

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему Проект охолоджувальної системи провізійних камер суховантажного судна для 25 членів екіпажу

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Базаджи В.В.
(прізвище, ініціали)

4 курсу ЕН-141а групи
Керівник доц. Подмазко О.С.
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. каф. ХУ і КП Подмазко О.С.
доц. каф. ХУ і КП Піщанська Н.О.
(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ р, протокол № ____

Завідувач кафедри ХУ і КП _____ Михайло ХМЕЛЬНЮК
(назва кафедри) (підпис) (Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2024 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет Низькотемпературної техніки та інженерної механіки
Кафедра Холодильних установок і кондиціонування повітря
Ступінь вищої освіти Бакалавр
Спеціальність 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри М.Г. Хмельнюк

«1» березня 2024 р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Базаджи Володимира Вікторовича

1. Тема роботи Проект охолоджувальної системи провізійних камер суховантажного судна для 25 членів екіпажу
Затверджена наказом університету від 31.08.2023 р. наказ № 487-03
2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2024 р.
3. Вихідні дані роботи: розрахункова літня температура 32 °С; R507;
температури кипіння: $t_0 = -12; -30; -40$ °С, температура конденсації $t_k = 45$ °С;
Раціональна охолоджувальна система провізійних камер
4. Перелік питань, які потрібно розробити: вступ; обґрунтування і вибір схеми СХУ; Обґрунтування і вибір системи охолодження; Вибір ізоляційних матеріалів; Розрахунок ізоляційної конструкції; Розрахунок тепло припливів в охолоджуване приміщення; Вибір і розрахунок охолоджуючих приладів; Визначення необхідної поверхні і підбір; Раціональна охолоджувальна система провізійних камер; Охорона праці; Цивільний захист; Економічна частина; Технічна експлуатація ХУ
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): план та розрізи провізійної камери (2 листа); розводка трубопроводів; повітроохолоджувач; схема раціональної охолоджувальної системи провізійних камер; регулятор тиску (до себе); ізоляційні конструкції; презентація.

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

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.
Цивільний захист	Подмазко О.С., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.
Економічна частина	Піщанська Н.О., доц. ХУ і КП	17.03.2024р.	15.05.2024 р.

7.Дата видачі завдання

01.02.2024 р.

Керівник

Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання

Базаджи Володимир Вікторович

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Обґрунтування і вибір схеми СХУ	25.03.2024	виконано
2	Обґрунтування і вибір системи охолодження	01.04.2024	виконано
3	Вибір ізоляційних матеріалів. Розрахунок ізоляційної конструкції	15.04.2024	виконано
4	Розрахунок тепло припливів в охолоджуване приміщення	30.04.2024	виконано
5	Вибір і розрахунок охолоджуючих приладів. Визначення необхідної поверхні і підбір	10.05.2024	виконано
6	Рациональна охолоджувальна система провізійних камер	15.05.2024	виконано
7	Охорона праці. Цивільний захист. Економічна частина. Технічна експлуатація ХУ.	30.05.2024	виконано

Здобувач-дипломник _____ Базаджи Володимир Вікторович

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 роботі відсутні порушення норм академічної доброчесності.

Здобувач-дипломник

Базаджи Володимир Вікторович

АНОТАЦІЯ

Бакалавр ЕН-141а групи_Базаджи Володимир Вікторович

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

Для виконання дипломної роботи була розглянута охолоджувальна система провізійних камер суховантажного судна з підтриманням температур в камерах: м'ясна -30°C ; рибна -20°C ; овочева $+2^{\circ}\text{C}$. Схеми холодильних установок можна представити скомпонованими з декількох характерних вузлів зі своїми специфічними особливостями. Такі вузли можуть бути утворені з елементів холодильної установки по їх функціональному призначенню. Вузли устаткування відрізняються деякими особливостями, обумовленими застосуванням різних способів охолодження (безпосереднього або непрямого), різним числом ступенів стиснення і температур кипіння, типом встановленого устаткування і кількістю встановлених одиниць. Згідно вимог Морського реєстра до суднових холодильних установок пред'являються більш жорсткі умови проектування в порівнянні з іншими холодильними установками. Зокрема по кількості встановленого основного та допоміжного холодильного обладнання. Кожний квадратний метр судна повинен раціонально використовуватись. Для зменшення кількості компресорів нами була запропонована холодильна установка, яка працює на одному компресорі на три температури кипіння. Для цього були використані регулятори тиску.

Кількість ілюстрацій - 19, таблиць - 25, стр. ДР -80

Ключові слова: провізійні камери; ізоляційні конструкції; теплове навантаження; холодильні цикли; регулятори тиску; компресор; прилади охолодження; магістральні трубопроводи

					ДР:Проект охолоджувальної системи провізійних камер			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Базаджи В.В			Розрахунково- пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.		Подмазко О.С.					4	80
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.								
					ОНТУ гр. ЕН-141а			

ANNOTATION

Bachelor EN-141a group Bazadzhi Volodymyr Viktorovych

Supervisor: associate professor, candidate of technical sciences Podmazko O.S.

For the completion of the thesis, the cooling system of the provision chambers of a dry cargo ship was considered with temperature maintenance in the chambers: meat -30°C ; fish -20°C ; vegetable $+2^{\circ}\text{C}$. Schemes of refrigerating plants can be represented as composed of several characteristic nodes with their specific features. Such nodes can be formed from the elements of the refrigeration unit according to their functional purpose. Equipment units differ in some features due to the use of different methods of cooling (direct or indirect), a different number of degrees of compression and boiling temperatures, the type of installed equipment and the number of installed units. According to the requirements of the Maritime Register, ship refrigeration units are subject to stricter design conditions compared to other refrigeration units. In particular, by the number of installed main and auxiliary refrigeration equipment. Every square meter of the ship must be rationally used. To reduce the number of compressors, we proposed a refrigeration unit that operates on one compressor for three boiling temperatures. Pressure regulators were used for this.

Number of illustrations - 19, tables - 25, pages DW -80

Keywords: provisional cameras; insulating structures; heat load; refrigeration cycles; pressure regulators; compressor; cooling devices; main pipelines

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

ЗМІСТ

1. Вступ.....	7
2. Обґрунтування і вибір схеми СХУ.....	9
3. Обґрунтування і вибір системи охолодження.....	12
4. Вибір ізоляційних матеріалів. Розрахунок ізоляційної конструкції.....	15
5. Розрахунок тепло припливів в охолоджуване приміщення.....	21
6. Вибір і розрахунок холодильного циклу та охолоджуючих приладів. Визначення необхідної поверхні і підбір.....	28
7. Раціональна охолоджувальна система провізійних камер.....	41
8. Охорона праці.....	44
9. Цивільний захист.....	52
10. Економічна частина.....	61
11. Технічна експлуатація ХУ.....	70
12 Література.....	78

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

В даний час холодильні машини встановлюють практично на всіх судах. Область їх застосування визначається типом і призначенням судна. На судах всіх типів холодильні машини використовують для охолодження провізійних камер і забезпечення роботи суднових систем комфортного та технічного кондиціонування повітря; крім того, на великовантажних судах - для охолодження ємності вуглекислотного пожежогасіння; на рефрижераторних судах і судах, що мають рефрижераторні трюми, - для охолодження, заморожування і збереженій перевезення швидкопсувних вантажів; на рибпромислових з-для охолодження і заморожування видобутого улову і приготування льоду; на судах-газовозах-для підтримки відповідних температурних умов в танках зі скрапленим газом, та ін.

Найбільш широке застосування на судах знайшли парокомпресорні холодильні машини як найбільш економічні, компактні і універсальні.

Компресійні машини працюють з витратою механічної енергії, абсорбція і пароежекування - з витратою теплової енергії, тому останні прийнято називати тепловикористовуючими холодильними машинами. У парових холодильних машинах (компресійних, ежекторних, абсорбції) для отримання низьких температур використовується дроселювання рідини, що супроводжується зниженням температури (позитивний ефект Джоуля-Томпсона), а для відводу теплоти від охолоджуваного об'єкта - фазовий перехід рідини - пароутворення. У газових і повітряних холодильних машинах для отримання низьких температур використовується розширення стисненого газу (повітря) з отриманням зовнішньої роботи або дроселювання, а для відводу теплоти - нагрівання в охолоджуваному об'єкті газу (повітря), охолодженого до більш низької температури при розширенні або дроселювання.

До складу суднової холодильної установки можуть входити: одна або кілька холодильних машин, додаткове обладнання та системи, необхідні при

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

виробництві та використанні штучного холоду (системи енерго- і водопостачання, приготування та подачі проміжного холодоносія і ін.), А також прилади та системи управління, контролю, захисту, сигналізації та автоматичного регулювання, що забезпечують нормальну роботу холодильних машин.

Судова холодильна техніка та техніка кондиціонування повітря безперервно удосконалюється: зменшується матеріаломісткість, покращуються і уніфікуються конструкції обладнання, підвищуються його енергетична ефективність, надійність і довговічність, знижуються експлуатаційні витрати.

Освоїла і широко впроваджуються нові роторні, лопатеві і гвинтові холодильні компресори. Удосконалено конструкції відцентрових холодильних компресорів. Освоєно серійне виробництво холодильних компресорів з вбудованим приводом - без-сальникових і герметичних. Прискорилися темпи впровадження нових високоефність теплообмінних апаратів (хладонових мідно-алюмінієвих повітро-охолоджувачів і конденсаторів з просічно ребрами, кожухотрубних випарників з внутрішньотрубним ребрами і внутрішньо трубним кипінням: холодоагенту і ін.). Ведуться роботи по створенню пластинчастої і пластинчато-ребристою теплообмінної апаратури. Істотний економічний ефект дає комплексна автоматизація, оптимізація складу і експлуатаційних режимів роботи холодильних установок.

Для нових холодильних машин, як освоєних, так і освоюваних в серійному виробництві, характерне значне підвищення частоти обертання валу компресорів (приблизно в 1,5-2 рази) зниження металоємності (в середньому на 20%) і енергоємності (приблизно на 5%), збільшення міжремонтних ресурсів і ресурсів до капітального ремонту (в середньому в 1,5 рази).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Обґрунтування і вибір схеми СХУ

Під схемою холодильної установки розуміють умовне зображення розташування і взаємозв'язку машин, апаратів, трубопроводів, заторних і регучих органів та іншої апаратури, необхідної для функціонування установки. Схемою установки називають також прийняту систему взаємозв'язків вузлів установки, що забезпечує заданий процес.

Правила Регістру передбачають резервування основних вузлів установки, що вимагає від схем установок гнучкості, т. Е. Можливості підключення або відключення резервного або основного обладнання, а також зміни самої схеми роботи шляхом відповідних переключень, при яких різні холодильні машини можуть забезпечувати холодом різні споживачі . Крім того, необхідно забезпечення безпеки роботи установки, для чого схема повинна бути досить простий в управлінні і регулюванні, а на випадок аварійних ситуацій в схемі повинні бути передбачені предохранительные і захисні пристрої.

У схемах також повинні бути передбачені необхідні контрольно-вимірювальні прилади і прилади автоматичного керування та регулювання. Автоматичні пристрої управління повинні бути дубльовані відпоствующими ручними органами управління.

Залежно від технологічної схеми процесу пред'являють визначено-ні вимоги до рівня температури в охолоджувальних системах, що в значній-котельної мірою зумовлює тип машин і схему холодильної установки.

У цій роботі об'єктом охолодження служать провізійні камери суховантажного судна з підтриманням температур в камерах:

м'ясна -30 ° С

рибна -18 ° С

овочева + 2 ° С

Для підтримки заданих температур в провізійних камерах доцільно використовувати поршневий компресор одноступінчастого стиснення,

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

оскільки не потрібно великої холодопродуктивності і схема найбільш проста. Поршневі компресори застосовуються в холодильних установках з холодопродуктивністю $Q_0 = 0,1 \dots 300$ кВт.

Холодильні установки провізійних камер мають малу холодопродуктивність і як правило обладнані індивідуальними автоматизованої-ванними холодильними машинами, що комплектуються компресорно-кондесаторними агрегатами. Конденсатори установок у багатьох випадках виконують також функції ресивера, що зменшує розміри і знижує вартість машин. У одноступеневих компресорах також відсутній проміжний посудину і охолоджувач.

Вузол подачі холодоагенту в випарну систему, що забезпечує роботу споживача холоду, в тому числі технологічних пристроїв (морозильні апарати, льодогенератори і ін.), повинен забезпечувати надійну роботу холодильної установки, при якій виключається можливість виникнення гідравлічних ударів, а розподіл робочого тіла по випарним системам відповідає їх тепловим навантаженням. Схема подачі холодоагенту у випарник-ні системи повинна бути такою, щоб масо габаритні показники були найкращими, ємність по холодоагенту найменшою, теплообмін в випарник-них приладах охолодження більш ефективним, а експлуатація системи (відтаювання охолоджуючих приладів, видалення масла і забруднень, виконання ремонтних і регламентних робіт) - найбільш простий і зручною.

Схеми подачі холодоагенту в випарні системи за принципом створення напору підрозділяються на без насосні і насосні.

Подача холодоагенту в випарні батареї провізійних камер без насосна, з подачею холодоагенту під дією різниці тисків перед Терморегулювальним клапаном і в випарної системі.

