

Херсонський національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Інженерії та транспорту

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Автоматизації, робототехніки і мехатроніки

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

## КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему: «Обслуговування та удосконалення рефрижераторного  
устаткування»

### Пояснювальна записка

Виконав: студент 4 курсу,  
групи 4М

Спеціальності 133-Галузеве  
машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Воронін В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник Осадчук

В.С.

(прізвище та ініціали)

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 1      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           |        |

Рецензент РусановС.А.

(прізвище та ініціали)

2024

Херсонський національний технічнийуніверситет ( повне найменуваннявищого навчального закладу )

- Інститут, факультет, відділення інженерії та транспорту
- Кафедра, циклова комісія Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
- Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр
- Напрямок підготовки \_\_\_\_\_
- Спеціальність 133- Галузеве машинобудування  
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри, голова

циклової комісії \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Д.О.

Дмитрієв

« \_\_\_\_\_ » 2024

року

|        |        |            |           |      |  |  |  |  |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|--|--|--|--|--------|
|        |        |            |           |      |  |  |  |  | Арк. А |
|        |        |            |           |      |  |  |  |  | 2      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |  |  |  |  |        |
|        |        |            |           |      |  |  |  |  |        |

ХНТУ 13303 ПЗ

6

20.003

# ЗАВДАННЯ

## НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА

Воронін Віталій Віталійович

1. Тема проекту «Обслуговування та удосконалення рефрижераторного устаткування».

Керівник проекту ( роботи ) \_\_\_\_\_ Осадчук Василій Сергійович

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

Затвердженні наказом вищого навчального закладу від 15.01.2024 року № 18с.

2. Строк подання студентом проекту ( роботи ) \_\_\_\_\_
3. Вихідні дані по проекту ( роботи ): Місткість камери 29 т;  
Щільність: 40-45 кг/м<sup>3</sup>; Коефіцієнт теплопровідності: 0,022-0,025 Вт/МК. Товщина сандвіч панелей: передня стінка – 80мм; бокові стінки – 80мм; панель даху - 100мм; дверей – 80 мм; Добове надходження продукту 15% від місткості; Довжина стінки борту 6м; Висота стінки борту 2,2м; Температура продукту, що надходить -8°C(265°K); Температура повітря в камері - 20°C(253°K); Температура зовнішнього повітря +30°C(303°K); Розрахунковий час роботи компресора 22 год на добу;
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Види рефрижераторів; Принцип роботи рефрижераторів; Особливості насосних схем; Вибір і опис холодильного агенту.

5. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|--------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|        |                                           | Завдання видав | Завдання прийняв |
|        |                                           |                |                  |

|                                       |              |  |  |
|---------------------------------------|--------------|--|--|
| Аналіз сучасного стану по темі роботи | Осадчук В.С. |  |  |
| Технологічне забезпечення             | Осадчук В.С. |  |  |
| Конструкторське забезпечення          | Осадчук В.С. |  |  |
| Проектування механообробної дільниці  | Осадчук В.С. |  |  |
| Охорона праці                         | Кузнецов С.І |  |  |

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

| №<br>з/п | Назва етапів кваліфікаційної<br>роботи | Строк<br>виконання<br>етапів роботи | Примітка |
|----------|----------------------------------------|-------------------------------------|----------|
| 1        | Підбір і огляд літератури              | 04.03.2024 -<br>31.05.2024          | Виконано |

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           |       |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | 4     |

## Студент Воронін

( призвище та

Керівник роботи \_\_\_\_\_Осадчук

B.C.

(підпис)

( **призввище** та

ініціали )

## АНОТАЦІЯ

В даній роботі було проведене вивчення принципу роботи рефрижераторів, їх види та класифікації, обрали насосну схему охолодження й стали на шлях модернізації холодильної схеми. В якості об'єкта був обраний відцентровий насос типу KL, докладно роздивились його конструкцію, переваги та недоліки, обслуговування та сервіс. Роздивились також і методику та типові алгоритми пошуку несправностей електричної схеми холодильних установок. Доволі важливим був етап із розрахунками теплопритоків та енерговитрат. Визначили теоретичне навантаження на насос. Обрали й розглянули холодильний агент, його переваги, роздивились цикл в I-Ig P діаграмі. Обрали розрахунковий режим. Також був проведений розрахунок освітлення виробничого приміщення. Так як сучасність важко уявити без холодильника чи рефрижератора, робота несе вельми велике значення в розвитку здібностей ремонту, обслуговуванні та майбутньої модернізації цієї життєво необхідної техніки.

Пояснювальна записка кваліфікаційної роботи бакалавра складається з вступу, 15 розділів, висновків та додатків, Містить 61 сторінки тексту, 9 рисунків, 8 таблиць та 22 використаних джерел інформації.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                  |           |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА .....</b>                                                                                               | <b>1</b>  |
| <b>Пояснювальна записка .....</b>                                                                                                | <b>1</b>  |
| <b>З А В Д А Н Н Я .....</b>                                                                                                     | <b>3</b>  |
| <b>1. ВСТУП.....</b>                                                                                                             | <b>9</b>  |
| <b>1.1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ .....</b>                                                                                               | <b>9</b>  |
| <b>2. ВИДИ РЕФРИЖЕРАТОРІВ .....</b>                                                                                              | <b>10</b> |
| <b>2.1. АВТОНОМНІ РЕФРИЖЕРАТОРИ.....</b>                                                                                         | <b>10</b> |
| <b>2.2. ДИЗЕЛЬНІ РЕФРИЖЕРАТОРИ.....</b>                                                                                          | <b>11</b> |
| <b>2.3. ПРИВОДНІ РЕФРИЖЕРАТОРИ.....</b>                                                                                          | <b>11</b> |
| <b>2.4. КЛАСИФІКАЦІЯ РЕФРИЖЕРАТОРІВ ЗА ТИПОМ<br/>ОХОЛОДЖЕННЯ .....</b>                                                           | <b>12</b> |
| <b>2.5. КЛАСИФІКАЦІЯ РЕФРИЖЕРАТОРІВ ЗА МІСЦЕМ<br/>УСТАНОВКИ.....</b>                                                             | <b>13</b> |
| <b>3. ПРИНЦИП РОБОТИ РЕФРИЖЕРАТОРІВ .....</b>                                                                                    | <b>14</b> |
| <b>4. ВАРІАЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА ВИБІР НАСОСНОЇ<br/>СХЕМИ ДЛЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ .....</b>                                | <b>17</b> |
| <b>5. ОСОБЛИВОСТІ НАСОСНИХ СХЕМ.....</b>                                                                                         | <b>18</b> |
| <b>5.1. ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ ...</b>                                                                         | <b>20</b> |
| <b>5.2. РЕМОНТ І СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ<br/>ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ.....</b>                                                       | <b>23</b> |
| <b>5.3 КОНСТРУКЦІЯ НАСОСНИХ УСТАНОВОК .....</b>                                                                                  | <b>25</b> |
| <b>5.4. ПУСК, ЗУПИНКА ТА КОНТРОЛЬ ЗА РОБОТОЮ<br/>НАСОСНИХ УСТАНОВОК.....</b>                                                     | <b>26</b> |
| <b>5.5 МЕТОДИКА І ТИПОВІ АЛГОРИТМИ ПОШУКУ<br/>НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ<br/>ТЕХНІКИ В РЕФРИЖЕРАТОРАХ .....</b> | <b>28</b> |
| <b>6. КАЛОРІЙНИЙ РОЗРАХУНОК .....</b>                                                                                            | <b>34</b> |
| <b>6.1 ТЕПЛОПРИТОКИ ЧЕРЕЗ ОГОРОДЖЕННЯ .....</b>                                                                                  | <b>35</b> |
| <b>6.2. ТЕПЛОПРИТОКИ ВІД ВАНТАЖІВ.....</b>                                                                                       | <b>38</b> |
| <b>6.3. ТЕПЛОПРИТОКИ ПРИ ВЕНТИЛЯЦІЇ.....</b>                                                                                     | <b>38</b> |
| <b>6.4 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ТЕПЛОПРИТОКИ.....</b>                                                                                      | <b>39</b> |

|                                                                                                                 |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>7. ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОБЛАДНАННЯ І КОМПРЕСОР.....</b>                                                | <b>39</b> |
| <b>8. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИН З ОДНОСТУПІНЧАСТИМ КОМПРЕСОРОМ .....</b>                            | <b>41</b> |
| <b>8.1 РОЗРАХУНОК ЗАГАЛЬНИХ ЕНЕРГОВИТРАТ КОМПРЕСІЙНОЇ УСТАНОВКИ .....</b>                                       | <b>44</b> |
| <b>8.2 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОВИТРАТ, КОТРІ ВИНИКАЮТЬ ЧЕРЕЗ НЕЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПОТУЖНОСТІ КОМПРЕСОРІВ .....</b> | <b>45</b> |
| <b>9. ВИБІР ТА ОПИС ХОЛОДОАГЕНТУ .....</b>                                                                      | <b>48</b> |
| <b>10. ВИБІР РОЗРАХУНКОВОГО РОБОЧОГО РЕЖИМУ.....</b>                                                            | <b>49</b> |
| <b>11. ПОБУДОВА ЦИКЛУ В І–LG Р ДІАГРАМІ.....</b>                                                                | <b>49</b> |
| <b>12. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ .....</b>                                                       | <b>52</b> |
| <b>13. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ .....</b>                                                | <b>55</b> |
| <b>14. ВИСНОВОК .....</b>                                                                                       | <b>66</b> |
| <b>15. ЛІТЕРАТУРА І ДЖЕРЕЛА.....</b>                                                                            | <b>67</b> |



## 1. ВСТУП

Холодильна техніка має широке використання в багатьох виробництвах та галузях. Це може бути морозильна камера розміром з великий дім, частиною корабля для транспортування продуктів через моря і океани, або ж холодильний кузов вантажної машини. Складно уявити і сучасний побут де не було б холодильника. Він є невід'ємною частиною життя кожної людини. Впродовж довгої історії, від побудування першої холодильної машини і до сьогодення, людство з кожним роком шукає шляхи покращити існуючу техніку. За своє існування холодильні машини піддавались різноманітним варіаціям, схемам, модернізаціям.

### 1.1 АКТУАЛЬНІСТЬ ТЕМИ

В житті людей, харчових підприємств, магазинів та економіці країни загалом відіграє величезну роль транспортування харчової продукції. М'ясо, риба, овочі – це лише мізерна частина того, що потребує транспортування за температури, що відрізняється від навколишньої і іноді суттєво. Так, як дорогами Європи і України колесить численна кількість вантажівок-рефрижераторів, можливо є потреба в пошуку удосконалення цієї техніки.



|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           | 9      |

## 1. ВИДИ РЕФРИЖЕРАТОРІВ

Для транспортування продуктів слід використовувати спеціальні транспортні зі спеціальними складовими. Важливо перевозити саме в рефрижераторах, і слід не плутати з ізотермічними вантажівками, бо останні лише зберігають температуру, а перші ж оснащені холодительною установкою.

Окрім того, що ці вантажівки поділяють на авто з низькою(1-3тони), середньою (3-5 тон) і високою (5-20 тон) вантажопідйомністю слід знати, за якими ще ознаками класифікують ці машини.

За типом приводу рефрижератори бувають:

- автономні,
- дизельні,
- приводні.

### 2.1. АВТОНОМНІ РЕФРИЖЕРАТОРИ

Автономний рефрижератор являє собою обладнання, оснащене власним, і зазвичай, дизельним двигуном. Такий пристрій підходить для авто середньої і великої вантажопідйомності. Максимальна довжина біля 8,5 метрів. Такий пристрій здатний підтримувати температуру в діапазоні від -20 до +12°C. Це дозволяє перевозити швидкопсувну продукцію, фармацевтичні засоби й косметику. Установка функціонує незалежно від типу двигуна автомобіля як при русі, так і в стані спокою. Температура повітря в фургоні регулюються за допомогою спеціального контролеру, який встановлений в кабіні водія. Датчик дозволяє налаштовувати швидкість руху, температуру і вологість повітря. За необхідності можна активувати режими розморожування і заморожування.

|        |       |           |          |      |               |   |        |  |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------|---|--------|--|-------|
|        |       |           |          |      |               |   |        |  | Арк.А |
|        |       |           |          |      |               |   |        |  | 1     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ | 6 | 20.003 |  |       |

Автономний рефрижератор встановлюють двома способами:

- Зверху – двигун розташований в передній частині фургона, моноблок – на фронтальній стінці кузова.
- Знизу – основний блок розташований під кузовом, випарник – на стінці фургону. Нижній монтаж збільшує корисний об'єм, але є ризик появи корозії.

При виборі автономної установки слід враховувати:

- Діапазон температури;
- Кількість відсіків;
- Об'єм кузова автомобіля;
- Монтаж зверху чи знизу.

