судах після 01 січня 2000 р., повинні мати Свідчення про типові схвалення (СПТС). В інсінераторах, що мають СПТС, дозволене часткове спалювання пластику (наприклад, паперу — 30%, картону — 40%, дрантя — 10%, пластику — 20%. Зола, що утвориться в результаті спалювання сміття, являє собою незаражене сміття, і він скидається за борт на відстані більше 12 морських миль від

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

найближчого берега за межами особливих районах за винятком золи пластмас, що може містити залишки токсичних речовин і важких металів. Така зола зберігається на борті й здається на берегові або плавучі спорудження

При спалюванні сміття забороняється завантажувати в інсінератори велику кількість промасленого дрантя й пластику, тому що це може привести до різкого підвищення температури в реакторі й підвищеної димності газів, що відходять, тому варто звернути увагу на використання інсінераторів у портах. Так, наприклад, у територіальних водах країн - учасників Конвенції ХЕЛКОМ 92 у районі Балтійського моря забороняється будь-яке спалювання відходів, що утворилися на борті судна.

Відсепаровані нафтові залишки й дрантя, що вміщує нафту, підлягають знищенню на судні в установках для спалювання судових відходів або здачі на берег, про що робиться відповідний запис у ЖНО (журналі нафтових операцій), частина 1.

До недоліків способу можна віднести достатню пожежонебезпеку на судні, підвищена витрата палива й трудомісткість додаткового обслуговування.

Принцип роботи.

Процес спалювання сміття в інсінераторі можна умовно розділити на два етапи: попереднє висушування й властиво спалювання.

Висушування сміття дозволяє повніше використовувати їхню теплотворну здатність і тим самим заощаджувати паливо. Ефективність висушування відходів залежить від наступних факторів: розподілу вологи в межах маси відходів, температури в зоні висушування (згорання), наявності пристроїв для перемішування відходів з метою підвищення швидкості переносу тепла, розміру часток відходів (зменшення розмірів часток сприяє не тільки більше швидкому висушуванню, але й більше ефективному спалюванню).

Висушування відходів в інсінераторах відбувається шляхом конвекційного переносу теплоти від потоків гарячого повітря, а також за рахунок нагрівання від полум'я або від поверхні камери згорання. Природно, що визначальною для процесу висушування й спалювання є кількість

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

забезпечуваної теплоти. Воно досягається спалюванням палива, що впорскується через спеціальні форсунки, а також теплотворною здатністю самих відходів. Створити оптимальний режим процесу спалювання в інсінераторах досить складно через те, що різні компоненти відходів значно відрізняються по теплотворній здатності. Знаючи теплотворну здатність кожного компонента, що входить у відходи, обсяг відходів, що накопичуються, і їхній состав, можна підрахувати загальну теплотворну здатність маси й визначити потрібний тип інсінератора. На загальну теплотворну здатність маси відходів великий вплив робить співвідношення різних компонентів і в першу чергу харчових відходів і сухого сміття (папір, пластмаса й т.п.).

У сучасних інсінераторах попереднє висушування відходів здійснюється безпосередньо в топленні. Виключення становить шлам стічних вод: вологість його значно перевищує припустима межа, до якого можна спалювати відходи без подачі в топлення додаткового палива. Іноді шлам попередньо перемішують із паливом у спеціальному змішувальному пристрої. Підсушуванню сприяють застосовувані для цих цілей колосникові ґрати, а також подача в топлення повітря.

Перед спалюванням відходи доцільно підготувати: відокремити предмети, здатні при розплавлюванні залити отвору колосникових ґрат і тим самим зменшити подачу повітря, наприклад предмети з алюмінієвих сплавів або скла (температура плавлення їх відповідно близько 700 і близько 1100°C). Процес підсушування відходів, а отже, і їхнє наступне спалювання значно поліпшуються, якщо в топленні є пристрою для перемішування відходів.

Топлення звичайно розігрівають до температури не менш 500 °C и заповнюють твердими відходами. Спалювання відходів здійснюється за принципом піроліза. При температурі близько 300 °C із органічних речовин починається випар газоподібних фракцій. Відбувається так звана суха перегонка твердих відходів. Гази піднімаються у верхню частину топлення або в суміжну камеру згоряння, і там за допомогою допоміжного факела повністю

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

згоряють. При температурі більше 750 °С погано, що пахнуть газу, протягом декількох секунд розпадаються.

Рідкі відходи подають в інсінератори в роспорошуваному виді через спеціальні шламові форсунки. Підготовка рідких відходів до спалювання полягає в готуванні суміші, що містить не менш 50 % палива й попередньо підігрітої до 60...80 °С. Теоретично для спалювання 1 кг рідких відходів потрібно близько 4 кг атмосферні повітря. Для впевненості в повнім згорянні відходів рекомендується забезпечувати 50 % надлишку повітря. Отже, що рекомендується витрата становить 6 кг повітря на 1 кг відходів.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

8. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ/ОБОРОНА

8.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

8.1.1. Вихідні дані (сценарій виникнення надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту)

Танкер-хімовоз «Москальво» на переході через Індійський океан в районі Малакської протоки був атакований піратським човном. Пірати зробили по судну декілька пострілів із стрілецької зброї і гранатометів. Після того, як атака піратів була відбита, в носовій частині судна було виявлено пошкодження вантажної ємкості і розлив токсичної рідини, сірковуглецю, що є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість сірковуглецю, що розлився, – 12 т, характер розливу – «вільно». На судні виникла надзвичайна ситуація. Екіпаж укриття в надбудові судна.

Метеорологічні умови на момент виникнення надзвичайної ситуації: час 12.00, температура повітря 20°, швидкість вітру 10 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від пошкодженої вантажної ємкості до житлової надбудови судна 0,1 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

Виконати оперативний прогноз хімічної обстановки на час через 1 годину після аварії. Запропонувати заходи по зменшенню можливих втрат серед екіпажу судна.

8.1.2. Оцінка масштабів хімічного зараження території

Виконання розрахунків ведеться за допомогою формул і таблиць, наведених у Методиці прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту (Додаток 1 до «Методичних вказівок по виконанню розділу «Цивільний захист/оборона» дипломних проектів (робіт)»).

а) Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря

За заданими метеорологічними умовами (час доби - день, швидкість вітру 10 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 7.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 8.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість в вітру, м/с	Час доби					
	день			ніч		
	Наявність хмарності					
	відсутня	середня	суцільна	відсутня	середня	суцільна
0,5	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
0,6 – 2,0	конвекція	конвекція	ізотермія	інверсія	інверсія	ізотермія
2,1 – 4,0	конвекція	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія
> 4,0	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія	ізотермія

б) Розрахунок еквівалентної кількості СДОР у первинній хмарі

Кількісні характеристики викиду СДОР для розрахунку масштабів зараження визначаються за його еквівалентними значеннями.

При розливі токсичних рідин первинна хмара не утворюється, тому еквівалентна кількість $Q_{\text{з1}}$ (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{\text{з1}} = 0 \text{ т.}$$

в) Розрахунок площі розливу, тривалості вражаючої дії та еквівалентної кількості СДОР у вторинній хмарі

Площа розливу S_p (м²) сірковуглецю дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = \frac{12/1,263}{0,05} = 190 \text{ м}^2 \quad (8.1)$$

де V_p – об'єм сірковуглецю, що розлився, м³; $Q_0 = 12$ – кількість сірковуглецю, що розлився при аварії, т; $\rho = 1,263$ – щільність сірковуглецю, т/м³ (таблиця 8.2); $h = 0,05$ – товщина шару сірковуглецю (для характеру розливу – «вільно»), м.

Таблиця 8.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/ м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			К ₁	К ₂	К ₃	К ₇ для температури повітря (°С)				
								–40	–20	0	10	20
Сіркову глець	–	1,263	46,2	45	0	0,021	0,013	0,1	0,2	0,4	1	2,1

Примітка:

1. У таблиці наведені значення K₇ для вторинної хмари, тобто K₇ = K₇^{II}

Тривалість вражаючої дії СДОР визначається часом, що потрібний на його випаровування з площі розливу, і часом, протягом якого триває спад його концентрації до безпечного рівня після відходу хмари зараженого повітря від заданої точки.

Розраховуємо тривалість вражаючої дії Т (год.) сірковуглецю:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_3 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M \cdot v_{\Pi}} = \frac{0,05 \cdot 1,263}{0,021 \cdot 4 \cdot 1} + \frac{1}{1 \cdot 59} = 0,77 \text{ год.} \approx 46 \text{ хв.} \quad (8.2)$$

де K₂ = 0,021 – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірковуглецю (таблиця 7.2); K₄ = 4 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 8.3); K₇^{II} = 1 – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 8.2); K_м = 1 – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари сірковуглецю (таблиця 7.4); v_п = 59 – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год. (таблиця 8.5).

Таблиця 8.3 – Значення коефіцієнту K_4 залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	1≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_4	1	1,33	1,67	2,0	2,34	2,67	3,0	3,34	3,67	4,0

Таблиця 8.4 – Значення коефіцієнту K_m залежно від впливу характеру місцевості

Рельєф місцевості, вид рослинності і забудови	Вертикальна стійкість повітря		
	конвекція	ізотермія	інверсія
Водна поверхня, відкрита місцевість	1	1	1
Рівнинний, поодинокі дерева	0,5	0,6	0,6
Рівнинний, густий ліс	0,3	0,4	0,4
Пагорби, поодинокі дерева	0,2	0,3	0,4
Пагорби, густий ліс	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, поодинокі дерева	0,1	0,2	0,3
Передгір'я, густий ліс	0,1	0,1	0,1
Поодинокі будівлі	0,2	0,3	0,4
Міська (промислова) забудова	0,2	0,2	0,3
Територія порту	0,2	0,2	0,3

Таблиця 8.5 – Швидкість (км/год.) перенесення v_p переднього фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

Ступень вертикальної стійкості повітря	Швидкість вітру (u), м/с									
	1≤	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Інверсія	5	10	16	21	–	–	–	–	–	–
Ізотермія	6	12	18	24	29	35	41	47	53	59
Конвекція	7	14	21	28						

Розраховуємо еквівалентну кількість сірковуглецю Q_{32} (т) у вторинній хмарі:

$$Q_{32} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II} \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho}$$

$$= 1 \cdot 0,021 \cdot 0,013 \cdot 4 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot \frac{12}{0,05 \cdot 1,263} = 0,05 \text{ т} \quad (8.3)$$

де $K_1 = 0$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 8.2); $K_3 = 0,013$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірковуглецю (таблиця 8.2); $K_5 = 0,23$ – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту); $K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$ – коефіцієнт, що залежить від часу N , що пройшов з моменту початку аварії; за умовами завдання $N = 1$ год.

г) Визначення глибини і площі зони зараження

Глибину зони зараження первинною (вторинною) хмарию СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 8.6.

Так як первинна хмара відсутня, то для $Q_{31} = 0,0$ т та швидкості вітру $u = 10$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,0$ км.

Для $Q_{32} = 0,05$ т та швидкості вітру $u = 10$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарию сірковуглецю: $\Gamma_2 = 0,26$ км.

Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,26 + 0,5 \cdot 0,0 = 0,26 \text{ км} \quad (8.4)$$

де Γ' – найбільший, Γ'' – найменший з розмірів Γ_1 і Γ_2 .