Схема автоматизированной провізійної холодильної установки (рис.1).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

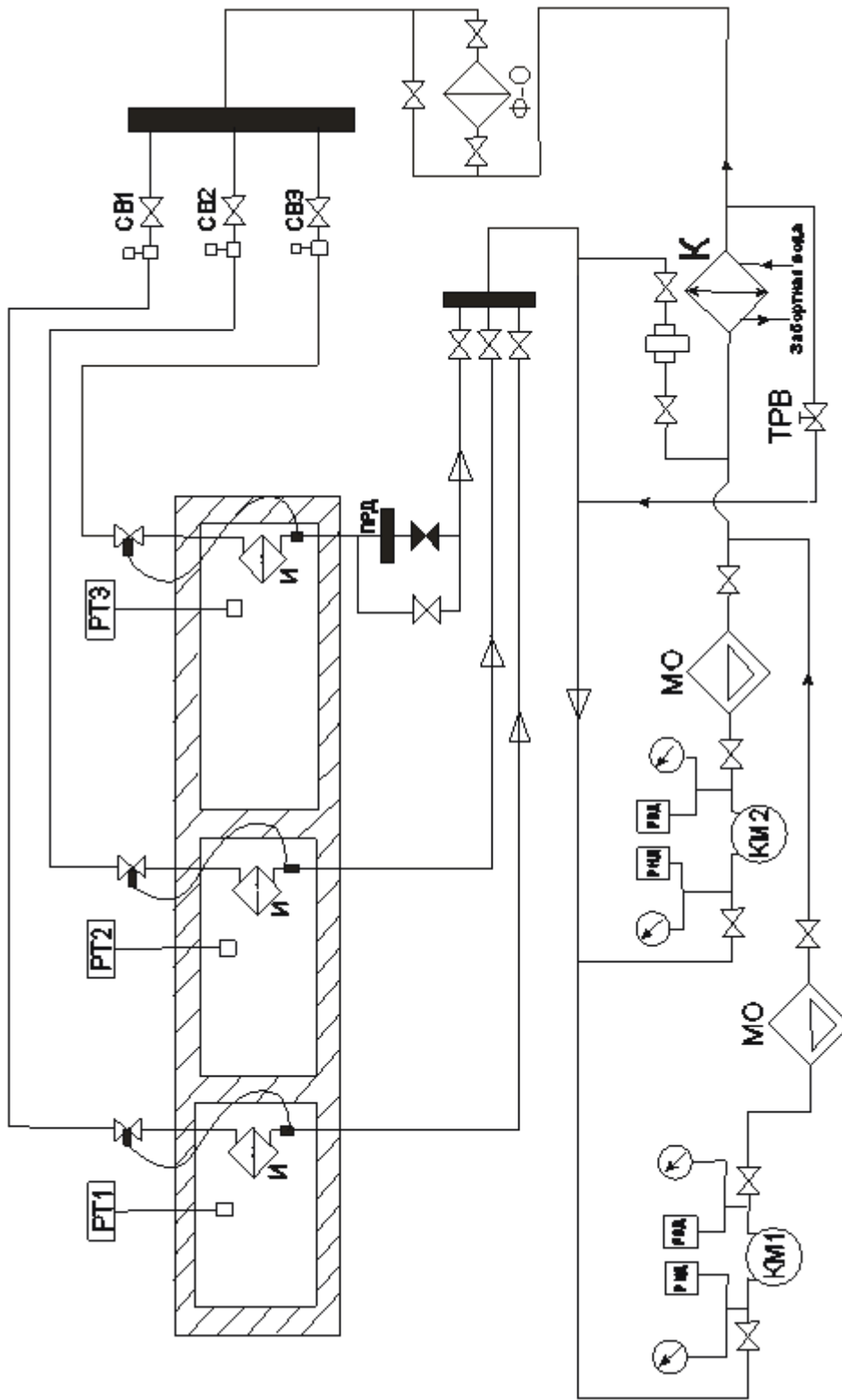


Схема автоматической провизионной холодильной установки с регулятором провизительности обслуживающая кладовые 1- мяса (-18); 2 - рыбы (-18); 4 - овощей (+2);

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4

Арк.

11

3. Обґрунтування і вибір системи охолодження

Вибір системи охолодження має велике значення. Від неї залежить збереження і усушка вантажу, витрата енергії на одиницю продукції, що перевозиться, безпеку перевезення, ефективність використання вантажного об'єму і т. д.

Розглянемо основні вимоги, яким повинна задовольняти суднова система охолодження трюмів:

- забезпечувати рівномірне (однорідне) температурне поле в будь-якій точці трюму з мінімальними відхиленнями від оптимальних значень для данного вантажу;
- володіти великою акумулюючою здатністю (інерційністю) з метою уповільнення підвищення температури в трюмі при тимчасовій зупинці холодильної машини;
- забезпечувати можливо менший температурний перепад між температурою вантажу і температурою кипіння холодильного агента. Це дозволить отримати при заданій температурі камери максимальне значення холодильного коефіцієнта машини і найменші енерговитрати на перевезення вантажів.
- охолоджуючі прилади та системи каналізації холодоносителя повинні мати малу масу і габарити. Необхідно знати, що малі габарити охладдають поверхонь можуть бути досягнуті тільки за рахунок підвищення значень коефіцієнтів теплопередачі.
- забезпечувати надійність, простоту і зручність в експлуатації, безпеку для людей і фізів, нормальне спостереження за режимом охолодження, легкість його регулювання, ревізії, ремонту і т.д.

Для провізійних камер суховантажного судна економічно вигідніше використовувати повітряну систему охолодження з безпосереднім випаровуванням холодоагенту в випарних батареях. Так як системи з проміжним хладоносителем мають більш низьку економічність порівняно з

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

системою безпосереднього охолодження: теплопередача здійснюється двічі - від повітря до розсолу і від розсолу до холодоагенту. Тому за інших рівних умов загальний перепад температури між вантажем і испаряючимся холодильним агентом зростає і становить 11 ... 12 ° С, що погіршує економічні показники роботи компресора і підвищує його розміри. Крім того, зростають витрати на привід рассольних насосів.

Системи з проміжним хладоносителем також мають низьку холодоотдачу холодоносителя, що зумовлює великі масогабаритні показники розсолів систем.

Повітряна система охолодження набула широкого поширення на транспортних і виробничих рефрижераторах, особливо при використанні фреонових холодильних машин. Особливо краща ця система для рефрижераторів, що перевозять дихаючі вантажі (фрукти, овочі).

Повітряна система охолодження, яку обслуговує холодильними машинами на фреоні-R-22, найкращим чином забезпечує підвищення техніко-економічних показників виробничих і транспортних рефрижераторів.

Циркуляція охолодженого повітря в камерах забезпечується вентиляторами, проганяє повітря через охолоджувачі повітря безпосереднього охолодження.

Значно менші маса і габарити приладів охолодження істотно збільшують корисний об'єм камер.

Система повітряного охолодження в порівнянні з системою батарейного («тихого») охолодження має ряд переваг і недоліків, взаємний вплив яких враховується при техніко-економічному аналізі порівнюваних систем.

Преїмушества повітряної системи: значно менша металоємність, велика довговічність, більш зручна експлуатація, підвищена грузомісткість при інших рівних умовах. Всі ці фактори зменшують амортизаційні відрахування, експлуатаційні витрати і покращують провізну спроможність судна. При наявності повітряної системи періодично проводяться оттайки воздухоохладителей дозволяють більш ефективно використовувати виробникність холодильної машини в той час як при «тихому» охолодженні шар інею, наростаючий за весь період рейсу, істотно погіршує ефективність

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолоджуючих батарей і призводить до зниження холодильного коефіцієнта мапїни з відповідним збільшенням енерговитрат.

До недоліків повітряної системи відносяться: підвищена холодопродуктивність установ-ки, пов'язана з необхідністю компенсації додаткових теплопритоків еквівалентних потужності вентиляторів і дещо більша усушка продукту пов'язана з більш інтенсивним тепло- і масообмінних.

Техніко-економічні аналізи повітряних систем охолодження показують переваги цих систем перед система батарейного охолодження, в зв'язку з чим повітряна система охолодження вважається найбільш прогресивною і перспективною.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Вибір ізоляційних матеріалів. Розрахунок ізоляційної конструкції

Основним споживачем холоду в рефрижераторних перевезень є тепло, проникаюче в охолоджувані приміщення ззовні через огорожувальні їх конструкції. Зменшення зовнішніх теплопритоків сприяє зменшенню холодопотребності судна. Це можливо забезпечити шляхом здійснення теплової ізоляції огорожувальних поверхонь. Чим нижче теплопровідність ізоляційного матеріалу і більше його товщина, тим менше тепла проникає в приміщення. Однак зі збільшенням товщини ізоляції зменшується корисний вантажний обсяг ізольованих приміщень, зростають вартість ізоляційно-го матеріалу та його монтаж. На сучасних рефрижераторних судах ізоляційні конструкції зменшують обсяг трюму на 15 ... 30%, що негативно впливає на рентабельність перевезень. Тому для теплоізоляції застосовують матеріали, що мають низьке значення коефіцієнта теплопровідності.

До ізоляційних матеріалів, що застосовуються в суднобудуванні, пред'являється ряд інших важливих вимог, що обумовлюють їх високу ефективність:

- високі теплозахисні властивості (низький коефіцієнт теплопровідності λ [Вт / (м · К)];

- мала щільність ρ , кг / м³;

висока механічна міцність і еластичність, що протистоять вібрації і деформації корпусу судна;

- морозостійкість (здатність протистояти руйнуванню ізоляції при змінних температурних навантаженнях);

- вогнестійкість і негорючість;

- відсутність запахів і несприйнятливості до них;

- мала вологостійкість і мала гігроскопічність;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- мінімальна усадка насипного ізоляційного матеріалу;
- не викликати і не сприяти корозії поверхонь;
- не впливати на здоров'я людей;
- достатня стійкість до гнильним бактеріям і грибків;
- не сприяти розмноженню паразитів;
- дешевизна, доступність, зручність при транспортуванні, монтажі і експлуатацію, довговічність.

Існуючі ізоляційні матеріали не можуть в достатній мірі задовольняти одночасно всім перерахованим вище вимогам. Тому при їх виборі орієнтуються на виконання тільки основних вимог і залежно від призначення судна, району плавання і ін. Крім того, вплив ряду недоліків може бути усунуто або значно знижено створеному раціональній ізоляційній конструкції, яка забезпечує:

- запобігання ізоляційній конструкції від зволоження шляхом установки паровлагозахисного покриття і (або) пристрої осушувальних шарів для осушення ізоляції в період експлуатації;
- захист ізоляції від проникнення гризунів шляхом установки спеціалізованих металевих сіток;
- безперервність ізоляційного шару і його товщини, що сприяють ефективності теплозахисних властивостей огорожень в тривалий експлуатаційний період.

Гарні ізоляційні властивості мають матеріали, що складаються з дрібних і закритих пор. В сучасних ізоляційних матеріалах число закритих пір, що містяться в 1 см³ матеріалу, досягає декількох тисяч. Такі матеріали не вимагають додаткових заходів по пароізоляції і не потребують осушення.

Найбільш сучасними представниками високоефективних теплоізоляційних матеріалів є пінопласти. Останнім часом отримано багато різних

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

пінопластів, що володіють високою стійкістю до зволоження, високою міцністю і низькими значеннями щільності і коефіцієнта теплопровідності.

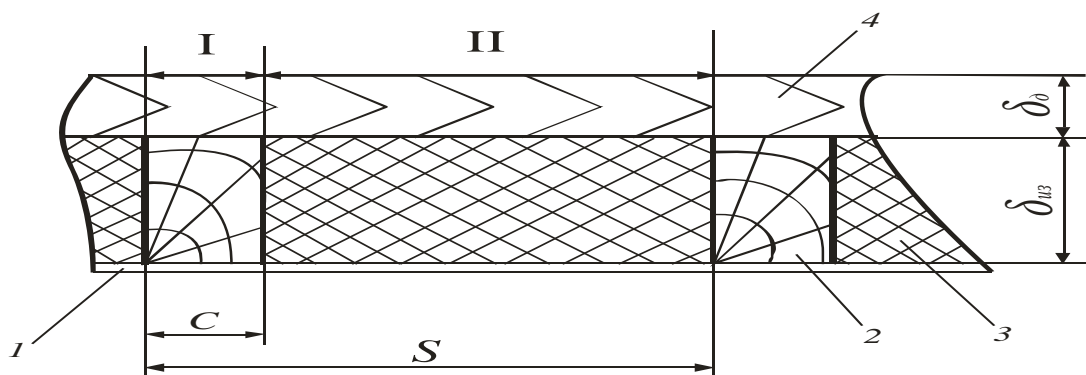
Тому в якості теплоізоляційного матеріалу провізійних камер будемо використовувати плити з поліхлорвінілової смоли з неорганічним газо-освітню, фізкультурно ПХВ-1 є пористий матеріал, осередки якого заповнені повітрям і ізолювані один від одного тонкими стінками. ПХВ-1 не загниває, тліє в полум'я, не викликає корозії. Плити при нагріванні дозволяють створювати фасонні деталі стосовно набору судна.

Теплофізичні характеристики ізоляційного матеріалу:

Щільність - $\rho = 90 \dots 130 \text{ кг / м}^3$

Коефіцієнт теплопровідності - $\lambda_{із} = 0,058 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$

Ізоляційні конструкції охолоджуваних приміщень судів поділяють на три основних типи: чи не прорізався сталевим набором корпусу; перекриваю-щие набір, або нормальні і обходять набір. Холодильні камери розташовуються поблизу камбуза, отже застосувати ізоляційну конструкцію першого типу для ізолювання гладких металевих поверхонь. Такі конструкції не прорізають сталевий набір корпусу судна, тому їх виконують з матеріалів з коефіцієнтами тепло-провідності, що відрізняються не більше ніж в десять разів.



Конструкції такого роду застосовують для ізолювання другого дна, палуб, перегородок і гладких сторін охолоджуваних приміщень (рис.3.)

Рис.3. Ізоляційна конструкція переборок.

1 – металева обшивка; 2 – підкріплюючі дерев'яні бруски;

3 – ізоляція ПХВ-1; 4 – дерев'яна обшивка ізоляції.

Прості конструкції ізоляції гладких переборок, палубы, выполненные из материалов с мало отличающимися коэффициентами теплопроводности, рассчитаны по законам параллельным тепловому потоку.

Расчет изоляционной конструкции по методу параллельных тепловых потоков:

Основные размеры конструкции:

$$S = 800 \text{ мм}$$

$$C = 60 \text{ мм}$$

$$\delta_d = 60 \text{ мм}$$

$$\delta_{из} = 150 \text{ мм}$$

Деревянная зашивка и бруски – сосна вдоль волокон:

Плотность – $\rho = 500 \text{ кг/м}^3$

Коэффициент теплопроводности – $\lambda_d = 0,4 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$

Теплоемкость – $c = 2,3 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{К)}$

Розрахунок:

$$k_{изI} = \frac{\lambda_d}{\delta_{из} + \delta_d} =$$

$$0,4/(0,15+0,06) = 1,90 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

$$k_{изII} = \frac{1}{\delta_{из}/\lambda_{из} + \delta_d/\lambda_d} =$$

$$1/((/)+(0,06/)) = \text{Вт/(м}\cdot\text{К)}$$

$$k_{из} = \frac{k_{изI} \cdot C + k_{изII} (S - C)}{S} =$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

$$((1,90 \cdot 0,06) + (-0,06)) / = B_T / (m \cdot K)$$

Розрахунок ізоляційної конструкції методом кругових потоків:

Розміри шпациї:

$$S = 800 \text{ мм}$$

$$C = 60 \text{ мм}$$

$$H = 300 \text{ мм}$$

$$h = 170 \text{ мм}$$

$$d = 10 \text{ мм}$$

$$e = 150 \text{ мм}$$

$$a = 60 \text{ мм}$$

$$b = 70 \text{ мм}$$

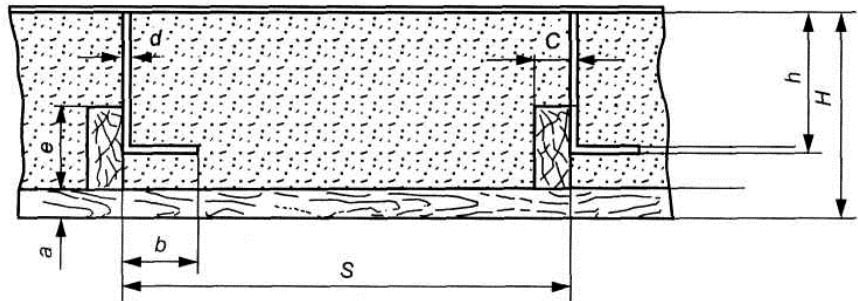


Рис.4. Нормальна ізоляційна конструкція

з поздовжнім розташуванням брусків

тепловий потік йде по лінії найменшого опору тобто найбільша довжина дуги чверті кола дорівнює висоті профілю набору:

$$\frac{\pi R_{\max}}{2} = h; \quad R_{\max} = \frac{2h}{\pi} =$$

Шпация розбивається на 6 зон, ширина яких дорівнює:

I. $b = 0,07 \text{ м}$

II. $2h/\pi = 0,108 \text{ м}$

III. $S - b - 4h/\pi = (800 - 70 - 4 \cdot 170/\pi) / 1000 = \text{м}$

IV. $H - e - a - h(1 - 2/\pi) = (300 - 150 - 60 - 170(1 - 2/\pi)) / 1000 = 0,028 \text{ м}$

V. $h + e + a - H - c = (170 + 150 + 60 - 300 - 60) / 1000 = \text{м}$

VI. $c = \text{м}$

Розраховуємо тепловий потік кожної зони:

$m_3 = \lambda_{\text{из}} / \lambda_{\text{д}} = 0,058 / 0,4 = 0,145$ - толщина эквивалентная слою дерева толщиной 1м;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

I зона:

0,0516

$$q_1 = \frac{\lambda_{u3} b}{H - h - a(1 - m_3)} =$$

II зона:

0,0425

$$q_2 = \frac{2\lambda_{u3}}{\pi} \ln \frac{H - a(1 - m_3)}{H - a(1 - m_3) - h} =$$

III зона:

0,1198

$$q_3 = \lambda_{u3} \frac{S - b - (4h/\pi)}{H - a(1 - m_3)} =$$

IV зона:

0,0072

$$q_4 = \frac{2\lambda_{u3}}{\pi} \ln \frac{H - a(1 - m_3)}{\frac{\pi e}{2} - (H - h) \left(\frac{\pi}{2} - 1 \right) + a \left(\frac{\pi}{2} + m_3 - 1 \right)} =$$

V зона:

0,6'

$$A = m_3 \arcsin \frac{2c}{h + a + e + c - H} + \arccos \frac{2c}{h + a + e + c - H} =$$

0,00

$$q_5 = \frac{\lambda_{u3}}{A} \ln \frac{A(h + a + e - H) + H - h - a(1 - m_3)}{Ac + H - h - a(1 - m_3)} =$$

VI зона:

0,1388

$$q_6 = \frac{2\lambda_{\partial}}{\pi} \ln \frac{H - h + 0,5\pi c}{H - h} =$$

Коефіцієнт теплопровідності всієї конструкції:

$$K = \frac{q_1 + q_2 + q_3 + q_4 + q_5 + q_6}{S} = 72 + 0,00914 + 0,1311 / 0,8 =$$

$$= 0,461 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

5. Розрахунок теплопритоків в охолоджуване приміщення

Витрата холоду на асиміляцію теплопритоків через ізоляцію складається з теплопритоків через окремі елементи огорожі і залежить від їх роз-рив, різниці температур, коефіцієнтів теплопередачі окремих типів на-бору судна, лінійних теплопритоків і ін.

Для розрахунку теплопритоків необхідно знати розташування провізійних камер, типові набори палуби, бортів, перегородок, а також поверхні F , окремих елементів огражденій камер.

Ємність провізійних камер, їх кількість і температурні режими встановлюють в залежності від призначення судна і кількості людей на ньому, а також допустимого терміну відновлення продуктів. Зважаючи на велику різноманітність асортименту продуктів їх групують по режимам зберігання і умов сумісності, тобто групи продуктів повинні мати приблизно однаковий тим-температурних-вологісний режим і сумісність із запахів. У загальному випадку на вантажних судах є не менше трьох окремих камер: м'ясна, рибна і овочева.

Для визначення розмірів провізійних камер задамося велечинами:

Екіпаж - 25 чол.

Автономність - 120 діб.

Висота камер $h = 2$ м.

Таблиця 1. Орієнтовні розрахункові добові норми витрат маси продуктів гпр на одну людину

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Продукт	g _{пр.} кг	Продукт	g _{пр.} кг	Продукт	g _{пр.}
Мясо	0,3	Овощі	0,4	Напої для	1,0
Риба	0,15	Картофель	0,4	Сухі продукти	0,4
Масло та жири	0,125	Фрукти	0,2		
Соління, консерви, яйця	0,2	Напої для екіпажа	0,4		

Таблиця 2. Розрахункові норми завантаження провізійних камер на судах

Продукт	Норма загрузки, кг	
	На 1 м ³	На 1 м ²
Мясо	125	250
Риба, масло, жир, соління та консерви	150	300
Овочі, картофель, фрукти, напої	200	400

1. Мясная камера

Мясо и мясопродукты на весь период для всего экипажа

$$m_m = 0,3 \cdot 25 \cdot 120 = 900 \text{ кг}$$

Визначимо необхідний об'єм и площу для камери

$$V_m = 900 / 125 = 7,2 \text{ м}^3$$

$$S_m = 900 / 250 = 3,6 \text{ м}^2$$

Запас по об'єму на прибори охолодження – 20%

$$V_m = (7,2 \cdot 20) / 100 + 7,2 = 8,64 \text{ м}^3$$

$$S_m = V_m / h = 8,64 / 2 = \text{м}^2$$

2. Рибная камера

Риба и рыбопродукты на весь период для всего экипажа

$$m_p = 0,15 \cdot 25 \cdot 120 = 450 \text{ кг}$$

Визначимо необхідний об'єм и площу для камери

$$V_p = 450 / 150 = 3 \text{ м}^3$$

$$S_p = 450 / 300 = 1,5 \text{ м}^2$$

Запас по об'єму на прибори охолодження – 20%

$$V_p = (3 \cdot 20) / 100 + 3 = 3,6 \text{ м}^3$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$S_p = V_p / h = 3,6 / = m^2$$

3. Овоща камера

Овочі, картофель, фрукти, напої на весь період для всього екіпажа

$$m_o = (0,4 + 0,4 + 0,2 + 0,4) \cdot 25 \cdot 120 = 4200 \text{ кг}$$

Визначимо необхідний об'єм и площу для камери

$$V_o = 4200 / 200 = 21 \text{ м}^3$$

$$S_o = 4200 / 400 = 10,5 \text{ м}^2$$

Запас по об'єму на прибори охолодження – 20%

$$V_o = (21 \cdot 20) / 100 + 21 = 25,2 \text{ м}^3$$

$$S_o = V_o / h = 25,2 / = 12,6 \text{ м}^2$$

Розражунок теплоприпливів в мясную камеру

а) через ізоляцію:

носова переборка:

$$t_{\text{нар}} = 45^\circ\text{C}; t_{\text{вн}} = -18^\circ\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}} = b \cdot h = 2,88 \cdot 2 = \text{м}^2$$

$$Q_{\text{из}} = K_{\text{из}} F_{\text{из}} (t_{\text{нар}} - t_{\text{вн}}) = 0,48 \cdot 5,76 \cdot (45 - (-18)) = 174,51 \text{ Вт}$$

кормовая переборка:

$$t_{\text{нар}} = 30^\circ\text{C}; t_{\text{вн}} = -18^\circ\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}} = b \cdot h = 2,88 \cdot 2 = \text{м}^2$$

$$Q_{\text{из}} = K_{\text{из}} F_{\text{из}} (t_{\text{нар}} - t_{\text{вн}}) = 0,48 \cdot 5,76 \cdot (30 - (-18)) = 132,96 \text{ Вт}$$

правий борт:

$$t_{\text{нар}} = 45^\circ\text{C}; t_{\text{вн}} = -18^\circ\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}} = b \cdot h = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}} = 0,48 \cdot 30 \cdot (45 - (-18)) = 98,1 \text{ Вт}$$

лівий борт:

$$t_{\text{нар}} = -18^\circ\text{C}; t_{\text{вн}} = -18^\circ\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}} = b \cdot h = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}} = 0,48 \cdot 30 \cdot (-18 - (-18)) = 0,00 \text{ Вт}$$

палуба та подволок:

$$t_{\text{нар}} = 40^\circ\text{C}; t_{\text{вн}} = -18^\circ\text{C};$$

$$F_{\text{палубы}} = 1,5 \cdot 2,88 = 4,32 \text{ м}^2$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

$$Q_{\text{из}}=0,48 \cdot 4,32 \cdot (45-(-18))=120,50 \text{ Вт}$$

$$\Sigma Q_{\text{из}}=174,51+132,96+5,76+0,00+2 \cdot 120,50=646,6 \text{ Вт}$$

б) від електродвигунів вентиляторів:

$$Q_{\text{эл.дв}}=N_{\text{мех}} \cdot \psi_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{э}}=50 \cdot 1 \cdot 0,86=43 \text{ Вт}$$

$$\text{де } N_{\text{мех}}=50 \text{ Вт}$$

$\psi_{\text{мех}}=1$ – коефіцієнт одночасної роботи

$\eta_{\text{э}}=0,86$ – к.п.д. електродвигуна

в) від працюючих людей:

$Z=0,75$ часа – час перебування людей в охл. приміщенні на протязі доби

$q_{\text{л}}=202 \text{ Вт}$ – теплопритоки від одного працюючого (середня тяжкість)

$n=1$ – кількість працюючих

$$Q_{\text{л}}=q_{\text{л}} \cdot n \cdot Z/24=202 \cdot 1 \cdot 0,75/24=6,31 \text{ Вт}$$

Сумарні теплоприпливи в м'ясну камеру:

$$\Sigma Q_1=\Sigma Q_{\text{из}}+Q_{\text{эл.дв}}+Q_{\text{л}}=646,6+43+6,31=695,89 \text{ Вт}$$

Розрахунок теплоприпливів в рибну камеру

а) крізь ізоляцію:

носовая переборка:

$$t_{\text{нар}}=45^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=-18^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=2,4 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=K_{\text{из}}F_{\text{из}}(t_{\text{нар}}-t_{\text{вн}})=0,48 \cdot 2,4 \cdot (45-(-18))=72,71 \text{ Вт}$$

кормовая переборка:

$$t_{\text{нар}}=30^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=-18^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=2,4 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=K_{\text{из}}F_{\text{из}}(t_{\text{нар}}-t_{\text{вн}})=0,48 \cdot 2,4 \cdot (30-(-18))=55,40 \text{ Вт}$$

правий борт:

$$t_{\text{нар}}=-18^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=-18^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=1,5 \cdot 2=3 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=0,48 \cdot 3 \cdot (-18-(-18))=0,00 \text{ Вт}$$

лівий борт:

$$t_{\text{нар}}=2^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=-18^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=3 \text{ м}^2$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

$$Q_{\text{из}}=0,48 \cdot 3 \cdot (2 - (-18))=28,85 \text{ Вт}$$

палуба та подволок:

$$t_{\text{нар}}=40^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=-18^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{палубы}}=1,8 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=0,48 \cdot 1,8 \cdot (40 - (-18))=50,21 \text{ Вт}$$

$$\Sigma Q_{\text{из}}=72,71+55,40+0,00+28,85+2 \cdot 50,21=257,39 \text{ Вт}$$

б) від електродвигуна вентилятора:

$$Q_{\text{эл.дв}}=N_{\text{мех}} \cdot \psi_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{э}}=50 \cdot 1 \cdot 0,86=43 \text{ Вт}$$

где $N_{\text{мех}}=50 \text{ Вт}$

$\psi_{\text{мех}}=1$ – коефіцієнт одночасної роботи

$\eta_{\text{э}}=0,86$ – к.п.д. електродвигуна

в) від працюючих людей:

$Z=0,75$ часа - час перебування людей в охл. приміщенні на протязі доби

$q_{\text{л}}=202 \text{ Вт}$ - теплопритоки від одного працюючого (середня тяжкість)

$n=1$ - кількість працюючих

$$Q_{\text{л}}=q_{\text{л}} \cdot n \cdot Z/24=202 \cdot 1 \cdot 0,75/24=6,31 \text{ Вт}$$

Сумарні теплоприпливи в рибну камеру

$$\Sigma Q_2=\Sigma Q_{\text{из}}+Q_{\text{эл.дв}}+Q_{\text{л}}=257,39+43+6,31 \text{ Вт}$$

Розрахунок теплоприпливів в овочну камеру

а) крізь ізоляцію:

носовая переборка:

$$t_{\text{нар}}=45^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=2^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=6 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=K_{\text{из}} F_{\text{из}} (t_{\text{нар}} - t_{\text{вн}})=0,48 \cdot 6 \cdot (45 - 2)=124,08 \text{ Вт}$$

кормовая переборка:

$$t_{\text{нар}}=35^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=2^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=6 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=K_{\text{из}} F_{\text{из}} (t_{\text{нар}} - t_{\text{вн}})=0,48 \cdot 6 \cdot (35 - 2)=95,22 \text{ Вт}$$

правий борт:

$$t_{\text{нар}}=-18^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=2^{\circ}\text{C};$$

$$t_{\text{нар}}=30^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=2^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=3 \text{ м}^2 \quad F_{\text{переборки}}=5,4 \text{ м}^2$$

						КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
							25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

$$Q_{\text{из}}=0,48 \cdot 3 \cdot (-18-2)=-28,85 \text{ Вт} \quad Q_{\text{из}}=0,48 \cdot 5,4 \cdot (30-2)=72,71 \text{ Вт}$$

лівий борт:

$$t_{\text{нар}}=45^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=2^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{переборки}}=8,4\text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=0,461 \cdot 8,4 \cdot (45-2)=166,6 \text{ Вт}$$

палуба и подволоок:

$$t_{\text{нар}}=40^{\circ}\text{C}; t_{\text{вн}}=2^{\circ}\text{C};$$

$$F_{\text{палубы}}=12,6 \text{ м}^2$$

$$Q_{\text{из}}=0,48 \cdot 12,6 \cdot (40-2)=230,26 \text{ Вт}$$

$$\Sigma Q_{\text{из}}=124,08+95,22+(-28,85+72,71)+166,6+2 \cdot 230,26=890,32\text{ Вт}$$

б) від електродвигуна вентилятора:

$$Q_{\text{эл.дв}}=N_{\text{мех}} \cdot \psi_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{э}}=50 \cdot 1 \cdot 0,86=43 \text{ Вт}$$

$$\text{где } N_{\text{мех}}=50 \text{ Вт}$$

$\psi_{\text{мех}}=1$ – коефіцієнт одночасної роботи

$\eta_{\text{э}}=0,86$ – к.п.д. електродвигуна

в) від працюючих людей:

$Z=1$ часа - час перебування людей в охл. приміщенні на протязі доби

$q_{\text{л}}=202 \text{ Вт}$ - теплопритоки від одного працюючого (середня тяжкість)

$n=1$ - кількість працюючих

$$Q_{\text{л}}=q_{\text{л}} \cdot n \cdot Z/24=202 \cdot 1 \cdot 1/24=8,42 \text{ Вт}$$

Сумарні теплоприпливи в овочеву камеру:

$$\Sigma Q_3=\Sigma Q_{\text{из}}+Q_{\text{эл.дв}}+Q_{\text{л}}=890,32+43+8,42=941,7\text{ Вт}$$

Сума всіх теплоприпливів в провізійні камери:

$$\Sigma Q=\Sigma Q_1+\Sigma Q_2+\Sigma Q_3=695,89+306,70+941,7=1944,33\text{ Вт}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

