

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



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
**на тему Дослідження використання акумулювання холоду при транспортуванні**  
**харчових продуктів**  
(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Кузьменко Р.О.  
(прізвище, ініціали)

2  
Керівник курсу ХМ-161МНб групи  
доц. Подмазко О.С.  
(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: доц. каф. ХУКП Жихарєва Н.В.  
доц. каф. ХУКП Когут В.Є.  
(посада, прізвище та ініціали)

**Кваліфікаційна робота допускається до захисту**

Рішення кафедри від \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ р., протокол № \_\_\_\_

Завідувач кафедри ХУКП \_\_\_\_\_  
(назва кафедри) (підпис)

Михайло ХМЕЛЬНЮК  
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2026 рік

## ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

|                      |                                                                                               |
|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|
| Інститут             | Холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського                               |
| Кафедра              | Холодильні установки і кондиціонування повітря                                                |
| Ступінь вищої освіти | Магістр                                                                                       |
| Спеціальність        | спеціальності G4 «Енерговиробництво»                                                          |
| Освітня програма     | Холодильні машини, установки і кондиціонування повітря                                        |
| Спеціалізація        | Холодильні та кліматичні технології» галузі знань G<br>«Інженерія, виробництво та будівництво |

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. кафедри М.Г. Хмельнюк

«01» вересня 2025 р.

### ЗАВДАННЯ

#### НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

**Кузьменко Руслану Олександровичу**

- Тема роботи: Дослідження використання акумулювання холоду при транспортуванні харчових продуктів  
Затверджена наказом академії від 30.01.2025 р. наказ № 51-03
- Термін здачі здобувачем закінченої роботи 30.05.2026 р.
- Вихідні дані роботи: Пасажи́рське судно. Прові́зійні камери. Акумулятори холоду температури кипіння;  $t_0 = -8; -28$  та  $-40$  °C; робоча речовина R-507
- Перелік питань, які потрібно розробити:  
Перелік УС. Вступ. Огляд праць з обраної теми. Технічні характеристики пасажирського судна. Тепловий розрахунок і підбір компресорів. Зміна режимних параметрів холодильної системи. Безпека життєдіяльності. Цивільний захист. Економічна частина. Моделювання процесів термообробки. Перелік використаної літератури
- Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):  
Схеми – акумулятори, зміна температур в харчових продуктах, теплові навантаження, Робочі температури, залежність коефіцієнта теплопередачі. Товщина льоду



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

| Розділ             | Консультант              | Підпис, дата   |                  |
|--------------------|--------------------------|----------------|------------------|
|                    |                          | Завдання видав | Завдання прийняв |
| Охорона праці      | Когут В.Є., доц. ХУКП    | 01.02.2026р.   | 15.05.2026 р.    |
| Цивільний захист   | Жихарєва Н.В., доц. ХУКП | 01.02.2026р.   | 15.05.2026 р.    |
| Економічна частина | Жихарєва Н.В., доц. ХУКП | 01.02.2026р.   | 15.05.2026 р.    |

7. Дата видачі завдання

01.02.2026 р.

Керівник

Подмазко Олександр Степанович

Завдання прийняв до виконання

Кузьменко Руслан Олександрович

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                    | Термін виконання етапів роботи | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Перелік УС. Вступ. Огляд праць з обраної теми. Схеми - акумулятори                     | 15.02.2026                     | виконав  |
| 2     | Технічні характеристики пасажирського судна. Тепловий розрахунок і підбір компресорів. | 01.03.2026                     | виконав  |
| 3     | Зміна режимних параметрів холодильної системи. Безпека життєдіяльності.                | 15.03.2026                     | виконав  |
| 4     | Цивільний захист. Економічна частина. Моделювання процесів термообробки                | 01.04.2026                     | виконав  |
| 5     | Робочі температури, залежність коефіцієнта теплопередачі                               | 15.04.2026                     | виконав  |
| 6     | Експериментальні дослідження. Висновки                                                 | 01.05.2026                     | виконав  |
| 7     |                                                                                        | 15.05.2026                     | виконав  |

Здобувач-дипломник \_\_\_\_\_ Кузьменко Руслан Олександрович

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Подмазко Олександр Степанович

*Несу відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів кваліфікаційної роботи, даю згоду на обробку персональних даних та не заперечую проти розміщення кваліфікаційної роботи на офіційних web- ресурсах ОНТУ.*

*Підтверджую, що в кваліфікаційній робот відсутні порушення норм академічної доброчесності.*

Здобувач-дипломник

Кузьменко Руслан Олександрович

## РЕФРАТ

Виконав: магістр гр. ХМ-161МНб Кузьменко Руслан Олександрович

Керівник: Подмазко Олександр, доцент, к.т.н.

Тема роботи: ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ АКУМУЛЮВАННЯ  
ХОЛОДУ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

Об'єкт дослідження: Провізійні камери з акумулятором холоду

Коли пасажирське судно здійснює круїз, кількість харчових продуктів в провізійних камерах з часом знаходження в морі зменшується і встановлених холодильних потужностей вже стільки не потрібно. При цьому можливі два варіанти:

1.Зменшення робочого часу холодильних компресорів.

2.Використовувати "звільнену" холодильну потужність для проведення акумулювання холоду.

На нашу думку, більш раціональним є варіант № 2, оскільки в залежності від часу знаходження у морі, цінової політики на харчові продукти, апетиту пасажирів при заходженні в черговий порт для поповнення харчовими продуктами провізійних камер можливі три ситуації:

Продуктів необхідно максимальна кількість.

2. Продуктів необхідно середня кількість.

3. Продуктів необхідно незначна кількість.

Згідно цього, теплове навантаження на охолоджувальну систему може бути різко перемінне, середньо перемінне або плавномірне.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності роботи холодильного обладнання при періодичному поповненні провізійних камер харчовими продуктами з подальшим їх транспортуванням.

|           |  |                |        |      |                                                                             |  |                    |            |         |
|-----------|--|----------------|--------|------|-----------------------------------------------------------------------------|--|--------------------|------------|---------|
|           |  |                |        |      | Дослідження використання акумуля. холоду при транспортуванні харчових прод. |  |                    |            |         |
| Змн.      |  | № докум.       | Підпис | Дата | ПОЯСНЮВАЛЬНА<br>ЗАПИСКА                                                     |  | Літ.               | Маса       | Масштаб |
| Розроб.   |  | Кузьменко Р.О. |        |      |                                                                             |  |                    |            |         |
| Перевір.  |  | Подмазко О.С.  |        |      |                                                                             |  |                    |            |         |
| Т. Контр. |  |                |        |      |                                                                             |  |                    |            |         |
| Реценз.   |  |                |        |      |                                                                             |  |                    |            |         |
|           |  |                |        |      |                                                                             |  | Арк. 4             | Аркушів 86 |         |
| Н. Контр. |  |                |        |      |                                                                             |  | ОНТУ гр. ХМ-161МНб |            |         |
| Затверд.  |  |                |        |      |                                                                             |  |                    |            |         |

Як показують дослідження, використання акумуляції холоду дозволяє стабілізувати роботу холодильної машини і істотно зменшити у процесі термообробки коливання температур кипіння, конденсації і в камері (коливання зменшуються до 30 %) і споживаної потужності компресора (енергоспоживання зменшується до 20 %). При цьому скорочується час термообробки харчового продукту (до 15 %).

Кількість ілюстрацій - 28, таблиць – 41, література - 14

Ключові слова: АККУМУЛЯЦІЯ ХОЛОДУ; ТЕМПЕРАТУРИ КИПІННЯ, КОНДЕНСАЦІЇ; ПРОВІЗІЙНА КАМЕРА; СИЛА СТРУМУ.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 5    |

## ABSTRACT

Performed by: Master of Science, HM-161MNb Kuzmenko Ruslan Oleksandrovych

Supervisor: Podmazko Oleksand, Associate Professor, Ph.D.

Topic of work: RESEARCH IN THE USE OF COLD ACCUMULATION IN THE  
TRANSPORTATION OF FOOD PRODUCTS

Oject of research: Provision chambers with a cold accumulator

When a passenger ship is cruising, the amount of food in the provisioning chambers decreases over time at sea and the installed refrigeration capacity is no longer required. There are two options:

1. Reduction of working time of refrigerating compressors.
2. Use "released" refrigeration capacity for cold storage.

In our opinion, option № 2 is more rational, because depending on the time spent at sea, the pricing policy for food, the appetite of passengers when entering the next port to replenish food chambers, three situations are possible:

The maximum number of products is required.

2. Products need an average amount.
3. Products need a small amount.

Accordingly, the heat load on the cooling system can be sharply variable, medium variable or smooth.

Thesis is devoted to improving the efficiency of refrigeration equipment with periodic replenishment of food chambers with food and their subsequent transportation.

Studies show that the use of cold storage can stabilize the operation of the refrigeration machine and significantly reduce in the process of heat treatment fluctuations in boiling, condensation and in the chamber (fluctuations are reduced to 30%) and compressor power consumption (energy consumption is reduced to 20%). This reduces the heat treatment time of the food product (up to 15%).

illustrations - 28, tables – 41 1 - 14

Key words: COLD ACCUMULATION; BOILING TEMPERATURES, CONDENSATIONS; PROVISIONAL CHAMBER; AMPERAGE.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | KPM.XYKП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 6    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## ЗМІСТ

|                                                                                                |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Перелік умовних скорочень .....                                                                | 8  |
| Вступ.....                                                                                     | 9  |
| 1. Огляд праць з обраної теми .....                                                            | 12 |
| 2. Технічні характеристики пасажирського судна .....                                           | 15 |
| 3. Тепловий розрахунок і підбір компресорів .....                                              | 19 |
| 3.1. Опис досліджуваного процесу .....                                                         | 19 |
| 3.2. Дослідження впливу акумуляції холоду .....                                                | 25 |
| 4. Зміна режимних параметрів холодильної системи при використанні<br>акумулювання холоду ..... | 29 |
| 5. Безпека життєдіяльності.....                                                                | 32 |
| 6. Цивільний захист.....                                                                       | 46 |
| 7. Економічна частина.....                                                                     | 55 |
| 8. Моделювання процесів термообробки.....                                                      | 70 |
| 9. Експериментальні дослідження.....                                                           | 74 |
| Висновки .....                                                                                 | 84 |
| Список використаної літератури .....                                                           | 85 |

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 7    |

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ

|                  |                                                   |
|------------------|---------------------------------------------------|
| $t_0$            | – температура кипіння холодильного агента, °C     |
| $t_{\text{кон}}$ | – температура конденсації холодильного агента, °C |
| $t_{\text{кам}}$ | – температура повітря в провізійній камері, °C    |
| $t_{\text{пр}}$  | – температура харчового продукту, °C              |
| СВ               | – соленоїдний вентиль                             |
| ТРВ              | – терморегулюючий вентиль                         |
| Q                | – теплове навантаження, кВт                       |
| N                | – ефективна потужність, кВт                       |
| I                | – сила струму, А                                  |

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 8    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## ВСТУП

Акумуляція холоду використовується в переробних галузях агропромислового комплексу, системах кондиціонування повітря в житлових будинках, торгівельних залах, великих виробничих приміщеннях (гірничодобувних шахтах). Існують самі різні способи акумуляції холоду.

В той же час, з метою зниження об'єму акумуляторів (а, отже – підвищення щільності акумуляції) перевагу слід віддавати вживанню теплоти різних фазових переходів, а також – речовинам, які володіють великими значеннями об'ємної теплоємності. Серед всіх речовин штучного і природного походження вода в рідкому стані має найбільшу об'ємну теплоємність, транспортується легко, і тому в багатьох випадках є холодоносієм в системах охолодження, якщо робочі температури складають більш 0 °С. Якщо ж потрібно підтримувати менші робочі температури, то на зміну воді приходять водні розчини солей (NaCl, CaCl<sub>2</sub>, пропіленгліколь, етиленгліколь та ін.), які можуть забезпечити необхідну величину кріоскопічної різниці температур. Вживання теплоти фазових переходів при акумуляції холоду допустимо в двох аспектах:

- теплота фазового переходу рідина – тверде тіло;
- теплота утворення різних кристалогідратів.

Водні розчини кристалогідратів і солей в багатьох випадках приводять до корозії у теплообмінних пристроях і у гідравлічних мережах. Крім того, вони можуть проникати в охолоджувані середовища і, що особливо важливо, в харчові продукти. Правда з сьогоdnішнім рівнем високоавтоматизованих холодильних систем така вірогідність зводиться практично до нуля. У часи, коли не вдавалося досягти високої ефективності роботи автоматики, або оснащення якою цілої системи було украй проблематичне, зважаючи на загальну дорожнечу, в харчовій промисловості вимушені були застосовувати лише воду у якості проміжного холодоносія. Хоча в цей же час і були експерименти по створенню різних інгібіторів, які додавалися в солі, тим самим зменшуючи їх корозійний вплив на холодильну систему. При цьому застосування води в якості холодоносія з метою

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 9    |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



аккумуляції холоду зв'язувалося одночасно із отриманням "крижаної" води і з наморозуванням льоду на поверхні охолодження випарників.

У випадку, якщо реалізовуватиметься наморозування льоду на поверхні охолодження, випарник одночасно виконуватиме роль охолоджувача води і акумулятора холоду. Явна неможливість створення порівняно великої поверхні теплообміну і, таким чином, акумуляція великої маси льоду, що обумовлює невеликі значення об'ємів даного акумулятора, а також кількості холоду, яку можна акумулювати цим методом. Також слід зазначити, що шар льоду, який утворюється на поверхні, є термічним опором теплообміну, що збільшується в часі. Це призведе до переохолодження льоду, внаслідок чого буде необхідне зменшення температури кипіння в даному випарнику. Все це призводить до збільшення енерговитрат на акумуляцію холоду.

Динаміка утворення крижаного шару на поверхнях охолодження різної геометричної форми є немонотонною і нелінійною, в багатьох випадках має хвиловий характер по координаті (наприклад, по ходу потоку води, яка охолоджується) і в часі. У випадку, якщо шар льоду заповнить простір між елементами конструкцій, що охолоджують, то це може призвести до їх руйнування. Через це випарники з наморозуванням льоду оснащуються приладами автоматики для виміру і контролю товщини наморозеного крижаного шару. Проте, зважаючи на немонотонність і нелінійність динаміки утворення крижаного шару, що має різну товщину, ефективність таких пристроїв зводиться до мінімуму. Крім того, деякі труднощі експлуатаційного роду породжує аномальність щільності води в районі 0 °С. Ця аномальність полягає в складності оперативного застосування наморозеного льоду, який був раніше закумульований. Повільне танення льоду відбувається по залежностях, що важко узгоджуються з технологічними потребами у витратах «крижаної» води, яка виходитиме при таненні льоду. У якості прикладу можна привести процес охолодження молока. Молоко привозять на молокопереробляючі заводи поперемінно (так звані пікові надходження). В той же час, протягом декількох годин потрібно охолодити молоко до необхідної температури з метою подальшого тривалого зберігання, щоб потім воно пішло на

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

подальшу переробку. Стандарти різних країн варіюють кінцеву температуру молока в результаті охолодження від 2 до 4 °С. Не зважаючи на те, що різниця по цих стандартах складає всього 2 °С, вірогідна тривалість зберігання в цих випадках змінюється від 8 годин до доби. Схожі стандарти спостерігаються і для інших рідких харчових продуктів. Тут слід звернути увагу на те, що досягнення кінцевої температури продукту в результаті охолодження, яка дорівнювала 2 – 3 °С, на практиці можливо лише в тому випадку, якщо холодоносіє матиме температуру близько 0,5 °С. Проте ясно, що досягнення такої температури у випарниках або без заморожування льоду, або з ним, просто неможливо. Вийти з цієї ситуації можна лише шляхом застосування у якості холодоносія різних розсолів.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 11   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 1. ОГЛЯД ПРАЦЬ З ОБРАНОЇ ТЕМИ

Існують причини, які вимагають створення акумуляторів холоду як окремих видів приладів охолодження апаратів. Наприклад, однією з подібного роду причин є вища ціна на електроенергію вдень і нижча вночі. У якості прикладу можна привести систему кондиціонування повітря для банківського залу, яка має три компресорні холодильні машини на R22, що працюють протягом доби в різних поєднаннях і режимах, виробляючи холодну і гарячу воду. Як правило, холодна вода виробляється вночі, акумулюється в льодогенераторі при порівняно високих температурах кипіння R22 ( $-3 \dots 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ). Гаряча ж вода утворюється за рахунок вживання теплоти конденсації. Як відзначають вчені Bacigalupo E. G. і Sandelewski A. в своїй роботі "Accumulo frigorifero notturno e diplice integrazione diurna", в результаті закумуляованого вночі холоду вдень вдається підвищити продуктивність холодильної установки майже в два рази. Окрім прямого застосування холоду, "крижана" вода подається в конденсатори для зменшення температури конденсації R22 в денний час. Фірмою Renault був спроектований рідинний акумулятор "крижаної" води, яка вироблялася в нічний час доби під час низьких тарифів на електроенергію. Вдень же "крижана" вода застосовується для осушення стислого повітря. Це дозволило отримувати економію до 50 % встановленої потужності. Німецьке об'єднання CFKK mbh з Кельна розробило акумулятор льоду нічної зарядки (700 кВт по 6 годин). У якості холодоносія ними було прийнято рішення використовувати розсіл, який охолоджується холодильною машиною, що працює на фреоні R22. Система навитих труб для циркуляції розсолу виконувала роль акумулятора льоду. Дані труби були поміщені в поліетиленову ємкість з водою.

У патенті "Air conditioning apparatus" (Inoue Y., Endo M., Minra S.) одна з холодильних машин працює на акумулятор холоду. Друга, що є незалежною від першої, працює спільно з акумулятором холоду в режимі охолодження повітря. При цьому накопичення холоду здійснюється вночі. Перевагою даної системи є одночасна робота машини для акумуляції льоду і основної машини для охолодження.

|      |      |          |        |      |                      |      |
|------|------|----------|--------|------|----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                      | 12   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                      |      |

Економити енергію, фінансові витрати і встановлені потужності при застосуванні акумуляції холоду в нічний час доби можна в самих різних галузях промисловості.