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас Γ_{Π} (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 59 = 59 \text{ км} \quad (8.5)$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Γ (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_{Σ} и Γ_{Π} :

$$\Gamma = \min \left\{ \begin{matrix} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{matrix} \right\} = 0,26 \text{ км} \quad (8.6)$$

Таблиця 8.6 – Глибина (км) зони зараження

Швидкість вітру, м/с	Еквівалентна кількість СДОР, т								
	0,01	0,05	0,1	0,5	1	3	5	10	20
1 і менше	0,38	0,85	1,25	3,16	4,75	9,18	12,53	19,20	29,56
2	0,26	0,59	0,84	1,92	2,84	5,35	7,20	10,83	16,44
3	0,22	0,48	0,68	1,53	2,17	3,99	5,34	7,96	11,94
4	0,19	0,42	0,59	1,33	1,88	3,28	4,36	6,46	9,62
5	0,17	0,38	0,53	1,19	1,68	2,91	3,75	5,53	8,19
6	0,15	0,34	0,48	1,09	1,53	2,66	3,43	4,88	7,20
7	0,14	0,32	0,45	1,00	1,42	2,46	3,17	4,49	6,48
8	0,13	0,30	0,42	0,94	1,33	2,30	2,97	4,20	5,92
9	0,12	0,28	0,40	0,88	1,25	2,17	2,80	3,96	5,60
10	0,12	0,26	0,38	0,84	1,19	2,06	2,66	3,76	5,31

Визначаємо площу зони можливого зараження S_b (км²) хмарою сірковуглецю:

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 3,14 \cdot 0,26^2 \cdot 45^\circ / 360^\circ = 0,027 \text{ км}^2 \quad (8.7)$$

де $\Gamma = 0,26$ – розрахункова глибина зони зараження, км; $\varphi = 45^\circ$ – кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 8.7).

Таблиця 8.7 – Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

Швидкість вітру (u), м/с	$\leq 0,5$	0,6 – 1	1,1 – 2	>2
φ , град	360	180	90	45

Визначаємо площу зони фактичного зараження S_{ϕ} (км²):

$$S_{\phi} = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,26^2 \cdot 1^{0,2} = 0,009 \text{ км}^2 \quad (8.8)$$

де $K_8 = 0,133$ – коефіцієнт, що залежить від ступеня вертикальної стійкості повітря – ізотермії (п. 3.4. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту).

д) Розрахунок глибин поширення хмари СДОР у вражаючих концентраціях при смертельному, важкому, середньому і легкому ураженні

Територія можливого хімічного зараження умовно представляє собою сектор, що має кутовий розмір $\varphi = 45^\circ$ (таблиця 8.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,26$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу сірковуглецю. Бісектриса сектора співпадає з віссю сліду хмари та орієнтована по напрямку вітру.

У районі хімічного зараження виділяють зони смертельної концентрації, важкого, середнього і легкого ураження.

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень Γ_L (км):

$$\Gamma_L = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_L}\right)^{\Psi} = 0,92 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,05}{6}\right)^{0,515} = 0,08 \text{ км} \quad (8.9)$$

де $\lambda = 0,92$, $\Psi = 0,515$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 7.8); $Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,0 + 0,05 = 0,05$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т; $D_L = 6$ – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

Таблиця 8.8 – Коефіцієнти λ і ψ , що залежать від швидкості вітру

Коефіцієнти	Швидкість вітру (u), м/с							
	1 і менше	2	3	4	5	6	7	10
λ	3,73	2,31	1,80	1,52	1,34	1,20	1,11	0,92
ψ	0,606	0,580	0,563	0,551	0,542	0,537	0,531	0,515

Розраховуємо глибину зони важких уражень $\Gamma_{0,4l}$ (км):

$$\Gamma_{0,4l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4l}} \right)^\psi = 0,92 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,05}{2,4} \right)^{0,515} = 0,13 \text{ км} \quad (8.10)$$

де $D_{0,2l} = 0,4 \cdot D_l = 0,4 \cdot 6 = 2,4$ – значення токсодози, що відповідає 40 % летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості $\Gamma_{0,2l}$ (км):

$$\Gamma_{0,2l} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2l}} \right)^\psi = 0,92 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,05}{1,2} \right)^{0,515} = 0,18 \text{ км} \quad (8.11)$$

де $D_{0,2l} = 0,2 \cdot D_l = 0,2 \cdot 6 = 1,2$ – значення токсодози, що відповідає 20 % летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,26$ км.

е) Визначення часу підходу зараженого повітря до об'єкту (до надбудови судна)

Час підходу хмари СДОР до заданого об'єкту t (год.) залежить від швидкості перенесення хмари повітряним потоком і визначається за формулою:

$$t = \frac{x}{K_M \cdot v_{\Pi}} = \frac{0,1}{1 \cdot 29} = 0,0016 \text{ год.} \approx 6 \text{ сек.} \quad (8.12)$$

де x – відстань від джерела зараження до заданого об'єкту, км.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження території в результаті надзвичайної ситуації (розливу сірковуглецю із вантажної місткості) показала, що хмара зараженого повітря одразу досягне межі житлової надбудови судна, де укритися екіпаж судна «Москальво». Хмара зараженого повітря в районі надбудови судна буде мати концентрацію небезпечної речовини, яка може спричинити важкі ураження. Дані обставини значно ускладнюють можливість проведення ефективних заходів по ліквідації аварійної ситуації та забезпеченню безпеки екіпажу судна.

Завдяки швидкому вітру час на випаровування сірковуглецю з площі розливу скорочується, але все одно час дії вражаючих концентрацій хмари буде досить тривалим – 46 хв.

Для зменшення людських втрат пропонуються наступні заходи:

- терміново використати наявні на судні дихальні апарати, при цьому забезпечити контроль часу знаходження людей в апаратах (захисна дія дихальних апаратів обмежена часом у 30 хв.);
- якнайскоріше прибрати усіх людей з палуби всередину надбудови судна, максимально герметизувати усі приміщення в надбудові судна, надати першу медичну допомогу постраждалим;
- по можливості розгорнути судно за вітром, щоб хмара зараженого повітря рухалася вбік від надбудови судна;
- встановити контроль концентрації СДОР на відкритому повітрі і в повітрі приміщень судна;
- підготувати екіпаж до можливої евакуації.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. ВИЗНАЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СЕУ