## 2.2. ДИЗЕЛЬНІ РЕФРИЖЕРАТОРИ

Дизельні рефрижератори оснащені власним двигуном, який працює на дизельному паливі. Такі установки монтують на великогабаритні фургони об'ємом до 85 м<sup>3</sup>. Їх експлуатація коштує власнику дорожче, але з їх допомогою можна підтримувати необхідну температуру навіть в фурах великих розмірів. Обладнання користується попитом для установки в транспортні засоби для дальніх поїздок.

## 2.3. ПРИВОДНІ РЕФРИЖЕРАТОРИ

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис Пі | Дата |                           | 1      |

Приводні рефрижератори використовуються для установки в малогабаритні фургони об'ємом до 54 м<sup>3</sup>, які перевозять продукцію в межах невеликого міста або між близько розташованими населеними пунктами. Такі установки відрізняються способом підключення: компресор обладнання підключається до двигуна авто за допомогою ремінної передачі, вентилятори при цьому працюють від акумулятора або генератора.

При виборі приводного рефрижератора слід враховувати наступні критерії:

- Об'єм і тип кузова;
- Температурний режим;
- Потужність;
- Витрату палива.

Крім того, звертайте увагу на виробника, гарантійний термін та наявність сервісного обслуговування.

## 2.4. КЛАСИФІКАЦІЯ РЕФРИЖЕРАТОРІВ ЗА ТИПОМ ОХОЛОДЖЕННЯ

За типом охолодження рефрижератори підрозділяються на такі класи:

- А (+12 °С... 0 °С) – цей температурний режим підходить для транспортування продуктів, що зберігаються при плюсовій температурі – фруктово-овочева продукція, свіжа зелень, кисломолочні продукти і лікарняні препарати;
- В (+12 °С... -10°С) – цей клас призначений для перевозки молочної продукції, охолодженого м'яса, риби і морепродуктів;

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           |       |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           |       |

- С (+12 °С... -20 °С) – така температура дозволяє транспортувати заморожені ягоди, фрукти і овочі, а також охолоджене м'ясо й рибу;
- D (до +2 °С) – у такому кузові доцільно доставлять в пункт призначення молочні продукти, ліки й квіти;
- E (до -10 °С) – підходить для перевозки замороженої м'ясної і рибної продукції, а також спеціалізованих товарів;
- F (до -20 °С) – такі фургони транспортують глибоко заморожені продукти.

Існує ще одна класифікація, яка стосується як різниці по класам, так і наявності/відсутності термоізоляції. Автомобілі маркують кодом з трьох літер – перші дві показують, наявна чи відсутня термоізоляція (FN – без термоізоляції, FR – з термоізоляцією), а третя вказує на клас. Наприклад, FRC – фургон з термоізоляцією класу С. До речі, це найпопулярніший кузов, тому що підходить для транспортування більшості продуктів.

Існує і мультитемпературне обладнання. З його допомогою фургон ділиться на відсіки, і в кожному налаштовується необхідна температура для перевезення певної продукції.

## 2.5. КЛАСИФІКАЦІЯ РЕФРИЖЕРАТОРІВ ЗА МІСЦЕМ УСТАНОВКИ

Згідно з місцем установки рефрижератори класифікують наступним чином:

- Дахові – призначені для установки на даху автомобіля, мають компактні розміри і аеродинамічну форму, тому не впливають на динаміку руху;
- Підкапотні – основний модуль розташовується під кузовом, а випарник на стіні, що забезпечує ефективну роботу;

|        |        |            |           |      |               |   |        |  |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------|---|--------|--|--------|
|        |        |            |           |      |               |   |        |  | Арк. А |
|        |        |            |           |      |               |   |        |  | 1      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ | 6 | 20.003 |  |        |

- Фронтальні – розташовуються над кабіною водія, оптимально розподіляючи простір;
- Універсальні – можуть бути встановлені як на дах, так і на торець кузову, забезпечуючи гнучкість у виборі місця встановлення.

Отже, щойно ми роздивились, на які види класифікують рефрижераторне обладнання за різноманітними ознаками. Дізнались, що за типом приводу воно може бути автономним, дизельним і приводним, за типом охолодження поділяється на класи від А до F, а монтуватись може на даху, під капотом, на передній частині фургона або на даху і боковій стінці одночасно.

### 3. ПРИНЦИП РОБОТИ РЕФРИЖЕРАТОРІВ

Перед тим, як дізнатися, як функціонує рефрижератор, необхідно детально вивчити його склад:

Автомобільний рефрижератор - це замкнутий герметичний контур, який складається з наступних елементів:

- Компресора (або насоса) - приймає холодоагент з випарника, стискає та спрямовує в конденсатор;
- конденсатора - виконує функцію теплообмінника, що передає тепло від холодоагенту назовні;
- розширювального клапана - пристрій, де падає тиск фреону;

|        |        |            |           |      |               |   |        |  |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------|---|--------|--|--------|
|        |        |            |           |      |               |   |        |  | Арк. А |
|        |        |            |           |      |               |   |        |  | 1      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ | 6 | 20.003 |  |        |

- випарника - тут холодоагент стає газом;
- фільтра-осушувача – видаляє вологу з фреону;
- сполучних трубопроводів - за ними циркулює холодоагент;
- електроніки та системи управління – дозволяє легко контролювати роботу установки.

Окремо варто згадати конструкцію приводу холодильної установки. Вал компресора (або насоса) може обертатися від:

- двигуна авто через ремінну або ланцюгову передачу, в цьому випадку агрегат працює тільки при запущеному двигуні автомобіля;
- електродвигуна, який живиться від зовнішнього джерела електроенергії (наприклад, від генератора) або акумуляторних батарей;
- двигуна авто та електродвигуна, що дає можливість підтримувати холод у вантажному відсіку навіть при вимкненому двигуні.

Алгоритм функціонування рефрижераторної установки розглянемо далі.

Принцип роботи автомобільного рефрижератора загалом однаковий для всіх моделей холодильних установок і включає в себе кілька основних етапів:

- стиск холодоагенту;
- охолодження та конденсація;
- розширення;
- випаровування;
- повернення газу до компресора.

Стиснення холодоагенту

Фреон подається до компресора, де він стискається. У процесі стиснення холодоагент нагрівається та трансформується у газ під високим тиском.

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 1      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           | -      |

### Охолодження та конденсація

Гарячий газ переходить у конденсатор, який зазвичай розташований зовні кузова рефрижератора. Там фреон охолоджується, конденсується та стає рідиною.

### Розширення

Рідкий холодоагент проходить через терморегулюючий клапан, який контролює кількість фреону, що надходить у охолоджувач повітря. Тиск знижується, і холодоагент різко остигає.

### Випаровування

Охолоджений фреон надходить у випарник, що знаходиться усередині фургона рефрижератора. Там холодоагент забирає тепло від навколишнього середовища, закипає, випаровується та знову переходить у стан газу.

### Повернення газу до компресора

Газоподібний холодоагент повертається до компресора, і цикл поновлюється.

Завдяки циклічній роботі рефрижераторної установки тепло із «будки» постійно відводиться, і зберігається необхідна температура.

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 1      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис/Пі | Дата |                           |        |





- 1- Насос або компресор  
 2- Контроль із кабіни водія за терморегулюючим вентелем  
 3- Конденсатор  
 4- Випарник  
 5- Всмоктувальний клапан

#### 4. ВАРІАЦІЇ ХОЛОДИЛЬНИХ УСТАНОВОК ТА ВИБІР НАСОСНОЇ СХЕМИ ДЛЯ ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

В холодильній техніці існують різноманітні за складом і конструкцією машини. Впродовж виконання дипломного проекту в якості об'єкту була обрана рефрижераторна установка середньої потужності, а саме її складник – насос для перекачування розсолу (хлористого кальцію).

Насоси використовуються повсюди, будь це харчова або важка промисловість. Холодильна техніка не є виключенням, оскільки використовується так же широко в усіх галузях промисловості.

В холодильниках знаходять використання насосні і безнасосні схеми безпосереднього охолодження. Вибір схеми визначається можливістю рівномірного розподілу холодильного агенту по приладам охолодження і отримання заданого температурного режиму з урахуванням розмірів холодильника, розведення трубопроводів, кількості приладів охолодження, зручністю обслуговування.

Зокрема кожне підприємство зацікавлене в тому, щоб перевезти максимальну кількість продукції за найменшу кількість рейсів. Отже вибір насосної схеми є серйозним кроком до зменшення ваги конструкції рефрижератора, що дає змогу завантажити в машину більшу кількість продукції.

## 5. ОСОБЛИВОСТІ НАСОСНИХ СХЕМ

Насосні схеми охолодження мають ряд переваг: забезпечення безперебійної і рівномірної подачі рідкого холодильного агенту в прилади охолодження, зменшення аміакоемкості системи, зменшення забруднення приладів охолодження мастилом і т.д. В зв'язку з заміною компресорної установки на більш меншу в розмірах, але з такою самою холодопродуктивністю, маємо змогу збільшити об'єм холодильної камери (рефрижератора), що дозволяє перевозити більшу вагу.

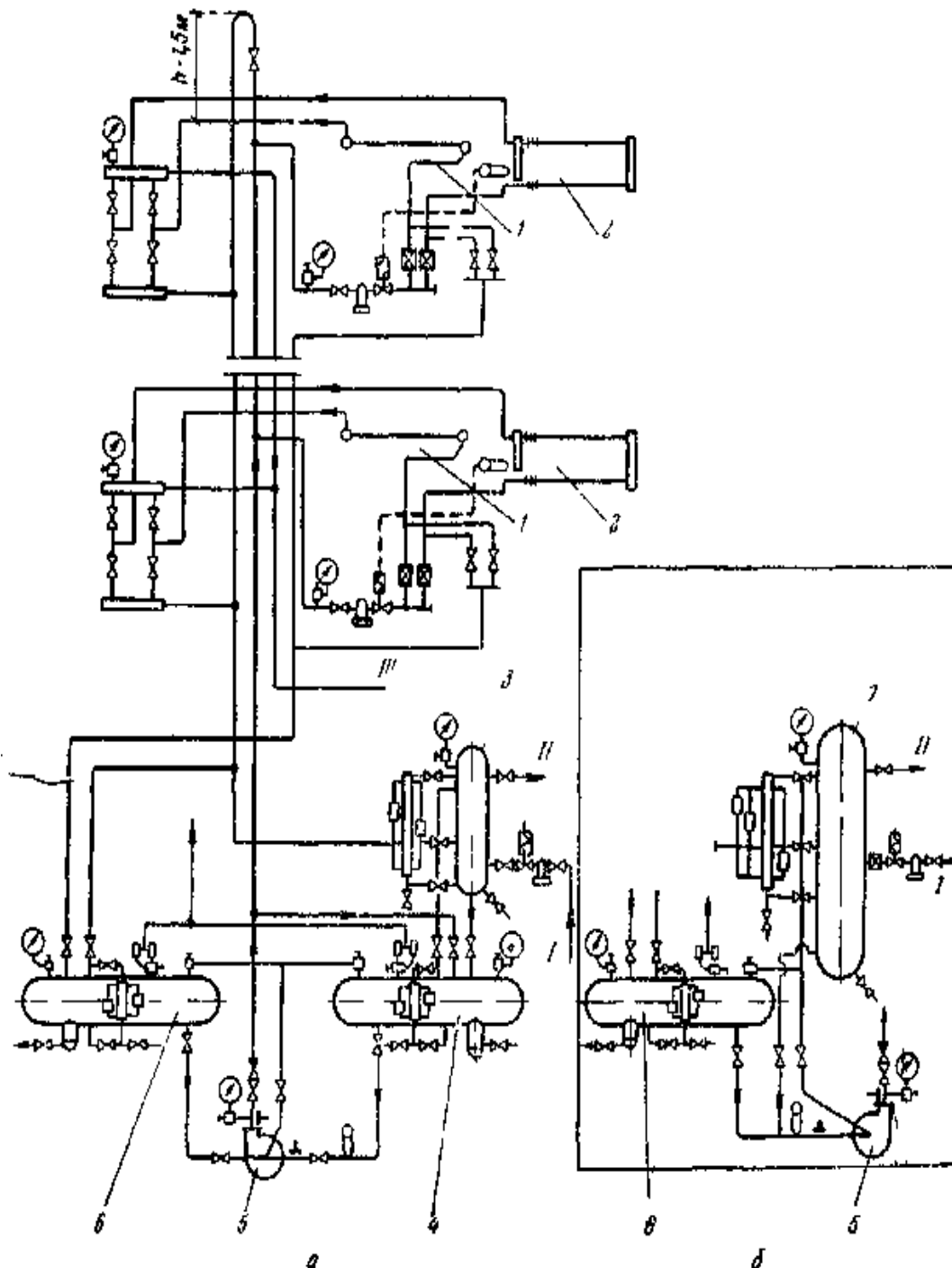
В насосних схемах з'являються додаткові елементи: циркуляційний ресивер, насос для подачі рідкого холодильного агенту в прилади охолодження.

В схему обов'язково має бути включений окремий дренажний ресивер для зливу рідкого аміаку з приладів охолодження при відтаюванні снігової шуби. Він може бути спільним для всіх випарних систем.

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 1     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | -     |

Схема холодильної установки показана на Рис1.1.