Розробка холодо- або теплоакumuлюючих систем є необхідною і важливою при розширенні, модернізації або реконструкції старих і діючих підприємств. В даному випадку зняття пікових навантажень, використання енергозберігаючих технічних рішень і тому подібне дозволить збільшити виробництво без створення нових додаткових входів електропостачання. Тут слід зазначити, що значний фінансовий і енергозберігаючий ефект в результаті впровадження холодо- і теплоакumuлюючих систем можна досягти при порівняно невеликих додаткових капітальних вкладеннях разом з високим коефіцієнтом застосування акумуляторів енергії.

У статті Савіна І.К. і Нефедова Д.В. "Розрахункове моделювання процесів зарядки акумулятора холоду" досліджено питання, пов'язане із створенням фізичної моделі теплового акумулятора. Він використовуватиметься в системі охолодження із застосуванням природного холоду, який буде споживатися для обслуговування процесу зняття навантажень конденсаційно-випарних систем.

Також слід зазначити ще одну ключову властивість акумуляторів холоду. Вона пов'язана з тим, що акумулятори холоду можуть бути використані у якості ефективної зброї зняття пікових навантажень на встановлене холодильне устаткування. У тому випадку, коли не здійснюється попередня акумуляція енергії, а значення пікових навантажень більше встановлених потужностей, все це може призвести до порушення продуктивності і температурних режимів. Крім того, це спричиняє зниження якості харчового продукту, який виходить після термообробки. В той же час, при установці акумуляторів енергії, можна добитися зниження встановлюваних потужностей холодильного устаткування, споживаючого електроенергію, на 10 – 30 %.

Отже, створення і впровадження акумуляторів енергії в загальному випадку, і зокрема, акумуляторів холоду, буде ефективним чинником енергозбереження і зняття пікових навантажень на встановлене холодильне устаткування в самих різних

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 13   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

галузях промисловості. Одним з найбільш якісних і ефективних холодоносіїв для багатьох холодо- і тепловикористовуючих систем є пропіленгліколь.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 14   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 2. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА

Архітектурно-конструктивний тип концепту PV300VD - сталеве самохідне гвинтове судно з похилим форштевнем і транцевим кормовим краєм, з надлишковим надводним бортом, з надбудовою бака, з чотирьохярусною житловою надбудовою по всій довжині судна з носовим розташуванням рульової рубки, з машинним відділенням в кормовій частині.

Має наступні основні характеристики:

- клас PC Ice1 R2-RSN;
- довжина габаритна 141,00 м;
- довжина між перпендикулярами 136,7 м;
- ширина габаритна 16,82 м;
- ширина розрахункова 16,60 м;
- висота борта 5,50 м;
- осадка найбільша 3,20 м;
- висота габаритна от ОП 17,2 м;
- екіпаж и обслуговуючий персонал - 76 чел.

Схема компоновки круїзного судна для розміщення 300 пасажирів:

- 40 стандартних кают площею приблизно 16 м<sup>2</sup>;
- 94 стандартні каюти з балконом площею приблизно 16 м<sup>2</sup>;
- 14 «Люкс» кают з балконом площею приблизно 23 м<sup>2</sup>;
- 2 «Люкс» апартаменту з балконом площею приблизно 39 м<sup>2</sup>.

Каюти пасажирів розміщуються в середній вертикальній зоні на 4-х ярусах надбудови. Каюта капітана, судноводіїв і судновласника розташовуються на палубі тенту поряд з рульовою рубкою. Розміщення інших 74 членів екіпажа передбачено в корпусі в середній (житловій) вертикальній зоні. Пасажирські каюти на верхній, шлюпочній і тентовій палубах мають власні балкони зі зсувними секціями для забезпечення крізного проходу по палубі в аварійних ситуаціях.

Для забезпечення відпочинку пасажирів на судні використані носова і кормова вертикальні зони.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 15   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

У носовій вертикальній зоні розміщуються наступні приміщення:

- панорамний театрально-музичний салон з баром;
- головний ресторан;
- оглядовий ресторан;
- сувенірний магазин;
- трансформовані конференц-зали.

У кормовій вертикальній зоні розміщуються наступні приміщення:

- 24 години бар з басейном і двома джакузі;
- тентова палуба з грилем-баром;
- лаунж бар;
- кормовий ресторан;
- СПА-салон з сауною, двома масажними і кімнатою відпочинку з джакузі;
- тренажерний зал;
- дитяча кімната;
- перукарня.

На судні передбачено годування всіх пасажирів в одну зміну. Для цього передбачено три ресторани:

- головний;
- оглядовий;
- ресторан з відкритою кухнею.

Стійкість судна у всіх експлуатаційних випадках завантаження задовольняє Правилам РРР (РС), відповідно до класу судна. Непотоплюваність судна забезпечується при затопленні будь-якого відсіку. Пожежна безпека судна виконана відповідно до вимог Правил РРР (РС) і Міжнародної Конвенції СОЛАС-74 і забезпечується конструктивними елементами протипожежного захисту, системами пожежогасіння, пожежною сигналізацією, матеріалами, а також комплектом протипожежного постачання.

Судно забезпечене рятувальним пристроєм відповідно до Правил РРР (РС) і Міжнародної Конвенції СОЛАС-74. У кормовій і носовій частинах судна встановлюються чотири рятувальні шлюпки (2 місткістю - 38 чол. кожна в носовій

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 16   |

частині житлового блоку, і 2 місткістю 150 чол. кожна - в кормовій частині житлового блоку) і 2 сучасних евакуаційних системи із закритими надувними рятувальними плотами, що самовідновлюються (4 плоти по 50 чол. кожен).

Корпус в середній частині судна набраний по змішаній системі набору. Шлюпочна, тентова палуба і дах рульової рубки виконуються по поперечній системі набору по всій довжині судна. Днище, друге дно, нижня, головна і верхні палуби виконуються по подовжній системі в середній частині і поперечній системі набору в краях і в МО. Зовнішній борт виконується по поперечній системі набору по всій довжині. Конструкції країв виконуються по поперечній системі набору.

На судні встановлюються 8 головних водонепроникних поперечних перегородок, що розділяють корпус на 9 непроникних відсіків.

Конструкція палуб судна в районі великих вирізів під атріуми посилена потовщеними листами і додатковими зв'язками.

В кормовій частині судна встановлено три гвинти фіксованого кроку. Рульовий пристрій складається з балансирного керма у кількості трьох штук, яке встановлюється в плоскості осей гребного гвинта. Пір'я керма обтічної форми.

Для поліпшення керованості на малих ходах, при проході вузькостей і при швартуванні на судні передбачається носове ПУ.

Для забезпечення повного контролю над рухом судна при маневруванні на малому ході, швартових операціях і постановці судна в док передбачається установка системи управління судном, яка зв'язує всі рушії судна (гвинти і підрулюючі пристрої) в єдиний модуль, і при цьому управління всіма цими рушіями здійснюється за допомогою одного джойстика.

Енергетична установка складається з:

- головної установки, що складається з трьох дизельних двигунів максимальною номінальною тривалою потужністю близько 1000 кВт, що працюють через реверс-редуктори на 3 гвинти фіксованого кроку;
- допоміжної установки у складі трьох дизель-генераторів електричною потужністю по 760 кВт кожен і аварійного дизель-генератора потужністю близько 214кВт;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



- котельної установки, що складається з двох термальних котлів тепловою потужністю близько 500 кВт, трьох утилізаційних котлів ДГ продуктивністю близько 170 кВт кожен.

- допоміжних механізмів і апаратів, обслуговуючих енергетичну установку.

У якості палива застосовуються важке паливо IFO380 в'язкістю 380 сСт при 50 °С з температурою спалаху більше 60 °С. Для аварійного дизель-генератора застосовується дизельне паливо MDO з температурою спалаху більше 60 °С.

Для переміщення пасажирів між палубами передбачені пасажирські ліфти місткістю 4 чол. (1 в носовому вестибюлі і 1 в кормовому). Для переміщення вантажів між камбузом і буфетними ресторанами і носового салону передбачено 2 вантажних ліфта, один з яких також призначений для подачі посуду і блюд в буфетну кают-компанію.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

### 3. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ЦИКЛІВ І ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ

#### 3.1. Опис досліджуваного процесу

Відома технологічна схема для отримання пастеризованого молока, яка включає молочний насос з нержавіючої сталі, лічильник, резервуар молока, що надійшло, пластинчасту охолоджуючу установку (охолодження льодяною водою з  $t_{\text{вх}} = 1...2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), резервуар охолодженого молока з теплоізоляцією, пастеризаційно-охолоджуючу установку, сепаратор-молоко очисник, гомогенізатор, охолоджувальний резервуар (танк) для молока з  $t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$  з сорочкою, що охолоджується льодяною водою чи розсолем, автомат для розливу молока у пакети чи пляшки, камеру зберігання з повітряним охолодженням з параметрами  $t_{\text{кам}} = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  та  $\phi = 0,85\%$ . Режим роботи пастеризаційно-охолоджуючої установки: пастеризація  $t_{\text{п}} = 74...78\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\tau = 20\text{ с}$ , потім охолодження до  $4\text{ }^{\circ}\text{C}$  льодяною водою чи розсолем  $t_{\text{р}} = -8\text{ }^{\circ}\text{C}$ . У секції регенерації відбувається нагрів молока, що надійшло, від  $t_{\text{поч}}$  до  $t_{\text{р}}$  за рахунок охолодження молока, що вийшло з секції пастеризації з температурою  $t_{\text{п}}$ . Недоліками цієї схеми є великі затрати на електроенергію, оскільки ця схема працює у часи максимального тарифу по коштам електроенергії, особливо з 17 до 19 годин на протязі доби, схема акумуляції жорстко пов'язана з графіком надходження продукту на термообробку, пониження температури холодоносія нижче  $1\text{ }^{\circ}\text{C}$  не можливе.

Відомий «Пристрій для термообробки продукції», що включає камеру термообробки, камеру для охолодження продукції із першою та другою секцією, холодильну машину та вентилятор. В якості холодильної машини використовується регенеративний побічно-випарювальний повітроохолоджувач з патрубками корисного та допоміжного потоків повітря і додатково містить сорбційний осушувач повітря із ємністю для збору води після регенерації сорбенту, при цьому патрубки корисного та допоміжного потоків повітря з'єднані відповідно із другою та першою секціями камери для охолодження продукції, сорбційний осушувач повітря розташований між патрубком корисного потоку повітря і другою секцією камери для охолодження продукції і ємність для збирання води після регенерації сорбенту

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

підключено до регенеративного побічно-випарювального повітроохолоджувача. Недоліком пристрою є складність конструкції та експлуатації.

Відома «Система воздушного охлаждения помещений и оболочка для кусков льда теплоизолированной камеры для льда такой системы», що включає теплоізольовану камеру з великою кількістю кусків льоду, отриманих за рахунок природного холоду в холодну пору року і укладених з зазорами, які утворюють канали для проходження охолоджуваного повітря.

Відомо, що при використанні у якості теплоносія «льодяної» води панельні випарники можна застосовувати у якості випарників-акумуляторів [8]. Прототипом є пристрій, який складається з компресорно-конденсаторного агрегату, пластинчатого теплообмінника, панельного випарника у якості випарника-акумулятора з водою у якості проміжного теплоносія. Розсіл протікає через панельний випарник, на якому наморозується лід, що охолоджує продукт. Недоліками прототипу є велика за розміром природна утрата харчових продуктів, довгий час термообробки, не дуже висока якість харчового продукту після термообробки, низька стабілізація робочих параметрів холодильної машини, високе енергоспоживання.

Поставлено задачу раціонально використати холодопродуктивність компресорів, зменшити природну втрату харчових продуктів, зменшити час термообробки, підвищити якість харчового продукту після термообробки, підвищити стабілізацію робочих параметрів холодильної машини та зменшити енергоспоживання шляхом використання акумуляції холоду з використанням повітроохолоджувачів та пропіленгліколя у якості теплоносія.

Для холодильної установки провізійних камер необхідно одержати три температури кипіння холодоагенту:  $-8^{\circ}\text{C}$ ,  $-28^{\circ}\text{C}$ ,  $-40^{\circ}\text{C}$ . Тому що економічно не вигідно ставити на кожну температуру кипіння свої агрегати, приймаємо двоступінчасту систему охолодження, що працює за компаундною схемою з повним переохолодженням рідини в пром посудині.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 20   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

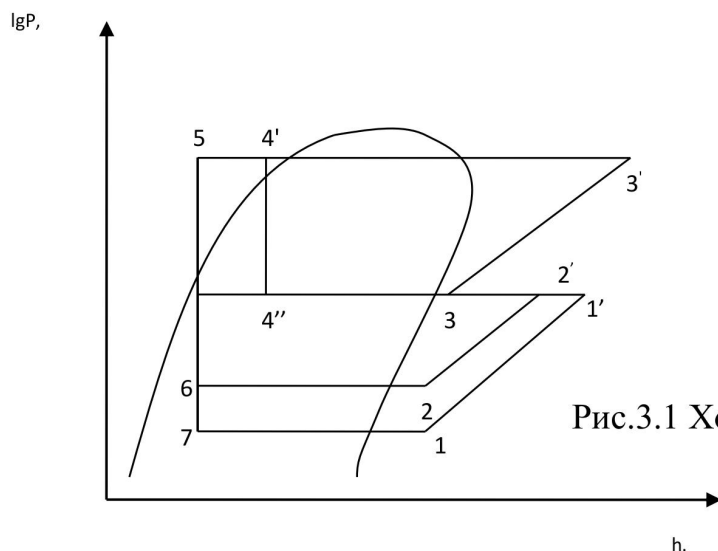


Рис.3.1 Холодильний цикл в діаграмі lgP-h

Таблиця 3.1

|                                   | 1    | 1'   | 2    | 2'   | 3    | 3'   | 4'   | 4''  | 5    | 6    | 7    |
|-----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t, °C                             | -30  | 50   | -20  | 35   | 0    | 125  | 35   | -8   | -8   | -28  | -40  |
| h, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ | 1347 | 1507 | 1362 | 1472 | 1381 | 1641 | 300  | 300  | 85   | 85   | 85   |
| P, МПа                            | 0,08 | 0,32 | 0,13 | 0,32 | 0,32 | 1,56 | 1,56 | 0,32 | 0,32 | 0,13 | 0,08 |
| v, м³/кг                          | 1,35 |      | 0,92 |      | 0,42 |      |      |      |      |      |      |

Визначення розрахункового теплового навантаження на компресори.

На великих холодильних установках з декількома температурами випаровування холодильного агента всі споживачі холоду розділяються на групи по використовуваних температурах випаровування, і для кожної групи визначають розрахунковий режим споживання холоду.

Температура випаровування холодильного агента  $t_0 = -8 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

$$Q_0 = Q_{1K} + Q_{2K} + Q_{4K} \cdot (0,5 \div 0,75)_{\text{кВт}} \quad (3.1)$$

$$Q_0 = 12,837 + 72,611 + 13,223 \cdot 0,75 = 95,365 \text{ кВт.}$$

Температура випаровування холодильного агента  $t_0 = -28 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

|      |      |          |        |      |                       |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |  | 21   |

$$Q_0 = 51,783 + 150,749 + 0,5 \cdot 20,333 = 212,699 \text{ кВт.}$$

Температура випаровування холодильного агента  $t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

$$Q_0 = 4,314 + 145,312 + 7,57 \cdot 0,7 = 154,925 \text{ кВт.}$$

Масова витрата агента:

$$M_a = \frac{Q_0}{h_n - h_m} \text{ кг/с} \quad (3.2)$$

$$M_{a(-40)} = \frac{Q_{0(-36)}}{h_1 - h_7} = \frac{154,925}{1347 - 85} = 0,123 \text{ кг/с.}$$

$$M_{a(-28)} = \frac{Q_{0(-28)}}{h_2 - h_6} = \frac{212,699}{1362 - 85} = 0,167 \text{ кг/с.}$$

$$M_{a(-8)} = \frac{Q_{0(-8)}}{h_3 - h_{4'}} = \frac{95,365}{1381 - 300} = 0,088 \text{ кг/с.}$$

$$M_a^e = M_{a(-8)} + M_a^u \frac{h_1 - h_4}{h - h_{4'}} = 0,088 + 0,29 \cdot \frac{1507 - 300}{1370 - 300} = 0,387 \text{ кг/с.} \quad (3.3)$$

Коефіцієнт подачі компресора:

$$\text{При } t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C} \quad \frac{P_{np}}{P_0} = \frac{0,32}{0,08} = 4 \quad \lambda_{-36} = 0,8$$

$$\text{При } t_0 = -28 \text{ }^\circ\text{C} \quad \frac{P_{np}}{P_0} = \frac{0,32}{0,13} = 2,5 \quad \lambda_{-28} = 0,86$$

$$\text{При } t_0 = -8 \text{ }^\circ\text{C} \quad \frac{P_{np}}{P_0} = \frac{1,56}{0,32} = 4,87 \quad \lambda_{-8} = 0,75$$

Необхідна продуктивність компресора:

$$V = \frac{M_a v_1}{\lambda} \frac{\text{м}^3}{\text{с}} \quad (3.4)$$

$$V_{-40} = \frac{M_{a(-36)} \cdot v_1}{\lambda_{-36}} = \frac{0,123 \cdot 1,35}{0,8} = 0,208 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 22   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

$$V_{-28} = \frac{M_{a(-28)} \cdot v_{3'}}{\lambda_{-28}} = \frac{0,167 \cdot 0,92}{0,86} = 0,172 \frac{m^3}{c}$$

$$V^B = \frac{M^B \cdot v_{7'}}{\lambda^B} = \frac{0,387 \cdot 0,42}{0,75} = 0,217 \frac{m^3}{c}$$

Підбір компресорів.

Підбираємо компресори фірми BITZER (Німеччина).

Для камер з  $t_0 = -40^\circ C$ : компресор – OSNA9571-240-40D, кількість - 1 шт.

Технічні дані OSNA9571-240-40D:

- об'ємна продуктивність (1450 об/хв., 50 Гц); 760 м³/год., 0,211 м³/с;
- вага - 660 кг;
- Приєднання лінії всмоктування DN 100;
- Приєднання лінії нагнітання 76 мм - 3 1/8";
- Тип масла для агенту - Clavus G68/46/32 , SHC 224/226E;
- Клас захисту IP54.