9.1. Коефіцієнт енергетичної ефективності

Таблиця 9.1. Дані, необхідні для розрахунку ККЕЕ

Назва судна	THALASSA AVRA
Судноверф	ULSAN KOREA HYUNDAI
ІМО №.	9665633
Тип судна	Контейнеровоз
Загальна довжина, м	368
Довжина між перпендикулярами, м	355
Ширина / Осадка, м	51/ 15,8
Дедвейт, т	152343
Головний Двигун	MAN B&W 11S90ME-C9.2.
Максимальна тривала потужність (MCR), кВт і витрата палива г/кВт.год	53250 186.0
Потужність, кВт і витрата палива г/кВт.ч ГД при 0.75 (MCR)	39937 177.0
Кількість ГД	1
Використовуване паливо ISO 8217-2010	RMK380
Питома теплотворна здатність палива, кДж/кг	40868
Допоміжні двигуни	Hyundai Himsen H32/40
Максимальна тривала потужність (MCR), кВт і витрата палива г/кВт.год	14800 188
Кількість ДД	4
Використовуване паливо	RMK 380
Питома теплотворна здатність палива, кДж/кг	40868
Вихідна потужність ДГ, кВт	3700
Швидкість судна при річній осаді і 75 % потужності ГД на глибокій воді	17.0, 21
Тип використаного гвинта і кількість	1 x Не регульованого кроку

Максимальна величина $K_{KE (MAX)}$ задається степеневі емпіричною формулою в залежності від типу судна і його дедвейту:

$$K_{KE (MAX)} = a_i \cdot D_{w(i)(j)}^{-c_i},$$

де a_i , c_i – емпіричні коефіцієнти і-го типу судна

$$i = [1.....7];$$

$D_{w(i)(j)} - j$ – дедвейт і- го типу судна.

$$KKЭЭ_{\max} = a_i \cdot D_{w(i)(j)}^{-c_i} = 174.22 \times 152343^{-0.201} = 15,67 \text{ г CO}_2/\text{т-милію}.$$

Розрахункове значення коефіцієнта енергетичної ефективності судна $KKЭЭ$ - визначається по наступній формулі:

$$(\Pi \sum_{i=1}^{nE} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}) + P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE} / (f_i \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref})$$

Де:

$\sum_{i=1}^{nE} P_{ME(i)}$ – сумарна потужність ГД, кВт;

$C_{FME(i)}$ - питомий (масовий) вміст CO₂ при повному згорянні вуглецю в паливі витрачених ГД, тон CO₂/тон палива;

$SFC_{ME(i)}$ - питома ефективна витрата палива на ГД, кг/кВт-ч.

P_{AE} - потужність ДГ на ходовому режимі судна, кВт;

SFC_{AE} - питома ефективна витрата палива на ДГ, кг/кВт-ч.

f_i – коефіцієнт вантажомісткості для суден (крім льодового класу) приймається рівним 1;

$Capacity$ – дедвейт судна, т;

f_w - безрозмірний коефіцієнт, що вказує на зниження швидкості судна при хвилюванні і хитаючи (визначається на ходових випробуваннях або розрахунковим шляхом, або приймається рівним 1 до уточнення);

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

V_{ref} – експлуатаційна швидкість судна, вузли.

Розрахунковий ККЕЕ_{розр} без врахування фактору погоди ($f_w=1$)

$$\text{ККЕЕ}_{\text{розр}} = \frac{(39937 \cdot 3,206 \cdot 186.0) + (3700 \cdot 3,206 \cdot 188)}{1 \cdot 152343 \cdot 1 \cdot 21} = 8,14 \text{ г CO}_2/\text{т-милю}$$

Значення ККЕЕ з урахуванням фактору погоди, $f_w=0.90$

$$\text{ККЕЕ}_{\text{розр}} = 8,14/0,9 = 9,05 \text{ г CO}_2/\text{т-милю}$$

Отримані дані дозволяють оцінити енергоефективність СЕУ. З наведеного розрахунку видно, що значення ККЕЕ розр. при заданих параметрах нижче ККЕЕ_{мах}.

9.1.1. Узагальнений пропульсивний ККД

Таблиця 9.2. Вихідні дані

Тип судна - контейнеровоз;				
довжина між перпендикулярами $L = 355$ м;				
ширина по міделю $B = 51$ м;				
осадка по вантажну марку $T_{\Gamma} = 15,8$ м;				
швидкість ходу в повному вантажу $V_s = 21$ вузл;				
швидкість ходу в повному вантажу $\vartheta = 10,8$ м/с;				
ефективна потужність ГД $N_e = 53250$ кВт;				
частота обертання валу $n_{\Gamma Д} = 72$ мин-1;				
питома ефективна витрата палива $g_{\Gamma Д} = 0,186$ кг/кВт-год;				
теплота згоряння палива $Q_{нр} = 40040$ кДж/кг;				
ефективний ККД головного двигуна $\eta_{\Gamma Д} = 0,52$;				
ефективний ККД дизель генератора $\eta_{ДГ} = 0,48$;				
ККД допоміжного котла $\eta_{ДК} = 0,9$;				
ККД генератора $\eta_{\mathcal{E}} = 0.9$;				
щільність забортної води $\rho = 1,025$ т/м ³ ;				
робочий тиск пари в котлі $p_K = 7.0$ кг/см ² (бар);				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
				КРБ.ХУіКП.1.499-03.3.8
				Арк.
				69

ентальпія пара $i_n = 2761$ кДж/кг;
ентальпія живильної води $i_v = 335.2$ кДж/кг.

Для розглянутого типу судна (контейнеровоза) вибираємо відповідну емпіричну формулу:

$$\delta = 1 - 0.265 (V_s / L^{0.5}).$$

$$\delta = 1 - 0.265 \cdot \frac{21}{18.84} = 0.819$$

Розрахувавши δ , визначимо об'ємну водотоннажність судна, m^3

$$V = \delta \cdot L \cdot B \cdot T_{\Gamma}.$$

$$V = 0.819 \cdot 355 \cdot 51 \cdot 15.8 = 234282.3 m^3.$$

Значення масової водотоннажності отримаємо з виразу, т

$$D = V \cdot \rho.$$

$$D = 234282.3 \cdot 1.025 = 240139.4 \text{ т.}$$

Число Фруда:

$$Fr = \frac{v}{\sqrt{g \cdot L}} = \frac{10.8}{\sqrt{9.81 \cdot 355}} = 0.183$$

Безрозмірний коефіцієнт l для визначення Kl :

$$l = \frac{L}{\sqrt[3]{V}} = \frac{355}{\sqrt[3]{234282.3}} = 5.76$$

Безрозмірний коефіцієнт для визначення $K\delta$:

$$\chi\delta = 0.8 \cdot l^{0.125} \cdot Fr = 0.8 \cdot 5.76^{0.125} \cdot 0.183 = 0.182$$

За отриманими розрахунковими величинами визначаємо Kl и $K\delta$.