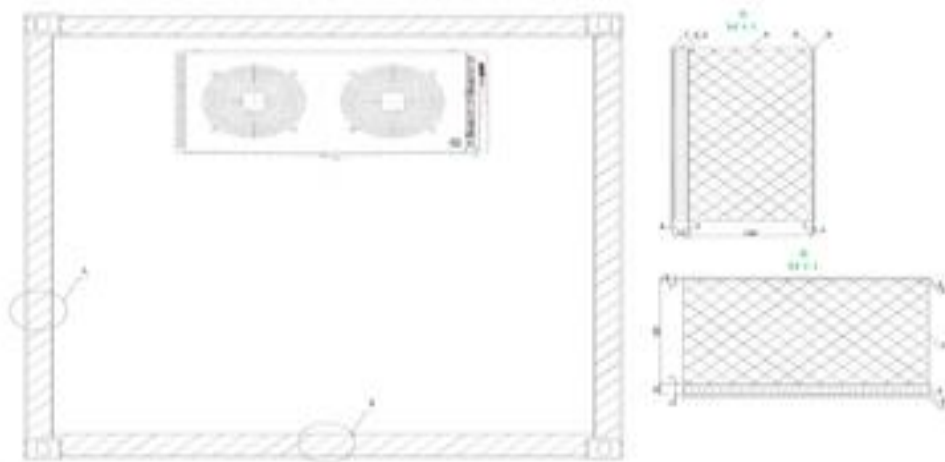


Рис. 5.1 Розрізи

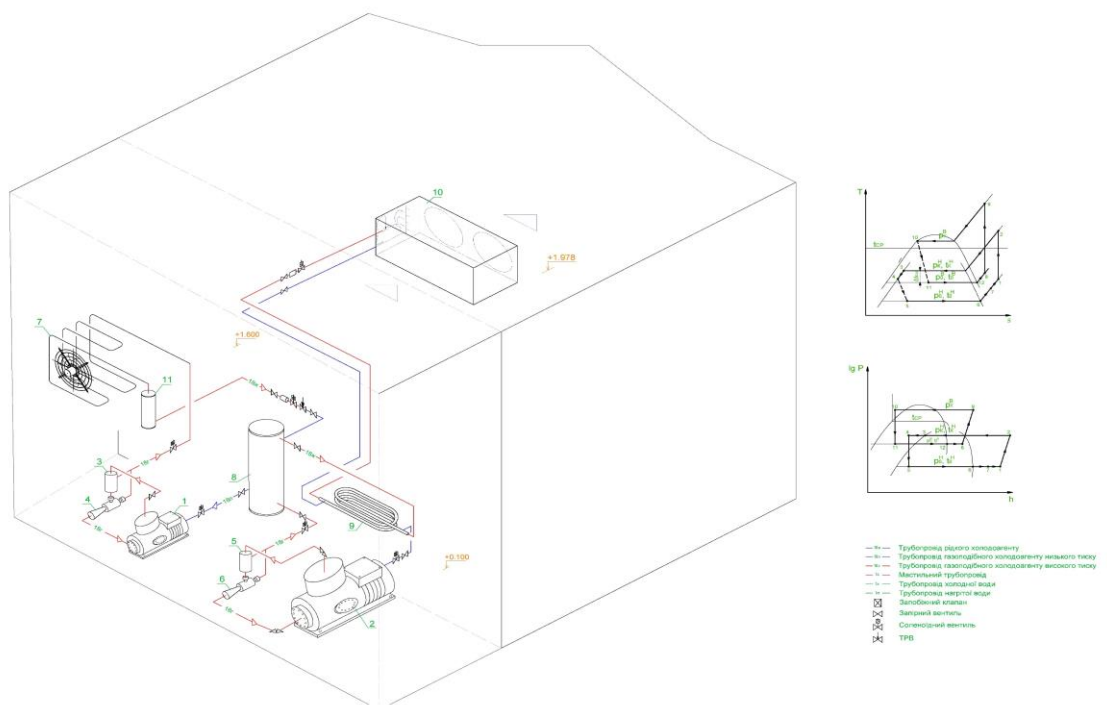


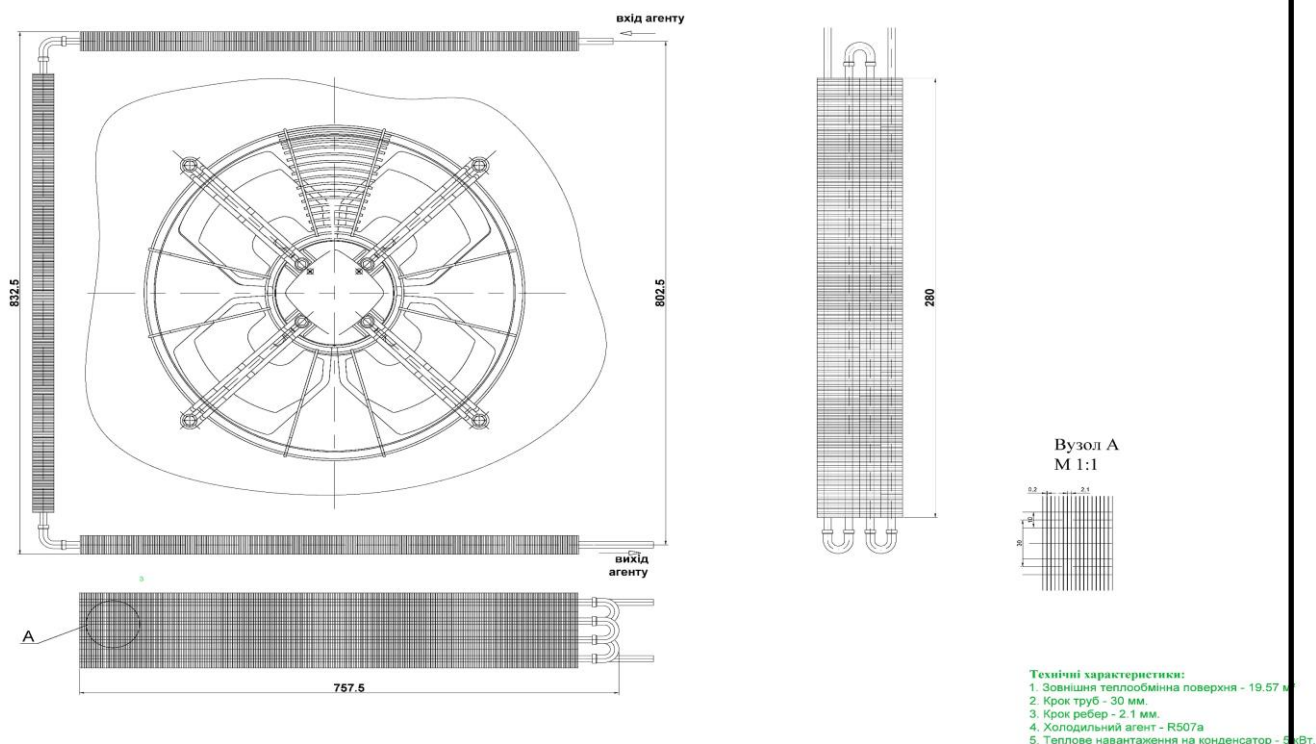
Рис. 5.2 Розводка трубопроводів

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

6. Вибір і розрахунок охолоджуючих приладів. Визначення необхідної поверхні і підбір

Основною метою розрахунку охолоджуючих приладів при проектуванні являється визначення необхідної поверхні теплообміну для забезпечення заданої холодопродуктивності (теплової нагрузки), компонування цієї поверхні і уточнення кінцевих параметрів повітря при його заданих параметрах на вході в повітроохолоджувач, а також визначення температури холодоносія або кипіння холодоагенту (коли її не вказано) для повітро-охолоджувача.

Випарники для відводу тепла від повітря поділяються на повітроохолоджувачі і камерні прилади (батареї) непрямого охолодження (прилади «тихого охолодження»). Головною особливістю цих випарників є велике термічний спротив тепловіддачі від повітря до поверхності випарника. Тому для інтенсифікації теплопередачі застосовують ребра з боку повітря в вигляді насадних литих і накатних ребер. Литі і накатні ребра зазвичай бувають круглими, насадні ребра - круглими (навиваються з металевої ленти) або пластинчастими. Найбільше розповсюджені отримали труби з пластинчастим ребрами. Ребра з латуні



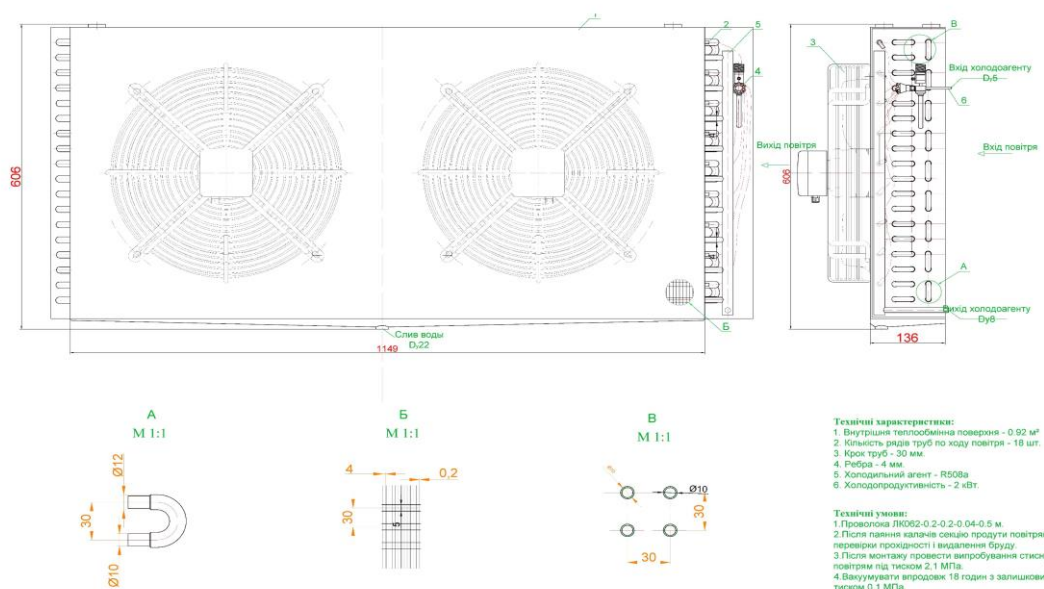
					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

або дюралюмінія мають товщину 0,2 ... 0,4 мм, зі сталі - 0,3 ... 0,5 мм. Крок ребер у випарник з температурой випаровування не нижче 0 ° С (установки кондиціонування повітря судові провізійні камери для зберігання фруктів, овочів, соків) приймають в межах 2 ... 4 мм, а при негативних температурах - 7. . 11 мм Це пов'язано з інеєобразованием на поверхні ребер. Найбільшу компактність мають випарники з мінімальним кроком ребер і мінімальної їх товщиною У пластинчастих испарителях застосовують мідні труби діаметром від 9x1 мм до 18x1 мм. Для морських умов використовують мідні труби.

Для інтенсифікації теплообміну в повітроохолоджувачах (з примушувачі-ним обдувом випарника повітрям) застосовують пластини, відштамповані у вигляді зигзагів або хвиль і розташовані перпендикулярно потоку повітря що забезпечує його турбулізації.

Основна особливість системи повітряного охолодження - інтенсивне примусовий рух всієї маси повітря приміщення через ВО. При цьому поліпшується теплообмін між вантажем в камері і повітрям, а також між повітрям і холодоагентом (хладоносителем) в ВО, в результаті значно зменшується необхідна площа поверхні теплообміну приладів охолодження.

Переваги застосування повітроохолоджувачів для безпосереднього



					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

охолодження повітря перед батарейним способом охолодження наступні: здійснення інтенсивного теплообміну між повітрям і холодоагентом, між повітрям і продуктами при значному зменшенні маси і габаритів теплообмінних апаратів; більш рівномірний розподіл температури, вологості і швидкості повітря у вантажному обсязі; забезпечення меншої ємності приладів охолодження; більш просте видалення снігової шуби з приладів охолодження.

Недоліки цього способу охолодження: підвищення витрати елек-гії на термічну обробку та зберігання продуктів при низькій температурі; відсутність акумуляційної здатності; увелі-ченная усушка продуктів, що зберігаються через підвищену циркуляції повітря.

Циркуляція повітря здійснюється вентиляторами. Безпосередньо для обслуговування лише воздухоохладителя встановлюються осьові вентилятори. Повітроохолоджувачі з осьовими вентиляторами застосовують в провізійних кладових судів для зберігання фруктів та овочів, а також у вантажних приміщеннях фруктовозов.

Тепловий розрахунок приладів охолодження.

Розрахунок повітроохолоджувача: При тепловому розрахунку ПО визначають площу його теплопередаючої поверхні, м²,

де Q_o - тепловий потік в ПО, Вт; k - коефіцієнт теплопередачі ПО, Вт / (м² · К); Δt - різниця середньої температури повітря і температури кипіння холодоагенту. При повітряній системі охолодження приймають $\Delta t = 7 \div 10$ ° С. Повітря в ПО охолоджується на 2-5 ° С. Холодоносій при проходженні в ВО нагрівається на 2-3 ° С.