Як вже було сказано вище, насосні схеми є більш переважними, а тому і більш широко використовуються на виробництві ніж безнасосні схеми.



**Рис1.1.** Насосно-циркуляційна схема з верхньою подачею аміаку:

а- горизонтальний циркуляційний ресивер, б- вертикальний,

|        |       |           |          |      |               |  |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------|--|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ |  | Арк.А |
|        |       |           |          |      | 6             |  | 1     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата | 20.003        |  |       |

1. - повітроохолоджувачі,
2. - відокремлювач рідини,
3. - горизонтальний циркуляційний ресивер,
4. - аміачний насос,
5. - дренажний ресивер,
6. – трубопроводи.

### 5.1. ПЕРЕВАГИ І НЕДОЛІКИ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ

Об'єктом нашого проекту стає відцентровий розсільний насос рефрижераторної установки типу KL.

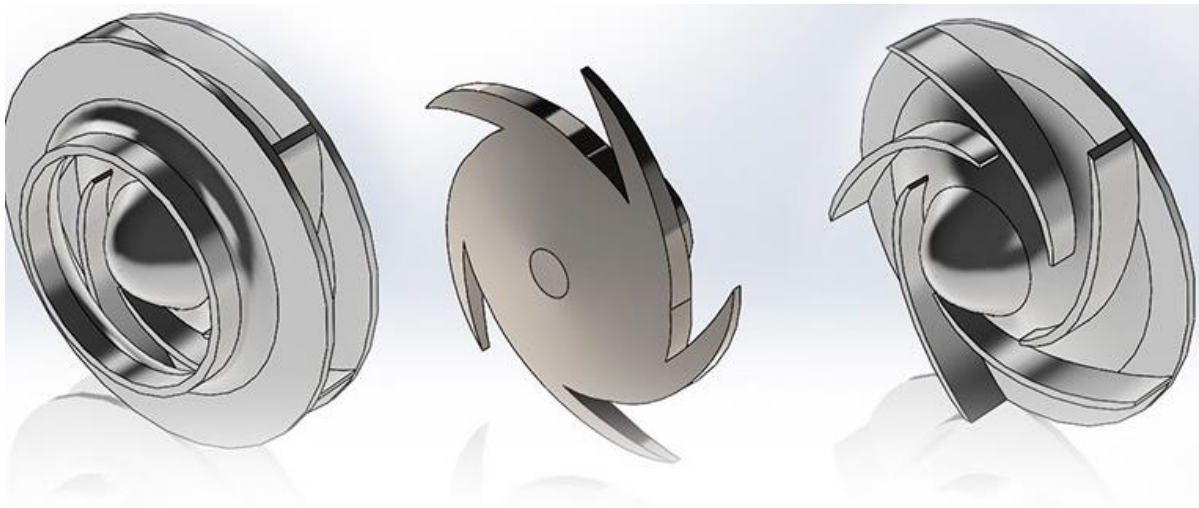
Відцентрові насоси мають наступні основні переваги: рівномірна подача рідин; швидкохідність, завдяки чому забезпечується висока продуктивність за невеликих габаритів і масі; можливість їх з'єднання безпосередньо з двигунами, щоб облегшити їх автоматизацію; відсутність клапанів, що спрощує їх склад і підвищує гідравлічний ККД; здатність перекачувати рідини різної густини, в тому числі і з механічними включеннями.

До недоліків відцентрових насосів відносяться: відсутність сухого всмоктування; менший, у зрівнянні з поршневыми насосами, об'ємний ККД; залежність ККД від режиму роботи і густини рідини; залежність напору від продуктивності.

Насоси для перекачки води, що працюють в більш легких умовах, пошкоджуються рідше.

|        |       |           |          |      |               |   |        |  |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------|---|--------|--|-------|
|        |       |           |          |      |               |   |        |  | Арк.А |
|        |       |           |          |      |               |   |        |  | 2     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ | 6 | 20.003 |  | -     |



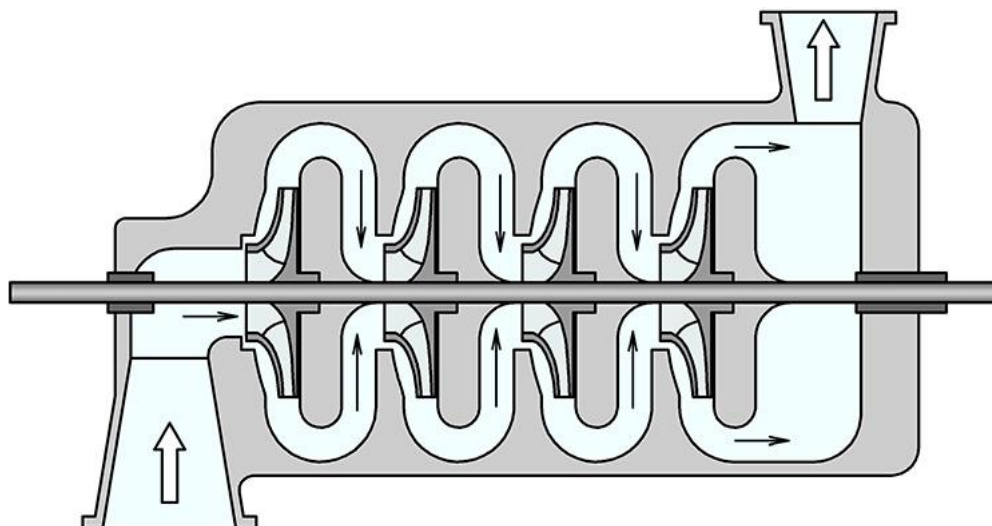


**Рисунок 3.**

1- Закрите – найчастіше зустрічається у використанні, володіють найбільшим ККД серед конкурентів

2- Відкрите – відсутні як диск так і обід, ККД таких насосів не перевищує 40%, тому такі колеса дуже нечасто зустрічаються в складі сучасних насосів.

3- Напівзакрите - відсутній обід, що дозволяє уникнути засмічення колеса, що в свою чергу підвищує надійність насосу. Проте відсутність ободу негативно відображається на ККД і знижує міцність колеса.



**Рисунок 4.**

Для збільшення напору використовують багатоступеневі насоси, в яких рідина від робочого колеса поступає не в вхідний патрубок, а в центральну частину наступного робочого колеса, яке знов передає енергію робочій рідину, що дозволяє збільшити тиск (напор). Таких ступенів може бути декілька.

## 5.2. РЕМОНТ І СЕРВІСНЕ ОБСЛУГОВУВАННЯ ВІДЦЕНТРОВОГО НАСОСУ

Основними несправностями відцентрових насосів, що використовуються для циркуляції розсолу і води, є знос підшипників, сальників і робочих колес, порушення балансування, поява тріщин і ураження корозією. Насоси для перекачування води, що працюють в більш легких умовах, уражуються рідше.

В процесі ремонту розсільний насос розбирають. Спочатку викручують болти кріплення і знімають всмоктувальний патрубок. Потім знімають фасонну гайку робочого колеса й стопорну шайбу. Спеціальним зйомником стягують з валу робоче колесо насосу і витягають шпонку. Після цього розбирають підшипниковий вузол зі сторони приводу: знімають лабіринтне кільце і кришку підшипника, відвертають гайку, що фіксує підшипник. Знімають равлик і деталі сальникового ущільнення: втулку, проміжне кільце, сальникову набивку і натискну втулку. Втулка може бути залишена на валу.

Потім викручують болти кріплення цоколя, знімають лабіринтне кільце і кришку середнього підшипника і демонтують цоколь. Вал відпресовують із кронштейна в сторону робочого колеса. При цьому в кронштейні лишаються утримуюче і стопорне кільця середнього підшипника, і також стопорне кільце з підшипником, які знімають в останню чергу. Ущільнювальні кільця із равлика і всмоктувального патрубка виймають лише за необхідності.

Розчин хлористого кальцію є активним корозійним середовищем, тому внутрішню порожнину насосу перед оглядом слід ретельно прочищати від іржі піскоструминним апаратом або вручну металевими щітками. Знайдені тріщини обробляють і заварюють. Вал насоса очищають до металевого блиску і

перевіряють дефектоскопом. Вал виготовлений із нержавіючої сталі, тому проводить на ньому зварювально-наплавильні роботи не рекомендується.

У випадку ослаблення посадки робочого колеса на валу його ступицю розточують і запресовують в неї втулку с діаметром отвору, що відповідає діаметру валу. Місцеві вироблення на робочій поверхні колеса усувають наплавленням.

Після ремонту робоче колесо піддають балансуванню на спеціальному верстаті. Всі різьбові з'єднання перевіряють, дефекти усувають. Стяжні болти з глибокими раковинами корозійного походження і зривами різьби замінюють новими.

При збірці насосу перш за все в кронштейні встановлюють утримуючі і стопорні кільця. На вал насаджують шари́ковий підшипник на відстані 54 мм від лівої галтелі і обережно встановлюють вал в кронштейн. Потім збирають підшипниковий вузол зі сторони приводу, а також ставлять на місце кришку і лабіринтне кільце середнього підшипника. Закінчив ці операції слід запевнитись, що вал обертається легко.

Потім на вал надягають натискну втулку і встановлюють цоколь з деталями ущільнення. Закріпивши цоколь, монтують равик, робоче колесо і всмоктувальний патрубок. Фінальна операція – набивка сальника, що ущільнений натискною втулкою. В якості набивки використовують бавовняний прожирений з графітовою пудрою шнур, який нарізають кусками і скручують в кільця. Кільця укладають так, щоб їх стики були зміщені на  $90^\circ$ . щільність набивки має бути такою, щоб сальники при роботі насоса не грілись.

Зібраний насос обкатують на стенді із замкненою системою циркуляції робочої рідини, де перевіряють роботу підшипникових вузлів і сальника. Після обкатки насос встановлюють на фундаментальну плиту і центрують з приводним електродвигуном.



## 5.3 КОНСТРУКЦІЯ НАСОСНИХ УСТАНОВОК

Насосний агрегат складається з насосу, двигуна, трубопровідної арматури, приладів вимірювання і пристроїв для заповнення насосу рідиною перед пуском. До насосного агрегату можуть відноситись і пускові пристрої двигуна, а також прилади для автоматичного керування роботою агрегату.

Компоновки насосних агрегатів визначаються призначенням останніх. Насос і двигун, що з'єднані еластичною муфтою, знаходяться на рамі із фасонної прокатоної сталі. Рама кріпиться анкерними болтами до фундаменту.

Всмоктувальний трубопровід може бути індивідуальним; в цьому випадку рідина береться насосом з прийомного кільця через воронку. В інших випадках всмоктувальний трубопровід бере рідину з загального всмоктувального колектору; це зустрічається, наприклад, в насосних установках для підпитки парових котлів. У всіх випадках горизонтальні ділянки всмоктувальних трубопроводів укладаються з підйомом до насосу, рівним не менш ніж 0,005. Це необхідно для уникнення створення у всмоктувальних трубопроводах повітряних мішків.

Безпосередньо на натискному патрубку насоса знаходиться зворотний клапан. Його призначення – автоматично відключати насос від натискного колектору у випадку зупинки двигуна (або аварії). Між зворотним клапаном і натискним колектором знаходиться засувка (або вентиль) для дросельного регулювання і відключення його від натискної мережі.

За діаметру трубопроводу більше 300 мм засувки часто виконуються з електричним або гідравлічним приводом. Колектор знаходиться на тумбах.

Знаходження натискних трубопроводів вище позначки підлоги зручне у відношенні монтажу і надзору за трубопроводом, однак при цьому

захаращуються проходи для обслуговуючого персоналу. За такої компоновки і місцях переходу через трубопроводи створюють перекидні мости.

Для вивільнення приміщення розташовують натискні трубопроводи в каналах нижче підлоги і перекривають останні рифленою сталлю.

## 5.4. ПУСК, ЗУПИНКА ТА КОНТРОЛЬ ЗА РОБОТОЮ НАСОСНИХ УСТАНОВОК

Перед пуском відцентрові насоси і осьові насоси мають заповнитись рідиною, що ними подається. Якщо рівень всмоктувальної рідини розташовується вище верхньої точки насосу або на всмоктувальному колекторі мається надлишковий тиск, то наповнення насосу виконують відкриваючи засувку на всмоктувальній трубі і випускаючи повітря через краник, що знаходиться в верхній точці корпусу насосу.

В установках, де рівень всмоктувальної рідини лежить нижче осі насосу, для заповнення користуються такими двома способами:

А) в агрегатах невеликої подачі з діаметром всмоктувальної труби до 250 мм на кінці її під рівнем рідини розташовують прийомний клапан. При цьому заповнення виконують через воронку і кран у верхній частині корпусу насоса з трубопроводу або спеціального заливного баку.

Б) в агрегатах з діаметром всмоктувальної труби понад 250 мм прийомні клапани не ставлять і заповнення виконують відсмоктуванням повітря з насосу спеціальним вакуумним насосом (зазичай використовують насоси типів КВН і ВВН, що створюють вакуум до 97%).