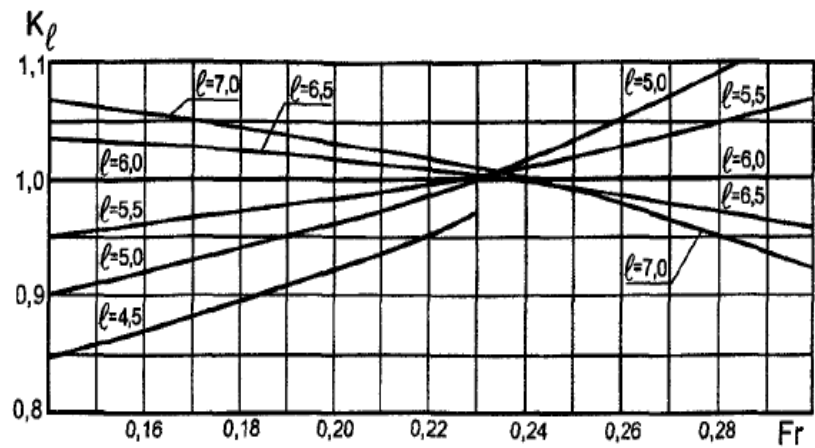


Рис.9.1. Залежність коефіцієнта K_l від l і числа Fr

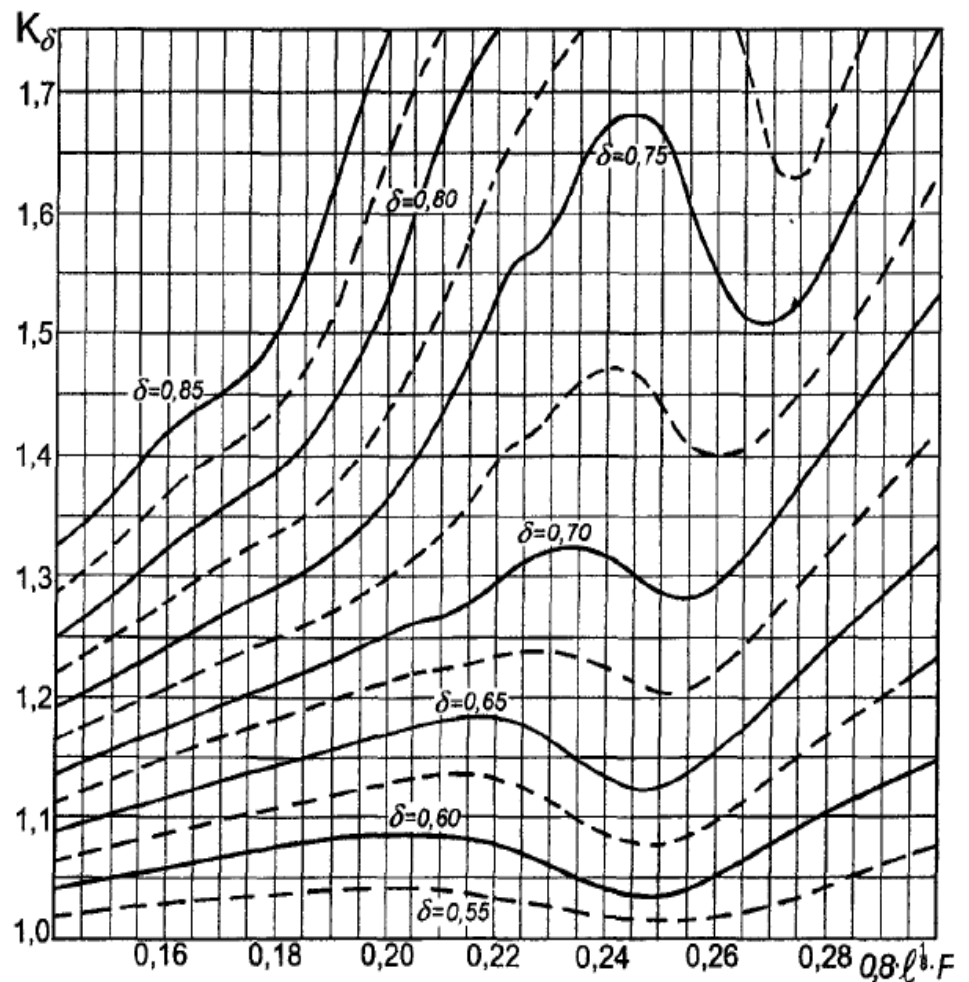


Рис.9.2. Залежність коефіцієнта K_δ от δ та параметра $0.8 l^{0.125} \cdot Fr$

$$K_\delta = 1,42 ; K_l = 0.885$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8

Арк.

71

Далі по рис.9.3. для $D = 240139,4$ т и $V_s = 21$ вузлів визначаємо N_0 :

$$N_0 = 25000 \text{ кВт.}$$

Розрахункова величина буксирувальної потужності становить:

$$N_B = N_0 \cdot K_l \cdot K_\delta = 25000 \cdot 0.885 \cdot 1.42 = 31417,5 \text{ кВт}$$