Для камер з  $t_0 = -28^\circ C$ : компресор – OSNA7461-K, кількість - 3 шт.

Технічні дані OSNA7461-K:

- об'ємна продуктивність (1750 об/хв., 60 Гц); 220 м³/год., 0,061 м³/с;
- вага - 176 кг;
- приєднання лінії всмоктування 76мм - 3 1/8";
- приєднання лінії нагнітання 54 мм - 2 1/8";
- тип масла для агенту - Clavus G68/46/32 , SHC 224/226E.

Для забезпечення стискування на 2-ій ступені підбираємо компресори OSNA 8561-125-40P, кількість - 2 шт.

Технічні дані OSNA8561-125-40P:

- об'ємна продуктивність (1750 об/хв., 60 Гц); 413 м³/год., 0,115 м³/с.
- вага - 430 кг;
- приєднання лінії всмоктування DN 100;
- приєднання лінії нагнітання 76 мм - 3 1/8";
- клас захисту IP54;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

- тип масла для агенту - Clavus G68/46/32 , SHC 224/226E.

Дійсна масова витрата агента:

$$M_{a(-40)} = \frac{\lambda \cdot V_h^\partial}{\nu} = \frac{0,8 \cdot 0,211}{1,35} = 0,125 \text{ кг/с}$$

$$M_{a(-28)} = \frac{\lambda \cdot V_h^\partial}{\nu} = \frac{0,86 \cdot 0,061}{0,92} = 0,057 \text{ кг/с}$$

$$M_a^s = \frac{\lambda \cdot V_h^\partial}{\nu} = \frac{0,75 \cdot 0,115}{0,42} = 0,205 \text{ кг/с}$$

Дійсна холодопродуктивність компресора:

$$Q_{0(-40)} = M_a^\partial \cdot q_0 = 0,125 \cdot 1224 = 153 \text{ кВт}$$

$$Q_{0(-28)} = M_a^\partial \cdot q_0 = 0,057 \cdot 1277 = 72,8 \text{ кВт}$$

Адіабатна потужність компресора:

$$N_a = M_a^\partial \cdot (h_n - h_m), \text{ кВт} \quad (3.5)$$

$$N_{a(-40)} = M_a^\partial \cdot (h_1 - h_1) = 0,125 \cdot (1507 - 1347) = 20 \text{ кВт}$$

$$N_{a(-28)} = M_a^\partial \cdot (h_2 - h_2) = 0,057 \cdot (1472 - 1362) = 6,27 \text{ кВт}$$

$$N_{a(-8)} = M_a^\partial \cdot (h_8 - h_7) = 0,205 \cdot (1641 - 1381) = 53 \text{ кВт}$$

Індикаторна потужність компресора:

$$Ni_{(-40)} = \frac{Na}{\eta_i} \text{ кВт} \quad (3.6)$$

$$Ni_{(-40)} = \frac{Na}{\eta_i} = \frac{20}{0,67} = 29 \text{ кВт}$$

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot (t_0) = 0,76 + 0,0025 \cdot (-40) = 0,67$$

$$Ni_{(-28)} = \frac{Na}{\eta_i} = \frac{6,27}{0,72} = 8,7 \text{ кВт}$$

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot (t_0) = 0,787 + 0,0025 \cdot (-28) = 0,72$$

$$Ni_{(W_{6HA})} = \frac{Na}{\eta_i} = \frac{53}{0,83} = 63,8 \text{ кВт}$$

$$\eta_i = \lambda'_w + b \cdot (t_0) = 0,85 + 0,0025 \cdot (-8) = 0,83$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 24   |

Потужність тертя:

$$N_{m(-40)} = V_h^0 \cdot p_{imm}, \kappa Bm \quad (3.7)$$

$$N_{m(-40)} = V_h^0 \cdot p_{imm} = 0,211 \cdot 50 = 10,55 \kappa Bm$$

$$N_{mp(-28)} = V_h^0 \cdot p_{imm} = 0,057 \cdot 50 = 2,85 \kappa Bm$$

$$N_{mp(-8)} = V_h^0 \cdot p_{imm} = 0,115 \cdot 50 = 5,75 \kappa Bm$$

Ефективна потужність компресора:

$$N_{e(-40)} = N_i + N_{mp}, \kappa Bm \quad (3.8)$$

$$N_{e(-40)} = N_i + N_{mp} = 29 + 10,55 = 39,55 \kappa Bm$$

$$N_{e(-28)} = N_i + N_{mp} = 8,7 + 2,85 = 11,55 \kappa Bm$$

$$N_{e(-8)} = N_i + N_{mp} = 53 + 5,75 = 58,75 \kappa Bm$$

### 3.2. Дослідження впливу акумуляції холоду

Для режимів термообробки (охолодження та заморожування) харчових продуктів характерне різко мінливе за часом теплове навантаження, особливо для вальних камер (рис 3.2).

Основне допоміжне устаткування підбирається по середньому тепловому навантаженню  $Q_{ср}$ . Таким чином, на часовій ділянці  $\tau_n - \tau_{ср}$  можливості холодильного устаткування по відведенню тепла не достатньо, що призводить до підвищення температури в камері, підвищенню часу термообробки, усиханню і погіршенню якості харчових продуктів. На часовій ділянці  $\tau_{ср} - \tau_k$  можливість холодильного устаткування по відведенню тепла вже з залишком. Для підвищення ефективності використання холодильного устаткування пропонується використовувати пристрій з використанням акумуляції холоду (рис 3.3).

Пристрій з використанням акумуляції холоду для камер термообробки харчових продуктів складається з "контуру холодильного агенту", який включає компресорно-конденсаторний агрегат та кожухотрубний випарник 1, з'єднаних грубопроводами, терморегулюючим вентилем ТРВ1 та соленоїдним вентилем СВ1; "контуру проміжного теплоносія", який включає послідовно з'єднані за допомогою грубопроводів кожухотрубний випарник 1, гілку з двох паралельно розташованих

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 25   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



основного і допоміжного повітроохолоджувачів, відповідно 3 та 3', евтектичного акумулятора 2, відцентрового насоса 4; "контур холодительний агент – проміжний теплоносій", який включає ті ж самі компресорно-конденсаторний агрегат та евтектичний акумулятор 2, з'єднані між собою трубопроводами, соленоїдним та терморегулюючим вентилями, відповідно СВ2 та ТРВ2 та навитим змійовиком у евтектичному акумуляторі.

Робота пристрою передбачається у трьох часових діапазонах.

Перший діапазон: час від початку вивантаження продукту після його термообробки до кінця вивантаження теплого продукту в камеру. У залежності від об'єму холодительної камери і характеру харчового продукту, цей діапазон триває до 4 годин. У даному випадку компресорно-конденсаторний агрегат працює тільки на евтектичний акумулятор холоду, де відбувається наморозування льоду. Відкритий соленоїдний вентиль СВ2, інші – закриті. При цьому холодительний агент циркулює між компресорно-конденсаторним агрегатом та евтектичним акумулятором 2, у якому відбувається заморожування льоду.

Другий діапазон: час пікового теплового навантаження. Соленоїдний вентиль СВ2 закритий, інші – відкриті. Евтектичний бак (наморожений лід) дозволяє відвести додаткову кількість теплоти. При цьому холодительний агент циркулює між компресорно-конденсаторним агрегатом та кожухотрубним випарником 1. Пропіленгліколь за допомогою відцентрового насоса 4 циркулює по контуру проміжного теплоносія: завдяки відцентровому насосу 4 він перекачується спочатку від кожухотрубного випарника 1 до основного 3 та допоміжного 3' повітроохолоджувачів, потім пропіленгліколь надходить до евтектичного акумулятора 2, звідки знову повертається до кожухотрубного випарника 1.

Третій діапазон: час  $\tau_{\text{ср}} - \tau_{\text{к}}$ . Відкриті соленоїдні вентиля СВ1, СВ2, СВ3, закритий СВ4. При цьому відбувається початок накопичення льоду («акумуляція льоду») у евтектичному акумуляторі до початку другого діапазону. При цьому холодительний агент циркулює між компресорно-конденсаторним агрегатом, кожухотрубним випарником 1 та евтектичним акумулятором 2, виходячи з компресорно-конденсаторного агрегату, та поступаючи по трубопроводам

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 26   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

одночасно і на кожухотрубний випарник 1, і на евтектичний акумулятор 2. Пропіленгліколь за допомогою відцентрового насосу 4 циркулює по контуру проміжного теплоносія: завдяки відцентровому насосу 4 він перекачується спочатку від кожухотрубного випарника 1 до основного 3 повітроохолоджувача, потім пропіленгліколь надходить до евтектичного акумулятору 2, звідки знову повертається до кожухотрубного випарника 1.

За рахунок контуру системи з акумуляцією холоду, яка буде складатися з двох повітроохолоджувачів, циркуляційного насосу та евтектичного акумулятору з циркулюючим по цьому контуру пропіленгліколем акумулюється лід, який потім можна буде використовувати для зняття тепла під час пікових навантажень, де можливості компресорно-конденсаторного агрегату не буде вистачати, споживаючи при цьому менше електроенергії і не погіршуючи якості харчового продукту з запобіганням його усихання.

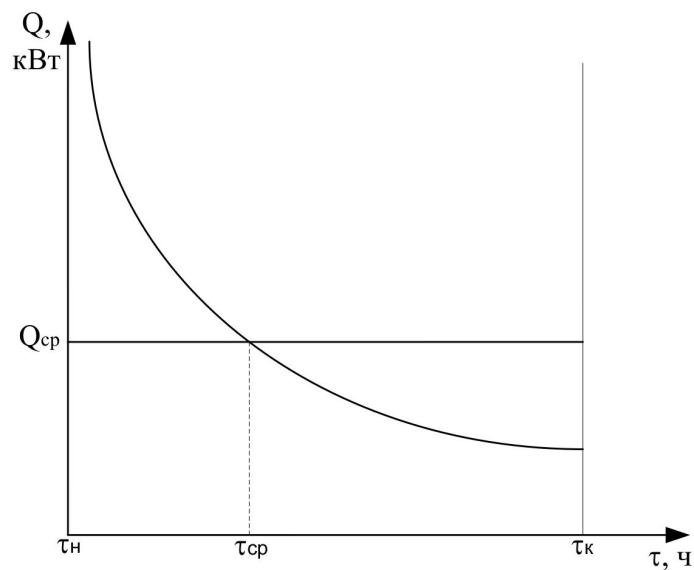


Рис 3.2

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

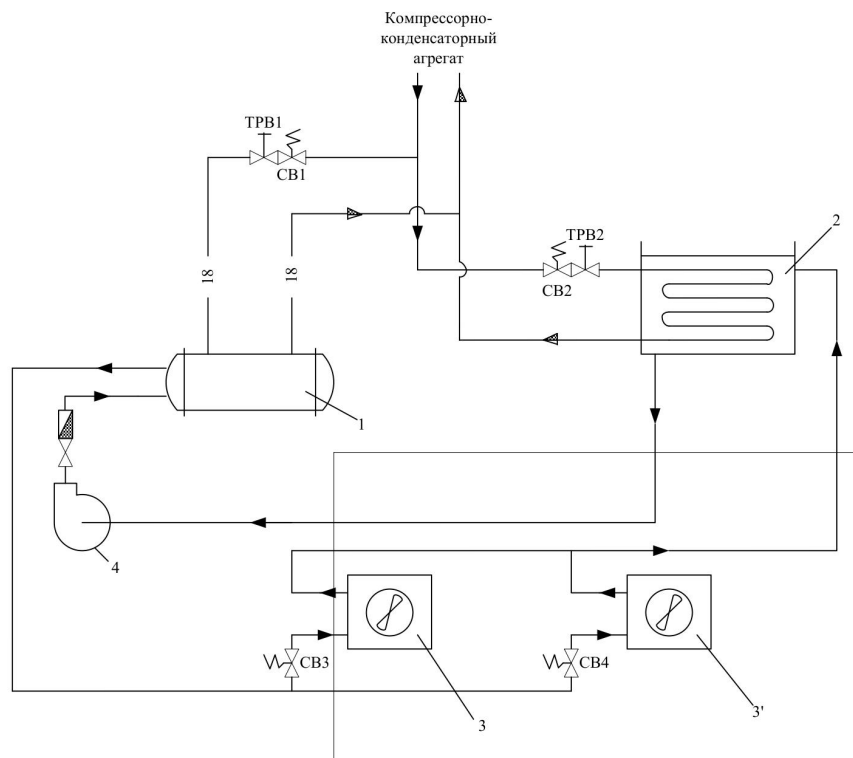


Рис. 3.3 – Принципова схема з акумуляцією холоду:

1 – кожухо трубний випарник; 2 – евтектичний акумулятор;

3, 3' – повітроохолоджувачі (основний та допоміжний, відповідно);

4 – відцентровий насос для проміжного холодоносія;

TRV1 і TRV2 – терморегулюючі вентиля; CB1...CB4 – соленоїдні вентиля

#### 4. ЗМІНА РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ХОЛОДИЛЬНОЇ СИСТЕМИ ПРИ ВИКОРИСТАНІ АКУМУЛЮВАННЯ ХОЛОДУ

Коли пасажирське судно здійснює круїз, кількість харчових продуктів в провізійних камерах з часом знаходження в морі зменшується і встановлених холодильних потужностей вже стільки не потрібно. При цьому можливі два варіанти:

1.Зменшення робочого часу холодильних компресорів.

2.Використовувати "звільнену" холодильну потужність для проведення акумулювання холоду.

На нашу думку, більш раціональним є варіант № 2, оскільки в залежності від часу знаходження у морі, цінової політики на харчові продукти, апетиту пасажирів при заходженні в черговий порт для поповнення харчовими продуктами провізійних камер можливі три ситуації:

1. Продуктів необхідно максимальна кількість.
2. Продуктів необхідно середня кількість.
3. Продуктів необхідно незначна кількість.

Згідно цього, теплове навантаження на охолоджувальну систему може бути різко перемінне, середньо перемінне або плавномірне. Демонстрація показана на рис. 4.1.

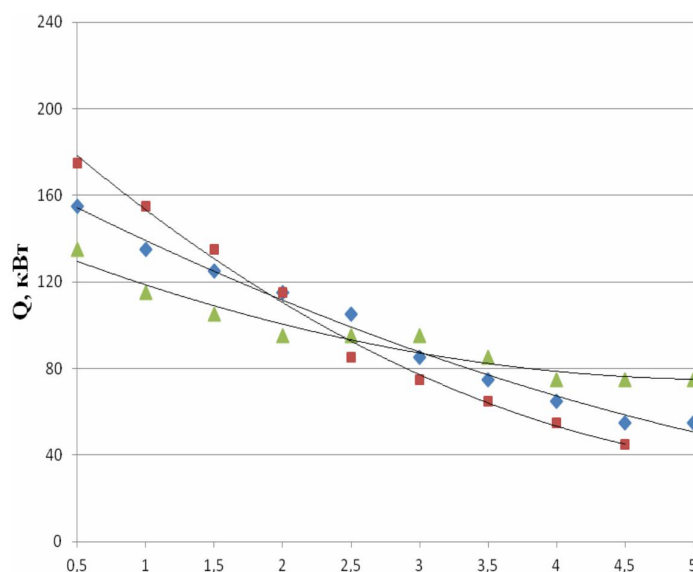


Рис.4.1 – Теплові навантаження від продукту на прилади охолодження:

- ◆—◆—◆— різко перемінне теплове навантаження;
- середньо перемінне теплове навантаження;
- ▲—▲—▲— плавномірне теплове навантаження

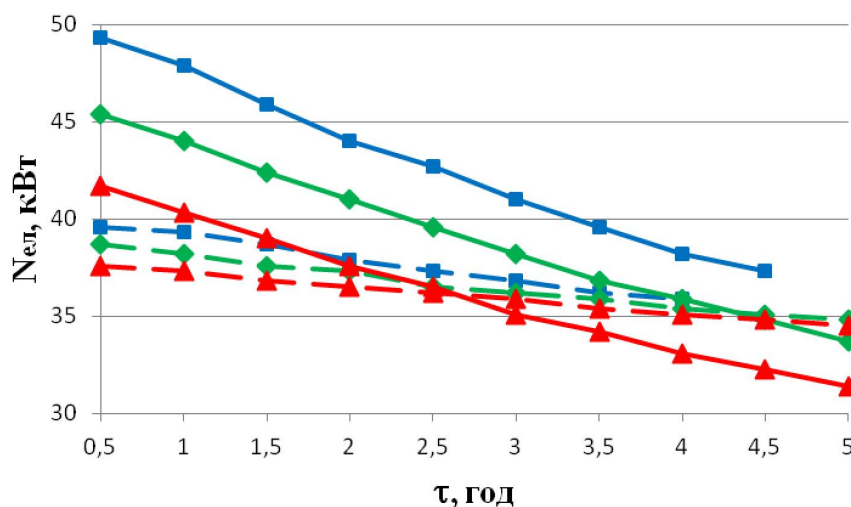


Рис. 4.2 – Електричні потужності компресора при різних теплових навантаженнях:

- система безпосереднього кипіння;
- — — — система з періодичною акумуляцією холоду;
- різкоперемінне теплове навантаження;
- ◆—◆—◆— середньо перемінне теплове навантаження;
- ▲—▲—▲— плавноперемінне теплове навантаження

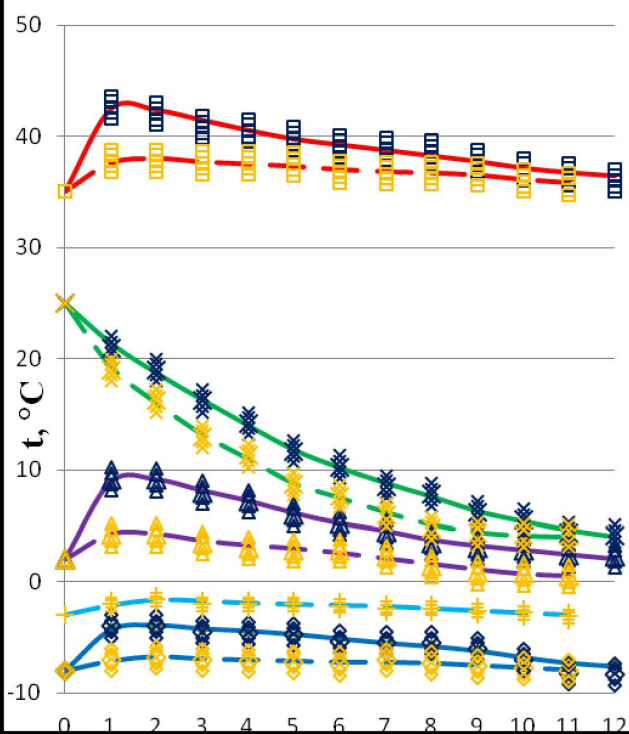


Рис. 4.3 – Робочі температури (конденсації, кипіння, в камері, продукту, проміжного холодоносія):

- температура конденсації, °C;
- ◆—◆—◆— температура кипіння, °C;
- ▲—▲—▲— температура в камері, °C;
- X—X—X— температура продукту, °C;
- +—+—+— температура проміжного холодоносія, °C;
- система безпосереднього кипіння;
- — — — система з періодичною

|      |      |          |        |      |
|------|------|----------|--------|------|
|      |      |          |        |      |
|      |      |          |        |      |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |

KPM.XYKP.1.51-03.1.14

Арк.