За наявності забруднень всмоктувальної рідини воронка на всмоктувальній трубі комбінується з щілинним або сітчастим фільтром.

Контроль за роботою насоса ведеться за показниками вакуумметра 11 і манометра 12, з'єднаних до всмоктувального і натискного патрубків;

|        |        |            |           |      |                                                                                          |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | <div style="text-align: right;"> <b>ХНТУ 13303 ПЗ</b><br/>         6 20.003       </div> | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                                                                                          |        |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                                                                                          | 2      |

вимірювання подачі виконується за витратометру, вмонтованому в натискний трубопровід насосу.

Так як о навантаженні можна судити за показниками манометру, то часто відмовляються від установки витратометрів на кожному з насосів і розташовують один витратометр на загальному трубопроводі, контролюючи за його показниками подачу установки в цілому. В якості витратометрів використовують діафрагми, труби Вентурі і крильчасті водомірів.

Контроль потужності, що витрачає агрегат, виконується за допомогою вольтметрів, амперметрів або ватметрів, що розташовані на електричному щиті установки.

Для пуску насосного агрегату слід виконати підготовчі операції: запевнитись в вільному обертанні валу, перевірити відкритість кранів манометра і вакуумметра, заповнити насос і всмоктувальну трубу, відкрити подачу охолоджуючої води в підшипники (в агрегатах з підшипниками що охолоджуються), перевірити положення рівня мастила в підшипниках ( при підшипниках з рідкою змазкою). Засувка на натискному трубопроводі відцентрового насоса при пуску має бути закрита ( $n_c < 250$ ).

Пуск насоса виконується наступним чином: вмикається електродвигун і частота його обертів доводиться до нормальної, повільно відкривається засувка на натискному патрубку насоса до досягнення потрібної подачі, відкриваються крани, що підводять охолоджуючу воду до сальників насосу.

При роботі насоса треба слідкувати за температурою підшипників і корпусу двигуна, які за нормальних умов не мають перевищувати 60°C. Наявність мастила у камері підшипників (за рідкої змазки), щільністю сальників (затяжка сальника рахується нормальною, якщо він пропускає воду рідкими краплями і температура його не висока).

Зупинка насосного агрегату полягає в закритті засувки на натискній трубі, вимкненні двигуна, закритті засувку на всмоктувальній трубі і вимкненні охолодження сальників і підшипників.

Пуск, обслуговування при роботі й зупинці агрегатів значної потужності обов'язково регламентується особливими інструкціями.

Особливим інструкціям підлягає експлуатація живильних насосних агрегатів парових котлів і насосів для подачі гарячих рідин.

За своєчасного розвитку техніки автоматичного керування виробничими процесами автоматизація насосних установок не складає труднощів.

Автоматичне керування насосами передбачає наступні операції:

- А) підготовку насосів до пуску,  
Б) пуск і зупинку насосів,  
В) захист від перегріву сальників й підшипників.

## 5.5 МЕТОДИКА І ТИПОВІ АЛГОРИТМИ ПОШУКУ НЕСПРАВНОСТЕЙ ЕЛЕКТРИЧНОЇ СХЕМИ ХОЛОДИЛЬНОЇ ТЕХНІКИ В РЕФРИЖЕРАТОРАХ

Найбільш часто зустрічаються несправності в електричних схемах електроприладів:

- обрив (опір електричного кола дорівнює нескінченності);
- значне збільшення опору;
- значне зменшення опору;
- коротке замикання (опір електричного кола близький до нуля).

Загальні причини виникнення цих несправностей:

- Обрив через старіння елементів, проходження підвищених струмів, ударів, вібрації і корозії;

- Значне збільшення опору електричних ланцюгів в порівнянні з номінальним значенням, яке викликається старінням елементів, погіршенням контактів і контактних з'єднань, відхиленням параметрів окремих елементів;
- Значне зменшення опору електричних ланцюгів в порівнянні з номінальним значенням через збільшення поверхневих витоків і старіння елементів.

Короткі замикання є наслідком пробою ізоляції, замикання провідників та елементів на корпус і між собою (для провідників різних полярностей і фаз).

При пошуку несправності необхідно знати і вміти використовувати ознаки справної роботи електрообладнання.

### Їх можна розділити на дві основні групи:

- активні - свідчення світлових і звукових сигналів, сигналізаторів, спрацьовування засобів захисту, а також ознаки, які виявляються при вимірюванні приладом;
- пасивні або вторинні ознаки, що сприймаються при зовнішньому огляді електрообладнання (візуальні, звукові, дотикові, нюхові).

Світлові і звукові сигнали, сигналізатори дозволяють спостерігати за станом електроприладів.

Засоби захисту (запобіжники, максимальні або мінімальні реле, автомати тощо), спрацьовуючи, відключають електричні ланцюги від джерел електроенергії за наявності в відключеної частини схеми підвищених струмів витоку, струмів перевантаження і коротких замикань.

При несправності - типу обриву - захист зазвичай не спрацьовує, але його нормальний стан за наявності несправності в електричній схемі є непрямим свідченням того, що пошкодження має характер обриву.

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 2      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           | -      |

в) порівняння ознак несправностей, зазначених в інструкціях з експлуатації і відомих з досвіду експлуатації, з спостерігаємих ознак;

г) вибір оптимальної послідовності пошуку і обсягу додаткових вимірювань для обстеження елементів, в яких можлива поява несправностей;

д) послідовне вимірювання;

е) загальна оцінка результатів випробувань і висновок про найбільш ймовірні причини несправності виділеного елемента;

ж) усунення несправності.

**Основними причинами несправності елементів електроніки є:**

- Перевантаження по струму;
- Перенапруження;
- Підвищена температура навколишнього середовища;
- Неприпустима вібрація, удари.

При виникненні несправності або відмови об'єкта (системи, пристрої, блоку, модуля, електронної плати) пошук несправного елемента електроніки рекомендується починати після попередньої перевірки роботи:

- сигнальних ламп, запобіжників, вимикачів та інших засобів комутації та захисту об'єкта;
- блоку або вузла живлення об'єкта шляхом вимірювання вольтметром напруги на вході і виході;
- зовнішніх пристроїв - датчиків, сигналізаторів, кінцевих вимикачів, моніторів, кінескопів, акустичних систем і т. д. Після цього рекомендується перевірити значення напруг або параметрів імпульсів у передбачених інструкцією з експлуатації контрольних точках.

**Подальший пошук несправного елемента рекомендується виконувати, з урахуванням наступні вказівок:**

- повинен бути вивчений і з'ясований принцип дії несправного об'єкта;

- спочатку відшукується складніший несправний об'єкт, далі - більш простий (за принципом система - блок - вузол - елемент)
- аналізуються ознаки несправності, висувуються припущення щодо її причин і вибирається метод перевірки;
- проводиться вибіркова перевірка ділянок та окремих елементів, несправності яких найбільш вірогідні, а перевірка їх займає найменший час;
- якщо вибірковою перевіркою несправний елемент не виявлений, слід перейти до пошуку методом виключення, рухаючись від входу до виходу об'єкта, або ділячи його перед початком наступної перевірки на дві рівні за трудомісткістю перевірки частини;
- якщо несправність нехарактерна, то доцільно, опустивши етап вибіркової перевірки, починати пошук відразу з методу виключення.

Вводити і виводити з дії знімні об'єкти для огляду, заміни на запасні або пошуку несправних елементів рекомендується при вимкненій напрузі живлення, особливо за наявності роз'ємних контактних з'єднань.

**При зовнішньому огляді об'єкта необхідно звертати увагу на:**

- На порушення захисних та ізоляційних покриттів;
- На зміну кольору, наявність потемнінь, здуття і тріщин;
- На справність кріплень, контактних поверхонь, з'єднань і пайок;
- На температуру елементів (корпусів, транзисторів, резисторів, діодів, мікросхем, електролітичних конденсаторів) відразу ж після вимкнення схеми;

При цьому необхідно пам'ятати, що температура корпусів при нормальній експлуатації не повинна перевищувати 45-60 ° С - на дотик (перевищення температури вище 60 ° С рука не терпить).

Елементи з виявленими вадами підлягає перевірці в першу чергу.

Визначення несправного елемента в об'єкті, який знаходиться під напругою, рекомендується виконувати з використанням справних подовжувачів і



перехідних пристроїв, вимірювальних приладів з високим внутрішнім опором і наявних у документації вказівок про значення і полярності потенціалів.

За відсутності необхідних даних пошук може проводитися шляхом порівняння по ділянках напруг на однакових елементах завідомо справного (запасного або аналогічного) і несправного об'єктів.

Визначення несправного елемента без подачі напруги на об'єкт може проводитися вимірюванням опорів за допомогою омметра по ділянках або елементів, працездатність яких викликає сумнів.

При порушенні справності елемента (збільшення струму витoku, зменшення опору ізоляції або напруги перемикаання і т. п.) необхідно виконати вимірювання його основних параметрів за допомогою звичайних або спеціальних приладів і перевірочних схем.

За відсутності паспортних даних елемента результати вимірювань можуть бути зіставлені з аналогічними даними запасних свідомо справних елементів.

У процесі пошуку, перевірки і заміни несправних елементів (особливо напівпровідникових приладів) з використанням найбільш простих засобів необхідно уважно маркувати виводи приладів.

Після виявлення несправного елемента аналізуються можливі причини несправності, які повинні бути усунені до заміни його та введення об'єкта в дію.

Для підвищення достовірності результатів вимірювання параметрів елементів рекомендується виконувати в сухому приміщенні при температурі повітря 20-25 ° С (особливо для терморезисторів, германієвих діодів і транзисторів).

Якщо вжиті заходи з огляду та перевірки несправного об'єкта не привели до відновлення його працездатності, а пошук несправного елемента не дав результату, об'єкт підлягає передачі в ремонт спеціальної майстерні.

Самостійне розкриття і ремонт складних об'єктів, побудованих на сучасних напівпровідникових елементах, за відсутності чітких вказівок в інструкції з експлуатації не рекомендується.

## 6. КАЛОРІЙНИЙ РОЗРАХУНОК

Для забезпечення підтримки оптимального режиму обробки й зберігання продуктів необхідно правильно обрати обладнання камер, машинного й апаратного відділень і т. д.

Підбір холодильного обладнання здійснюється на основі калорійного розрахунку, що враховує всі теплопритоки, які можуть впливати на зміну температурного режиму в камерах.

Калорійний розрахунок проводиться для кожного охолоджуваного приміщення окремо, що дозволяє підібрати камерне обладнання.

Для підбору компресорів теплопритоки камер з приблизно однаковою температурою додаються. На одну випарну систему з певною температурою кипіння холодильного агенту підбирається один або декілька компресорів.

Для спрощення розрахунків доцільно всі данні зводити в таблиці.

Тепло в охолоджувані приміщення проникає через наступні джерела:

1. Від зовнішнього повітря через огороження внаслідок наявності різності температур й дії сонячної радіації  $Q_1$ .

2. Від вантажу при термічній обробці  $Q_2$  або від фруктів в результаті дихання  $Q_5$  (для фруктових холодильників).

3. Від зовнішнього повітря при вентиляції приміщень  $Q_3$ .

4. Від різноманітних джерел при експлуатації  $Q_4$ .

Ці теплопритоки вимірюються в залежності від пори року, сезонності надходження продуктів й інших причин.

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 3      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           |        |

Місткість камери 29 т. Підлога без електрообігріву. Камера обшита теплоізоляційними панелями з пінополіуретану, які призначені для тепло- і звукоізоляції підлоги, стін, даху, внутрішніх перегородок, фундаментів, стель, низькотемпературних приміщень і камер (охолодження і заморожування), зберігання харчових продуктів, ізотермічних і охолоджених корпусів транспортних засобів, холодильних і морозильних камер, будівель і споруд з усіх будівельних матеріалів, а також для виробництва сендвіч-панелей.

Теплоізоляційні панелі монтуються за допомогою дюбель-цвяхів або саморізів на будь-якій стіні, що дозволяє міцно кріпитися.

Безкаркасна сандвіч-панельна конструкція. Товщина сандвіч панелей:

- передня стінка – 80мм;
- бокові стінки – 80мм;
- панель даху - 100мм;
- дверей – 80 мм.

Камера займає 100 % прямокутника. Добове надходження продукту 15 % від місткості. Температура продукту, що надходить  $-8^{\circ}\text{C}(265^{\circ}\text{K})$ .

Температура повітря в камері  $-20^{\circ}\text{C}(253^{\circ}\text{K})$ .

Визначимо розміри теплопередаючих поверхонь огорожень камери:

Довжина стінки борту — 6 м. Висота стінки від чистої підлоги до верху — 2.2 м.

В розрахунках приймаємо дійсні значення коефіцієнтів теплопередачі, отримані при визначенні товщини ізоляційного шару.

Розрахункова температура зовнішнього повітря  $+30^{\circ}\text{C}(303^{\circ}\text{K})$ .