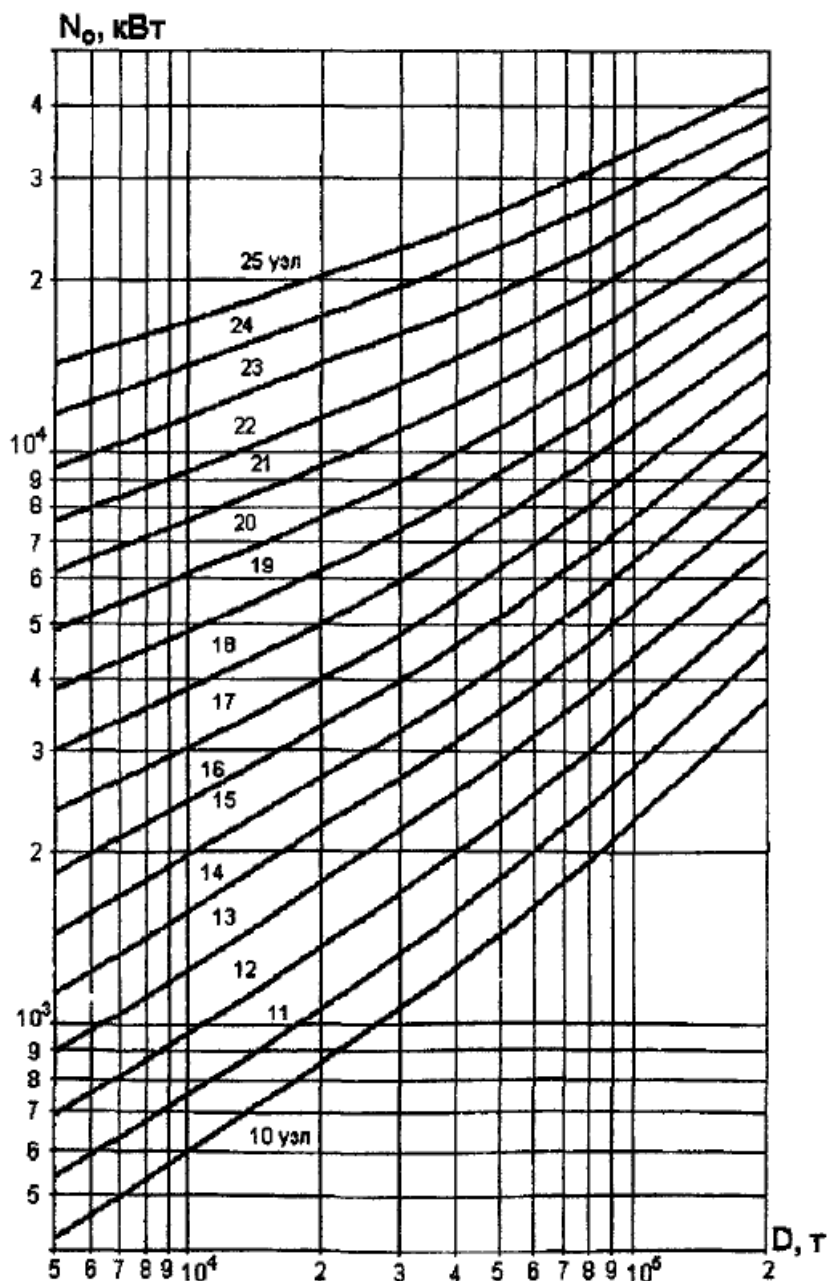


Рис.9.3. Залежність буксирувальної потужності від водотоннажності і швидкості судна

9.2. Енергетичні показники СЕУ

Годинна витрата палива на ГД, кг/год :

$$B_{ГД} = g_{ГД} \cdot Ne_{ГД} = 0.186 \cdot 53250 = 9904,5 \text{ кг/год.}$$

Годинну витрату палива на ДГ, кг/год:

$$B_{ДГ} = g_{ДГ} \cdot Ne_{ДГ}.$$

$P_{ДГ}$ – навантаження генераторів на ходовому режимі визначається по формулі:

$$Ne_{ДГ} = P_{ДГ} / \eta_z.$$

$$P_{ДГ} = 120 + 0,028 \cdot Ne_{ГД} + P_{РК}$$

$$P_{ДГ} = 120 + 0,028 \cdot 53250 = 1611.$$

Енергоспоживання рефконтейнерами $P_{РК}$ в даному розрахунку не знаходиться

$$Ne_{ДГ} = 1611 / 0.9 = 1790.$$

$$B_{ДГ} = 0.188 \cdot 1790 = 336,52 \text{ кг/год.}$$

Витрата палива на ДК становить, кг/год

$$B_{ДК} = \frac{D_{ДК} \cdot (i_{п} - i_{пв})}{\eta_{ДК} \cdot Q_H^p}$$

де:

$$D_{ДК} = 1000 + 0.09 \cdot Ne_{ГД}.$$

$$D_{ДК} = 1000 + 0.09 \cdot 53250 = 5792,5 \text{ кг/год}$$

Відповідно,

$$B_{ДК} = \frac{5792,5 \cdot (2761 - 335)}{0,9 \cdot 40040} = 386,75 \text{ кг/год.}$$

Визначаємо узагальнений пропульсивний ККД:

$$\eta_{у.п} = \frac{3600 \cdot N_6}{Q_H^p \cdot (B_{ГД} + B_{ДГ} + B_{ДК})}$$

$$\eta_{у.п} = \frac{3600 \cdot 31417,5}{40040 \cdot (9904,5 + 336,52 + 386,75)} = 0,266$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахункове значення для пропульсивного к. п. д. η_p становить при отриманій величині N_B и заданому значені потужності ГД $Ne_{ГД}$:

$$\eta_p = \frac{N_6}{Ne_{ГД}} = \frac{31417,5}{53250} = 0,59.$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічний ефект впровадження нової техніки, капітальних вкладень, техзаходів повинна мати загальну основу. Загальними є методи порівняння результатів і витрат, одноразових і поточних витрат, облік факторів часу, критерій економічної ефективності та принципи його визначення. Разом з тим окремі види наукової роботи мають свою особливість, оскільки їх результат не зводиться тільки до економічної ефективності.

Розрахунок виконаємо по методиці, заснованій на єдиних принципах визначення економічної ефективності нової техніки, винаходів і раціоналізаторських пропозицій, діючих на морському транспорті.

Застосування методу аналізу небезпеки та працездатності веде до зниження витрат на технічне обслуговування і ремонт механізмів суднової холодильної установки, до зменшення часу ремонту, зниження витрат часу на пошук і усунення несправностей.