Для ребристих ПО при швидкості руху повітря 4-5 м / с в залежності від температури кипіння холодоагенту або температури холодоносія $k = 17 \div 23$ Вт / (м² · ° С).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Для хладонових повітроохолоджувачів при $\Delta t = 10 \text{ }^\circ\text{C}$ і швидкості повітря 3-5 м / с в залежності від температур холодоносія або холодоагенту коефіцієнти теплопередачі наступні:

t °C	-40	-20	-15	0 и вище
k, Вт/(м ² ·К)	17,5	19,3	21,0	23,3

1. Теплове навантаження випарників:

$$Q_{1\text{ис}} = (1,05 \dots 1,15) Q_1 = 1,01 \cdot 695,89 = 800,28 \text{ Вт}$$

$$Q_{2\text{ис}} = 1,01 \cdot 306,70 = 352,70 \text{ Вт}$$

$$Q_{3\text{ис}} = 1,01 \cdot 941,7 = 1082,99 \text{ Вт}$$

2. Температура кипіння хладогента в камерах:

$$t_{\text{исп1}} = t_0 - \Delta t = -18 - 8 = -26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{исп2}} = -18 - 8 = -26 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{исп3}} = +2 - 8 = -6 \text{ }^\circ\text{C}$$

3. Коефіцієнт теплопередачі

$$k_{\text{и1}} = 18,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$k_{\text{и2}} = 18,8 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

$$k_{\text{и3}} = 22,38 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

4. Розрахунок поверхні повітроохолоджувачів:

$$F_{\text{во1}} = Q_{1\text{ис}} / (k_1 \cdot \Delta t) = 800,28 / (18,8 \cdot 8) = 5,33 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{во2}} = 352,70 / (18,8 \cdot 8) = 2,35 \text{ м}^2$$

$$F_{\text{во3}} = 1082,99 / (22,38 \cdot 8) = 6,05 \text{ м}^2$$

РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

При проведенні розрахунку приймаємо наступні параметри:

Теплове навантаження – $Q_0 = 800 \text{ Вт}$

Температура кипіння $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$

Температура повітря у камері $t_{\text{кам}} = -26 \text{ }^\circ\text{C}$

Відносна вологість повітря в камері $\phi_k = 90 \%$

Основні параметри поверхні теплообміну:

- труба сталевая, безшовна $\phi 25 \cdot 2,5 \text{ мм}$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

- діаметр труби зовнішній $d_n=0,025$ м
- діаметр труби внутрішній $d_{вн}=0,02$ м
- матеріал - сталь 10
- тип ребер – круглі
- матеріал ребра – сталь
- висота ребра $h_p=0,021$ м
- товщина ребра $\delta_p=0,001$ м
- крок ребер $u_p=0,010$ м
- крок труб по вертикалі $S_1=0,065$ м
- крок між рядами труб по горизонталі $S_2=0,065$ м
- товщина інею $\delta_{ін}=0,003$ м
- розташування труб – коридорне

Внутрішня поверхня ребристого елемента:

$$F_g = \pi \cdot d_g \cdot u = 3,14 \cdot 0,02 \cdot 0,01 = 0,000628 \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня ребра ребристого елемента:

$$F_p = \frac{1}{2} \cdot \pi (D^2 - d_3^2) + \pi \cdot D \cdot \delta_{e.p.} =$$

$$= 1,57 \cdot 0,042^2 + 3,14 \cdot 0,067 \cdot 0,001 = 0,00627 \text{ м}^2$$

Зовнішня поверхня міжреберної порожнини ребристого елемента:

$$F_{mp} = \pi \cdot d_{zn} (u - \delta_p) = 3,14 \cdot 0,025 (0,01 - 0,001) = 0,000707 \text{ м}^2$$

Коефіцієнт оребрення без інею:

$$\beta = F_{mp} / F_g = (0,000707 / 0,000628) = 11,7$$

$$F_n = F_{mp} + F_g = 0,000707 + 0,000628 = 0,001335 \text{ м}^2$$

$$\varphi = F_n / (\pi \cdot d_{zn} \cdot u_p) = (0,001335) / (3,14 \cdot 0,025 \cdot 0,01) = 8,9$$

Зовнішня поверхня ребра з урахуванням інею:

$$F_{p.in.} = \frac{\pi}{2} [(D_p + 2 \cdot \delta_{ін})^2 - (d_n + 2 \cdot \delta_{ін})^2] + \pi \cdot (D_p + 2 \cdot \delta_{ін}) \cdot (\delta_{ін} + 2 \cdot \delta_{ін}) =$$

$$= 1,57 \cdot [(0,067 + 2 \cdot 0,003)^2 - (0,001 + 2 \cdot 0,003)^2] + 3,14 \cdot (0,067 + 2 \cdot 0,003) \cdot$$

$$(0,001 + 2 \cdot 0,003) = 0,0099 \text{ м}^2$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

Зовнішня поверхня міжреберної порожнини з урахуванням інею:

$$F_{зн.ін} = \pi(d_H + 2\delta_{ін})[u - (\delta_P + 2\delta_{ін})], м^2$$

$$F_{зн.ін} = 3,14 \cdot (0,025 + 0,006)[0,01 - (0,001 + 0,006)] = 0,000292 м^2$$

Коефіцієнт оребрення з урахуванням інею:

$$\beta = F_{ін} / F_e = (0,010192 / 0,000628) = 15,1$$

Температура кипіння холодильного агента: $t_0 = -40$ °C

Температура поверхні інею:

$$t_3 = t_0 + (0,5 \div 8) = -33 + 5,5 = -27,5$$
 °C

Визначальна температура:

$$t_m = 0,5 \cdot (t_k + t_n) = 0,5(-25 - 27,5) = -26,25$$
 °C

Фізичні параметри повітря при $t_m = -26,25$ °C

- коефіцієнт кінематичної в'язкості: $\nu = 0,114 \cdot 10^{-4}$ м²/с

- коефіцієнт теплопровідності: $\lambda = 2,23 \cdot 10^{-2}$ Вт/(м·К)

- Pr=0,72 – число Прандтля

Число Рейнольдса:

$$Re = (w_e \cdot u) / \nu_e = (4 \cdot 0,01) / (1,14 \cdot 10^{-5}) = 3508$$

Задаємось швидкістю повітря в живому перерізі повітроохолоджувача

$$w_e = 4$$
 м/с

$$Nu = C \cdot Re^m \left(\frac{d_H}{u_P}\right)^{-0,54} \cdot \left(\frac{h_P}{u_P}\right)^{-0,14} \cdot Re^m = 0,096 \cdot \left(\frac{0,025}{0,01}\right)^{-0,54} \cdot \left(\frac{0,021}{0,01}\right)^{-0,14} \cdot$$

$$\cdot 3508^{0,72} = 18,8$$

де $C = 0,096$ для коридорного пучка труб, $m = 0,72$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі від поверхні до повітря:

$$\alpha_k = Nu \cdot \frac{\lambda_e}{u} = 18,8 \cdot \frac{0,023}{0,01} = 43,2$$
 Вт/(м²·К)

Коефіцієнт вологовипадіння дорівнює:

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

$$\xi = \frac{1 + (d_k - d_n) (r - h_w)}{C_p (t_k - t_n)} =$$

$$= \frac{1 + (0,35 \cdot 10^{-3} - 0,317 \cdot 10^{-3}) (2835 + 53,6)}{1,00665 (-25 + 27)} = 1,046$$

де $d_k = 0,351 \cdot 10^{-3}$ (кг/кг) – вологовміст повітря в камері при -25 °С

$d_n = 0,317 \cdot 10^{-3}$ (кг/кг) – вологовміст повітря при температурі поверхні батареї (інею);

$r = 2835$ кДж/кг прихована теплота пароутворення

$h_w = 2,09 \cdot t_n = 2,09 \cdot (-27) = -53,6$ кДж/кг

$C_p = 1,006 + 1,87 \cdot d_{кам.} = 1,006 + 1,87 \cdot 0,351 \cdot 10^{-3} = 1,00665$ кДж/кг

C_p – питома теплоємність вологого повітря

Таблиця 6.1-Параметри повітря в точках

№ точки	t, °С	d·10 ³ , кг/кг	h, кДж/кг	φ, %
1	-25	0,391·10 ³	-25,15	90
2	-26,25	0,351·10 ³	-26,16	97
3	-27,5	0,317·10 ³	-28,16	100

Коефіцієнт тепловіддачі з обліком інею:

$$\alpha'_k = \alpha_k \cdot \xi = 43,2 \cdot 1,047 = 45,2 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Наведений коефіцієнт тепловіддачі з урахуванням термічного опору

$$\alpha'_{ип\text{інею}} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha'_k} + \frac{\delta_{ин}}{\lambda_{ин}}} = \frac{1}{\frac{1}{45,2} + \frac{0,003}{0,2}} = 27 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Умовна висота ребра (для ребра круглої форми):

$$h' = h_p \left[1 + 0,805 \cdot \log \left(\frac{D_p + 2 \cdot \delta_{ин}}{d_n + 2 \cdot \delta_{ин}} \right) \right] =$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$= 0,021 \cdot \left[1 + 0,805 \cdot \log \left(\frac{0,067 + 2 \cdot 0,003}{0,025 + 2 \cdot 0,003} \right) \right] = 0,0277 \text{ м}$$

Безрозмірний комплекс:

$$mh = h \cdot \left[\frac{2 \cdot \alpha_{\text{ПП}}}{\delta_{\text{СР.Р}} \cdot \lambda_p} \right]^{0,5} = 0,0277 \cdot \left[\frac{2 \cdot 27}{0,001 \cdot 45} \right]^{0,5} = 0,96$$

Коефіцієнт ефективності ребра

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,96)}{0,96} = 0,775$$

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні

без інею:

$$\alpha_{\text{ум}} = \alpha_{\text{пр}} \cdot \left[\left(\frac{F_p \cdot E}{F_n} \right) + \frac{F_{\text{м.р}}}{F_n} \right] =$$

$$= 27 \cdot \left[\left(\frac{0,00627 \cdot 0,775}{0,00697} \right) + \frac{0,000707}{0,00697} \right] = 25,1 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Щільність теплового потоку, віднесеного до внутрішньої поверхні труби:

$$q_{\text{вн}} = \alpha'_k \cdot (t_k - t_0) \cdot \beta_{\text{ін}} = 45,2 \cdot (-25 + 27,5) \cdot 15,1 = 1464,5 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Коефіцієнт тепловіддачі на стороні холодильного агента (фреон R507):

$$\alpha_a = (103,2 + 0,19 \cdot t_0) \cdot q_{\text{вн}}^{0,25} =$$

$$= (103,2 + 0,19 \cdot (-33)) \cdot 1464,5^{0,25} = 599,6 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні батареї

(інею), без врахування малого термічного опору стінки труби:

$$k_n = \left(\frac{1}{\alpha_{\text{ум}}} + \frac{\beta}{\alpha_a} \right) = \left(\frac{1}{25,1} + \frac{15,1}{599,6} \right) = 13,5 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Щільність теплового потоку від поверхні інею:

$$q_n = k_n \cdot (t_k - t_0) = 13,5 \cdot (-25 + 33) = 108,8 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

Розрахункова різниця температур повітря камери і поверхні інею

$$\Delta t_1 = t_k - t_n = -25 + 27,5 = 2,5 \text{ } ^\circ\text{C}$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t_2 = \frac{q_n}{\alpha_k} = \frac{108,8}{45,2} = 2,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Відносна похибка прийнятого і розрахункового температурних напорів

складає:

$$\left[\frac{\Delta t_1 - \Delta t_2}{\Delta t_2} \right] \cdot 100\% = \left[\frac{2,5 - 2,4}{2,4} \right] \cdot 100\% = 4,16 \%$$

РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОГО ЦИКЛУ

Вхідні данні для розрахунку: розглянута охолоджувальна система провізійних камер суховантажного судна з підтриманням температур в камерах: м'ясна $-30 \text{ } ^\circ\text{C}$; рибна $-18 \text{ } ^\circ\text{C}$; овочева $+2 \text{ } ^\circ\text{C}$.

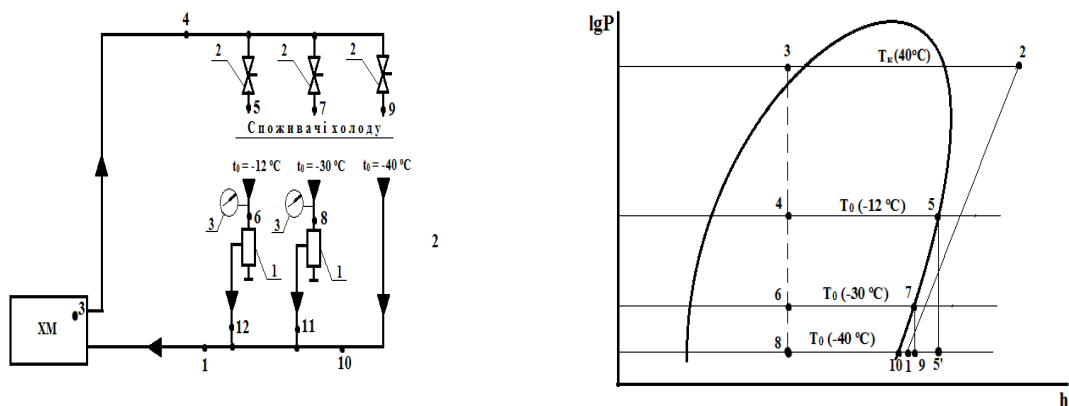
Вибираємо розрахункові параметри роботи холодильної установки:

агент – R507;

навантаження на компресори: $Q_{0(-40)} = 696 \text{ Вт}$; $Q_{0(-30)} = 307 \text{ Вт}$; $Q_{0(-12)} = 942 \text{ Вт}$;

температура та відповідний тиск кипіння: $t_0 = -40, -30, -12 \text{ } ^\circ\text{C}$; $P_0 = 1.1, 2.3, 4.7 \text{ бар}$.

температура та тиск конденсації: $t_k = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$; $P_k = 25 \text{ бар}$.



Мал.6.2 Цикл в діаграмі lg P – h

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Таблиця 6.2.

Зведена таблиця параметрів в вузлових точках циклу

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
P, бар	1.1	2.3	2.3	4.7	4.7	25	25	4.7	4.7	2.3	2.3	1.1
t, °C	-40	-30	-30	-12	-12	40	40	-12	-12	-30	-30	-40
i, кДж/кг	1630	1697	1646	1756	1672	1928	609	609	370	370	370	240
V, м ³ /кг	1.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

6.1.1 Тепловий розрахунок.

Визначаємо основні параметри теоретичного циклу та необхідну об'ємну продуктивність компресорів.

1. Питома масова холодовидатність:

$$q_{0(-40)} = i_1 - i_{12} = 1630 - 240 = 1390 \text{ кДж/кг};$$

$$q_{0(-30)} = i_3 - i_{10} = 1646 - 370 = 1276 \text{ кДж/кг};$$

$$q_{0(-12)} = i_5 - i_8 = 1672 - 609 = 1063 \text{ кДж/кг}.$$

2. Питома об'ємна холодовидатність:

$$q_{v(-40)} = \frac{q_{0(-40)}}{V_{10}} = \frac{1390}{1.6} = 869 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$q_{v(-30)} = \frac{q_{0(-30)}}{V_5} = \frac{1276}{0.95} = 1343 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3};$$

$$q_{v(-12)} = \frac{q_{0(-12)}}{V_1} = \frac{1063}{0.45} = 2362 \frac{\text{кДж}}{\text{м}^3}.$$

3. Питома адиабатна робота компресору:

$$l_{a(-40)} = i_2 - i_1 = 1697 - 1630 = 67 \text{ кДж/кг};$$

$$l_{a(-30)} = i_4 - i_3 = 1756 - 1646 = 110 \text{ кДж/кг};$$

$$l_{a(-12)} = i_6 - i_5 = 1928 - 1672 = 256 \text{ кДж/кг}.$$

4. Масова витрата циркулюючого агента, яку треба відводити від випарників:

$$G_{a(-40)} = \frac{Q_{0(-40)}}{q_{0(-40)}} = 0,696 / 869 = 0.0008 \text{ кг/с};$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$G_{a(-30)} = \frac{Q_{0(-30)}}{q_{0(-30)}} = 0,307/1343 = 0.0003 \text{ кг/с};$$

$$G_{a(-12)} = \frac{Q_{0(-12)}}{q_{0(-12)}} = 0,942 / 2362 = 0.0004 \text{ кг/с};$$

$$\Sigma G_a = 0,0015 \text{ кг/с};$$

5. Для визначення необхідної об'ємної продуктивності компресору знайдемо коефіцієнт подачі:

$$\lambda = \lambda_c \cdot \lambda_w'$$

де λ_c – коефіцієнт, враховуючий мертвий простір компресору;

λ_w' – коефіцієнт, враховуючий об'ємні втрати;

$$\lambda_c = \frac{1 - c \left[\left(\frac{P_{k(np)}}{P_0} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right]}{1}$$