Тепло через огороження проникає в камеру внаслідок наявності різності температури  $Q_{1T}$  і поглинання тепла сонячної радіації  $Q_{1c}$ :

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c}, \text{ Вт.}$$

Теплоприток внаслідок теплопередачі:

$$Q_{1T} = k_d F(t_3 - t_b), \text{ Вт};$$

де  $k_d$  — дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження, визначений після прийняття товщини ізоляційного шару,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{град})$ ;

$F$  — теплопередавальна поверхня огороження,  $\text{м}^2$ ;

$t_3$  — розрахункова зовнішня температура повітря,  $^{\circ}\text{K}$ ;

$t_b$  — розрахункова температура повітря в камері,  $^{\circ}\text{K}$ .

визначимо теплопритоки в камеру внаслідок теплопередачі:

$$Q_{1T} = k_d F(t_3 - t_b), \text{ Вт};$$

– бокові стінки борта

$$Q_{1T} = 0,025 \cdot 13,2 \cdot (303 + 253) = 183,5 \text{ Вт};$$

– передня стінка:

$$Q_{1T} = 0,025 \cdot 4,84 \cdot (303 + 253) = 67,3 \text{ Вт};$$

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | 3     |

– дахова стінка:

$$Q_{1T} = 0,025 \cdot 13,2 \cdot (303 + 253) = 183,5 \text{ Вт.}$$

При розрахунку теплопритоків від сонячної радіації враховується кількість тепла сонячної радіації, що проникає через дах й одну із стін з найбільшою поверхнею або з несприятливою орієнтацією (приймаємо ту стіну, через яку проникає найбільша кількість тепла).

В даному випадку приймаємо дахову стінку.

Визначимо теплопритоки в камеру від сонячної радіації за формулою:

$$Q_{1c} = 0,025 \cdot 13,2 \cdot 293 = 96,7 \text{ Вт;}$$

Для зручності теплопритоки через огороження в камеру зберігання овочів і фруктів зведемо в таблицю 5.1.

Таблиця 5.1

| Огородження                          | $k_d$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·Г) | F, м <sup>2</sup> | $\Delta t$ , °K | $Q_1$ , Вт |
|--------------------------------------|--------------------------------|-------------------|-----------------|------------|
| Бокові стіни камери                  | 0,025                          | 13,2              | 556             | 183,5      |
| Дахова стінка                        | 0,025                          | 13,2              | 556             | 183,5      |
| Передня стінка                       | 0,025                          | 4,84              | 556             | 67,3       |
| Стінка дахова<br>на сонячну радіацію | 0,025                          | 13,2              | 293             | 96,7       |
| Підлога                              | 0,025                          | 13,2              | 556             | 183,5      |

$$\sum Q_1 = 183,5 \times 2 + 183,5 + 67,3 \times 2 + 183,5 = 868 \text{ Вт.}$$

## 6.2. ТЕПЛОПРИТОКИ ВІД ВАНТАЖІВ

Тепло відводиться від продукту при охолодженні, заморожуванні і доморозкою його.

Кількість тепла, що відводиться від продукту при охолодженні, може бути визначено за формулою:

$$Q_2 = G \cdot c(t_{\text{BAH1}} - t_{\text{BAH2}}) \cdot 1000 / (\tau \cdot 3600), \text{ BТ};$$

де  $G$  — добове надходження вантажу в камеру, т/добу;

$c$  — тепломісткість продукту, Дж/(кг·град);

$t_{\text{вхн1}}$  — температура надходящего продукта, °C;

$t_{\text{вн2}}$  — температура продукту в кінці транспортування, °C;

$\tau$  — час термічного транспортування, год.

$$Q_2 = 4,2 * 3056 * (265^{\circ}\text{K} - 253^{\circ}\text{K}) * 1000 / (24 * 3600) = 1782,6 \text{ B.T.}$$

### 6.3. ТЕПЛОПРИТОКИ ПРИ ВЕНТИЛЯЦІЇ

Періодично вентилюють тільки камери зберігання охолоджених вантажів, в яких є специфічні запахи або виділяються при диханні продуктів шкідливі речовини. Кратність вентиляції складає від 8 до 10 об'ємів за добу.

$$Q_3 = \text{Var}_B(i_3 - i_B) \frac{1}{24 \cdot 3600}, \text{BT}$$

Де  $V$  – фактичний об'єм вентильованого приміщення,  $\text{м}^3$ ;

$a$  – кратність вентиляції;

$\rho_B$  – густина повітря при температурі і відносній вологості в камері,  $\text{кг/м}^3$ ;

 $i_3$  – ентальпія зовнішнього повітря, Дж/кг;

$i_B$  – ентальпія повітря в камері, Дж/кг.

$$Q_3 = 29 \cdot 8 \cdot 1,396 \cdot (100 - (-18,5)) \cdot \frac{1}{24 \cdot 3600} = 44,41 \text{ Вт}$$

## 6.4 ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ТЕПЛОПРИТОКИ

Теплопритоки від освітлення визначимо за формулою:

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт};$$

де  $F = 13,2$  — площа камери,  $\text{м}^2$ ;

$A = 1,16$  — кількість тепла, що виділяє освітлення на  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги, з урахуванням коефіцієнта одночасності ввімкнення,  $\text{Вт/м}^2$ .

$$q_1 = 1,16 \cdot 13,2 = 15,31 \text{ Вт.}$$

Теплопритоки від перебування людей в камері відсутні, оскільки під час руху жодна людина не має потреби заходити всередину камери.

Теплопритоки від працюючих електродвигунів відсутні, оскільки електродвигун знаходиться ззовні.

Теплопритоки при відчиненні дверей визначимо за формулою:

$$q_4 = B \cdot F, \text{ Вт};$$

де  $B = 9$  — питомий теплоприток, віднесений до  $1 \text{ м}^2$  площі підлоги,  $\text{Вт/м}^2$ .

$$q_4 = 9 \cdot 13,2 = 118,8 \text{ Вт.}$$

Усього експлуатаційні теплопритоки на обладнання:

$$Q_4 = 15,31 + 118,8 = 134,11 \text{ Вт.}$$

## 7. ВИЗНАЧЕННЯ НАВАНТАЖЕННЯ НА ОБЛАДНАННЯ І КОМПРЕСОР

Камерне обладнання підбираємо за максимальними теплопритоками для даного приміщення; всі теплопритоки приймаємо повністю:

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 3      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           | -      |

$$\sum Q_{\text{облад}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4$$

На розподільчих холодильниках теплопритоки через огородження приймаються в розмірі 80 %, а експлуатаційні — від 50 до 75 % від максимальних значень.

Теплопритоки від вантажу ( $Q_2$  і  $Q_5$ ) при підборі компресора приймаються повністю.

При визначенні навантаження на компресор підлягають врахуванню також втрати в трубопроводах і апаратах холодильної установки. Надбавка на втрати складає 7 % при безпосередньому охолодженню і 12 % при розсільному охолодженню.

Розрахунковий час роботи компресорів — 22 год на добу. Тому при визначенні холодопродуктивності компресора слід врахувати коефіцієнт робочого часу  $b = \tau/24$ , де  $\tau$  — розрахунковий час робіт компресору.

Холодопродуктивність компресора з урахуванням втрат і коефіцієнту робочого часу складає:

$$Q_{o_{\text{км}}} = \frac{(1,07 - 1,12) \sum Q_{\text{км}}}{b}, \text{Вт}$$

Зробимо розрахунок теплопритоків в камеру зберігання охолоджуваних вантажів:

$$Q_{1\text{облад.}} = 868 \text{ Вт};$$

$$Q_{1\text{компр.}} = 868 \cdot 0,8 \approx 694,4 \text{ Вт};$$

$$Q_2 = 1782,6 \text{ Вт};$$

$$Q_{3\text{облад}} = 44,41 \approx 44,5 \text{ Вт};$$

$$Q_{3\text{компр}} = 44,5 \cdot 0,6 \approx 26,7 \text{ Вт};$$

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4$$

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 4      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           | -      |



$$Q_{4\text{облад.}} = 134,11 \text{ Вт.}$$

$$Q_{4\text{компр.}} = 134,11 \cdot 0,6 = 80 \text{ Вт.}$$

$$\text{Отже } \sum Q_{\text{облад.}} = 868 + 1782,6 + 44,5 + 134,11 = 2829,21 \text{ Вт.}$$

$$\sum Q_{\text{компр.}} = 694,4 + 26,7 + 80 = 801,1 \text{ Вт.}$$

Визначимо холодопродуктивність компресора з урахуванням втрат і коефіцієнта робочого часу:

$$b = \tau/24; \tau = 22 \text{ год};$$

$$b = 22/24 = 0,92.$$

$$Q_{\text{о_км}} = \frac{1,1 \cdot 801,1}{0,92} \approx 957,83 \text{ Вт.}$$

## 8. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ХОЛОДИЛЬНОЇ МАШИН З ОДНОСТУПІНЧАСТИМ КОМПРЕСОРОМ

При тепловому розрахунку холодильної машини визначають:

- описуваний поршнем об'єм  $V_h$ , за величиною якого підбирають або конструюють компресор ;
- теплове навантаження на конденсатор  $Q_k$  для розрахунку поверхні конденсатора.
- ефективну потужність  $N_e$ , затрачувану на валу компресора, для підбора наступні вихідні дані :
  - холодопродуктивність машини  $Q_0$  й використовуваний холодильний агент;
  - умови роботи машини: температура кипіння  $t_0$ , температура конденсації  $t_k$ , температура переохолодження  $t_{\text{п}}$  температура всмоктування  $t_{\text{вс}}$ .

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 4     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | .     |

Необхідні для розрахунку параметри визначають за допомогою термодинамічних діаграм ( $i - \lg p$  або  $s - T$ ) і таблиць насиченої і перегрітої пари для відповідних холодильних агентів.

Нижче наведено тепловий розрахунок одноступінчастої холодильної машини, що працює на фреоні-12, холодопродуктивністю  $Q_0 = 400$  Вт при наступних умовах роботи:

- температура кипіння  $t_0 = 20^\circ \text{C}$ ;
- температура конденсації  $t_k = 30^\circ \text{C}$ ;
- температура переохолодження  $t_{\text{п}} = 20^\circ \text{C}$ ;
- компресор всмоктує перегріта пара  $t_{\text{BC}} = -5^\circ \text{C}$ .

При роботі машини, перегрів пари перед всмоктуванням у компресор протікає в теплообміннику. Тому стан пари, що виходить із випарника, у циклі холодильної машини буде відповідати стану сухої насиченої пари.

Користуючись s-T– діаграмою і таблицями насичених пар фреону-12, встановлюємо параметри, необхідні для розрахунку:

- тиск у випарнику  $p_0 = 0,1513 \text{ МПа} = 1,543 \text{ кгс/см}^2$ ;
- тиск у конденсаторі  $p_k = 0,7435 \text{ МПа} = 7,58 \text{ кгс/см}^2$ ;
- ентальпія сухої насиченої пари, що виходить із випарника,  $i'_1 = 542,9 \text{ кДж/кг}$ ;
- ентальпія засмоктуваної компресором перегрітої пари  $i_1 = 551,9 \text{ кДж/кг}$ ;
- ентальпія перегрітої пари наприкінці стиску  $i_2 = 582,6 \text{ кДж/кг}$ ;
- ентальпія переохолодженої рідини  $i_3 = i_4 = 419,2 \text{ кДж/кг}$ ;
- питомий об'єм перегрітої пари, засмоктуваного компресором,  $v_l = 0,1167 \text{ м}^3/\text{кг}$ .

Користуючись відповідними формулами, розрахуємо наступні величини:

1. Масову продуктивність холодильного агенту

$$q_0 = i_1 - i_4 = 542,9 - 419,2 = 123,7 \text{ кДж / кг; (2.4)}$$

2. Кількість циркулюючого холодильного агенту

$$G = Q_0 / q_0 = 400 / (123,7 \cdot 1000) = 0,00323 \text{ кг/с;}$$

3. Об'єм холодильного агенту, що входить в циліндр компресора

$$V = G \cdot v_1 = 0,00323 \cdot 1,1167 = 0,000377 \text{ м}^3 / \text{с;}$$

4. Коефіцієнт подачі фреонового компресора визначаємо за відповідним графіком

$$P_k / P_0 = 0,7435 / 0,151 = 4,9 \cdot \lambda = 0,66$$

5. Об'єм, описуваний поршнями компресора,

$$V_h = V / \lambda = 0,00377 / 0,66 = 0,00057$$

По величині  $V_h$  підбираємо компресор. Оскільки в каталозі немає компресора з  $V_h$ , що точно збігається з розрахунковим, приймаємо найближчий більший по об'єму компресор.

Таким чином, для нашого випадку вибираємо компресор ФВБС4. Обсяг описуваного поршнями прийнятого компресора  $V_h = 0,0057 \text{ м}^3/\text{с}$  при частоті обертання  $n = 16 \text{ об/с}$  і  $Q = 5200 \text{ Вт}$ .