30

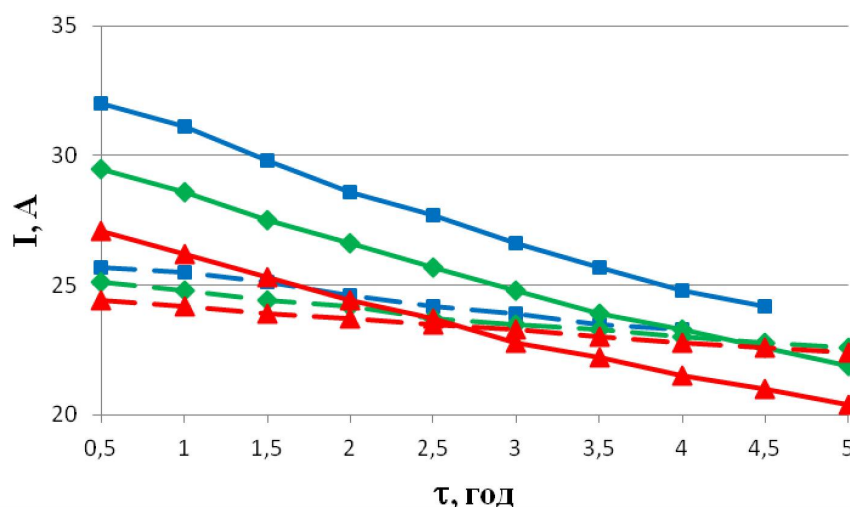


Рис.4.4 – Споживана потужність і робочі струми компресору:

- різко перемінне теплове навантаження;
- ◆—◆—◆— середньо перемінне теплове навантаження;
- ▲—▲—▲— плавно перемінне теплове навантаження
- система безпосереднього кипіння;
- — — — система з періодичною акумуляцією холоду

Із приведених даних видно, що чим більш яскраво виражений піковий характер теплових навантажень від продукту, тим більш доцільне використання періодичної акумуляції холоду. При цьому спостерігаються менші коливання температур конденсації, кипіння і в камері, а також - менші робочі струми в компресорі і, відповідно, споживана потужність.

Як видно з досліджень (рис. 4.2 – 4.4), використання акумуляції холоду дозволяє стабілізувати роботу холодильної машини і істотно зменшити у процесі термообробки коливання температур кипіння, конденсації і в камері (коливання зменшуються до 30 %) і споживаної потужності компресора (енергоспоживання зменшується до 20 %). При цьому скорочується час термообробки харчового продукту (до 15 %).

## 5. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

### 5.1. Організація евакуації пасажирів та екіпажу при залишенні судна

Рішення про залишення судна приймає тільки капітан. Цьому повинний передувати серйозний аналіз стану аварійності судна, імовірність його загибелі, доцільності організації боротьби за живучість і ефективності її тактики. Якщо ясно причину, що викликала аварію (зіткнення, посадка, зривши), ступінь невизначеності ситуації істотно знижується. Рішення про залишення судна приймаються тільки тоді, коли всі заходи для порятунку судна прийняті (або відсутні) і розумних надій на порятунок судна більше не залишилося.

Розклад по тривогах передбачає наявність спеціально виділених людей зі складу екіпажа, в обов'язок яких входить підготовка рятувальних засобів до використання незалежно від того, будуть потрібні ці засоби надалі чи ні. Підготовка рятувальних засобів починається відразу ж після оголошення будь-якої тривоги і складається з ряду операцій, які необхідно здійснювати по можливості одночасно. Спочатку знімають чохол (з відкритих шлюпок), потім розносять носовий фалінь якнайдалі убік носової частини судна. При цьому потрібно переконатися в тім, що рознесений фалінь кріпиться до носового краю шлюпки клевантом, тому що на шлюпці два фаліні в носовій її частині, один із яких кріпиться клевантом, а другий - огоном. Одночасно з цим віддають тверді кріплення, що фіксують шлюпку і шлюпбалки в похідному положенні і вкручуються обидві зливальні пробки в днище шлюпки.

Уставляють румпель (якщо він знімний), розмотують мусинги і, якщо необхідно, віддають леєрне огороження ботдека. Роблять спробний пуск двигуна, перевіряють наявність палива в баку. Перевіряють справність стаціонарної шлюпкової радіостанції і джерела харчування. Роблять доукомплектацію постачання і засобів життєзабезпечення. Це вимагає особливих пояснень. Весь комплект шлюпкового постачання за вимогами нормативних документів (Конвенції СОЛАС-74 і Правил Регістра) зберігається в шлюпках на своїх штатних місцях.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



Однак особливі умови плавання змушують іноді відступати від цих вимог. Наприклад, у високих і середніх широтах у зимовий час не можна постійно

зберігати в шлюпках воду, тому що вона змерзне і розірве ємності. У цих обставинах її зливають і заливають назад тільки при оголошенні тривоги або зберігають ємності з водою в теплому приміщенні поблизу від шлюпки. При підготовці до залишення судна необхідно принести в шлюпку кілька ковдр. Наявність і кількість ковдр у шлюпці не регламентовані нормативними документами, але гарна морська практика рекомендує тримати їх для вкриття людей від холоду. Останньою операцією по підготовці шлюпки є спихування її з місця шляхом короточасного ослаблення гальм шлюпкової лебідки. Після того, як виконані всі ці операції, шлюпка готова до використання. Якщо капітан прийняв рішення про залишення судна, по його команді оголошується шлюпкова тривога і дається розпорядження про це по примусовому віщанню трансляційної установки. Усі займають свої місця в шлюпках відповідно до розкладу, командири шлюпок перевіряють наявність усіх людей, до повинні бути в їхній шлюпці, і дають команду на спуск, якщо немає присутніх. Після оголошення шлюпкової тривоги й у процесі посадки в рятувальні засоби старший помічник сам або на чолі групи охорони порядку контролює, щоб ніхто не залишився в житлових і службових приміщеннях по тим або інших причинах (утрата свідомості, травма, заклинювання виходу, ушкодження каналів зв'язку і т.д.). Потрібно пам'ятати, що вахта в МВ знаходиться в місці найбільш вилученому від розташування рятувальних засобів, і при цьому шляхи їхньої евакуації можуть бути утруднені. Тому команду залишити свої місця машинній вахті потрібно дати раніш ніж оголошується шлюпкова тривога або одночасно з нею, але не пізніше.

Після посадки в шлюпку вона спускається на воду з працюючим двигуном і, коли торкнеться води, швидко й одночасно викладаються шлюп-талі, висмикується клевант фалиня і шлюпка відходить від борта. Необхідно звільнити простір чистої води біля борта судна для безпечного стрибка у воду людей, що залишилися на судні і не сіли в шлюпки (ті, хто здійснював спуск шлюпки, каштан і т.д.). Капітан у будь-якому випадку залишає судно останнім.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 33   |



Усім рятувальним засобам необхідно триматися разом, будучи з'єднаними фалінями, і знаходитися біля місця загибелі судна. Це зв'язано з тим, що людей будуть шукати саме в цьому районі.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 5.2. Вогнегасні засоби

Аварійне та протипожежне забезпечення суден складається із предметів та матеріалів, які необхідні насамперед для захисту екіпажу судна та для відновлення водо герметичності і стійкості корпусу та суднових систем, а також для гасіння пожеж у процесі боротьби за живучість судна. Такі засоби необхідні для боротьби з аварійними ушкодженнями та відносним відновленням експлуатаційних властивостей суднових систем. Норми забезпечення аварійним та протипожежним забезпеченням регламентуються правилами класифікації та побудови морських суден морського регістру судноплавства. Відповідальність за комплектацію судна аварійним та протипожежним забезпеченням несе капітан.

На пожежних постах знаходяться протипожежне обладнання та засоби індивідуального захисту, у тому числі, пускові засоби протипожежних систем, предмети протипожежного забезпечення, засоби пожежної сигналізації. Пости позначаються написом «Пожежний пост», який наноситься червоною фарбою.

У складі предметів протипожежного забезпечення, які знаходяться на пожежних постах, знаходяться пінні, вуглецеві та порошкові ручні переносні вогнегасники та запасні заряди до них, металеві ящики з піском, ковдри для гасіння полум'я, пожежні відра з темляками – короткими тросами з кнопкою на кінці, комплекти протипожежного інструменту (пожежна сокира, пожежний лом), комплекти індивідуального захисту пожежних (термостійкі костюми з металізованою поверхнею, пересувні пожежні мотопомпи з приймальними та викидними рукавами та пожежними стволами).

Мінімальна кількість вогнегасників, які знаходяться у середині житлових та службових приміщень розраховується з розрахунку 2 вогнегасника на кожні 30 м довжини відрізків палуби, на яких знаходяться приміщення.

Комплект знаряддя для пожежного включає захисний одяг із теплозахисного матеріалу і водостійкою поверхнею, гумове взуття та гумові рукавиці, жорсткий шлем, який захищає від удару, переносний безпечний ліхтар, з мінімальним терміном роботи 3 години, пожежна сокира з деревинною ручкою

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 34   |

із твердих порід дерева, апарат для дихання та вогнестійкий запобіжний трос довжиною 30 м. Аварійні та пожежні пости діляться на місцеві та загально суднові.

На місцевих постах знаходяться предмети для місцевих протипожежних дій, а на загально суднових для використання у різних частинах судна. Загально суднові аварійні та пожежні пости можуть знаходитись у одному місці. Мінімальна кількість таких постів – не менше двох, а один із них обов’язково знаходиться у машинному відділі. На суднах, загальною довжиною понад 45 м, аварійне та пожежне обладнання та засоби зберігаються на постах, які розташовуються вище палубних переборок. На суднах довжиною менше чим 31 м.

Аварійне та протипожежне обладнання можуть знаходитись на одному посту.

Аварійне та протипожежне обладнання дозволяється використовувати та застосовувати тільки п за прямим призначенням, а також при навчаннях та спеціальних тренуваннях, після чого обладнання повертається до стану миттєвого застосування, а використані матеріали та засоби поповненні у достатній кількості.

Правила безпеки вимагають періодичних перевірок наявності обладнання та матеріалів за кількістю та якістю, їх технічного стану ,а також їх готовності до дій при аварійних ситуаціях та пожежах. Перевірка проводиться старшими аварійних груп за участю боцмана та відповідальних за відповідні приміщення. За результатами перевірки старший групи доповідає старшому помічнику капітана судна. Старший помічник капітана не менше, чим один раз у три місяці перевіряє комплектність, технічний стан та рівень готовності до застосування аварійного та протипожежного обладнання і матеріалів. У разі необхідності, старший помічник капітана приймає міри по ліквідації та усуненні виявлених недоліків. Результати перевірок фіксуються у судовому журналі та журналі технічного стану судна.

Суднова система протипожежної безпеки комплектується, як мінімум, одним з’єднанням міжнародного зразку типу "судно", яке можливо застосовувати на будь якому із бортів судна.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | KPM.XUKP.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Аварійні засоби розміщуються на спеціальних аварійних постах – у спеціальних ящиках або місцях. До складу аварійного забезпечення входять м'які пластирі, шпиговані мати, парусина, листові гума, просмолена пакля, скоби та інші предмети і матеріали, які застосовуються для ліквідації пошкоджень корпусу судна. Предмети аварійного забезпечення та тара для них фарбуються синьою фарбою повністю, або полосами.

Система інертних газів може застосовуватися в якості основного засобу пожежогасіння в суховантажних трюмах, засобу, що попереджує виникнення пожежі шляхом створення і постійної підтримки у вантажних танках незаймистої атмосфери.

Згідно з вимогами Конвенції SOLAS - 74, система інертних газів є обов'язковою для танкерів дедвейтом 20000 реєстр.т і більше. Вона повинна підтримувати у будь-якій частині вантажного танка атмосферу з вмістом кисню не більше 8% за об'ємом і надмірного тиску, що перешкоджає вступу повітря (як правило, цей тиск не перевищує 20 кПа). Згідно з Правилами Реєстра, у вантажні танки повинен подаватися інертний газ з вмістом кисню не більше 5 % за об'ємом.

Температура газу, що поступає в приміщення, що захищається, має бути не більше 65 °С для вантажних танків і не більше 50 °С для суховантажних трюмів. Система забезпечує подання інертного газу у вантажні танки у кількості 125 % максимальної продуктивності розвантаження судна. Таким чином здійснюється заповнення об'ємів танків, що звільняються, з урахуванням можливості звітрювання деякого об'єму інертного газу. Як інертний газ можуть використовуватися минулі обробку димові гази від головних або допоміжних котлів.

Нині набувають поширення спеціальні генератори інертних газів різного типу. Система інертного газу включає джерело інертного газу, скруббер, магістральний трубопровід з відгалуженнями в захищені об'єми, вентилятори, захисні пристрої і арматуру, облаштування контролю і сигналізації.

#### 5.2.1 Оснащення судна засобами пожежогасіння

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Сучасний рівень оснащення будь-якого судна засобами пожежогасіння визначається вимогами класифікаційного товариства і державних органів нагляду за суднобудуванням і судноплавством, сформульованими на основі багаторічного досвіду боротьби з пожежами на судах, результатів спеціальних наукових досліджень і з урахуванням досягнень пожежної техніки. До складу суднових засобів пожежогасіння входять декілька обов'язкових елементів:

1) водяна пожежна система, використовується для гасіння пожеж в будь-якому судновому приміщенні або для охолодження суднових конструкцій компактними або розпилими струменями заборотної води від ручних, або лафетних пожежних стволів;

2) система об'ємної, поверхневої або локальної пожежогасіння, призначена для захисту приміщень підвищеної пожежної небезпеки, на додаток до водяної пожежної системи (табл. );

3) первинні засоби пожежогасіння, призначені для гасіння невеликих загорянь (вогнегасники, пожежні покривала, пісок і т. п.);

4) комплекти спорядження, які забезпечують індивідуальний захист членів аварійної партії від дії тепла і диму;

5) пожежний інструмент, призначений для відкриття приміщень і розбирання легких конструкцій.

Для захисту окремих суднових приміщень можна використовувати різні системи пожежогасіння (див. табл. 5.1). Вибір здійснюється за наслідками порівняння їх тактико-технічних і економічних показників:

- живучість;
- надійність;
- тривалість передпускового періоду;
- умов зберігання і кількості вогнегасного середовища, а також її дефіцитності і токсичності;
- зручності використання;
- вартості;
- маси і габаритів.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Під живучістю системи пожежогасіння розуміється її здатність зберігати і відновлювати свої властивості в аварійній обстановці під час дії полум'я, нагрітих газів або ударної хвилі вибуху. З метою підвищення живучості механізми, устаткування і прилади, арматура і трубопроводи систем пожежогасіння, за винятком водяної пожежної системи, встановлюють поза приміщеннями, що захищаються, в так званих станціях пожежогасіння. Всередині приміщень, що захищаються, знаходяться лише ділянки розподільних трубопроводів з насадками або розпилувачами, що служать для випуску вогнегасного середовища. Якщо до станції пожежогасіння потрібно підвести електроенергію або подати воду, то механізми (електрогенератор або насос) також розташовують за межами

приміщень, що захищаються даною системою пожежогасіння. Іноді таке розташування механізмів неможливе або неприйнятне по економічних або тактичних міркуваннях, тоді замість одного генератора або насоса передбачають по два механізми, розташовані в різних приміщеннях (принцип дублювання). Станції пожежогасіння обмежені сталевими газонепроникними перегородками, палубами і вигородками, мають вхід з відкритої палуби.

Збереження працездатності систем пожежогасіння залежить від міцності густини їх трубопроводів, які можуть піддаватися дії відкритого полум'я і могутніх потоків тепла. Тому трубопроводи виготовляють із сталевих, мідних, мідно-нікелевих, а також біметалічних труб, один шар яких виконаний із сталі або міді. Прокладки путніх з'єднань в цих трубопроводах виконують з негорючих матеріалів, що володіють достатньою стійкістю до дії вогнегасного середовища, що проводиться по трубопроводу.

Під надійністю системи пожежогасіння розуміється її здатність зберігати свої тактико-технічні показники в специфічних умовах експлуатації судна. До таких показників відносяться стабільність і безвідмовність роботи механізмів, устаткування, приладів, збереження міцності і густини трубопроводів, а також фізико-хімічних властивостей вогнегасного середовища.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

На відміну від допоміжних систем і механізмів, які постійно або періодично використовують по прямому призначенню, системи пожежогасіння постійно знаходяться в статичному стані — готовності до пуску. Тому наперед виявити можливі дефекти, що виникають в результаті корозії, старіння матеріалів, дії вібрації, різкої зміни кліматичних умов, важко.

Системи пожежогасіння піддають плановим профілактичним оглядам, поточним ремонтам і періодичним випробуванням у дії. Системи пожежогасіння вуглекислим газом і парами рідин, які легко випаровуються, перевіряють пуском стислого повітря. Періодично портові лабораторії контролюють якість вогнегасного середовища.