де c – відносна величина мертвого простору, $c = 0.03$ для аміаку;

m – показник політропи розширювання з мертвого простору, $m = 1$;

$$\lambda_w' = \frac{T_o}{T_{k(np)}}$$

при $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$:

$$\lambda_w' = 233/243 = 0.96,$$

$$\lambda_c = \frac{1 - 0.03 \cdot \left[\left(\frac{0.3}{0.075} \right) - 1 \right]}{1} = 1 - 0.03((0.126/0.075 - 1)) = 0.98,$$

$$\lambda = 0.96 \times 0.98 = 0.94;$$

6. Необхідна продуктивність компресора:

$$V_T = \frac{G_a \cdot V}{\lambda} \text{ м}^3/\text{с};$$

$$V_{T(-40)} = 0,0015 \times 1.6 / 0.94 = 0,003 \text{ м}^3/\text{с};$$

7. Дійсна масова витрата:

$$\Sigma G_{KM(-40)} = 0,0015 \times 0,003 / 1.6 = 0.002 \text{ кг/с};$$

8. Сумарна теоретична потужність:

$$\Sigma N_{T(-40)} = \Sigma G_{KM(-40)} \cdot I_{a(-40)} = 0.002 \times 67 = 0,107 \text{ кВт};$$

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Індикаторна потужність компресора. Приймаємо $\eta_i = 0.75$ – індикаторний К.К.Д. компресору.

$$N_{i(-40)} = \frac{N_{T(-40)}}{\eta_i} = 0,107 / 0.75 = 0,14 \text{ кВт};$$

10. Ефективна потужність компресору:

$$N_I = N_i + N_{тр} \text{ кВт};$$

$$N_{тр} = \Sigma V_{h.км} \cdot p_{тр}$$

$p_{тр}$ – середній тиск третьових парів, $p_{тр} = 60$ кПа;

$$N_{I(-40)} = 0,14 + 0,0001 \cdot 60 = 0,146 \text{ кВт};$$

11. Електрична потужність споживана електродвигуном компресора з сіті.

$$N_{э(-40)} = \frac{N_{I(-40)}}{\eta_{ел.дв}} = 0,146 / 0.9 = 0.162 \text{ кВт};$$

де $\eta_{ел.дв}$ – К.К.Д. електродвигуна, $\eta_{ел.дв} = 0.9$.

12. Розраховуємо навантаження на конденсатор, у відповідності з нею підбираємо тип конденсатора для холодильної установки.

Теплове навантаження на конденсатор у теоретичному циклі:

$$Q_k = (G_{(-40)}) \cdot (h_6 - h_7) = 0.002 \cdot (1928 - 609) = 2,64 \text{ Вт}$$

13. Дійсна холодовидатність компресора:

$$Q_{0(-40)} = \Sigma G_{км (-40)} \cdot q_{0(-40)} = 0.66 \cdot 1390 = 1,98 \text{ Вт}$$

14. Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_{кд} = Q_{0(-40)} + N_{i(-40)} \text{ Вт};$$

$$Q_{кд} = 1,98 + 0.162 = 2.14 \text{ Вт}.$$

По значенню Vh вибираємо для температури кипіння $t_0 = -40$ 0С прямотечійних поршневих компресора марки Bitzer 4FC-3.2(Y), в стандартному режимі холодовидатність : $Q_0 = 4.4$ кВт; з сумарним об'ємом, що описаний поршнями, $\Sigma Vh.км = 18.05$ м3/год.

									Арк.
									39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4				



Рис.6.3 Поршневий компресор марки Bitzer 4FC-3.2(Y)

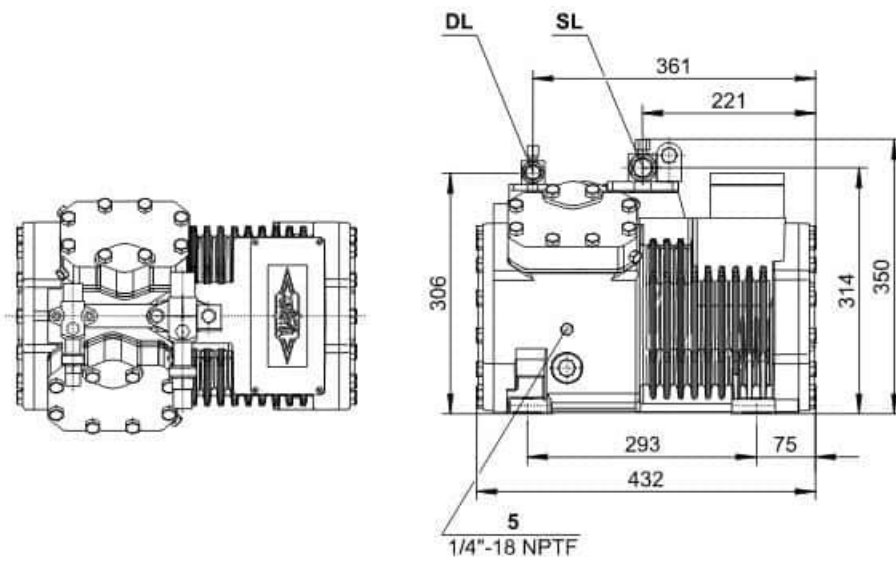


Рис.6.4 Геометричні розміри компресора марки Bitzer 4FC-3.2(Y)

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

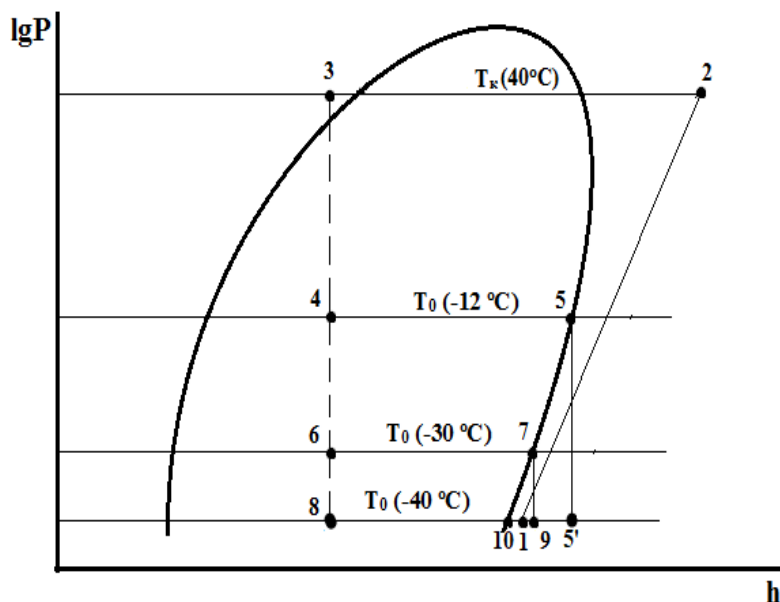


Рис. 7.1. Схема та цикл з використанням регуляторів тиску (до себе) на три температури кипіння
1- регулятори тиску «до себе»; 2- дросель; 3- манометр

Ця схема – безнасосна. Кипіння холодильного агента здійснюється в приборах охолодження. За допомогою регуляторів тиску (до себе) забезпечується температурний режим в холодильних камерах.

Регулятор тиску до себе, також званий перепускним клапаном, призначений для підтримки тиску в системі на певному рівні шляхом скидання робочого середовища. Являє собою клапан сідельного типу з пружинно-мембранним приводом. Налаштування клапана на необхідний тиск здійснюється шляхом ослаблення або стиснення пружини приводу, під дією якої затвор клапана знаходиться в закритому стані, тобто клапан є нормально закритим. При перевищенні тиску вище встановленого рівня, сила тиску робочого середовища передається через мембранний привід клапана, протидіючи силі пружини, змушує затвор клапана відкриватися, забезпечуючи проток робочого середовища через клапан. Також регулятор може використовуватися для недопущення зниження тиску нижче встановленого рівня на ділянці трубопроводу або перед парогенеруючим обладнанням: при падінні тиску нижче налаштованого, затвор клапана прикривається, зменшуючи витрату робочого середовища через клапан регулятора, або повністю перекриває прохід, поки тиск до регулятора знову не підніметься вище мінімально необхідного рівня.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42



Рис. 7.2. Регулятор тиску

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

8. ОХОРОНА ПРАЦІ

8.1. Безпека людини на морі - "Зміст ISM Code. Аналіз цілей ISM Code по управлінню"

Світова спільнота, занепокоєне великими аваріями морських суден, важкими умовами життєдіяльності екіпажів суден, а так само істотним погіршенням екологічного стану морських акваторій, розробило велику кількість міжнародних правових актів, що встановлюють вимоги до стану транспортного та рибальського флоту, способам його експлуатації. Найбільші зусилля в цьому напрямку були зроблені Міжнародної Морської Організацією ІМО і Міжнародною організацією праці - МОП. Починаючи з сорокових років, ці організації розробили ряд міжнародних конвенцій щодо забезпечення безпеки людського життя на морі, захисту навколишнього середовища від забруднення з суден, забезпечення нормальних умов життя і праці для екіпажів морських суден. Важливу роль в морському транспортному процесі відіграє і так званий "людський фактор".

З метою зведення до мінімуму негативного впливу некомпетентності судових фахівців, ІМО встановлені мінімальні вимоги як до складу екіпажу так і до підготовки членів екіпажу.

При розробці і застосуванні згаданих конвенцій функції контролю за їх виконанням покладалися на два відповідних інституту. Перш за все, це держава, під чийм прапором плаває судно (держава прапора).

Другим контролюючим органом повинна бути спеціалізована організація - класифікаційне товариство. Відповідальність же за виконання конвенційних вимог покладалися на власника судна.

Однак практика показала, що будь-які жорсткі вимоги до судам не пред'являлися з боку міжнародних організацій, ці вимоги не виконувалися. Держава прапора, з одного боку, є зацікавленою особою і намагається надати своїм судовласникам найбільш сприятливі умови роботи (з економічної точки зору).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

З іншого боку, держава прапора не завжди має можливість здійснювати дієвий і постійний контроль як за станом судна, так і за його роботою.

Відповідно до вищесказаного введений нагляд з боку класифікаційних товариств різних країн. Для цієї мети був розроблений Міжнародний Кодекс по Управлінню Безпекою МКУБ (ISM Code). Його основне призначення - забезпечення безпеки на морі, запобігання людського травматизму або жертв, щоб уникнути шкоди навколишньому середовищу та майну.

Кодекс наказує "Кожна компанія повинна розробляти, втілювати в життя і підтримувати системи управління безпекою (СУБ)":

Система управління безпекою включає в себе:

1. Політику безпеки і захисту навколишнього середовища;
2. Процедури підготовки до можливих екстремальних випадків і реагування на них;
3. Процедури внутрішніх перевірок та змін в управлінні.

Відсутність сертифікації по МКУБ автоматично переводить судноплавну компанію в розряд аутсайдерів. Вона випадає з міжнародного судноплавства, так як не підтвердила якість своїх послуг і відповідність стандартам безпеки.

8.2. Види відповідальності за порушення законодавства про охорону праці
За порушення законодавчих та інших нормативних актів про охорону праці , створення перешкод для діяльності посадових осіб, органів державного нагляду і представників професійних спілок винні працівники притягаються до: дисциплінарної, адміністративної, матеріальної і кримінальної відповідальності згідно із законодавством

Дисциплінарна відповідальність.

Дисциплінарна відповідальність накладається у вигляді догани, звільнення з роботи Дисциплінарне стягнення не може бути накладене пізніше шести місяців з дня вчинення проступку.

Одним з конкретних порушень законодавства про охорону праці, за яке роботодавець або уповноважений ним орган має право притягнути працівника до дисциплінарної відповідальності, є ухилення останнього від

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

проходження обов'язкового медичного огляду У цьому випадку роботодавець або уповноважений ним орган зобов'язаний також відсторонити працівника від роботи без збереження заробітної плати

Адміністративна відповідальність.

До адміністративних порушень можна віднести протиправні дії чи бездіяльність, спрямовані на створення перешкод для діяльності посадових осіб органів державного нагляду і представників професійних спілок Адміністративна відповідальність регулюється Кодексом про адміністративні правопорушення і реалізується у вигляді накладання штрафів на працівників і, зокрема, службових осіб підприємств, установ, організацій, а також громадян - роботодавців чи уповноважених ними осіб

Матеріальна відповідальність.

Підставою для такої відповідальності на працівника є наявність прямої дійсної шкоди, вина працівника (умисел або необережність), протиправні дії (бездіяльності) працівника, а також наявність причинного зв'язку між виною, протиправними діями працівника та завданою шкодою Існують різні види матеріальної відповідальності залежно від того, чи є в діях працівника ознаки кримінального злочину . На працівника може бути накладено повну матеріальну відповідальність або обмежену відповідальність в межах середнього місячного заробітку Працівник звільняється як від кримінальної, так і матеріальної відповідальності, якщо ним заподіяно шкоду в стані крайньої необхідності або ж в стані необхідної оборони Матеріальною відповідальністю також передбачено відшкодування збитків, заподіяних підприємствами працівникам (або членам їх сімей), які постраждали від нещасного випадку або профзахворювання

Кримінальна відповідальність

За порушення правил охорони праці (недотримання загальнодержавних, галузевих та локальних правил, інструкцій та інших підзаконних актів настає за порушення вимог законодавства та інших нормативних актів про охорону праці, якщо це порушення створило небезпеку для життя або здоров'я громадян . Порушення спеціальних правил, що забезпечують безпеку робіт,

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

становлять окремі склади злочину і для кожного з них передбачено відповідальність в Кримінальному кодексі України

8.3. Горючості матеріали та їх властивості

Пожежовибухонебезпеку в умовах виробництва характеризує **група горючості матеріалів та речовин.**

Пожежовибухонебезпека – це сукупна властивість матеріалів і речовин, що характеризують їх здатність до виникнення й поширення горіння.

Усі матеріали і речовини у пожежному відношенні характеризуються показником горючості.

Горючість – це здатність матеріалів і речовин спалахувати під дією джерела запалювання та продовжувати горіти після його вилучення.

За горючістю всі матеріали й речовини поділяються на:

- **негорючі** – це такі, які під дією вогню або високих температур не спалахують, не тліють і не обвуглюються (усі природні і штучні неорганічні матеріали: алебастр, гіпс, залізобетон, метал і ін.);
- **важкогорючі** – це такі, які під дією вогню спалахують, тліють або обвуглюються й продовжують горіти, тліти або обвуглюватися тільки за наявності джерела запалювання (гіпсові матеріали, просочена деревина, фіброліт);
- **горючі** – це такі матеріали, які під дією вогню тліють, спалахують, обвуглюються й продовжують горіти, тліти або обвуглюватися після вилучення джерела загорання (всі органічні матеріали, лісоматеріали, папір і ін.).

Групи горючості матеріалів визначаються експериментальним шляхом у трубчатих, шахтних печах або приладі «вогняна труба».