Застосування методу аналізу небезпеки та працездатності дозволяє прогнозувати залишковий ресурс технічних засобів і оцінювати оптимальні терміни і об'єми ремонту і технічного обслуговування, а також дозволяє вести розрахунок параметрів стану і техніко-економічних показників ефективності використання цієї системи.

Наближена оцінка річної економіки експлуатаційних витрат від підвищення ресурсу й терміну служби суднової холодильної установки за рахунок зниження числа аварій і зниження швидкості його зношування виконується по формулі :

$$\Delta E_a = 18000 \cdot 0,1 + 1800 \cdot \frac{1}{5} = 2160(\$)$$

$K_{эу}$ - вартість об'єкта удосконалення, $K_{эу} = 18000 \$$

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta T_{cl} = 1 \text{ доб},$$

$$T_{mn} = 5 \text{ рок.},$$

- підвищення терміну служби й ресурсу, старе й нове значення терміну служби, величина міжремонтного періоду, доб.

$$\theta_p - \text{середні річні витрати на кап. ремонт, } \theta_p = 1800 \$.$$

Річна економія від зменшення витрат на поточний ремонт при зниженні числа аварійних відмов визначається по формулі :

$$\Delta E_n = \Delta n_a \cdot \theta_T = 0,3 \cdot 900 = 270(\$)$$

- відносне зниження числа аварійних відмов;=0,3

- середньорічні витрати на тех. ремонт, = 900 \$.

Річне зниження втрат прибутку й технічних збитків за рахунок застосування методу аналізу небезпеки і працездатності, що забезпечують затримок у порту, а також зменшення аварій судна за рахунок зниження числа аварійних відмов. Наближена оцінка річної економії визначається відповідно до співвідношення :

$$\Delta E_y = \frac{\Pi}{T_3 \Delta T_3^y + K_y \Delta y D_w} = 9306(\$)$$

Для розрахунку приймаємо вихідні дані рейсу т/х «MAERSK STRALSUND» из порта Сингапур в порт Гонк-Конг

T_3 – експлуатаційний період судна, $T_3 = 360$ діб.

D_w – дедвейт = 108250 тонн;

D_q – планова вантажопідйомність = 8400 TEU;

- річний прибуток судна, = 5000000 \$;

- зміна експлуатаційного періоду судна 1 доб.;

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

= 3 - 5 - коефіцієнт обліку ком. збитків;

- річне питома зменшення величини тех. збитків судна від аварій, приймається 1,24

Основний показник середньої економічної ефективності даного варіанта – річний економічний ефект.

$$\sum E_{\text{рік}} = \Delta E_a + \Delta E_n + \Delta E_y$$

$$\sum E_{\text{рік}} = 2160 + 270 + 9306 = 11736(\$)$$

Залишковий термін служби ($T_{\text{жц}}$) даного судна становить близько 10 років

Тоді збільшення прибутку за строк, що залишився, роботи судна складе:

$$\sum E_{\text{жц}} = \sum E_{\text{рік}} \cdot T_{\text{жц}} = 11736 \cdot 10 = 117360(\$)$$

Таким чином прийняте в дипломному проекті інженерне рішення застосування методу аналізу небезпеки і працездатності економічно доцільна, забезпечує судновласнику економічний ефект за розрахунковий період служби одного судового крана 117360 у.о. Крім того технічний ефект складається в значному підвищенні надійності судових холодильних установок і, як наслідок, підвищення безпеки мореплавання судна.

В умовах відкритої ринкової економіки розширюється діапазон оцінки ефективності науково-технічних розробок, а отже, збільшується кількість основних видів ефективності НДДКР, які необхідно визначити з метою цієї оцінки. До них належать:

– **науково-технічний ефект**, який проявляється у підвищенні науково-технічного рівня, поліпшенні параметрів техніки і технологій, що впливає з

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

відкриття нових законів та закономірностей у природі, а отже, і нових технологічних засобів виробництва речовин, матеріалів та видів продукції;

– **економічний ефект** полягає в отриманні економічних результатів від науково-технічних розробок як в цілому для народного господарства, так і для кожного виробничого суб'єкта. Економічна ефективність науково-технічних розробок за відповідною системою показників має відображати вплив їхньої результативності на розвиток економіки країни в цілому, а також регіонів, галузей, організацій і підприємств, що беруть участь у реалізації технологічних нововведень;

– **соціальний ефект**, що відображає зміни умов діяльності людини в суспільстві. Його прояв спостерігається в змінах характеру та умов праці, підвищенні життєвого рівня населення, поліпшенні побутових його умов, розширенні можливостей духовного розвитку особистості, у змінах стану довкілля;

– **маркетинговий ефект**, що відображає потреби ринку в наукових дослідженнях і розробках та можливість їх реалізації.

Науково-технічну ефективність (НТЕ) результатів прикладних робіт визначають на основі показників науково-технічного рівня. Оцінка науково-технічної ефективності НДДКР відбувається на основі показника $O_{НТЕ}$, який представляє собою ступінь досягнення максимально можливого рівня, значення якого дорівнює 1 (одиниці):

$$O = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad (10.1)$$

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

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

Значення показника K^{Φ}_{HTE} визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 10.1).

Таблиця 10.1

Шкала експертних оцінок для виміру рівня
науково-технічної ефективності проектів

№	Групи показників	Характеристика показників	Інтервал рейтингового числа	Коефіцієнт значущості показників
1	Науково-технічний рівень	Перевищує кращі світові аналоги	10	0,35
		Відповідає світовому рівню	7 – 9	
		Нижче кращих світових аналогів	5 – 6	
		Перевищує кращі вітчизняні аналоги	3 – 4	
		Відповідає вітчизняному рівню	1 – 2	
		Нижче вітчизняного рівня	0	
2	Перспективність	Першочергова значущість	8 – 10	0,35
		Значущий	5 – 7	
		Корисний	1 – 4	

3	Потенційний масштаб практичного використання	Світовий ринок	10	0,20
		Галузі національної економіки	7 – 9	
		Галузь (регіон)	3 – 6	
		Окремі підприємства (об'єднання)	1 – 2	
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

Примітка: об'єкт оцінки і аналог(и), які порівнюють за однаковими показниками, наведеними у співставленому вигляді відхилення в значеннях кожного з показників, мають бути однаковими для варіантів, що порівнюються.