Ефективність систем пожежогасіння істотно залежить від проміжку часу  $\tau_{\text{но}}$ ,  $\tau_{\text{н1}}$  і  $\tau_{\text{н2}}$  (рис. 5.1) між виникненням пожежі і надходженням вогнегасного середовища в аварійне приміщення, протягом якого відбувається виявлення

пожежі, оголошення загально суднової тривоги, збір і екіпіровка аварійних партій і груп, виявлення місця, розмірів і характеру пожежі, евакуація людей з аварійного приміщення в безпечне місце, обмеження розповсюдження пожежі по судну (виключення вентиляції, закриття дверей, вентиляційних каналів і т.п.), вживання всіх необхідних заходів для запобігання можливим при пожежі вибухам, герметизації аварійного приміщення, пуск системи пожежогасіння. До цього ж проміжку часу слід віднести і інерційність самої системи. Передпусковий період завжди прагнуть зменшити за рахунок:

- скорочення тривалості відмічених вище операцій завдяки використуванню автоматичних систем виявлення пожежі, несенню цілодобової дозорної служби штатними пожежними матросами або членами суднової вахти, дистанційному закриттю водонепроникних і протипожежних дверей з центрального пожежного поста, дистанційному відключенню системи вентиляції, а також завдяки хорошій підготовці екіпажа до боротьби з пожежею;

- поєднання окремих операцій, наприклад евакуації людей з аварійного приміщення і роботи системи пожежогасіння, якщо вогнегасне середовище нетоксичне;

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

- виключення окремих операцій, наприклад герметизація при подачі високократної піни для захисту машинних приміщень.

Під зручністю використання системи пожежогасіння слід розуміти сукупність багатьох показників, а саме: складності конструкції, кількості обслуговуючого персоналу і ступені його спеціальної підготовки, трудомісткості технічного обслуговування в процесі експлуатації судна і планових ремонтів, необхідності підтримки специфічних умов для зберігання вогнегасного середовища і способу контролю його фізико-хімічних властивостей, трудомісткості перезарядки системи у вогнегасному середовищі.

Вибір системи пожежогасіння залежить від типу судна і особливостей пожежної небезпеки конкретного суднового приміщення. Наприклад, для суден на підводних крилах і повітряній подушці, що має жорсткі обмеження по масі, вирішальною характеристикою може стати маса або габарити системи пожежогасіння. У машинних приміщеннях, де передбачається без вахтне

обслуговування механізмів, найбільше значення має скорочення передпускового періоду, яке досягається, як правило, за рахунок ускладнення автоматичної системи виявлення, пожежі в результаті застосування декількох типів сповіщувачів. У жилих відсіках батискафів, рекомпресійних камерах і подібних їм апаратах, з яких важко швидко евакуювати людей при виникненні пожежі, визначне значення матиме токсичність вогнегасного середовища. У будь-якому випадку всі тактико-технічні характеристики повинні розглядатися в сукупності.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



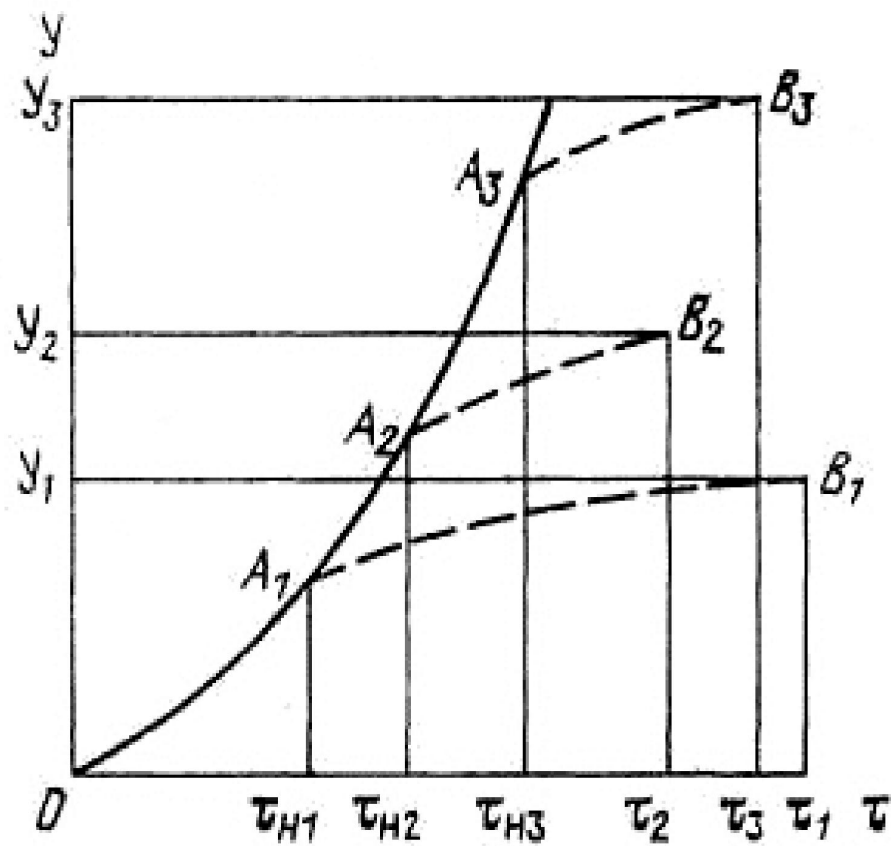


Рисунок 5.1 - Залежність матеріального збитку від продовжування пожежі  
 ОАз — збиток, нанесений пожежею, що вільно розвивається; А\В\ Л2В2; АгВг —  
 збиток, нанесений пожежами, згашеними за допомогою систем різної ефективності

Таблиця 5.1 - Область застосування суднових систем пожежогасіння

| Приміщення                                                                                                                                                         | Система пожежогасіння |                   |                     |                   |             |                           |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|-------------|---------------------------|
|                                                                                                                                                                    | Розпиленою водою      | Піною             |                     |                   | Вуглекислою | Продуктами горіння палива |
|                                                                                                                                                                    |                       | Низької кратності | Середньої кратності | Високої кратності |             |                           |
| Приміщення для аварійних дизель-генераторів                                                                                                                        |                       |                   | +                   |                   | +           |                           |
| Приміщення для зберігання легкозаймистих матеріалів і речовин (малярні, і т.п.)                                                                                    |                       |                   |                     |                   |             |                           |
| Рефрижераторні трюми                                                                                                                                               | +                     | +                 |                     |                   |             | +                         |
| Машинні відділення, в яких розташовані головні або допоміжні двигуни внутрішнього згорання;                                                                        |                       |                   | +                   |                   | +           |                           |
| котельні відділення, в яких розташовані котли, що працюють на рідкому паливі; виробничі приміщення, в яких застосовуються запальні рідини і матеріали, що згорають | +                     |                   |                     | +                 | +           |                           |
| Приміщення, в яких розташовані головні електричні генератори                                                                                                       |                       |                   |                     |                   |             | +                         |
| Глушники двигунів внутрішнього згорання, утилізаційні котли, димарі парових котлів                                                                                 |                       |                   |                     |                   | +           |                           |

### 5.3 Профілактика та засоби захисту від вібрації на судні

Як відомо, вібрація - це механічні коливальні рухи, що передаються тілу людини або окремим його частинам від джерел коливань.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 41   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Джерела вібрації:

- гребні гвинти;
- двигун, механізми провертання;
- удари хвиль;
- вібрація після пострілів, зльотів.

Вібрація буває:

- місцева;
- загальна.

Природно, що на кораблі переважає загальна вібрація. В результаті дії вібрації розвивається професійне захворювання - вібраційна хвороба.

Особливо небезпечний збіг частоти вібрації з власною частотою коливання тіла людини або окремих органів. Для людини, що стоїть, резонансними частотами є частоти 5 - 15 Гц, для тієї людини, що сидить - 4 - 6 Гц, власна частота шлунку складає 2 Гц, серця і печінки - 4 Гц, мозку - 6 - 7 Гц.

При збігу частоти, що вимушує, з власною частотою коливання органу спостерігається явище резонансу і, як наслідок, вісцероптози (опущення внутрішніх органів). Під впливом загальної вібрації розвиваються ураження ЦНС, вегетативної нервової системи, серцево-судинної системи, виникає порушення обмінних процесів, швидка стомлюваність та ін. Під дією загальної вібрації також може відбуватися пошкодження хребта за рахунок зсуву міжхребетних дисків.

По частоті вібрації можуть бути:

- низькочастотні (до 35 Гц). При цьому приголомшуються нерви, м'язи, кістковий апарат.

- високочастотні (100 - 150 - 250 Гц). Приголомшуються, в основному, судини.

Профілактика вібраційних дій:

- технологічні методи (урівноваження двигунів, частин двигунів і т.д.).
- віброізоляція (амортизатори, прокладки і т.д.).
- експлуатаційні методи (зміна резонансної частоти за рахунок, наприклад,

|                                  |      |          |        |      |                       |            |
|----------------------------------|------|----------|--------|------|-----------------------|------------|
| зміни частоти коливань корабля). |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк.<br>42 |
| Змн.                             | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |            |

Індивідуальний захист включає взуття на підошві (товста гума), що віброгасить, віброкрісла, вібропояси і т.д.

Хитавиця.

Хитавиця - це різновид вібрації. Хитавиця може бути (по напрямку):

- бортова (поперечна);
- кильова (подовжня);
- вертикальна.

Наслідками хитавиці можуть бути:

- зсув органів;
- роздратування оболонок органів;
- біль в органах (печінка, селезінка);
- нудота, блювота, порушення сну, запаморочення із-за порушення вестибулярного апарату - синдром морської хвороби.

Профілактика хитавиці (морській хворобі):

- технічні заходи (пристосування - заспокоювачі хитавиці);
- особисті заходи (необхідні рухи, здійснення роботи і т.д.);
- посилена вентиляція;
- тренування;
- годування лише холодними блюдами в невеликій кількості і обов'язково з включенням солоних і кислих продуктів;
- медикаментозна корекція за допомогою фармакологічних препаратів (аерон, аплікації скополаміну на мочку вуха або за вухо, ефедрин та ін.).

Корабельний шум.

Для кораблів характерний підвищений рівень шуму. З гігієнічної точки зору, під шумом прийнято розуміти сукупність звуків, що несприятливо впливають на організм людини.

Причинами шуму на кораблі можуть бути:

- хвилі і т.д. (шум ударно-механічного походження);
- парові енергетичні установки;

|      |      |                       |        |      |                       |      |
|------|------|-----------------------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      | • дизельні установки; |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |                       |        |      |                       | 43   |
| Змн. | Арк. | № докум.              | Підпис | Дата |                       |      |

- різні електромагнітні агрегати (радіоапаратура, сигналізація);
- рух пари по трубах (гідродинамічний шум);
- стрілянина;
- зльоти літаків.

Особливості шуму на кораблі:

- постійність шуму;
- велика кількість металевих перегородок, сприяючих хорошій провідності звуку;

- обмежені можливості зниження шуму;
- широкий спектр шуму (80 - 12000 Гц).

У машинному відділенні, котельних рівень шуму досягає 110 - 120 дБ, що діє не лише на органи слуху, але і на серцево-судинну і нервову системи.

Виділяють три режими акустичної обстановки:

- режим стоянки. Джерела шуму - вентиляція і робота насосів (50 - 60 дБ).
- режим плавання на економічному ході. При цьому додається шум від роботи енергетичних установок (загальний шум - 70 - 80 дБ);
- режим максимальної швидкості судна. Шум збільшується за рахунок збільшення частоти обертання механізмів до 110 - 120 дБ.

40 % особового складу на кораблях схильні до дії сильного шуму.

Фази дії сильного шуму на людину:

- фаза адаптації;
- фаза стомлення (поріг чутності повертається до норми при відпочинку);
- фаза перевтоми - початок глухоти.

Окрім дії на орган слуху шум діє на весь організм і, перш за все, на ЦНС. З'являються порушення сну, уповільнення швидкості психічних реакцій, слабкість. Можуть бути також серйозні порушення з боку серцево-судинної системи - гіпертензивні, рідше - гіпотензивні стани, порушення обмінних процесів.

Профілактичні заходи:

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 44   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

- технологічні заходи - конструктивні рішення для зменшення шуму при роботі різних механізмів, наприклад, заміна клепки на зварку і т.д., використання різних матеріалів, що поглинають шум, різні планувальні рішення;

- санітарно-технічні заходи - використання шумопоглинальних матеріалів для облицювання, спеціальних захисних кожухів і т.д.

- індивідуальні засоби захисту. Беруші зменшують шум, в середньому, на 15 дБ, навушники - на 30 дБ;

- організаційні заходи - регламентація вахт;

- медичні профілактичні огляди;

- Підтримання нормального рівня шуму (не більше 55 - 60 дБ) в кубриках.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 6. ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ/ОБОРОНА

### 6.1. Прогнозування наслідків надзвичайної ситуації на об'єкті морського транспорту

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

Балкер «Orient Dream» стоїть на якорі в районі зовнішнього рейду порту Веракрус (Мексика). Отримано повідомлення про інцидент із зрідженим газом на території спеціалізованого перевантажувального комплексу для хімічних рідких наливних вантажів: із-за порушення технологічного режиму перекачування газу в районі пункту розливу хлору стався розрив хлоропроводу. В результаті аварії розлилося 12 т хлору, сильнодіючої отруйної речовини, що є (СДЯВ). Характер розливу - «вільно».

Метеорологічні умови на момент аварії: час доби – день, 15.00, температура повітря 20 °С, швидкість вітру 2 м/с, вітер – зустрічний, суцільна хмарність. Відстань від судна до місця аварії – 4 км. Місцевість відкрита, характер – водна поверхня.

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

#### 6.1.2. 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 2 м/с, суцільна хмарність) визначаємо по таблиці 6.1 ступень вертикальної стійкості повітря - ізотермія.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Таблиця 6.1 - Визначення ступеня вертикальної  
стійкості повітря за прогнозом погоди

| Швидкість<br>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.

Розраховуємо еквівалентну кількість  $Q_{91}$  (т) хлору в первинній хмарі:

$$Q_{91} = K_1 \cdot K_3 \cdot K_5 \cdot K_7^1 \cdot Q_0 = 0,18 \cdot 1 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 12 = 0,5 \text{ т,}$$

де  $K_1 = 0,18$  – коефіцієнт, що залежить від умов зберігання СДОР (таблиця 6.2);

$K_3 = 1$  – коефіцієнт (таблиця 6.2);

$K_5 = 0,23$  – коефіцієнт, який враховує ступень вертикальної стійкості повітря для ізотермії (п. 3.2. Методики прогнозування наслідків надзвичайних ситуацій на об'єктах морського транспорту);

$K_7^1 = 1$  – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення первинної хмари (таблиця 6.2);

$Q_0 = 12$  – кількість хлору, що розлився при аварії, т.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



Таблиця 6.2 - Характеристики СДОР  
і значення допоміжних коефіцієнтів

| Найменування СДОР | Щільність СДОР, т/ м <sup>3</sup> |       | Температура кипіння, °С | Порогова токсодоза, мг·хв/л | Значення допоміжних коефіцієнтів |                |                |                                             |                 |                 |               |                 |
|-------------------|-----------------------------------|-------|-------------------------|-----------------------------|----------------------------------|----------------|----------------|---------------------------------------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------|
|                   |                                   |       |                         |                             | K <sub>1</sub>                   | K <sub>2</sub> | K <sub>3</sub> | K <sub>7</sub> для температури повітря (°С) |                 |                 |               |                 |
|                   |                                   |       |                         |                             |                                  |                |                | -40                                         | -20             | 0               | 20            | 40              |
| Хлор              | -                                 | 1,558 | -34,1                   | 0,6                         | 0,18                             | 0,052          | 1,0            | <u>0</u><br>0,9                             | <u>0,3</u><br>1 | <u>0,6</u><br>1 | <u>1</u><br>1 | <u>1,4</u><br>1 |

Примітка:

1. У таблиці наведені значення K<sub>7</sub> у чисельнику - K<sub>7</sub><sup>I</sup> (для первинної хмари), у знаменнику - K<sub>7</sub><sup>II</sup> (для вторинної хмари).

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

Площа розливу S<sub>p</sub> (м<sup>2</sup>) хлору дорівнює:

$$V_p \quad Q_o / \rho \quad 12 / 1,558$$

$$S_p = \frac{V_p}{h} = \frac{Q_o}{h \cdot \rho} = \frac{12}{0,05 \cdot 1,558} = 154 \text{ м}^2,$$

де V<sub>p</sub> – об'єм хлору, що розлився, м<sup>3</sup>;

ρ = 1,558 – щільність хлору, т/м<sup>3</sup> (таблиця 6.2);

h = 0,05 – товщина шару хлору (для характеру розливу – «вільно»), м.

Таблиця 6.3 - Значення коефіцієнту  $K_4$  залежно від швидкості вітру

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

Таблиця 6.4 - Значення коефіцієнту  $K_m$   
залежно від впливу характеру місцевості

| Рельєф місцевості,<br>вид рослинності і забудови | Вертикальна стійкість повітря |           |          |
|--------------------------------------------------|-------------------------------|-----------|----------|
|                                                  | конвекція                     | ізотермія | інверсія |
| Водна поверхня, відкрита місцевість              | 1                             | 1         | 1        |
| Міська (промислова) забудова                     | 0,2                           | 0,2       | 0,3      |
| Територія порту                                  | 0,2                           | 0,2       | 0,3      |

Таблиця 6.5 - Швидкість (км/год.) перенесення  $v_n$  переднього  
фронту хмари зараженого повітря залежно від швидкості вітру

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

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.) хлору:

$$T = \frac{h \cdot \rho}{K_2 \cdot K_4 \cdot K_7^{II}} + \frac{1}{K_m \cdot v_n} = \frac{0,05 \cdot 1,558}{0,052 \cdot 1,33 \cdot 1} + \frac{1}{1 \cdot 12} = 0,3 \text{ год.} = 20 \text{ хв.},$$

|      |      |          |        |      |                       |  |  |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|--|--|--|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 |  |  |  |  | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |  |  |  |  | 49   |

де  $K_2 = 0,052$  – коефіцієнт, що залежить від фізико-хімічних властивостей хлору (таблиця 6.2);

$K_4 = 1,33$  – коефіцієнт, що враховує швидкість вітру (таблиця 6.3);

$K_7^{II} = 1$  – коефіцієнт, що враховує вплив температури навколишнього повітря на швидкість утворення вторинної хмари (таблиця 6.2);

$K_m = 1$  – коефіцієнт, що враховує вплив місцевості на швидкість поширення хмари хлору (таблиця 6.4);

$v_{II} = 12$  – швидкість перенесення переднього фронту зараженого повітря, км/год (таблиця 6.5).