Показники горючості використовуються для аналізу пожежної небезпеки, при експертизах проектів, при виборі вибухозахищеного електрообладнання та розробки заходів забезпечення пожежної безпеки технологічних процесів відповідно до ГОСТу.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8.3.1 Показники пожежної та вибухової небезпеки

Будь-яка тверда, рідка або газоподібна речовина, що здатна горіти, називається горючою речовиною. Тверда речовина в тонко дисперсному стані (до 850 мкм) виділена в самостійну групу – групу пилу, що має специфічну поведінку під час горіння.

Горіння, що виникає внаслідок дії відкритого вогню на невелику частину горючої речовини (локально) називається **спалахуванням**. Щоб речовина спалахнула й почала горіти, її необхідно підігріти до температури спалахування.

Температура спалахування – це найменша температура речовини, при якій вона починає займатися від імпульсу запалювання й продовжує горіти після його вилучення.

Спалахування – це початкова стадія процесу горіння. Коли від локального об'єму теплота внаслідок ланцюгової реакції передається на всю іншу частину горючої речовини. При цьому в шарі горючої речовини, який межує з зоною горіння, прискорюється хімічна реакція, що призводить до самоспалахування всього об'єму горючої речовини й характеризується температурою самоспалахування.

Температура самоспалахування – це найменша температура, до якої необхідно нагріти горючу речовину, щоб виникло горіння по всьому об'єму горючої речовини.

Самоспалахування – це процес горіння горючої речовини, що виникає без контакту з джерелом відкритого вогню. Наприклад, стандартна температура самоспалахування для метану +537°C, ацетону +465°C, дизельного палива +250°C.

Показники пожежної і вибухової небезпеки речовин і матеріалів включаються до стандартів і технічних умов, а також вводяться у паспорт підприємства при атестації виробництва. Показники необхідні для отримання вихідних даних з метою розробки та створення системи забезпечення пожежної безпеки.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

8.4. Охорона навколишнього середовища - "Забезпечення екологічної безпеки при експлуатації СЕУ".

Екологічний стан судів практично повністю визначається впливом суднової енергетичної установки (СЭУ) на навколишнє природне середовище. Одними з основних аспектів негативного впливу СЭУ є забруднення водоюм судновою стічної та нафтомісткістю підсланцевою водою. При експлуатації судів і їх СЭУ нормування забруднення водоюм судовими стічними водами здійснюється при установці граничного значення параметрів, що характеризують зазначені категорії суднової стічної води. Підсланцева нафтомісткісна та баластова вода нормуються по концентрації нафтопродуктів, господарсько-побутова стічна вода – по концентрації зважених речовин, БПК₂₀, солі-індексу й концентрації хлору.

Слід відзначити, що найбільший негативний вплив на екологію являється викиди вихлопних газів головного двигуна судна. Рівень концентрації шкідливих речовин у відпрацьованих газах судових дизелів є наслідком якості протікання фізико - хімічних процесів при підготовці та згорянні паливо повітряної суміші. Проте в даний час не всі особливості протікання даних процесів детально вивчені. У зв'язку з цим для зменшення неповноти згорання і зниження концентрацій токсичних компонентів у відпрацьованих газах основну увагу необхідно приділяти факторів, що робить безпосередній вплив на предпламенної процесу та процесу згорання : стан паливної апаратури, розпилювачів форсунки, якість сумішоутворення і протікання робочого процесу, положення кута випередження упорскування палива, значення циклової подачі палива.

Основні особливості процесу згорання в дизелях пов'язані, по-перше, зі способом сумішоутворення при уприскуванні палива в циліндр в кінці такту стиснення, причому частково впорскування триває і протягом періоду згорання, і, по-друге, зі значно більш високими тиском і температурою стиснення. Процес згорання можна розділити на наступні три фази, не рахуючи підготовчої :

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Перша фаза - фаза початкового або швидкого горіння, протягом якої згорає в основному паливо, вприснуто в циліндр протягом періоду затримки запалення ;

- Друга фаза - фаза основного горіння, протягом якої швидкість тепловиділення приблизно пропорційна швидкості надходження палива;

- Третя фаза - фаза дифузійного догорання.

Необхідно підкреслити, що характер і швидкість тепловиділення в кожній з цих фаз можуть істотно змінюватися залежно від конструктивних особливостей камери згорання, особливостей процесу сумішоутворення і характеру руху повітряного заряду.

Склад вихлопних газів залежить від конструкції двигуна, його потужності і навантаження. Повне згорання палива призводить до суттєвого зменшення концентрації шкідливих речовин. Повне згорання забезпечується точним підтриманням складу паливно повітряної суміші, абсолютною точністю процесу уприскування і оптимальним завихренням паливо повітряної суміші. Головним чином утворюється вода (H_2O), нешкідлива двоокис вуглецю (CO_2) і у відносно низькій концентрації такі сполуки: окис вуглецю (CO), незгорілі вуглеводні (HC або CH), оксиди азоту (NO_x), окис сірки (SO_2) і сірчана кислота (H_2SO_4), частинки сажі. Коли двигун холодний, (особливо якщо відбувається запуск двигуна в холодну пору року) то склад вихлопних газів включає в себе не окислені або окислені лише частково вуглеводні, які видно як білий або блакитний дим з характерним запахом.

Фактори, що впливають на токсичність відпрацьованих газів:

1.Состав суміші.

Збагачення суміші веде до збільшення освіти CO , CO_2 , CH і зменшенню NO_x . Збіднення суміші призводить до зменшення CO , CO_2 , CH і збільшенню NO_x .

2. Умови сумішоутворення.

Однорідність суміші, її рівномірний розподіл по циліндрах і пошарове розподіл в самих циліндрах, є основними факторами, що характеризують

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

здатність суміші до займання і нормальному (тобто швидкого і повного) згорянню. Уприскування палива, підігрів повітря на вході у впускний колектор, спеціальні форми камер згорання і впускних каналів, а так само інші, в тому числі конструкторські заходи, про які вже говорилося вище, сприяють поліпшенню сумішоутворення і, як наслідок, зменшують викиди в атмосферу шкідливих речовин.

3. Фази газорозподілу.

Великий кут перекриття клапанів є бажаною умовою для отримання високого об'ємного К.П.Д, а також призводить до збільшення внутрішньої рециркуляції відпрацьованих газів (див. « Рециркуляція відпрацьованих газів »). Позитивна роль внутрішньої рециркуляції полягає у зменшенні концентрації оксидів азоту. Негативна - зменшення потужності двигуна і його нерівномірна робота на холостому ході з збільшенням викидів СН.

4. Ступінь стиснення.

Двигуни з більшим ступенем стиснення володіють більшою літровою потужністю і меншою питомою витратою палива. Однак, через збільшення температури горіння суміші зростає і концентрація у відпрацьованих газах оксидів азоту.

5. Кут випередження запалювання.

Робота двигуна з оптимальними робочими характеристиками і витратою палива здійснюється на більш ранніх кутах займання горючої суміші. Проте, для зниження викидів СН і NO_x, навіть на шкоду економічності, доводиться вибирати більш пізні кути випередження запалювання. У кожному разі, надмірно раннє чи пізнє запалювання негативно позначається на всіх показниках двигуна, включаючи і екологічні показники.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. 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)

Грузове судно «Stoyko Reev» стоїть у причалі №12 порту Гетеборг (Швеція). Отримано повідомлення про інцидент з скрапленням газом на території спеціалізованого перевалочного комплексу для хімічних і наливних грузів в наслідок пошкодження запорної арматури залізничної цистерни трапився викид сірчаного ангідриду, котрий є сильнодіючою отруйною речовиною (СДОР). Кількість сірчаного ангідриду, що розлився, – 1 т, характер розливу – «вільно».

Метеорологічні умови на момент виникнення надзвичайної ситуації: час день 11.00, температура повітря 30°, швидкість вітру 5 м/с, вітер зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії 1 км. Характер місцевості – територія порту.

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 5 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 8.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

Таблиця 8.1 – Визначення ступеня вертикальної стійкості повітря за прогнозом погоди

Швидкість 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 $Q_{\text{э1}}$ (т) речовини у первинній хмарі:

$$Q_{\text{э1}} = 0 \text{ т.}$$

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

Площа розливу S_p (м²) сірчаного ангідриду дорівнює:

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_0/\rho}{h} = \frac{1/1,462}{0,05} = 29,2 \text{ м}^2$$

де V_p – об'єм сірчаного ангідриду, що розлився, м³; $Q_0 = 1$ – кількість сірчаного ангідриду, що розлився при аварії, т; $\rho = 1,462$ – щільність сірчаного ангідриду, т/м³ (таблиця 8.2); $h = 0,05$ – товщина шару сірчаного ангідриду (для характеру розливу – «вільно»), м.

Таблиця 8.2 – Характеристики СДОР і значення допоміжних коефіцієнтів

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування СДОР	Щільність СДОР, т/м ³		Температура кипіння, °С	Порогова токсодоза, мг·хв/л	Значення допоміжних коефіцієнтів							
	Газ	Рідина			K ₁	K ₂	K ₃	K ₇ для температури повітря (°С)				
								-40	-20	0	20	30
Сірчан. ангідр.	-	1,46 2	-10	1,8	0,1 1	0,04 9	0,33 3	0,1	0,2	0,4	1	1,3

Примітка: 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 T (год.) сірчаного нгїдриду:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_3 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_M \cdot v_n} = \frac{0,05 \cdot 1,462}{0,049 \cdot 0,333 \cdot 1,3} + \frac{1}{0,2 \cdot 29} = 3,65 \text{ год.} \approx 219 \text{ хв.}$$

де K₂ = 0,049 – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей сірчаного ангїдриду (таблиця 8.2); K₄ = 2,34 – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 8.3); K₇^{II} = 1,3 – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 8.2); K_м = 0,2 – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари сірчаного ангїдриду (таблиця 8.4); v_п = 29 – швидкість перенесення переднього фронту хмари зараженого повітря, км/год. (таблиця 8.5).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$Q_{э2} = (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^H \cdot \frac{Q_0}{h \cdot \rho}$$

$$= 0,89 \cdot 0,049 \cdot 0,333 \cdot 2,34 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1,3 \cdot \frac{1}{0,05 \cdot 1,462}$$

$$= 0,14 \text{ т}$$

де $K_1 = 0,11$ – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 8.2); $K_3 = 0,333$ – коефіцієнт, що дорівнює відношенню порогової токсодози хлору до порогової токсодози сірчаного ангідриду (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) хмарою СДОР при аваріях на технологічних ємностях, сховищах і транспорті визначаємо за допомогою таблиці 8.6. Так як первинна хмара відсутня, то для $Q_{э1} = 0,0$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с глибина зони зараження буде дорівнювати: $\Gamma_1 = 0,0$ км. Для $Q_{э2} = 0,14$ т та швидкості вітру $u = 5$ м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою сірчаного ангідриду : $\Gamma_2 = 0,53$ км. Визначаємо повну глибину зони зараження Γ_{Σ} (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 0,53 + 0,5 \cdot 0,0 = 0,53 \text{ км}$$

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

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас $\Gamma_{п}$ (км): $\Gamma_{п} = N \cdot v_{п} = 1 \cdot 29 = 29$ км

За остаточну розрахункову глибину зони зараження Γ (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень Γ_{Σ} і $\Gamma_{п}$:

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{п} \end{cases} = 0,53 \text{ км}$$

Таблиця 8.6 – Глибина (км) зони зараження

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

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	12,5 3	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 сірчаного ангідриду :

$$S_B = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^\circ = 3,14 \cdot 0,53^2 \cdot 45^\circ / 360^\circ = 0,11 \text{ км}^2$$

де $\Gamma = 0,53$ – 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):

$$S_\Phi = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 0,53^2 \cdot 1^{0,2} = 0,037 \text{ км}^2$$

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 $\Gamma = 0,53$ км. Центр сектора співпадає з джерелом зараження – місцем розливу сірчаного ангідриду. 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_1 (км):

$$\Gamma_1 = \lambda \cdot K_{\text{мр}} \cdot \left(\frac{Q_3}{D_1}\right)^\Psi = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,14}{6}\right)^{0,542} = 0,08 \text{ км}$$

де $\lambda = 1,34$, $\Psi = 0,542$ – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 7.8); $Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,0 + 0,14 = 0,14$ – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т; $D_1 = 6$ – 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 $\Gamma_{0,41}$ (км):

$$\Gamma_{0,4t} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,4t}} \right)^\Psi = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,14}{2,4} \right)^{0,542} = 0,13 \text{ км}$$

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

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

$$\Gamma_{0,2t} = \lambda \cdot K_M \cdot \left(\frac{Q_3}{D_{0,2t}} \right)^\Psi = 1,34 \cdot 1 \cdot \left(\frac{0,14}{1,2} \right)^{0,542} = 0,18 \text{ км}$$

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження $\Gamma = 0,53$ 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:

$$t = \frac{x}{K_{..} \cdot v_{..}} = \frac{1}{1 \cdot 29} = 0,05 \text{ год.} \approx 180 \text{ сек.}$$

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

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 «Stoyko Reev». Хмара зараженого повітря в районі надбудови судна буде мати концентрацію небезпечної речовини, яка може спричинити важкі ураження. Дані обставини

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

значно ускладнюють можливість проведення ефективних заходів по ліквідації аварійної ситуації та забезпеченню безпеки екіпажу судна.

Завдяки швидкому вітру час на випаровування сірчаного ангідриду з площі розливу скорочується, але все одно час дії вражаючих концентрацій хмари буде досить тривалим – 219 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.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

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

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

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

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

$$\Delta T_{cl} = 1 \text{ доб.},$$

$$T_{mn} = 5 \text{ рок.},$$

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

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

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.;

= 3 - 5 - коефіцієнт обліку ком. збитків;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		62

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

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

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

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

Залишковий термін служби ($T_{ЖЦ}$) даного судна становить близько 10 років

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

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

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

									Арк.
									63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4				

– **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;

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

Значення показника $K^{\Phi}_{НТЕ}$ визначають на основі шкали експертних оцінок (табл. 10.1).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

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	Великий	10	0,10
		Середній	5 – 9	
		Малий	1 – 4	

результатів			
-------------	--	--	--

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 $K^{\Phi}_{НТЕ}$ 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

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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
Трудовіткість 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).

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

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 Ь О Г О						6,78

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

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 НТЕ може бути зроблена за допомогою інтегрального коефіцієнта оцінки НТЕ ($K_{НТЕ}$):

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

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

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

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

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

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

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

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						69
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

11. Технічна експлуатація ХУ

Загальні вимоги до експлуатації

Експлуатація суднових холодильних установок є комплексом організаційно-технічних заходів, забезпечуючих надійну і без-небезпечну роботу установок, а також іспользованіє їх з максимальною ефективністю.

Комплекс організаційно-технічних заходів включає:

- організацію технічного обслуговування холодильної установки для підтримки її в стані, що відповідає вимогам органів нагляду, заводських інструкцій, спеціальних правил і дійствующих нормативів;
- забезпечення персоналу технічної та інструктивно документацією з обслуговування холодильної установки;
- визначення необхідного обсягу матеріально-технічного постачання;
- планування обсягу та термінів проведення технічного обслуговування (ТО) і ремонту холодильної установки.