Проведення оцінки

Визначають K^{Φ}_{HTE} на основі експертної оцінки науково-технічного рівня розробки.

З цією метою:

- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл.10.1.

До числа специфічних показників відносять:

– **для нової техніки:** продуктивність, споживання інженерних ресурсів на виробітку одиниці продукції, потреба в робочих, які обслуговують обладнання, експлуатаційні витрати на одиницю продукції;

– **для нових матеріалів і речовин:** вміст корисних речовин для виробітки готової продукції, питома вага відходів у загальному обсязі переробленої сировини, вартість одиниці ... нового матеріалу;

– **для нових технологій:** якість виробленої продукції, енергоємність і трудомісткість продукції, собівартість одиниці продукції.

З метою спрощення визначення $K^{\Phi}_{НТЕ}$ у табл. 10.2 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 10.2

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

ПОКАЗНИКИ	Варіанти технології	
	розробленої	співвідносної (аналога)
Рівень новізни	світовий	-
Якість продукції	найвища	вища
Споживання на 1 т продукції		
– тепла, Гкал	5,14	6,85
– електроенергії, кВт·годину	46,72	54,36
– води, м ³	4,13	3,12
Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну	17,5	6,17

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

$$\text{НТЕ} = \sum B_i \times K_i^3 \quad (10.2)$$

де $i = 1 \div 4$,

B_i – бали (рейтингове число),

K – коефіцієнт значущості показників.

Рівень науково-технічної ефективності НДДКР розраховано на основі наведених даних прикладу (табл. 10.3).

Таблиця 10.3

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

№	Групи показників	Рейтинг експертів			Середня за експертними оцінками	НТЕ
		1	2	3		
1	Науково-технічний рівень	8	8	9	8,33	2,91 (8,33 x 0,35)
2	Перспективність	6	7	6	6,33	2,21 (6,33 x 0,35)
3	Потенційний масштаб практичного використання	4	5	5	4,67	0,93 (4,67 x 0,20)
4	Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів	7	8	7	7,33	0,73 (7,33 x 0,10)
В С Ъ О Г О						6,78

$$HTE = 7 \cdot 0,35 + 6 \cdot 0,35 + 5 \cdot 0,2 + 6 \cdot 0,1 = 2,45 + 2,1 + 1 + 0,6 = 6,15$$

Отриманий результат слід порівняти з максимально можливим значенням, яке дорівнює 10 балам ($10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,35 + 10 \cdot 0,2 + 10 \cdot 0,1$).

Отже, оцінка рівня HTE може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки HTE (K_{HTE}):

$$K_{HTE} = \frac{HTE}{10} \cdot 100 \%$$

На основі даних табл. 6.3 можна дійти до висновку, що K_{HTE} відповідає 61,5 %, тобто:

$$K_{HTE} = (6,15 \cdot 100) / 10 = 61,5 \%$$

В тому випадку, коли значення K_{HTE} перевищує середнє значення, яке дорівнює 5,0, має бути зроблено висновок про достатній рівень HTE:

- цілком достатній 5,0 – 6,0;
- достатній 6,1 – 8,0;
- достатньо високий 8,1 – 9,0;
- високий 9,1 – 10.

Таким чином, рівень HTE технології можна визнати достатнім. Отже, розроблену технологію пропонується впроваджувати у виробництво

ВИСНОВКИ

В кваліфікаційній роботі розглянуто питання роботи холодильної установки рефрижераторного контейнеру на холодильних агентах: R134a, R404a, R407c, R410a. Як показали проведені дослідження, найбільш раціональним в холодильній системі рефрижераторного контейнеру являється використання холодильного агенту: R134a. Не зважаючи на те, що по термодинамічним властивостям він поступається іншим вище означеним фреонам, але враховуючи добове споживання електроенергії він являється найбільш перспективним. При цьому слід відзначити, що тиск в системі буде на 2 бар. менше в порівнянні з іншими холодильними агентами. Не зважаючи на те, що моторесурс компресора при використанні холодильного агенту R134a збільшується, але як показала практика, компресор виходить із ладу в більшості випадків із не досконалості статорно – роторній групі електродвигуна компресора. Крім цього, площа поверхні теплообмінників (конденсатора, повітроохолоджувача) буде на 30 - 40 відсотків менше. Для R134a не притаманний “ температурний глайд ” і в разі потреби до заправки системи не виникає особливих проблем та матеріальних витрат.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						84
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Діагностика та аналіз роботи холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 61 с.
2. Конспект лекцій по холодильним установкам [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 59 с.
3. Методичні вказівки для розрахунку провізійних камер [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2020. — 24 с.
4. Методичні вказівки та примірний розрахунок по курсовому та дипломному проектуванню з дисципліни "Холодильні машини і установки спеціального призначення" [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 34 с.
5. Монтаж та ремонт холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2022. — 52 с.
6. Суднова холодильна техніка [Електронний ресурс] : конспект лекцій / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2020. — 59 с.
7. Холодильні установки [Електронний ресурс] : посібник до самост. роботи та виконання контрол. завдання (5.05060403 курс 5, семестр 9) / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2018. — 15 с.
8. Холодильні установки спеціального призначення [Електронний ресурс] : посібник до курсового проектування / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 21 с.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

9. Холодильні установки спеціального призначення : конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 99 с.
10. Холодильні установки [Текст] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, С. Ю. Лар'яновський. — Одеса : ОДАХ, 2012. — 60 с.
11. Монтаж і ремонт холодильних установок. Несправності в роботі холодильної установки : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 35 с. — Електрон. текст. дані.
12. Суднова холодильна техніка. Рефрижераторні контейнери : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 23 с.
13. Холодильні установки. Системи відводу теплоти конденсації : метод. вказівки [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. А. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 21 с.
14. Холодильні установки спеціального призначення [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2013. — 488 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 483.
15. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Херсон : Грінь Д.С., 2014. — 484 с. : іл.

					КРБ.ХУКП.1.499-03.3.8	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		