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

$$Q_{32} = \frac{Q_0 \cdot (1 - K_1) \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7^{II}}{h \cdot \rho} = \frac{0,82 \cdot 0,052 \cdot 1 \cdot 1,33 \cdot 0,23 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1}{0,05 \cdot 1,558} = 2,01 \text{ т,}$$

де  $K_6 = N^{0,8} = 1^{0,8} = 1$  – 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 6.6.

Таблиця 6.6 - Глибина (км) зони зараження

| Швидкість вітру,<br>м/с | Еквівалентна кількість СДОР, т |      |      |      |      |      |       |       |       |
|-------------------------|--------------------------------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|                         | 0,01                           | 0,05 | 0,1  | 0,5  | 1    | 3    | 5     | 10    | 20    |
| 1 і менше               | 0,38                           | 0,85 | 1,25 | 3,16 | 4,75 | 9,18 | 12,53 | 19,20 | 29,56 |
| 2                       | 0,26                           | 0,59 | 0,84 | 1,92 | 2,84 | 5,35 | 7,20  | 10,83 | 16,44 |
| 3                       | 0,22                           | 0,48 | 0,68 | 1,53 | 2,17 | 3,99 | 5,34  | 7,96  | 11,94 |
| 4                       | 0,19                           | 0,42 | 0,59 | 1,33 | 1,88 | 3,28 | 4,36  | 6,46  | 9,62  |
| 5                       | 0,17                           | 0,38 | 0,53 | 1,19 | 1,68 | 2,91 | 3,75  | 5,53  | 8,19  |

Для  $Q_{31} = 0,5$  т та швидкості вітру  $u = 2$  м/с визначаємо глибину зони зараження первинною хмарою хлору:  $\Gamma_1 = 1,92$  км.

Для  $Q_{32} = 0,5$  т та швидкості вітру  $u = 2$  м/с визначаємо глибину зони зараження вторинною хмарою хлору:  $\Gamma_2 = 4,1$  км.

Визначаємо повну глибину зони зараження  $\Gamma_{\Sigma}$  (км), що обумовлена дією первинної і вторинної хмари СДОР:

$$\Gamma_{\Sigma} = \Gamma' + 0,5 \cdot \Gamma'' = 4,1 + 0,5 \cdot 1,92 = 5,06 \text{ км},$$

де  $\Gamma'$  - найбільший,  $\Gamma''$  - найменший з розмірів  $\Gamma_1$  и  $\Gamma_2$ .

Визначаємо гранично можливе значення глибини перенесення повітряних мас  $\Gamma_{\Pi}$  (км):

$$\Gamma_{\Pi} = N \cdot v_{\Pi} = 1 \cdot 12 = 12 \text{ км}.$$

За остаточну розрахункову глибину зони зараження  $\Gamma$  (км) приймаємо менше з двох порівнюваних між собою значень  $\Gamma_{\Sigma}$  и  $\Gamma_{\Pi}$ :

$$\Gamma = \min \begin{cases} \Gamma_{\Sigma} \\ \Gamma_{\Pi} \end{cases} = 4,1 \text{ км}.$$

Визначаємо площу зони можливого зараження  $S_b$  (км<sup>2</sup>) хмарою хлору:

$$S_b = \pi \cdot \Gamma^2 \cdot \varphi / 360^0 = 3,14 \cdot 4,1^2 \cdot 90^0 / 360^0 = 13,2 \text{ км}^2,$$

де  $\Gamma = 4,1$  - розрахункова глибина зони зараження, км;

$\varphi = 90^0$  - кутовий розмір зони зараження, град (таблиця 6.7).

Таблиця 6.7 - Кутові розміри зони можливого зараження СДОР залежно від швидкості вітру

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

Визначаємо площу зони фактичного зараження  $S_f$  (км<sup>2</sup>):

$$S_f = K_8 \cdot \Gamma^2 \cdot N^{0,2} = 0,133 \cdot 4,1^2 \cdot 1^{0,2} = 0,9 \text{ км}^2,$$

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).

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 51   |

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

Територія можливого хімічного зараження представляє собою сектор, що має кутовий розмір  $\phi = 90^\circ$  (таблиця 6.7) і радіус, який дорівнює значенню розрахунковій глибині зони зараження  $\Gamma = 4,1$  км. Вершина сектору співпадає з джерелом зараження - місцем розливу хлору.

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

Розраховуємо глибину зони смертельних уражень  $\Gamma^1$  (км):

$$\Gamma^1 = \lambda \cdot K_M \cdot \left( \frac{Q_3}{D^1} \right)^\Psi = 2,31 \cdot 0,2 \cdot (2,51/6)^{0,58} = 1,39 \text{ км}$$

де  $\lambda = 2,31$ ;  $\Psi = 0,580$  – коефіцієнти, що залежать від швидкості вітру (таблиця 6.8);

$Q_3 = Q_{31} + Q_{32} = 0,5 + 2,01 = 2,51$  – загальна еквівалентна кількість СДОР, що перейшла в первинну і вторинну хмару, т;

$D^1 = 6$  – летальна токсодоза для хлору, мг.хв/л.

Таблиця 6.8 - Коефіцієнти  $\lambda$  і  $\psi$ , що залежать від швидкості вітру

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

Розраховуємо глибину зони важких уражень  $\Gamma_{0,4}^1$  (км):

$$\Gamma_{0,4}^1 = \lambda \cdot K_M \cdot (Q_3 / D_{0,4}^1)^\Psi = 2,31 \cdot 1 \cdot (2,51/2,4)^{0,58} = 2,38 \text{ км},$$

де  $D_{0,4}^1 = 0,4 \cdot D^1 = 0,4 \cdot 6 = 2,4$  - значення токсодози, що відповідає 40% летальної токсодози для хлору, мг.хв/л.

Розраховуємо глибину зони уражень середньої важкості  $\Gamma_{0,2}^1$  (км):

$$\Gamma_{0,2}^1 = \lambda \cdot K_M \cdot (Q_3 / D_{0,2}^1)^\Psi = 2,31 \cdot 1 \cdot (2,51/1,2)^{0,58} = 3,53 \text{ км},$$

|      |      |          |        |      |                       |  |  |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|--|--|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 |  |  | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       |  |  | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |  |  |      |

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

Глибина зони легких уражень відповідає значенню розрахунковій глибині зони зараження  $\Gamma = 5,06$  км.

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

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

$$t = \frac{x}{K_m \cdot v_{\Pi}} = \frac{4}{1 \cdot 12} = 0,3 \text{ год.} = 20 \text{ хв.},$$

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

### 6.1.3. Висновки і рекомендовані заходи для зменшення людських втрат

Проведена оцінка масштабів хімічного зараження внаслідок руйнування ємності із зрідженим хлором показала, що глибина зони ураження може досягти 4,1 км. Хмара зараженого повітря підійде до судна «Orient Dream» через 20 хв., а екіпаж опиниться в зоні легких уражень. Час дії вражаючих концентрацій хмари - 20 хв.

Для зменшення людських втрат пропонуються наступні заходи:

- оголосити хімічну тривогу, повідомити екіпаж про небезпеку та наслідки отруєння хлором;
- залишити судно у разі неможливості протягом 20 хв. судну вийти з порту за межі зони ураження;
- організовано вивести членів екіпажу за межі зони ураження (напряму руху – в сторону від напрямку вітру);
- підготуватися до надання у разі потреби першої медичної допомоги постраждалим.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 53   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 7. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 7.1 Розрахунок собівартості фреонові холодильної машини

3

#### аккумулятором холоду

Розрахуємо вартість устаткування, яке входить до складу холодильної машини, яка проектується.

Таблиця 7.1

| № п/п | Найменування              | Кіл-ть | Ціна за одиницю, грн. | Сума, грн. |
|-------|---------------------------|--------|-----------------------|------------|
| 1     | Конденсатор $Q_k = 3$ кВт | 1      | 16200                 | 16200      |
| 2     | Випарник $Q_0 = 1,6$ кВт  | 1      | 12000                 | 12000      |
| 3     | Насос                     | 1      | 2000                  | 2000       |
| 4     | Хол. камера-аккумулятор   | 1      | 40000                 | 40000      |
| 5     | Регулюючий вентиль        | 1      | 200                   | 200        |
| 6     | Фільтр-осушувач           | 1      | 150                   | 150        |
| 7     | Компресор                 | 2      | 15360                 | 15360      |
| 8     | Манометр                  | 3      | 100                   | 300        |
| 9     | Вентиль                   | 10     | 120                   | 1200       |
| 10    | Рама                      | 1      | 5000                  | 5000       |
| 11    | Трубопроводи              |        | 3000                  | 3000       |
| 12    | Термометри                | 3      | 50                    | 150        |

Вартість устаткування складає  $C_{об} = 113560$  грн.

Транспортні витрати складають 7 % від вартості устаткування:

$$C_{тр} = 0.07 \cdot C_{об} = 0.07 \cdot 113560 = 7949 \text{ грн.}$$

$$C_{тр} = 7940,9 \text{ грн.}$$

Вартість монтажу устаткування складає 10 % від вартості устаткування:

$$C_m = 0,1 \cdot C_{об} = 0,1 \cdot 113560 = 11360 \text{ грн.}$$

$$C_m = 11360 \text{ грн.}$$

Вартість КІП і його монтажу приймаємо в розмірі 3 % від вартості устаткування:

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 55   |



$$C_{\text{кип}} = 0,03 \cdot C_{\text{об}} = 0,03 \cdot 113560 = 3410 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{кип}} = 3410 \text{ грн.}$$

Вартість спеціальних робіт приймаємо в розмірі 1 % від вартості устаткування:

$$C_{\text{др}} = 0,01 \cdot C_{\text{об}} = 0,01 \cdot 113560 = 1136 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{др}} = 1136 \text{ грн.}$$

Загалом повна вартість машини складе:

$$C_o = C_{\text{об}} + C_{\text{тр}} + C_m + C_{\text{кип}} + C_{\text{др}} = 113560 + 7949 + 11360 + 3410 + 1136 = 137415 \text{ грн}$$

Оптова ціна на устаткування:

$$P_o = 1,1 \cdot C_o = 1,1 \cdot 137415 = 151167 \text{ грн.}$$

## 7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

### 7.2.1 Розрахунок вартості річного споживання холодоагенту.

Таблиця 7.2 – Заповнення апаратів холодильної машини  
рідким холодильним агентом

| Найменування апарату | Ємність, м <sup>3</sup> | Заповнення, % | Кіл-ть холодоагенту, м <sup>3</sup> |
|----------------------|-------------------------|---------------|-------------------------------------|
| Випарник             | 0,017                   | 60            | 0,00102                             |
| Конденсатор          | 0,027                   | 10            | 0,00027                             |

Сумарне споживання холодоагенту  $q_c$  складає 0,00129 м<sup>3</sup>.

Визначимо експлуатаційне річне споживання холодоагенту:

$$q_a = q_c \cdot \rho_{x/a},$$

де  $\rho_{x/a}$  – щільність холодоагенту,  $\rho_{x/a} = 1480 \text{ кг/м}^3$ .

$$q_a = 1480 \cdot 0,00129 = 1,91 \text{ кг.}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 54   |



Визначимо річну витрату холодоагенту при ремонті  $q_p$  (25 %):

$$q_p = 0,25 \cdot 1,91 = 0,47 \text{ кг/рік},$$

Річне споживання холодоагенту складає:

$$q_r = q_a + q_p = 1,91 + 0,47 = 2,38 \text{ кг}$$

Його вартість:

$$C_{ar} = S_a \cdot q_r$$

$$C_{ar} = 115 \cdot 2,38 = 273,7 \text{ грн.}$$

7.2.2 Річна холодопродуктивність машини:

$$Q_{\text{год}} = Q_o \cdot 3600 \cdot t \cdot T,$$

де  $t = 12$  годин – середня кількість годин роботи машини на добу;

$T = 270$  днів – кількість днів роботи машини за рік.

$$Q_{\text{год}} = 2,6 \cdot 3600 \cdot 12 \cdot 270 = 30,3 \cdot 10^6 \text{ кДж/рік}$$

7.2.3 Амортизаційні відрахування приймають в розмірі 11,5 % від оптової ціни машини, яка проектується:

$$C_{am} = 0,115 \cdot P_o = 0,115 \cdot 15116,7 = 1738 \text{ грн}$$

7.2.4 Витрати на поточний ремонт приймають в розмірі 5,5 % від оптової ціни машини, яка проектується:

$$C_{tr} = 0,055 \cdot P_o = 0,055 \cdot 15116,7 = 831 \text{ грн}$$

7.2.5 Вартість електроенергії річна

Річне споживання електроенергії складає 5802,6 кВт · год.

Вартість 1 кВт·час складає 1,1 грн.

Вартість річного споживання електроенергії:

$$C_{эл} = 1,1 \cdot 5802,6 = 6383 \text{ грн.}$$

7.2.6 Інші витрати приймаємо в розмірі 2 % від суми витрат на поточний ремонт і амортизаційні відрахування:

$$C_{\text{проч}} = 0,02 \cdot (C_{am} + C_{tr}) = 0,02 \cdot (1738 + 831) = 51,4 \text{ грн}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Визначимо річні витрати на вироблення холоду:

$$C_{\text{год}} = C_{\text{аг}} + C_{\text{зп}} + C_{\text{стр}} + C_{\text{фз}} + C_{\text{пз}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{тр}} + C_{\text{проч}}$$

Таблиця 7.3 – Річні витрати на вироблення холоду

| № п/п | Стаття витрат                 | Сумма, грн |
|-------|-------------------------------|------------|
| 1     | Річне споживання холодоагенту | 273,7      |
| 2     | Амортизаційні відрахування    | 1738       |
| 3     | Поточний ремонт               | 831        |
| 4     | Інші витрати                  | 51,4       |

ЗАГАЛОМ Річні витрати на вироблення холоду складуть:

$$C_{\text{год}} = 9277 \text{ грн}$$

Визначимо собівартість 1 кДж холоду:

$$C_{\text{хол}} = C_{\text{год}} / Q_{\text{год}} \cdot 1000 = 9277 / 30,3 \cdot 10^3 = 0,31 \text{ грн}$$

Порівняння економічних показників.

Для порівняння економічних показників беремо термокамеру:

- моноблок;
- холодоагент R22;
- електроживлення 220 В;
- споживана потужність 2,342 кВт;
- холодопродуктивність 3 кВт;
- вартість 15585,2 грн.

### 7.3 Розрахунок вартості устаткування

Вартість устаткування складає  $C_{\text{об}} = 15585 \text{ грн}$ .

Транспортні витрати складають 7 % від вартості устаткування:

$$C_{\text{тр}} = 0,07 \cdot C_{\text{об}} = 0,07 \cdot 15585 = 1091 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{тр}} = 1091 \text{ грн.}$$

Вартість монтажу устаткування складає 10 % від вартості устаткування:

$$C_m = 0,1 \cdot C_{об} = 0,1 \cdot 15585 = 1558,5 \text{ грн.}$$

$$C_m = 4676,8 \text{ грн.}$$

Вартість КІП і його монтажу приймаємо в розмірі 3 % від вартості устаткування:

$$C_{кип} = 0,03 \cdot C_{об} = 0,03 \cdot 15585 = 467,5 \text{ грн.}$$

$$C_{кип} = 467,5 \text{ грн.}$$

Вартість спеціальних робіт приймаємо в розмірі 1 % від вартості устаткування:

$$C_{др} = 0,01 \cdot C_{об} = 0,01 \cdot 15585 = 155,9 \text{ грн.}$$

$$C_{др} = 155,9 \text{ грн.}$$

Загалом повна вартість машини складе:

$$C_o = C_{об} + C_{тр} + C_m + C_{кип} + C_{др}$$

$$C_o = 15585 + 1091 + 1558,5 + 467,5 + 155,9 = 18857,9 \text{ грн}$$

Оптова ціна на устаткування:

$$\Pi_o = C_o + \Pi$$

$$\Pi_o = 1,1 \cdot C_o = 1,1 \cdot 18857,9 = 20743,7 \text{ грн.}$$

#### **7.4 Розрахунок експлуатаційних витрат**

7.4.1 Розрахунок вартості річного споживання холодоагенту.

Сумарне споживання холодоагенту  $q_c$  складає  $0.0045 \text{ м}^3$ .

Визначимо експлуатаційне річне споживання холодоагенту:

$$q_a = q_c \cdot \rho_{x/a},$$

де  $\rho_{x/a}$  – щільність холодоагенту,  $\rho_{x/a} = 1480 \text{ кг/м}^3$ .

$$q_a = 0,0045 \cdot 1480 = 6,66 \text{ кг.}$$

Визначимо річну витрату холодоагенту при ремонті  $q_p$  (25 %):

$$q_p = 0,25 \cdot 6,66 = 1,67 \text{ кг/рік,}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 60   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Річне споживання холодоагенту складає:

$$q_r = q_a + q_p = 6,66 + 1,67 = 8,32 \text{ кг}$$

Його вартість:

$$C_{ar} = S_a \cdot q_r$$

$$C_{ar} = 115 \cdot 8,32 = 957 \text{ грн.}$$

7.4.2 Річна холодопродуктивність машини:

$$Q_{год} = Q_o \cdot 3600 \cdot t \cdot T,$$

де  $t = 12$  годин – середня кількість годин роботи машини на добу;

$T = 270$  днів – кількість днів роботи машини за рік.

$$Q_{год} = 3,4 \cdot 3600 \cdot 12 \cdot 270 = 39,7 \cdot 10^6 \text{ кДж/рік}$$

7.4.3 Амортизаційні відрахування приймають в розмірі 11,5 % від оптової ціни машини, яка проектується:

$$C_{ам} = 0,115 \cdot P_o = 0,115 \cdot 20743,7 = 2385,5 \text{ грн}$$

7.4.4 Витрати на поточний ремонт приймають в розмірі 5,5 % від оптової ціни машини, яка проектується:

$$C_{тр} = 0,055 \cdot P_o = 0,055 \cdot 20743,7 = 1140,9 \text{ грн}$$

7.4.5 Вартість електроенергії річна

Річне споживання електроенергії складає 7588,1 кВт · год.