При експлуатації холодильної установки необхідно суворе виконання річного графіка профілактичних оглядів та ремонтних робіт, а також графіка організаційно-технічних заходів.

Керівним документом при експлуатації холодильних установок судів, переведених на систему безперервного технічного обслуговування і ремонту (СНТОР), є зведений графік ТО і ремонту.

До експлуатації суднових холодильних установок допускаються особи, які мають свідоцтво рефрижераторного машиніста (моторіста) і пройшли перевірку знань на право займати цю посаду.

Рефрижераторні машиністи (мотористи), які пропрацювали на судах на посаді рефрижераторного машиніста не менше двох років, допускаються до самостійного керування одноступінчатої холо-дільної установкою

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

холодопроизводительности до 116 кВт. В цьому випадку відповідальність за стан холодильної установки несе старший механік судна.

Займати посаду механіка рефрижераторних установок на судах з двоступеневої холодильною установкою холодопроизводительности менш 349 кВт або на судах з одноступінчастої холодильної установкою холодопроизводи-тельности менш тисяча триста дев'яносто шість кВт разрешается особам, які мають диплом суднового рефрижераторного механіка третьої категорії.

На судах з двоступеневої холодильною установкою холодопроизводи-тельности не менше 349 кВт або на судах з одноступінчастої холодильної установкою холодопроизводительности не менше +1396 кВт займати посаду механіка рефрижераторних установок можуть суднові рефрижераторні механіки другої категорії.

Судновий персонал, що обслуговує холодильні установки, зобов'язаний:

- досконало знати Правила технічної експлуатації холодильних установок на судах флоту рибної промисловості, заводську документацію на холодильну установку та її елементи; назначеніє, основні технічні дані, принцип дії і конструкцію холодильної установки і обслуговую-чих її допоміжних механізмів і систем; вимоги Правил Регістру до класифі-ціруемим і некласифікованих холодильних установок;
- забезпечувати обслуговування холодильного обладнання з дотриманням чинних інструкцій, правил і керівних документів, пов'язаних з експлуатацією холодильних установок: пред'явленіє до огляду інспекції Регістру холодильних установок в установленому Правилами Регістру обязі і своєвремен-ное виконання всіх приписів Регістру;
- утримувати в належному санітарному стані все рефрижераторное господарство;
- вести необхідну технічну і звітну документацію;

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

- вміти користуватися засобами індивідуального захисту (протівогазамі, дихальними ізолюючими приладами КВП-7, АСВ-2) і, при необхідності надавати першу долікарську допомогу.

Експлуатація холодильної установки включає: пуск, обслу́жива́ннє в процесі роботи, виконання допоміжних операцій (сня́тє сніговий "шуби", додавання холодоагенту, масла, випуск повітря), обслуговування приладів КВП (контрольно-вимірювальних приладів) і автоматики, зупинку. Випробування холодильної установки на щільність перед її пуском

Після закінчення монтажних або ремонтних робіт перед заповненням системи холодоагенту холодильної установки проводять пневматичні випробування на щільність всіх трубопроводів, арматури, апаратів і ємностей цієї системи відповідно до вимог правил Регістра.

Пневматичні випробування на щільність елементів холодильної установки, що працює на хладагентах R717 і R22, проводять воздухом, що подається судновим повітряним компресором, із застосуванням водомаслоотделітелей і сілікагелевой осушувальних патронів.

Проміжні судини і інші елементи холодильної установкі, що працює під проміжним тиском, відчувають по нор́мам боку низького тиску.

Перед початком випробувань систему холодоагенту очищають від за́грязне́ній. Випробування проводять з дотриманням заходів безпеки і при наявності документів, що підтверджують їх проведення. Додавання аміаку в систему холодоагенту при повітряному випробуванні категориче́ски забороняється. В процесі випробувань системи холодоагенту тиском, щоб уникнути виходу з ладу сальників, приладів автоматики та кон́трольно-вимірювальних приладів (КВП) їх відключають або знімають.

При створенні в системі холодоагенту тиску повітряним компрес́сором на його всмоктує патрубок встановлюють систему фільтрів сет́ку. Тиск в системі холодоагенту підвищують поступово. Спочатку в системі тиск піднімається до 10% повного пробного для СНД, потім до 30 і 60%, а після

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

цього до повного пробного тиску для СНД. Після відключення в холодильній установці СНД на СВД підвищується тиск до повного пробного для цієї сторони.

Під час огляду системи холодоагенту тиск не підвищують. Герметичність зварних швів, з'єднань труб і сальників цієї системи перевіряють, змочуючи їх мильним водним розчином, в який рекомендується додати гліцерин для запобігання розчину від висихання. У місцях, важкодоступних для спостереження, використовують дзеркало. Білі під час випробувань системи холодоагенту тиском виникає небезпека пошкодження сальників або разрегулювання приладів автоматики, їх заздалегідь відключають.

При пневматичних випробуваннях система холодоагенту протягом 18 год повинна залишатися під тиском, зміна якого фіксують по зразковому манометру кожні 2 ч. Допускається зниження тиску на 2% початкової величини (в результаті охолодження стисненого повітря) за умови постійної зовнішньої температури.

При зміні зовнішньої температури абсолютний тиск в системі холодоагенту в кінці випробувань, МПа,

$$p_{\text{кон}} = p_{\text{нач}} (t_{\text{кон}} / t_{\text{нач}})$$

де $p_{\text{нач}}$ - абсолютний тиск в системі на початку випробувань, МПа; $t_{\text{кон}}$ - температура зовнішнього повітря в кінці випробувань, °С; $t_{\text{нач}}$ - температура зовнішнього повітря на початку випробувань, °С.

При виявленні нещільності місця пропусків відзначають крейдою, потім поступово знижують тиск в системі холодоагенту, після цього дефекти усувають і випробування повторюють. До системи холодоагенту, що витримала випробування на щільність, підключаються від'єднані сальники і прилади.

Після завершення пневматичних випробувань системи холодагента на щільність її відчують під вакуумом. Повітря із системи удаляють вакуум-

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

насосом до залишкового тиску не більше 1,07 кПа для холодильних установок на хладоне і не більше 5,3 кПа для установок на аміаку. При відповідному дозволі заводу-виготовлювача допускається використання суднового компрес-сміття. При цьому остаточное тиск, що створюється компресором, має бути не більше 5,32 кПа.

В процесі вакуумування компресор періодично останавлівають для охолодження циліндрів. При досягненні в системі хладагента необхідного вакууму для її осушення вакуумирование слід продовжувати протягом 6 ч.

При підвищенні залишкового тиску більш зазначеного систему холодоагенту вакуумируют ще 6 ч і знову витримують 18 год.

Для кращого осушення апаратів системи в процесі вакуумірованія водянну і розсільну порожнини конденсаторів і випарників заповнюють водою, нагрітою до 50 ° С.

При незадовільному результаті випробувань системи хладагента під вакуумом пневматичні випробування на щільність повторяють. Після усунення нещільності систему знову вакуумируют і витримують під вакуумом.

Для холодильних установок споруджуваних судів і холодильних установок після капітального ремонту проводять пробні випробування і приймальні випробування за спеціальною програмою.

Пробні випробування холодильної установки проводять після окончання її монтажу або ремонту. В процесі пробних випробувань проводиться налагодження, регулювання та перевірка роботи установок, а також пристроїв автоматичного захисту. Перевіряють: наповнення системи холодоагентом, маслом і розсолем; відсутність витоків холодоагенту, розсолу і охолоджуючої води; відсутність надмірного нагріву механізмів, сторонніх шумів і стукотів, вібрації механізмів, апаратів і трубопроводів; відповідність робочих параметрів до показників нормальної роботи

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

холодильної установки; роботу вентиляції рефріжераторного МО і приміщення зберігання холодоагенту.

Перевіряючи стан теплоізоляції, встановлюють відсутність промерзання або запотівання зовнішньої поверхні. Після підвищення температури в системі холодоагенту до плюсової не повинно бути течі талої води з-під ізоляції. Після цього в системі холодоагенту перевіряється щільність з'єднань і сальників.

Всі виявлені несправності усувають після закінчення пробних випробувань. Підготовчі роботи перед пуском холодильної установки завершуються ревізією компресорів та іншого її обладнання для визначення їх технічного стану.

При відсутності відхилень від нормальної роботи в процесі пробних випробувань і приймальних випробувань, а також відсутності дефектів при ревізії механізмів холодильна установка вважається підготовленою до експлуатації.

Підготовка до пуску

Підготовчі операції проводять для забезпечення безпечного і безвідмовного входження холодильної установки в робочий режим.

Загальна для всіх холодильних машин підготовка до пуску включає: виявлення по вахтовому журналу причин його було зупинено (якщо зупинка була пов'язана з якоюсь несправністю в роботі, необхідно переконатися в усуненні всіх неполадок, зазначених у журналі); перевірку герметичності системи холодоагенту; перевірку наявності та справності приладів управління, контролю, захисту та сигналізації; наявність напруги на розподільчих щитах холодильної установки; перевірку роботи ламп сигналізації.

При підготовці до роботи системи холодоагенту перевіряють наявність в ній холодоагенту і рівень його в апаратах і ємкостях (лінійний, циркуляційний ресивер, промпосудин і ін.). Якщо система без воздухоохладителя, треба переконатися, що в ній відсутня повітря, якщо повітря виявлений, його

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

видаляють.Перевіряють і відкривають запірні клапани на нагнітальному, рідинному і всмоктуючому трубопроводах відповідно до схеми установки, а також запірні клапани манометрів, показчиків рівня, поплавцевих реле рівня, зрівняльних ліній. Усмоктувальні і на-гнетательные клапани компресорів, запірні і регулюючі клапани подачі рідкого холодоагенту у випарник, промпосудин, циркуляційний ресивер, льодогенератор, морозильний апарат залишають закритими.

У схемах з дистанційно керованими соленоїдними клапанами регулюються-ючий клапани можуть бути відкриті. В цьому випадку при оста-новке холодильної машини соленоїдні клапани закриваються і по-дача холодоагенту до об'єктів припиняється.

На аміачних холодильних установках відповідно до праві-лами техніки безпеки деякі клапани на нагнітальному і рідинному трубо-проводах пломбують у відкритому стані.

У схемах з примусовою подачею рідини в пристрої охлажде-ння готують до пуску насос холодоагенту. При цьому відкривають всмоктуючий клапан насоса, клапан відведення пари з усмоктувального трубопроводу насоса і клапан відведення холодоагенту, використовуваного для змащення підшипників і охолодження електродвигуна.

В системі охолодження води відкривають всі клапани на всмоктувальним і напірному трубопроводах, крім клапана на нагнітальної стороні насоса, який повинен бути закритий (в деяких конструкціях напірний клапан насоса також відкривається). Шляхом зовнішнього огляду потрібно переконатися у відсутності витоків охолоджуючої води. Провертаючи вал насоса вручну, перевіряють його вільне вращеніє.

У приміщенні повітроохолоджувачів не повинно знаходитися посто-ронніх предметів. Зовнішнім оглядом воздухоохладителя і провора-чіванієм вручну крилатки вентилятора переконуються в надійності її кріплення, відсутності биття і заклинювання. Перевіряють також наявність захисних пристроїв. Положення повітряних заслінок, внутрішніх дверей і шиберів повинно бути таким, щоб була возмож-на подача повітря в охолодженні приміщення

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

(трюми, морозильні апарати). Двері повинні мати справні замки і щільно закриватися.

Перед пуском компресора з всмоктуючих і нагнітальних тру-бопроводов спускають в картер потрапив туди рідкий холодоагент. Переконаються в надійності кріплення, справності компресора і соєдінительной муфти, наявності огорожі, щільності сальника, отсутствіі на компресорі сторонніх предметів, що заважають пуску.

Перевіряють рівень масла в картері (або бочці лубрикатора), наявність його в системі змащення, включають масляний підігрівач. Переконаються, що запірні клапани масляної системи з автономними маслососа (гвинтові агрегати) і перепускні (байпасні) клапани (поршневі компресори) відкриті.

Для перевірки вільного переміщення рухомих частин компресора провертають його колінчастий вал (ротор) вручну не менше ніж на два оберти. При наявності щілинного масляного фільтра його рукоятку провертають на один-два оберти.

Перевіряють подачу води в охолоджувальну сорочку компресора і в систему охолодження маслоохладителя. При ручному регулюванні подачі води або холодоагенту на охолодження маслоохладителя відкритим залишають клапан на вході води в охолоджувач, при охолодженні олії холодоагентом регулюючий клапан перед пуском компресора повинен бути закритий.

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

ЛІТЕРАТУРА

1. Подмазко, Олександр Степанович

Автоматизація систем нетрадиційної енергетики. Прибори автоматики, електронні контролери та схеми автоматизації [Електронний ресурс] : метод. вказівки / О. С. Подмазко ; Каф. екоенергетики, термодинаміки та прикладної екології. — Одеса : ОНТУ, 2022. — 34 с. — Електрон. текст. дані.

Мова: **Українська** Шифр: **621.5(07)** Авторський знак: **П45**

2. Подмазко, Олександр Степанович

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. — Електрон. текст. дані.

Мова: **Українська** Шифр: **621.5(075)** Авторський знак: **П45**

3. Подмазко, Олександр Степанович

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. — Електрон. текст. дані.

Мова: **Українська** Шифр: **621.5(075)** Авторський знак: **П45**

4. Подмазко, Олександр Степанович

Штучний холод в енергетичних системах з відновлюваними джерелами енергії [Електронний ресурс] : навч. посіб. / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Одес. нац. технол. ун-т. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 184 с. : рис., табл. — Електрон. текст. дані. — Бібліогр. : 16 назв.

Мова: **Українська** Шифр: **621.56/59(075)** Авторський знак: **П45**

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Подмазко, Олександр Степанович

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. — Електрон. текст. дані.

Мова: **Українська** Шифр: **621.56/.59(075)** Авторський знак: **П45**

6. Подмазко, О. С.

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.

Мова: **Українська** Шифр: **621.5(07)** Авторський знак: **П45**

7. Подмазко, О. С.

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. — Електрон. текст. дані.

Мова: **Українська** Шифр: **621.56/.59(07)** Авторський знак: **П45**

8. Подмазко, О. С.

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. — Електрон. текст. дані.

Мова: **Українська** Шифр: **621.5(07)** Авторський знак: **П45**

9. Подмазко О.С. Методичні вказівки для розрахунку провізійних камер [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2020. — 24

с. Мова: *Українська* Шифр: *621.56/.59(07)* Авторський

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

знак: П45 <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1668828>

10. Подмазко О.С. 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. Мова: Українська Шифр: 621.56/.59(07))

Авторський знак: П45 <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1668930>

11. Подмазко О.С. 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. Мова: Українська Шифр: 621.56/59(075)

Авторський знак: П45 <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1873315>

12. Подмазко О.С. Суднова холодильна техніка [Електронний ресурс] : конспект лекцій / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціонування повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2020. — 59

с. Мова: Українська Шифр: 621.56/.59(075) Авторський

знак: П45 <https://elc.library.ontu.edu.ua/library-w/DocumentDescription?docid=OdONAHТ.1668802>

					КРБ.ХУіКП.1.487-03.1.4	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		80