Теоретична потужність, витрачена в компресорі,

$$N_T = G (i_2 - i_1) = 0,00323 \cdot (582,6 - 551,9) = 0,099 \text{ кВт.}$$

Індикаторний к. к. д. компресора визначаємо за графіком знаючи відношення  $P_k/P_0$ .

$$P_k/P_0 = 4,9 \cdot \eta = 0,72$$

Індикаторна потужність компресора (потужність, затрачувана у циліндрі компресора) визначаємо із формули:

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 4     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | -     |

$$N_i = N_T / \eta_i = 0,99 / 0,72 = 0,137 \text{ кВт}$$

Відповідно ефективна потужність компресора (потужність на валу компресора)

$$N_e = N_i / \eta_{\text{мех}} = 0,137 / 0,8 = 0,17 \text{ кВт};$$

де  $\eta_{\text{мех}}$  - механічний к. к. д. = 0,8.

Потужність електродвигуна знаходимо із формули:

$$N_{\text{ЕЛ}} = N_i / \eta_{\text{ЕЛ}} \eta_{\text{П}} = 0,137 / 0,9 = 0,189 \text{ кВт}$$

де  $\eta_{\text{П}}$  - к. к. д. передачі (у безсальникових компресорах  $\eta_{\text{П}} = 1$ );

$\eta_{\text{ЕЛ}}$  - к. к. д. електродвигуна ( $\eta_{\text{ЕЛ}} = 0,9$ ).

При підборі електродвигуна потужність варто підраховувати в режимі максимальної витрати, тобто при співвідношенні  $p_0 = 1/3 p_k$ .

Кількість тепла, від холодильного агенту в конденсаторі, тобто теплове навантаження на конденсатор

$$Q_k = G * (i_2 - i_3) = 0,00323 * (582,6 - 419,2) = 0,538 \text{ кВт}.$$

Теоретично холодильний коефіцієнт або питома теоретична холодопродуктивність  $\varepsilon$  дорівнює:

$$\varepsilon_T = Q_0 / N_T = 4 / 0,099 = 40,4.$$

А електричний холодильний коефіцієнт:

$$\varepsilon_E = Q_0 / N_E = 4 / 0,189 = 21,2$$

## 8.1 РОЗРАХУНОК ЗАГАЛЬНИХ ЕНЕРГОВИТРАТ КОМПРЕСІЙНОЇ УСТАНОВКИ

Загальні енерговитрати холодильної установки складають втрати електроенергії.

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 4     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | .     |

Загальні втрати електроенергії за певний час визначають за формулою,

$$P_{\text{об.ен}} = P_k + P_{\text{ап}} + P_{\text{тем}} + P_{\text{нк}}, \text{ кВт/год.}$$

Де  $P_k$  - втрати електроенергії компресором холодильної установки, кВт/год;

$P_{\text{ап}}$  – втрати електроенергії в апаратах холодильної установки, кВт\*год;

$P_{\text{тем}}$  - втрати електроенергії, що виникають через невідповідність установленого температурного режиму в установці паспортному, кВт\*год;

$P_{\text{нк}}$  - втрати електроенергії, що виникають через неефективне використання потужності компресорів, кВт\*год.

## **8.2 РОЗРАХУНОК ЕНЕРГОВИТРАТ, КОТРІ ВИНИКАЮТЬ ЧЕРЕЗ НЕЕФЕКТИВНЕ ВИКОРИСТАННЯ ПОТУЖНОСТІ КОМПРЕСОРІВ**

Енерговитрати додаткові витрати електроенергії компресором, пов'язані зрізного роду причинами, що погіршують роботу компресора холодильної машини на протязі певного часу, визначається за формулою,

$$P_k = (N_{\text{п}} - N_{\text{н}}) * \tau_k \text{ кВт*год:}$$

де  $N_{\text{п}}$  – потужність, що споживається двигуном компресора, кВт;

$N_{\text{н}}$  – номінальна потужність компресора для заданої холодопродуктивності, кВт;

$\tau_k$  – час роботи компресора за будь-який період – годину, добу, місяць, рік.

Номінальна електрична потужність  $N_{\text{н}}$  (паспортне значення), що необхідна для отримання розрахованої за формулою, холодопродуктивності при заданих температурах кипіння і конденсації, визначається по діаграмі залежності холодопродуктивності та електричної потужності від температур кипіння і конденсації для кожної конкретної машини.

|        |       |           |          |      |                                         |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|-----------------------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | <b>ХНТУ 13303 ПЗ</b><br><b>6 20.003</b> | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                                         | 4     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                                         | -     |

Холодопродуктивність холодильної установки для даної температури кипіння визначають за формулою, кВт:

$$Q_0 = V_h * \lambda * q_v;$$

де  $V_h$  – об'єм, описаний поршнями компресора (вибирається з паспортних даних компресора), м<sup>3</sup>/с.

$$\lambda = f * (P_k / P_0)$$

коефіцієнт подачі компресора, що враховує втрати в компресорі (визначається по графіках для даного типу компресорів);

$q_v$  – об'ємна холодопродуктивність, кДж/м.

Об'ємну холодопродуктивність визначають за формулою, кДж/м<sup>3</sup>:

$$q_v = q_0 / V_{ec}$$

де  $q_0$  – питома холодопродуктивність циклу машини, кДж/кг;

$V_{ec}$  – питоми об'єм всмоктуваних парів, м<sup>3</sup>/кг.

Неефективне використання потужності компресорів має місце, коли в номінальному режимі один чи група компресорів працює на групу камер с однаковим режимом, з яких з певних причин значна частина камер відключена, а компресори продовжують працювати в режимі попередньої потужності. У цьому випадку перевитрати електроенергії враховуються пропорційно потужності, що споживається компресорами, яка знаходиться в прямій залежності від холодопродуктивності, з врахуванням коефіцієнта робочого часу компресорів.

Втрати, що виникають через неефективне використання потужності компресорів, визначають за формулою, кВт\*год:

$$\Pi_{HK} = N_{\Pi} * (1 - (Q_{0ki} / Q_0) * b * \tau_k)$$

де  $N_{\Pi}$  – потужність, що споживається двигуном компресора, кВт;

|        |       |           |          |      |               |   |        |  |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------|---|--------|--|-------|
|        |       |           |          |      |               |   |        |  | Арк.А |
|        |       |           |          |      |               |   |        |  | 4     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ | 6 | 20.003 |  |       |

$Q_{0ki}$  - холодопродуктивність паспортна при даній температурі кипіння, кВт;

$Q_0$  - холодопродуктивність холодильної установки при даній температурі кипіння, кВт;

$b$  – коефіцієнт робочого часу (визначається по журналу);

$\tau_k$  – час роботи насоса компресора за певний період - година, доба, місяць, рік.

Розрахунок енерговитрат компресором холодильної машини можна виконати й іншими методами:

1) По відхиленню робочих параметрів холодильної машини від нормативних значень – використовується при неможливості визначити номінальну (паспортну) потужність компресорів по розрахунковій холодопродуктивності для заданих робочих параметрів через відсутність паспортних даних компресорів. Енерговитрати компресором визначаються за формулою, кВт\*год:

$$\Pi_k = ((K_{ne} * \Delta t_{ne} * K_k * \Delta t_k + K_0 * \Delta t_0 + K_n * \Delta t_n) * N_n) / 100 * \tau_k$$

де  $\Delta t_{ne}$ ,  $\Delta t_k$ ,  $\Delta t_0$ ,  $\Delta t_n$  – відхилення перегріву парів, температури конденсації, температури кипіння і ступеню стиснення від нормативних значень (визначаються як різниця між дійсним та нормативним значенням);

$K_{ne}$ ,  $K_k$ ,  $K_0$ ,  $K_n$  – коефіцієнти перевитрат спожитої компресором потужності.

2) По фактично виміряній спожитій компресорами потужності,  $N_\phi$  і порівнянню її з номінальною, що визначається по розрахунковій холодопродуктивності для заданих (дійсних) робочих параметрів.

Енерговитрати компресором. визначаються за формулою, кВт\*год:

$$\Pi_k = (N_\phi - N_n) * \tau_k.$$

## 9. ВИБІР ТА ОПИС ХОЛОДОАГЕНТУ

Виходячи із температурних режимів, що описані в пункті 9 і нижче, та враховуючи переваги перед конкурентами – обираємо холодоагент типу R22.

Хімічна формула -  $\text{CHClF}_2$  — Дифторхлорметан.

Фреон R22 широко використовується в промисловості як раз в якості холодоагенту. Це найбільш популярний аерозольний пропелент із групи гідрохлорфторвуглеців. Це безкольоровий газ із запахом хлороформу. Екологічні ж властивості фреону R22 набагато кращі, ніж у його найближчих конкурентів-фреонів: R12 та R502.

Переваги застосування даного холодоагенту пов'язані з тим, що він:

- Нетоксичний і невибухонебезпечний;
- Має низьку температуру нагнітання при стисканні в компресорах;
- Має хороші (порівняно з іншими холодоагентами) теплофізичні та термодинамічні характеристики;
- Хімічно-нейтральний до більшості конструкційних матеріалів;
- Має досить низький озоноруйнуючий потенціал (ОРП = 0,05; за цим показником цей хладон близький до аміаку).

Фреон R22 при контакті з полум'ям та розпеченими поверхнями розкладається з утворенням токсичних продуктів. Порівняно з R12 холодоагент R22 гірше розчиняється в мастилі, але легко проникає через нещільність. Нейтральний до металів. Діапазон температури кипіння від +10 до -70 °C при температурі конденсації не вище 50 °C. Одноступеневий стиск рекомендується застосовувати до температур кипіння не нижче -35 °C.

|        |        |            |           |      |               |   |        |  |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------|---|--------|--|--------|
|        |        |            |           |      |               |   |        |  | Арк. А |
|        |        |            |           |      |               |   |        |  | 4      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис Пі | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ | 6 | 20.003 |  |        |