Вартість 1 кВт·час складає 1,1 грн.

Вартість річного споживання електроенергії:

$$C_{эл} = 1,1 \cdot 7588,1 = 8347 \text{ грн.}$$

7.4.5 Інші витрати приймаємо в розмірі 2 % від суми витрат на поточний ремонт і амортизаційні відрахування:

$$C_{проч} = 0,1 \cdot (C_{ам} + C_{тр}) = 0,1 \cdot (2385,5 + 1140,9) = 3526,4 \text{ грн}$$

Визначимо річні витрати на вироблення холоду:

$$C_{год} = C_{ar} + C_{зп} + C_{стр} + C_{фз} + C_{пз} + C_{ам} + C_{тр} + C_{проч} + C_{эл}$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Таблиця 7.4 – Річні витрати на вироблення холоду

| № п/п | Стаття витрат                      | Сума, грн |
|-------|------------------------------------|-----------|
| 1     | Річне споживання холодоагенту      | 957       |
| 2     | Амортизаційні відраховування       | 2385,5    |
| 3     | Поточний ремонт                    | 1140,9    |
| 4     | Годовое потребление электроэнергии | 8347      |
| 5     | Інші витрати                       | 3526,4    |

ЗАГАЛОМ Річні витрати на вироблення холоду складуть:

$$C_{\text{год}} = 163568 \text{ грн}$$

Визначимо собівартість 1 кДж холоду:

$$C_{\text{хол}} = C_{\text{год}} / Q_{\text{год}} \cdot 1000 = 16356,8 / 39,7 \cdot 10^3 = 4,1 \text{ грн}$$

### 7.5 Порівняльна економічна ефективність

Порівняльна економічна ефективність знаходиться по формулі:

$$E = \frac{1}{T}$$

де  $T$  – строк окупності.

Строк окупності визначається по наступній залежності:

$$T = \frac{K_2 - K_1}{C_1 - C_2},$$

де  $K_1$  і  $K_2$  – капітальні вкладення, відповідно, згідно базового і проектного варіанту, грн;

$C_1$  і  $C_2$  – річні експлуатаційні, відповідно, згідно базового і проектного варіанту, грн .

$$T = \frac{20744 - 15117}{16357 - 9277} = 1,26$$

Визначимо порівняльну економічну ефективність:

$$E = \frac{1}{1,26} = 0,8$$

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 62   |

## 7.6 Основні техніко-економічні показники кваліфікаційної роботи

Таблиця 7.6

| № п/п | Показники                      | Базовий<br>варіант | Проектний<br>варіант |
|-------|--------------------------------|--------------------|----------------------|
| 1     | Вартість устаткування, грн     | 155850             | 113560               |
| 2     | Холодопродуктивність, МДж/рік  | $3,97 \cdot 10^4$  | $3,03 \cdot 10^4$    |
| 3     | Собівартість 1 кДж холоду, грн | 4,1                | 3,1                  |
| 4     | Споживана потужність, кВт      | 34                 | 26                   |
| 6     | Експлуатаційні витрати, грн    | 16357              | 9277                 |
| 7     | Капітальні витрати, грн        | 207440             | 151170               |
| 8     | Строк окупності, рік           |                    | 1,26                 |
| 9     | Економічна ефективність        |                    | 0,8                  |

Використовувати акумуляцію холоду особливо доцільно, коли існує добова тарифікація електроенергії. При цьому акумулювати холод потрібно в нічний період, коли ціна на електроенергію мінімальна. Економія досягає 50 %.

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;

– **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

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 63   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

– 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):

$$O = K^{\Phi}_{НТЕ} / K^{\Pi}_{НТЕ} \quad (7.1)$$

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.(7.7)).

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 64   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

Таблиця 7.7

Шкала експертних оцінок для виміру рівня  
науково-технічної ефективності проектів

| Групи показників                                       | Характеристика показників          | Інтервал рейтингового числа | Коефіцієнт значущості показників |
|--------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|
| 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                           |                                  |
| Перспективність                                        | Першочергова значущість            | 8 – 10                      | 0,35                             |
|                                                        | Значущий                           | 5 – 7                       |                                  |
|                                                        | Корисний                           | 1 – 4                       |                                  |
| Потенційний масштаб практичного використання           | Світовий ринок                     | 10                          | 0,20                             |
|                                                        | Галузі національної економіки      | 7 – 9                       |                                  |
|                                                        | Галузь (регіон)                    | 3 – 6                       |                                  |
|                                                        | Окремі підприємства (об'єднання)   | 1 – 2                       |                                  |
| Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів | Великий                            | 10                          | 0,10                             |
|                                                        | Середній                           | 5 – 9                       |                                  |
|                                                        | Малий                              | 1 – 4                       |                                  |



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

### Проведення оцінки

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

З цією метою:

- розробляють перелік специфічних показників, необхідних для виміру науково-технічного рівня розробки;
- формують групу аналогів, які реалізовані на світовому і вітчизняному ринках;
- 
- здійснюють відповідні розрахунки для співставлення показників і визначення балів по табл.7.7

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.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

З метою спрощення визначення  $K^{\Phi}_{НТЕ}$  у табл. 7.8 не введено показника витрат на одиницю продукції.

Таблиця 7.8

Порівняльні показники для виконання оцінки НТЕ

| ПОКАЗНИКИ                                       | ВАРІАНТИ ТЕХНОЛОГІЙ |                         |
|-------------------------------------------------|---------------------|-------------------------|
|                                                 | розробленої         | співвідносної (аналога) |
| Рівень новизни                                  | 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 <sup>3</sup>                          | 4,13                | 3,12                    |
| Трудомісткість виробництва, людино-годин/ тонну | 17,5                | 6,17                    |

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

$$НТЕ = \sum B_i \times K_i^3 \quad (7.2)$$

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. 7.9).

Таблиця 7.9

|             | Групи показників                                       | Рейтинг експертів |   |   | Середня<br>за експертними<br>оцінками | НТ<br>Е               |
|-------------|--------------------------------------------------------|-------------------|---|---|---------------------------------------|-----------------------|
|             |                                                        | 1                 | 2 | 3 |                                       |                       |
|             | Науково-технічний рівень                               | 8                 | 8 | 9 | 8,33                                  | 2,91<br>(8,33 х 0,35) |
|             | Перспективність                                        | 6                 | 7 | 6 | 6,33                                  | 2,21<br>(6,33 х 0,35) |
|             | Потенційний масштаб практичного використання           | 4                 | 5 | 5 | 4,67                                  | 0,93<br>(4,67 х 0,20) |
|             | Ступінь вірогідності досягнення позитивних результатів | 7                 | 8 | 7 | 7,33                                  | 0,73<br>(7,33 х 0,10) |
| В С Ь О Г О |                                                        |                   |   |   |                                       | 6,78                  |

Експертна оцінка і розрахунок величини інтегрального показника НТЕ

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

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. 7.93 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;

|      |      |             |            |      |                       |      |
|------|------|-------------|------------|------|-----------------------|------|
|      |      |             |            |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      | – достатній | 6,1 – 8,0; |      |                       | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум.    | Підпис     | Дата |                       |      |

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

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

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## 8. Моделювання процесів обробки харчових продуктів

Для більшості систем охолодження, що забезпечують різні технологічні процеси, характерні нестационарні теплові режими. У процесі термообробки змінюються теплові навантаження теплообмінні апарати холодильної установки, температури кипіння  $t_0$ , конденсації  $t_K$ , продукту  $t_{ПР}$ .

Обробка продукту холодом – це складна термодинамічна система, де необхідно враховувати можливості продукту віддати теплоту, що охолоджує середовища – її сприйняти, поділами охолодження – відвести, а холодильною машиною – забезпечити необхідний технологічний процес.

Протягом кількох останніх десятиліть різними авторами проводилися теоретичні та експериментальні дослідження процесів термообробки харчових продуктів (1-ий напрям) та застосування режимних параметрів холодильної установки при різних теплових навантаженнях (2-й напрям).

Для першого напрямку характерна інформація про зміну температур продукту, повітря, що охолоджується в камері і, в поодиноких ситуаціях, про зміну при цьому температур кипіння холодильного агенту або поверхні приладів охолодження.

Для другого напрямку характерні результати щодо застосування температур кипіння, конденсації температурних перепадів, теплових навантажень на теплообмінне обладнання та витрат на вироблення холоду. При цьому в переважній більшості випадків мітація теплового навантаження на прилади охолодження здійснювалася за допомогою ТЕНів. З метою оптимізації параметрів холодильного обладнання

в роботах Оносовського В.В. та Константинова Л.И. був розглянутий технологічний процес та охолоджувальна система, як єдине ціле. Однак зміна режимних параметрів у динаміці процесу термообробки в цих роботах не представлена.

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|     |      |          |        |      |                       | 70   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

При проектуванні та доборі основного та допоміжного обладнання орієнтуються, як правило, на середнє теплове навантаження. Під час охолодження або заморожування харчових продуктів унаслідок безперервного зменшення температурного перепаду між поверхнею продукту і охолодним середовищем, теплове навантаження на охолоджувальні пристрої та компресори, завдяки пропорційності теплоти, що відводиться, зменшується. Таким чином, холодильне обладнання, підібране за середнім тепловим навантаженням, не забезпечує необхідних технологічних параметрів у початковий період і має запас в кінці термообробки.

З метою зменшення енерговитрат на вироблення холоду в процесі термообробки харчових продуктів, питання динаміки застосування режимних параметрів холодильної установки, зокрема температур кипіння, конденсації, повітря камери, продукту теплових навантажень на прилади охолодження та конденсаторів при вибраному за середнім тепловим навантаженням компресора з фіксованим об'ємом, описаним поршнями  $V_h$ , особливий інтерес.

### **8.1 Аналіз зміни режимних параметрів холодильної установки при змінних теплових навантаженнях**

При дослідженні процесів термообробки та системи охолодження в комплексі для визначення температури продукту використовувався темп охолодження, виходячи з того, що при охолодженні харчових продуктів стадія регулярного режиму завжди абсолютно переважає за тривалістю над стадією неупорядкованого режиму, що було встановленим досвідченим шляхом Головіним Н.А. . Надалі було прийнято рішення як вихідні дані використовувати ті параметри і характеристики системи охолодження, які практично залишаються незмінними протягом усього циклу процесу термообробки. Це такі, як:

– геометричний об'єм, що описується поршнями компресора  $V_h$  (змінюється в процесі тривалої експлуатації);

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 71   |

- площі поверхні приладів охолодження ФП/О та конденсатора ФК;
- будівельно-ізоляційний контур холодильної камери, що характеризується тепло прохідністю огорожувальних конструкцій  $(k \times F)_{\text{ОГР}}$ ;
- Температура зовнішнього повітря  $t_C$ .

Кількість теплоти, відведеної від продукту за цикл термообробки, можна визначити за формулою:

$$Q_{\text{ПР}} = G_{\text{ПР}} \cdot C_{\text{ПР}} \cdot (t_{\text{ПР}}^{\text{Н}} - t_{\text{ПР}}^{\text{К}}) / \tau, \text{Вт} \quad (2.1)$$

де  $G_{\text{ПР}}$  - Маса продукту, кг;  $C_{\text{ПР}}$  – теплоємність продукту, Дж/(кг × К);  $t_{\text{ПРН}}$ ,  $t_{\text{ПРК}}$  – відповідно, початкова та кінцева температури продукту, °С;  $\tau$  – тривалість термообробки, с.

Можливість продукту віддати теплоту можна оцінити за такою формулою:

$$Q = \frac{\lambda_{\text{ПР}}}{\delta_{\text{ПР}}} \cdot (t_{\text{ПР}}^{\text{Ц}} - t_{\text{ПР}}^{\text{П}}) \cdot F_{\text{ПР}}, \text{Вт} \quad (2.2)$$

де  $\lambda_{\text{ПР}}$  – коефіцієнт теплопровідності продукту, Вт/(м×К);  $\delta_{\text{ПР}}$  - половина товщини продукту, м;  $t_{\text{ПРЦ}}$ ,  $t_{\text{ПРП}}$  – відповідно, температури центру та поверхні продукту, °С;  $F$  – площа поверхні продукту, м<sup>2</sup>.

Кількість теплоти, яке сприймає повітря, що охолоджує від продукту, визначаємо за залежністю:

$$Q = \alpha \cdot (t_{\text{ПР}}^{\text{П}} - t_{\text{КАМ}}) \cdot F_{\text{ПР}}, \text{Вт} \quad (2.3)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт тепловіддачі, Вт/(м<sup>2</sup> К);  $t_{\text{КАМ}}$  – температура повітря у камері, °С.

За умови рівності теплового потоку, який підводиться до поверхні продукту з внутрішніх шарів і теплового потоку від поверхні продукту до повітря,

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 73   |

що охолоджується, вирішуючи рівняння (2-2) і (2-3) щодо  $t_{\text{прп}}$ , отримаємо:

$$Q = \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{1}{\lambda} \right) F \cdot (t_{\text{прп}}^{\text{н}} - t_{\text{кам}}) \quad (2.4)$$

Якщо продукт, що охолоджується, - це м'ясо в напівтушах, то визначити величини  $F$  і  $d$  не просто, внаслідок суцільної геометричної форми.

Крім теплового потоку від продукту, повітря, що охолоджує, камери сприймає зовнішнє тепло притоки:

$$Q_{\text{НАР}} = (k \cdot F)_{\text{ОГР}} \cdot (t_{\text{с}} - t_{\text{кам}}), \text{Вт} \quad (2.5)$$

де  $(k \cdot F)_{\text{ОГР}}$  – тепло прохідність огорожувальних конструкцій, Вт/К;  $t_{\text{с}}$  – температура зовнішнього повітря, °З.

- Експлуатаційні тепло притоки  $Q_{\text{ЕКСП}}$  (надають істотний вплив при використанні в якості приладів охолодження - охолоджувачі повітря);

– тепло притоки від холодильного агенту та металу приладів охолодження:

$$Q_{\text{А}} = B \cdot (-t_0), \text{Вт} \quad (2.6)$$

де  $B$  - теплоємність приладів охолодження (киплячого холодильного агенту та металу).

Тепло притоки  $Q_{\text{А}}$  мають значення для охолоджувальних пристроїв малої холодопродуктивності (переважно торгове обладнання). Для промислових холодильних камер  $Q_{\text{А}}$  мало впливають.

Кількість теплоти, відведена приладами охолодження, визначаємо залежно від:

$$Q_{\text{п/о}} = k_{\text{п/о}} \cdot F_{\text{п/о}} \cdot (t_{\text{кам}} - t_0), \text{Вт} \quad (2.7)$$

де  $k_{\text{п/о}}$  – коефіцієнт теплопередачі приладів охолодження, Вт/(м<sup>2</sup>×К);

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|     |      |          |        |      |                       | 73   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



FP/O – площа приладів охолодження, м<sup>2</sup>; t<sub>кам</sub>, t<sub>0</sub> – відповідно, температури повітря в камері та кипіння холодинного агенту, °C.

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|     |      |          |        |      |                       | 74   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



12 - бак - "аккумулятор холоду"; 13 - змійовик; 14, 15 – оребровані батареї безпосереднього кипіння; 16 – оребрена батарея проміжного холодоносія; 17 – вентилятори

Нами запропоновано використовувати принцип акумулювання холоду та для режимів термообробки харчових продуктів. Для цього було розроблено експериментальний стенд (рис. 8.1), на якому можна досліджувати процеси термообробки як з використанням тільки системи безпосереднього кипіння, так і комбінованим способом - безпосереднє кипіння та акумулювання холоду.

Це досягається за допомогою включення – вимикання соленоїдних клапанів 7, 8, 9 та часу циклічної роботи насоса проміжного охолоджувача. При запропонованому способі режим термообробки розбивається на два етапи: на першому етапі працює оребрена поверхня 15 і 16 при включеному насосі 10. Після досягнення середнього теплового навантаження (початок другого етапу) вимикається соленоїдний клапан 7 і насос 10 і включається соленоїдний клапан 8, що дозволяє акумулювати холод для наступної стадії термообробки.