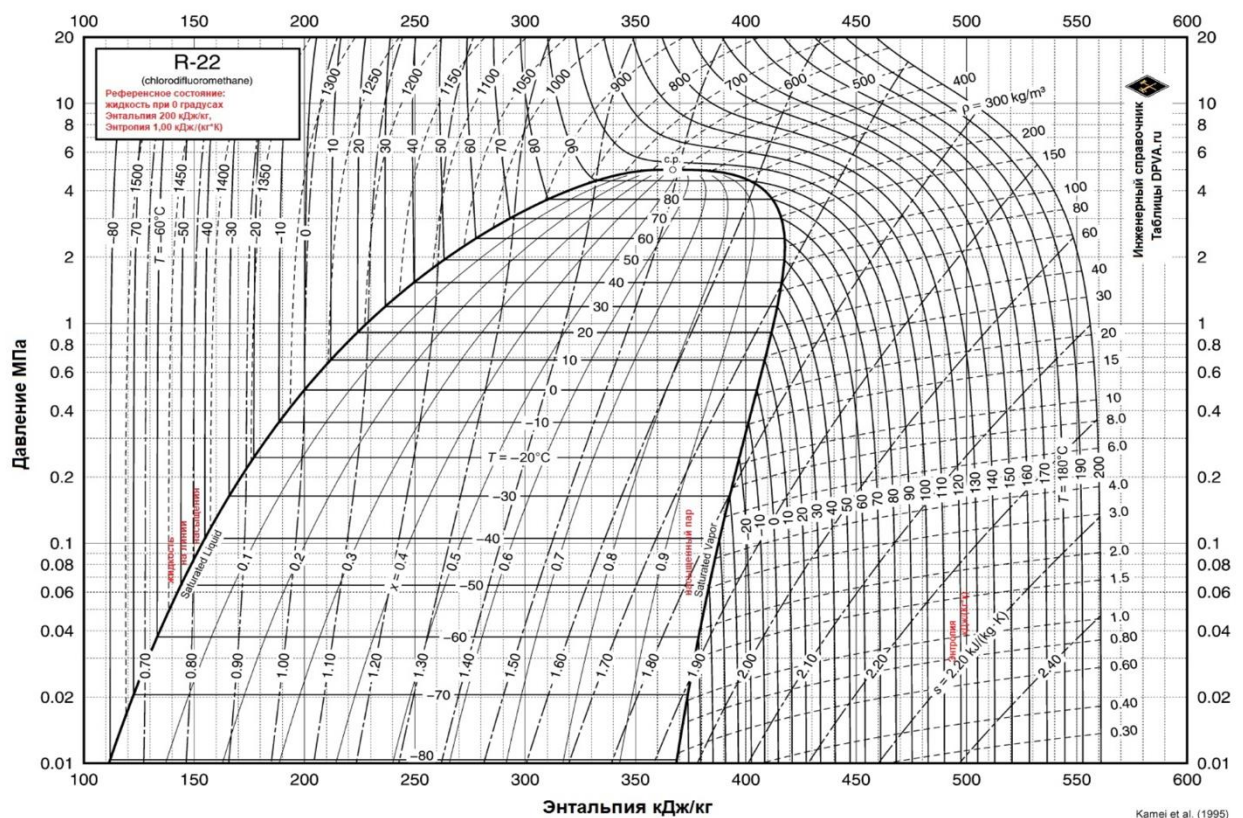


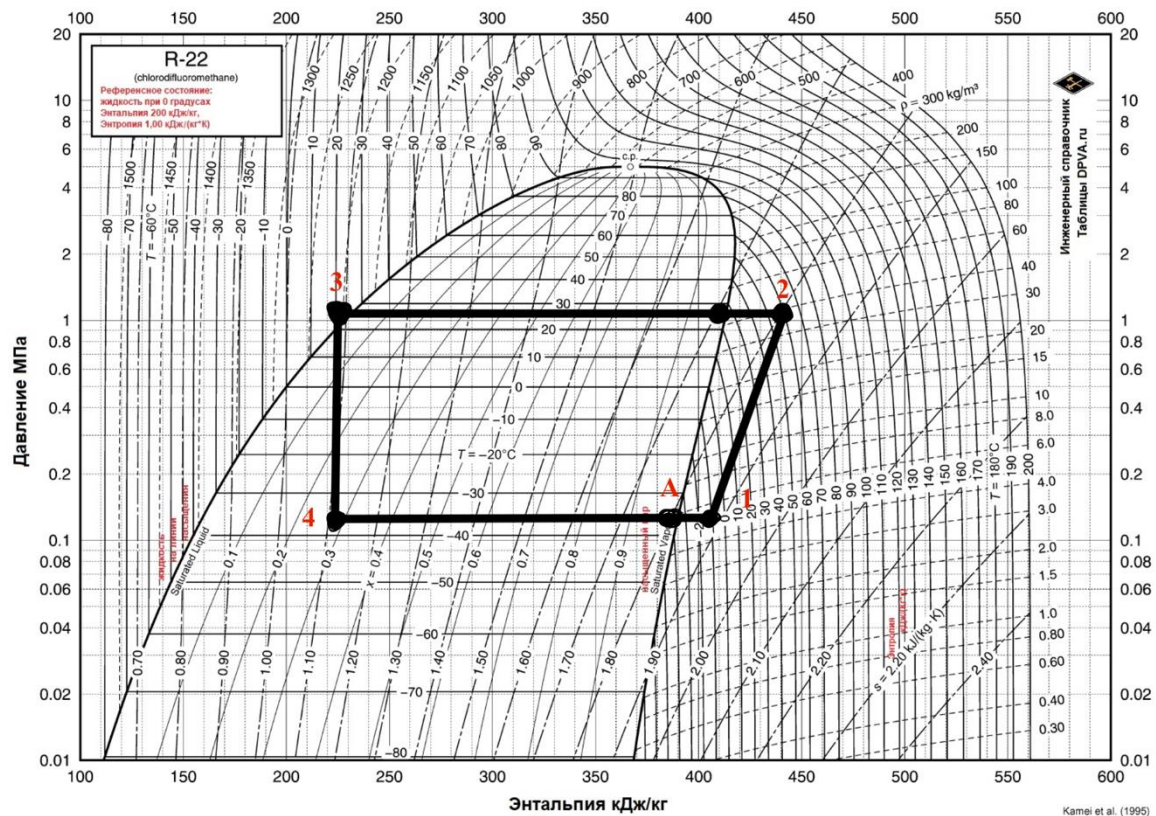


5. Через точку 3 проводимо лінію постійної ентальпії до її перетину з ізобарою  $p_0$  в точці, що характеризує стан парорідинної суміші на вході в випарник (точка 4).

6. На перетині лінії  $p_0$  с граничною кривою сухої насиченої пари ( $x=1$ ) лежить точка 1', що характеризує повний перехід рідини в пару.

7. Для кожної знайденої точки циклу знаходимо значення температури, тиску, питомого об'єму, ентальпії, ентропії і показника степені паровмісту.





| №<br>точка | Параметры |                          |           |              |          |                    |
|------------|-----------|--------------------------|-----------|--------------|----------|--------------------|
|            | t, °C     | p, Па                    | i, кДж/кг | S,<br>кДж/кг | v, м³/кг | X                  |
| 1'         | -35       | 1,25<br>•10 <sup>5</sup> | 380       | 1,80         | 0,169    | 1                  |
| 1          | -10       | 1,25<br>•10 <sup>5</sup> | 410       | 1,85         | 0,180    | Перегр<br>іта пара |
| 2          | 60        | 8 •10 <sup>5</sup>       | 450       | 1,85         | 0,026    | Перегр<br>іта пара |
| 2'         | 20        | 8 •10 <sup>5</sup>       | 395       | 1,75         | 0,026    | 1                  |

|    |     |                   |     |     |      |                       |
|----|-----|-------------------|-----|-----|------|-----------------------|
| 3' | 20  | $8 \cdot 10^5$    | 225 | --- | ---  | 0                     |
| 3  | 20  | $8 \cdot 10^5$    | 225 | --- | ---  | Переохолоджена рідина |
| 4  | -35 | $1,25 \cdot 10^5$ | 225 | 1,1 | 0,13 | 0,28                  |

### Процеси, що проходять на характерних ділянках холодильного циклу

4–а – кипіння рідкого холодоагенту в випарнику;

а–1 – перегрів пари до температури  $t_{вс}$ ;

1–2 – процес теоретичного (адіабатного) стиску в компресорі парів холодоагенту;

2–2' – охолодження пари до стану насичення;

2'–3' – конденсація пари в конденсаторі;

3'–3 – переохолодження рідкого холодоагенту в конденсаторі і трубці до РП;

3–4 – ізоентальпний процес дроселювання в РП.

## 12. РОЗРАХУНОК І ВИБІР ХОЛОДИЛЬНОГО АГРЕГАТУ

Для забезпечення циклічної роботи компресор обирають із запасом продуктивності 25-30%.

Зробимо розрахунок і підбір компресорно-конденсаторного агрегату за об'ємом, що описаний поршнями компресора в наступній послідовності:

1      Питома масова холодопродуктивність холодоагенту:

$$q_o = i_{1'} - i_4, \text{ кДж/кг}$$

$$q_o = 380 - 225 = 155 \text{ кДж/кг.}$$

|        |       |           |          |      |                           |                   |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------------------|
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А<br>  5<br>- |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------------------|

2 Маса циркулюючого холодоагенту:

$$G = \frac{Q_{\text{окм}}}{q_o}, \text{ кг/с}$$

$$G = \frac{0,95783 \text{ кВт}}{155 \text{ кДж/кг}} = 0,00617 \text{ кг/с}.$$

3 Дійсний об'єм пари, що поступає в компресор:

$$V_d = G \cdot v_1, \text{ м}^3/\text{с}$$

де  $v_1$  – питомий об'єм пари,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

$$V_d = 0,00617 \cdot 0,18 = 0,00111 \text{ м}^3/\text{с}.$$

4 Коефіцієнт подачі компресора визначимо з графіка залежності  $\lambda$  від  $p_k/p_o$ :

$$p_k = 8 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$p_o = 1,25 \cdot 10^5 \text{ Па};$$

$$\frac{p_k}{p_o} = \frac{8 \cdot 10^5}{1,25 \cdot 10^5} = 6,4$$

З графіка знаходимо, що  $\lambda = 1,28$ .

5 Об'єм, описаний поршнями компресора:

$$V_n = \frac{V_d}{\lambda}, \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_n = \frac{0,00111}{1,28} = 0,00086 \approx 0,867 \cdot 10^{-3}, \text{ м}^3/\text{с} = 3,121 \text{ м}^3/\text{год}$$

6 Теоретична (адіабатна) потужність стиску в компресорі:

$$N_T = G (i_2 - i_1), \text{ кВт}$$

$$N_T = 0,00617 \cdot (450 - 410) = 0,00617 \cdot 40 = 0,246 \text{ кВт}$$

7 Дійсна індикаторна потужність стиску в компресорі:

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 5      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           | -      |

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i}, \text{кВт}$$

де  $\eta_i = 0,79-0,84$  – індикаторний ККД.

Приймаємо  $\eta_i = 0,815$ .

$$N_i = \frac{0,246}{0,815} = 0,301 \text{ кВт}$$

8 Ефективна потужність на валу компресора:

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}}, \text{кВт}$$

де  $\eta_{\text{мех}} = 0,82-0,92$  – механічний ККД.

Приймаємо  $\eta_{\text{мех}} = 0,87$ .

$$N_e = \frac{0,301}{0,87} = 0,345 \text{ кВт.}$$

По  $N_e$  з урахуванням втрат у приводі підбираємо електродвигун із запасом потужності 10–15 %.

$$N_3 = (1,1-1,15) N_e, \text{кВт}$$

$$N_3 = 1,1 \cdot 0,345 = 0,3795 \text{ кВт} \approx 0,38 \text{ кВт.}$$

9 Дійсне теплове навантаження на конденсатор:

$$Q_k = Q_o + N_i, \text{кВт}$$

$$Q_k = 0,95783 + 0,38 = 1,337 \text{ кВт.}$$

10 Теоретичне теплове навантаження на конденсатор:

$$11 \quad Q_{\text{кт}} = G (i_2 - i_3'), \text{кВт}$$

$$Q_{\text{кт}} = 0,00617 \cdot (450 - 225) = 1,3 \text{ кВт.}$$

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | 5     |

Враховуючі всі вище перелічені розрахунки і потреби обираємо електромагнітний відцентровий насос німецької компанії **Sinntec**, а саме моделі **ST-180020BS** потужністю 0.75 кВт, що створює тиск до 2 бар. Його продуктивність складає 120 літрів рідини на хвилину. Працездатний за температури середовища до 70°C, живлення (напруги) від 230 В. Його маса лише 16 кг. Має бронзову крильчатку і один дуже суттєвий плюс: його вал та ущільнення виготовленні німецькою фірмою Perbunan, яка відноситься до концерну Bayer, що спеціалізується як раз на ущільненнях у гідравлічних та пневматичних установках та має найкращі показники довговічності та якості.

### 13. РОЗРАХУНОК ОСВІТЛЕННОСТІ ВИРОБНИЧОГО ПРИМІЩЕННЯ

#### Штучне освітлення

Освітлення робочого місця нормується згідно з Державними будівельними нормами України: ДБН В.2.5-28-2006 Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення.

Мінімальна освітленість встановлюється в залежності від розряду виконуваних зорових робіт. Для IV розряду зорових робіт вона складає 300...500 лк.

Перевіримо освітленість робочого місця користувача ПК на відповідність розряду зорової роботи. За даними вимірювань рівень природної освітленості поверхні, де розташований ПК, складає 200 лк за освітленості тієї же поверхні відкритим небосхилом в 20000 лк, тобто КПО = 1%, що не відповідає нормативному КПО.

Для штучного освітлення у приміщенні використовуються люмінесцентні лампи.

Розрахунок штучного освітлення проведемо для кімнати площею 20 м², ширина якої складає 5м, довжина – 4м, висота – 3м.

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 5     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | -     |

Скористаємося методом використання світлового потоку. Для визначення потрібної кількості світильників, які повинні забезпечити нормований рівень освітленості, визначимо світловий потік, що падає на робочу поверхню за формулою:

$$F = \frac{E \cdot K \cdot S \cdot Z}{\eta}, \text{ де}$$

F – світловий потік, що розраховується, Лм;

E – нормована мінімальна освітленість, Лк; E = 300 Лк;

S – площа освітлюваного приміщення (у нашому випадку S=20м²);

Z – відношення середньої освітленості до мінімальної (зазвичай приймається рівним 1,1... 1,2, в нашому випадку Z = 1,1);

K – коефіцієнт запасу, що враховує зменшення світлового потоку лампи в результаті забруднення світильників в процесі експлуатації (його значення залежить від типу приміщення і характеру робіт, що проводяться в ньому, в нашому випадку K = 1,5);

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку, (виражається відношенням світлового потоку, що падає на розрахункову поверхню, до сумарного потоку всіх ламп, і обчислюється в долях одиниці; залежить від характеристик світильника, розмірів приміщення, забарвлення стін і стелі, що характеризуються коефіцієнтами відбиття від стін ( $\rho_{\text{ст.}}$ ) і стелі ( $\rho_{\text{стелі}}$ )), значення коефіцієнтів дорівнюють  $\rho_{\text{ст.}} = 40\%$  і  $\rho_{\text{стелі}} = 60\%$ .

Обчислимо індекс приміщення за формулою:

$$I = \frac{S}{h(A+B)}, \text{ де}$$

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 5      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           |        |



$S$  – площа приміщення,  $S = 20\text{м}^2$ ;  $h$  – розрахункова висота підвісу,  $h = 2,9\text{ м}$ ;  $A$  – ширина приміщення,  $A = 4\text{ м}$ ;  $B$  – довжина приміщення,  $B = 5\text{ м}$ .

Підставивши значення отримаємо:

$$I = \frac{20}{2,9 \cdot (4 + 5)} = 0,77$$

Знаючи індекс приміщення  $I$ , за таблицею 4 [ДБН В.2.5-28-2006] знаходимо  $\eta = 0,22$ .