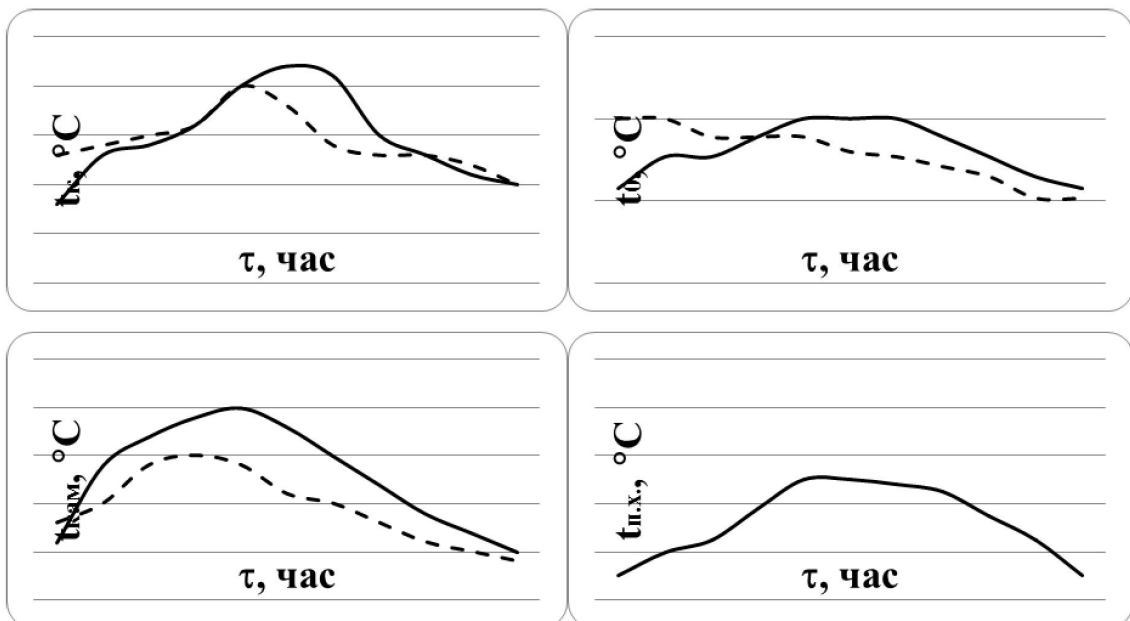


Рисунок 8.2 – Залежність основних параметрів від часу термообробки:

$Q_0$  – теплове навантаження;  $N_{\text{км}}$  – навантаження на компресор;  $t_k$  – температура конденсації;

$t_0$  – температура кипіння;  $t_{\text{кам}}$  – температура у камері;  $t_{\text{п.х.}}$  – температура проміжного холодоносія;  $t$  – час термообробки;

$1/4$  – система безпосереднього кипіння;

— — — — система з «акумуляванням» холоду

Результати експериментальних досліджень подано на рис. 8.2. Як видно з них, використання акумулявання холоду дозволяє отримати істотну перевагу в порівнянні з традиційним способом:

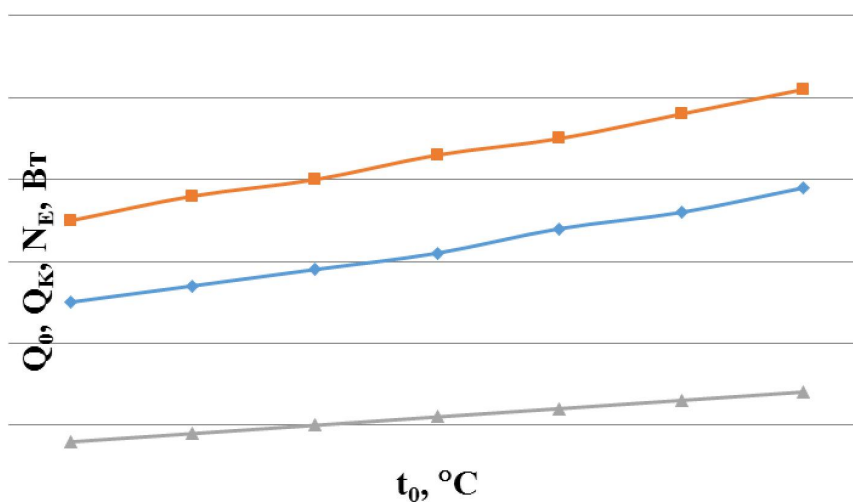
- навантаження на компресор протягом термообробки більш «згладжена», струми в електричній обмотці менше, що дозволяє продовжити термін її служби;
- температура в камері підвищується не так значно

### 9.1. Вплив товщини льоду на режимні параметри холодильної установки в акумуляторах холоду

При використанні акумуляування холоду в процесах термообробки харчових продуктів істотну роль відіграє товщина льоду  $\delta_L$ , наморозеного на поверхні випарника-акумулятора (акумуляований "холод"). Очевидно, чим товщина більша, тим суттєвіший потенціал акумуляування. З іншого боку, зі збільшенням  $\delta_L$  значно змінюються режимні параметри холодильної установки та споживання електроенергії.

Проведено дослідження акумуляування холоду за допомогою холодильної машини на базі герметичного компресора  $Q_0 = 280$  Вт, об'єм, описаний поршнями,  $V_h = 0,81$  м<sup>3</sup>/год. Площа поверхні занурювального випарника становила  $F = 0,12$  м<sup>2</sup>.

Характеристики машини представлені на рис. 8.3



Мал. 9.3 - Залежність  $Q_0$ ,  $Q_K$ ,  $N_E$  від температури кипіння  $t_0$ :

—•—•—•—  $Q_0$  – холодопродуктивність, Вт  
 ; —▲—▲—▲—  $N_E$  – *потребляемая мощность*, Вт  
 —■—■—■—  $Q_K$  – теплота конденсації, Вт;

Коефіцієнт теплопередачі занурювального випарника визначався за такою формулою

$$k_H = \left( \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_M}{\lambda_M} + \frac{1}{\alpha_0} \right)^{-1},$$

$\alpha_w$  – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні випарника до "крижаної" води, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

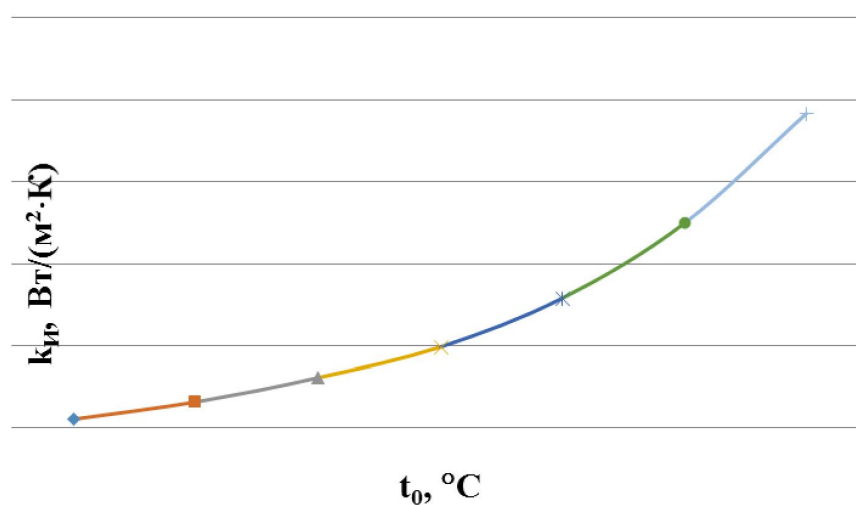
$\delta_M$  – товщина труби випарника, м;

$\lambda_M$  – коефіцієнт теплопровідності труби, Вт/(м·К);

$\alpha_0$  – коефіцієнт тепловіддачі з боку киплячого холодильного агента, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Експериментальні дослідження показали, що  $\alpha_w = 350$  Вт/(м<sup>2</sup>·К).

Залежність зміни kI від температури кипіння представлені на рис. 9.4



Мал. 9.4 – Залежність коефіцієнта теплопередачі випарника від температури кипіння

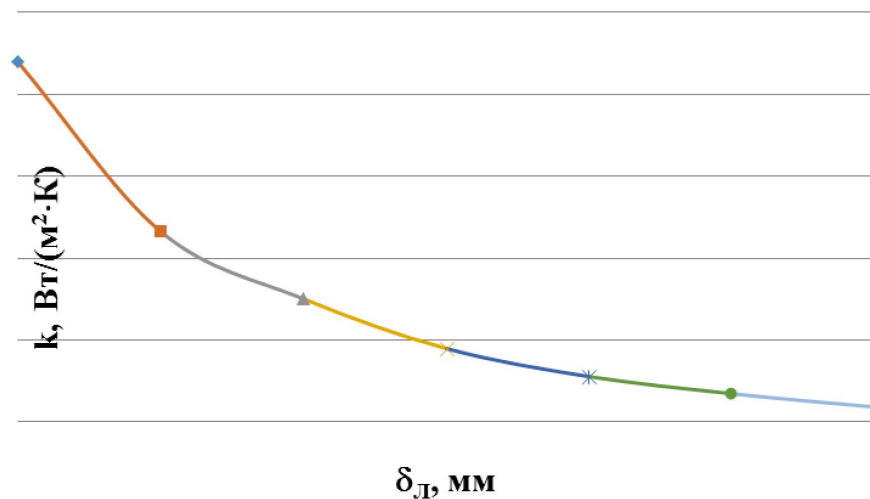
Коефіцієнт теплопередачі занурювального випарника з урахуванням товщини льоду, що наморозжується, визначається за формулою:

$$k = \left( \frac{1}{\alpha_w} + \frac{\delta_M}{\lambda_M} + \frac{1}{\alpha_0} + \frac{\delta_L}{\lambda_L} \right)^{-1},$$

Розрахункові значення за цією формулою представлено на рис. 9.5

де  $\delta_L$  – товщина льоду, м;

$\lambda_L$  – коефіцієнт теплопровідності льоду, Вт/(м·К).



Мал.9.5 - Залежність коефіцієнта теплопередачі випарника від товщини льоду

можна визначити товщину льоду згідно з режимними параметрами холодильної машини.

Час наморозування льоду визначалося за такою формулою:

$$\tau = \frac{r_{\text{л}} \cdot \rho_{\text{л}} \cdot F \cdot \delta_{\text{л}}}{3600 \cdot Q_0}, \text{ час}$$

де  $r_{\text{л}}$  – прихована теплота,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;

$\rho_{\text{л}}$  – щільність льоду,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ;

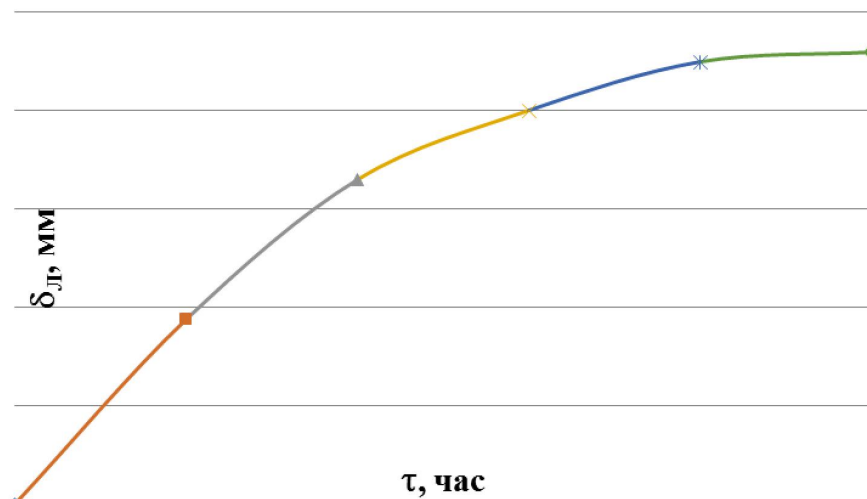
$F$  – площі поверхні,  $\text{м}^2$ ;

$\delta_{\text{л}}$  – товщина льоду,  $\text{м}$ ;

$Q_0$  – холодопродуктивність,  $\text{Вт}$

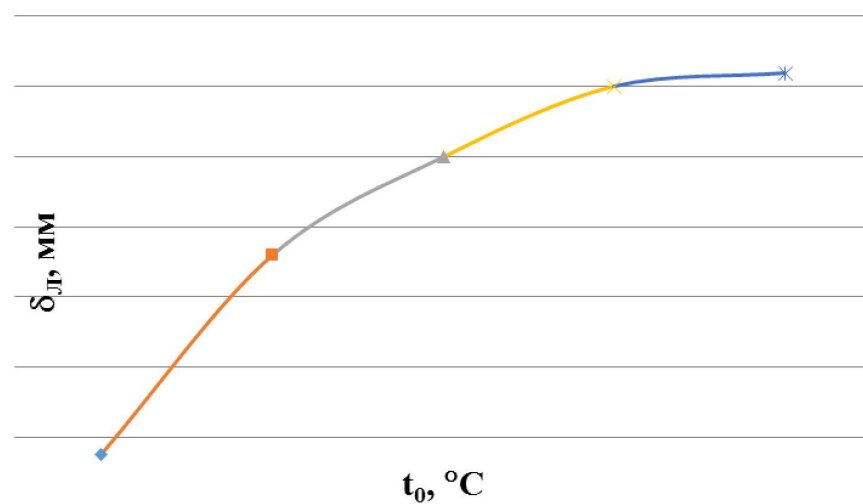
Дані розрахунків подано на рис. 9.6

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|     |      |          |        |      |                       | 80   |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |



Мал. 8.6 – Залежність товщини льоду від часу наморозжування

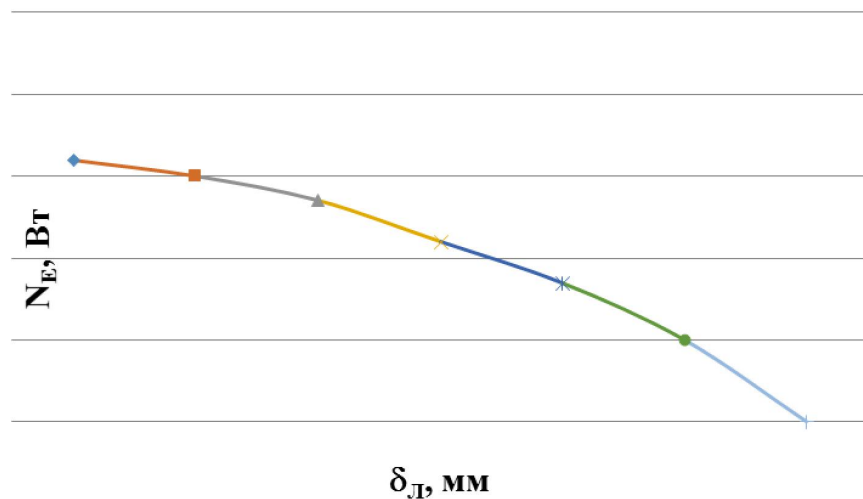
Виходячи з товщини льоду, що наморозжується, можна отримати зміну температури кипіння холодильного агента (рис. 9.7).



Мал. 9.7 – Залежність товщини льоду від температури кипіння

Залежність зміни споживання електроенергії від товщини льоду, що наморозжується, показана на рис. 9.8





Мал. 9.8 – Залежність споживаної потужності від товщини наморожуваного льоду

У деяких наукових публікаціях зазначається, що зі збільшенням товщини льоду, що намороджується, знижується температура кипіння, і при цьому збільшуються витрати електроенергії на вироблення холоду. Це є правильним наполовину, тобто. температура кипіння холодильного агента дійсно знижується і при цьому також знижуються витрати електроенергії.

## 9.2. Експериментальні дослідження термообробки продукту з використанням акумуляції

Відомо, що при термообробці є різко змінні навантаження. У початковий період встановлених холодильних потужностей не вистачає, а в кінцевий період їх стає з надлишком. Ми використовували цей факт для акумулювання холоду під час малих теплових навантажень і надалі цей холод використовували у початковий період. Імітація продукту здійснювалася за допомогою ємності із водою. Були розміщені термопари в центрі та на поверхні ємності.

Середньооб'ємна температура визначалася за такою формулою:

$$t_v = (t_{\text{ц}} + t_{\text{п}}) / 2,$$

де  $t_{\text{ц}}$  - температура центру, м

$t_{\text{п}}$  – температура поверхні, °З.

Теплове навантаження від продукту визначалося за формулою:

$$Q = c_W \cdot m_W \cdot (t_{\text{н}} - t_{\text{к}}) / \tau,$$

де  $c_W$  – теплоємність води, кДж/(кг К);

$m_W$  – маса води, кг;

$t_{\text{н}}$  – початкова температура води, °З;

$t_{\text{к}}$  - кінцева температура води, ° С;

$\tau$  – час термообробки, год.

|     |      |          |        |      |                       |      |
|-----|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|     |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Зм. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 83   |

## ВИСНОВКИ

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності роботи холодильного обладнання при періодичному поповненні провізійних камер харчовими продуктами з подальшим їх транспортуванням.

На основі проведених досліджень можна сформулювати наступні головні висновки:

1. Запропоноване акумулювання холоду дозволяє під час пікових теплових навантажень (початок термообробки продукту), коли встановлених холодильних потужностей не вистачає, використовувати закумульований холод (насос холодоносія працює), а коли теплові навантаження зменшуються, здійснюється акумулювання холоду (насос холодоносія не працює) за рахунок вивільнених холодильних потужностей.

2. Завдяки використанню акумуляції холоду можна стабілізувати робочі параметри холодильної машини: температуру конденсації, кипіння та повітря в холодильній камері (коливання зменшуються до 30 %).

3. Завдяки акумулюванню холоду можна зменшити пікових теплових навантажень на холодильну систему, скорочення часу термообробки харчових продуктів (до 15 %), зменшити електроспоживання (до 20 %), стабілізувати робочі токи компресора (до 30 %) і, як наслідок, подовжити час його експлуатації.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
|      |      |          |        |      |                       | 84   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       |      |

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Діагностика та аналіз роботи холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 61 с.
3. Конспект лекцій по холодильним установкам [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 59 с.
4. Методичні вказівки для розрахунку провізійних камер [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2020. — 24 с.
5. 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 кондиціювання повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2019. — 34 с.
6. Монтаж та ремонт холодильних установок : конспект лекцій [Електронний ресурс] : з напрямку підгот. “Енергомашинобудування” / О. С. Подмазко ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНТУ, 2022. — 52 с.
7. Суднова холодильна техніка [Електронний ресурс] : конспект лекцій / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНАХТ, 2020. — 59 с.
8. Холодильні установки спеціального призначення : конспект лекцій [Електронний ресурс] / О. С. Подмазко, Н. О. Піщанська ; Каф. холодильних установок і кондиціювання повітря. — Одеса : ОНТУ, 2023. — 99 с.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 85   |

9. 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. — Бібліогр. : 16 назв.
10. Аналіз зміни середньооб'ємної температури при охолодженні харчових продуктів [Текст] / О. С. Подмазко, І. О. Подмазко // Холодил. техніка та технологія. — 2018. — Т. 54, № 2. — С.48-51 : рис., табл. — Бібліогр.: 3 назв.
11. 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.
12. 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.
13. Холодильні установки спеціального призначення [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Херсон : Вид. Грінь Д.С., 2013. — 488 с. : табл., рис. — Бібліогр.: с. 483.
14. Холодильні установки та сфери їх використання [Текст] : підручник / М. Г. Хмельнюк, О. С. Подмазко, І. О. Подмазко ; під заг. ред. М. Г. Хмельнюка ; Одес. нац. акад. харч. технологій. — Херсон : Грінь Д.С., 2014. — 484 с. : іл.

|      |      |          |        |      |                       |      |
|------|------|----------|--------|------|-----------------------|------|
|      |      |          |        |      | КРМ.ХУКП.1.51-03.1.14 | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                       | 86   |