Підставимо всі значення у формулу для визначення світлового потоку  $F$  :

$$F = \frac{300 \cdot 1,5 \cdot 20 \cdot 1,1}{0,22} = 45000 \text{ Лм}$$

Для освітлення використані люмінесцентні лампи типу ЛБ 40-1, світловий потік яких  $F = 4320 \text{ Лм}$ . Розрахуємо необхідну кількість ламп у світильниках за формулою:

$$N = \frac{F}{F_{\text{л}}}, \text{ де}$$

$N$  – кількість ламп, що визначається;  $F$  - світловий потік,  $F = 45000 \text{ Лм}$ ;  $F_{\text{л}}$  - світловий потік лампи,  $F_{\text{л}} = 4320 \text{ Лм}$

$$N = \frac{45000}{4320} = 11.$$

В приміщенні використовуються світильники типу ОД. Кожен світильник комплектується двома лампами. Тобто необхідно використовувати 6 світильників із 12 працюючими лампами в них. Схема розташування світильників зображена на рисунку 7.

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 5     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | -     |

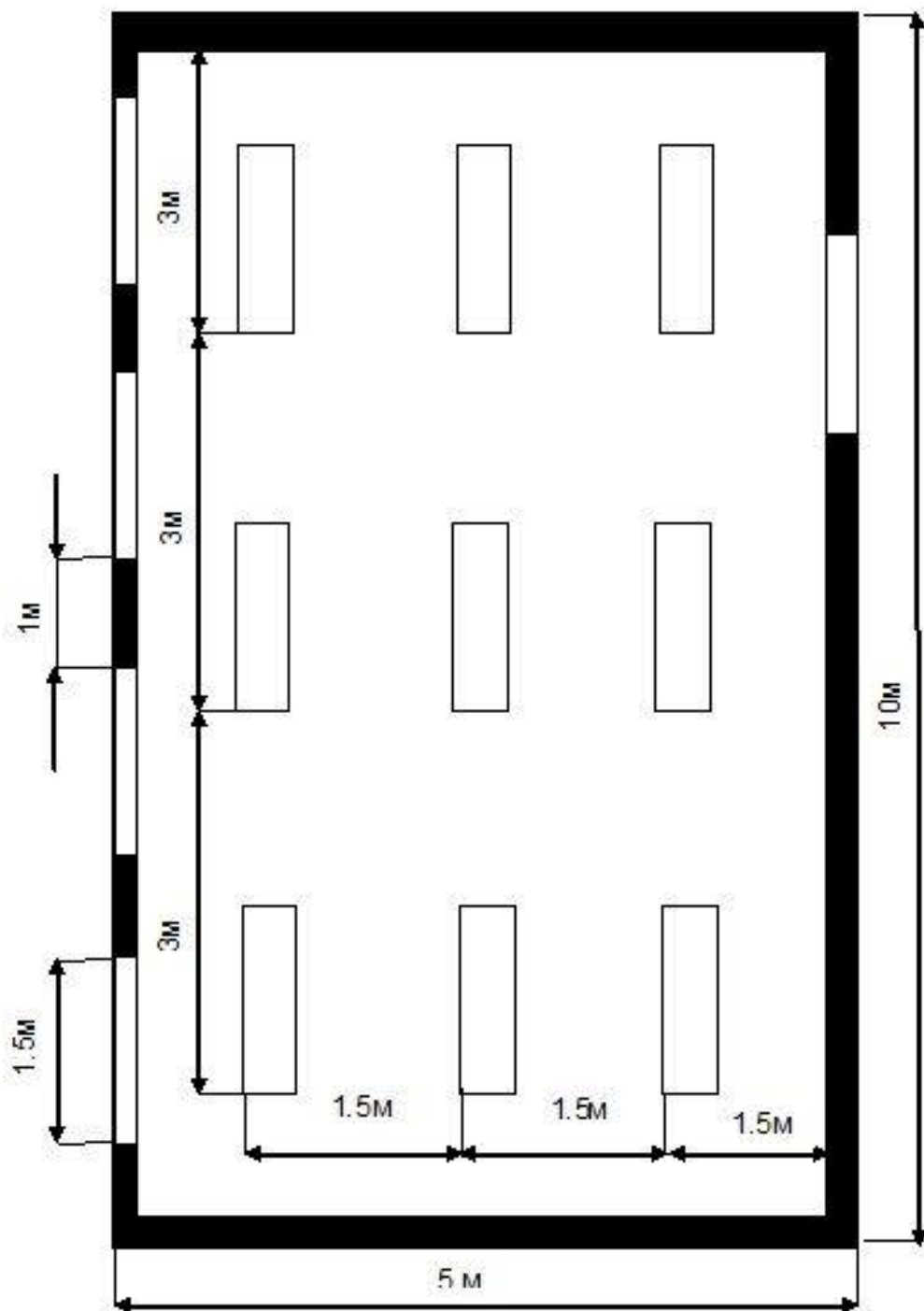


Рисунок 7 – Схема розташування світильників

## Природне освітлення

|        |        |            |           |      |                           |        |
|--------|--------|------------|-----------|------|---------------------------|--------|
|        |        |            |           |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк. А |
|        |        |            |           |      |                           | 5      |
| Ізм..І | Арк. А | № докум. № | Підпис ПІ | Дата |                           | -      |

Вдень світло проникає в приміщення через вікна або верхні прорізи (ліхтарі). Розрахунок необхідної площі бокових та верхніх прорізів проводиться згідно з ДБН В.2.5-28-2006.

Попередній розрахунок природного освітлення полягає у визначенні площі світлових прорізів за формулою:

$$S_{\text{в}} = (e_{\text{н}} \cdot K_{\text{буд}} \cdot K_{\text{з}} \cdot \eta_{\text{в}} S_{\text{п}}) / (\tau_0 \cdot r_1 \cdot 100); \quad (26)$$

де і  $S_B$ — площі ліхтарів, вікон,  $m^2$ ;

$e_H$  – нормоване значення КПО, % визначається за формулою:

$$e_H = e_m,$$

де  $e$  – значення КПО за таблицею 6;

$m$  – коефіцієнт світлового клімату за таблицею 7;

$S_{\text{п}}$  – площа підлоги,  $\text{м}^2$ ;

$K_{\text{буд}}$  – коефіцієнт, що враховує затінення вікон напроти стоячими будівлями, приймається в межах 1...1,5;

$K_3$  – коефіцієнт запасу, приймається 1,5...2;

 $\tau_0$  – загальний коефіцієнт світлопропускання

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5,$$

де  $\tau_1$  – коефіцієнт світлопропускання матеріалу (визначається за таблицею. 8);

$\tau_2$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у віконній рамі (визначається за таблицею 8);

$\tau_3$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях (у разі бокового освітлення  $\tau_3 = 1$ ; при верхньому –  $\tau_3 = 0,8 - 0,9$ );

$\tau_4$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях (визначається за таблиця 8);

$\tau_5$  – коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, яка встановлюється під ліхтарями (приймається рівним 0,9).

$\tau_1, \tau_2$  – коефіцієнти, що враховують підвищення КПО за рахунок відбиття відповідно при боковому і верхньому освітленні;

Середній коефіцієнт відбиття  $\rho_{\text{ср}}$  стелі, стін, підлоги визначається за формулою:

$$\rho_{\text{ср}} = \frac{\rho_{\text{стелі}} S_{\text{стелі}} + \rho_{\text{стін}} S_{\text{стін}} + \rho_{\text{підлоги}} S_{\text{підлоги}}}{S_{\text{стелі}} + S_{\text{стін}} + S_{\text{підлоги}}},$$

$\rho_{\text{стелі}}, \rho_{\text{стін}}, \rho_{\text{підлоги}}$  – відповідні коефіцієнти відбиття (таблиця 9);

$S_{\text{стелі}}, S_{\text{стін}}, S_{\text{підлоги}}$  – відповідні площі поверхонь.

$\eta_{\text{в}}$  – світлова характеристика вікна (вибирається із таблиці 10);

Значення коефіцієнта  $\tau_1$  визначається за таблицею 11 в залежності від параметрів приміщення та  $\rho_{\text{ср}}$ .

Таблиця 6 – Норми штучного та природного освітлення виробничих приміщень (витяг з ДБН В. 2.5–28–2006)

| Характеристика зорових робіт | Найменший розмір об'єкта розпізнавання, мм | Розряд зорової роботи | Під-розряд зорової роботи | Штучне освітлення | Природне освітлення |
|------------------------------|--------------------------------------------|-----------------------|---------------------------|-------------------|---------------------|
|                              |                                            |                       |                           | Освітленість, лк  | КПО, %              |

|                    |          |    |   | Загальне<br>освітлення | бокове<br>освітлення |
|--------------------|----------|----|---|------------------------|----------------------|
| Середньої точності | 0,5-1    | IV | а | 300                    | 1,5                  |
|                    |          |    | б | 200                    |                      |
|                    |          |    | в | 200                    |                      |
|                    |          |    | г | 150                    |                      |
| Малої точності     | 1-5      | V  | а | 200                    | 1,0                  |
|                    |          |    | б | 150                    |                      |
|                    |          |    | в | 150                    |                      |
|                    |          |    | г | 100                    |                      |
| Груба              | Більше 5 | VI | — | 150                    | 0,5                  |

Таблиця 7 – Значення коефіцієнтів  $\tau_1$   $\tau_2$   $\tau_4$ 

| Вид світло проп.<br>матеріалу | Значення<br>$\tau_1$ | Вид віконної<br>рами                         | Значення<br>$\tau_2$ | Сонцезахисні<br>пристрої                                      | Значення<br>$\tau_4$ |
|-------------------------------|----------------------|----------------------------------------------|----------------------|---------------------------------------------------------------|----------------------|
| Скло віконне<br>листова:      |                      | Віконні рами для<br>промислових<br>будівель: |                      | Регульовані<br>жалюзі<br>та штори<br>(внутрішні,<br>зовнішні) | 1                    |
| одинарне                      | 0,9                  |                                              |                      |                                                               |                      |
| подвійне                      | 0,8                  |                                              |                      |                                                               |                      |
| потрійне                      | 0,75                 | а) дерев'яні:                                |                      | Стационарні<br>жалюзі<br>та екрани з<br>захисним кутом        |                      |
| Скло листова:                 |                      | одинарні                                     | 0,75                 |                                                               |                      |
| армоване                      | 0,6                  | спарені                                      | 0,7                  |                                                               |                      |
| з візерунком                  | 0,65                 | подвійні окремі                              | 0,6                  |                                                               |                      |

|                  |      |                  |      |                   |         |
|------------------|------|------------------|------|-------------------|---------|
|                  |      |                  |      | не більше 45°:    |         |
| сонцезахисне     | 0,65 | б) металеві:     |      | - горизонтальні   | 0,65    |
| контрастне       | 0,75 | одинарні         |      | - вертикальні     | 0,75    |
| Органічне скло:  |      | (відкриваються)  | 0,75 | Горизонтальні     |         |
| прозоре          | 0,9  | одинарні (глухі) | 0,9  | козирки:          |         |
| молочне          | 0,6  | подвійні         |      | - з захисним      |         |
| Пустотілі скляні |      | (відкриваються)  | 0,6  | кутом             | 0,8     |
|                  |      |                  |      | не більше 30°     |         |
| світлорозсіюючі  | 0,5  | подвійні (глухі) |      | - з захисним      |         |
| прозорі          | 0,55 |                  | 0,8  | кутом             | 0.6-0,9 |
| Склопакети       | 0,8  |                  |      | від 15 до 45°     |         |
|                  |      |                  |      | (багатоступеневі) |         |

Таблиця 8 – Значення коефіцієнта світлового клімату

| Світлові прорізи                                                                                                                                | Орієнтація світлових прорізів за сторонами горизонту | Коефіцієнт світлового клімату, <i>m</i> |                         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------|-------------------------|
|                                                                                                                                                 |                                                      | Одеська обл.                            | Решта території України |
| В зовнішніх будинків                                                                                                                            | ПН                                                   | 0,85                                    | 0,90                    |
|                                                                                                                                                 | ПНС, ПНЗ                                             | 0,85                                    | 0,90                    |
|                                                                                                                                                 | З, С                                                 | 0,80                                    | 0,85                    |
|                                                                                                                                                 | ПДС, ПДЗ                                             | 0,80                                    | 0,85                    |
|                                                                                                                                                 | ПД                                                   | 0,75                                    | 0,85                    |
| <b>Примітка.</b> ПН - північ; ПНС - північ-схід; ПНЗ - північ-захід; С - схід; З - захід; ПД - південь; ПДС - південь-схід; ПДЗ - південь-захід |                                                      |                                         |                         |

Таблиця 9 – Орієнтовні значення коефіцієнтів відбиття стелі ( $\rho_{\text{стелі}}$ ) та стін ( $\rho_{\text{стін}}$ )

| Стан стелі                     | $\rho_{\text{стелі}}, \%$ | Стан стін                   | $\rho_{\text{стін}}, \%$ |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|--------------------------|
| Свіжовибілена                  | 80–65                     | Свіжовибілені з вікнами *   | 75–65                    |
| Побілена в сирих приміщеннях   | 65–40                     | закритими білими шторами    |                          |
| Бетонна чиста                  | 55–45                     | Свіжовибілені з вікнами     | 55–45                    |
| Бетонна брудна                 | 35–25                     | без штор                    |                          |
| Світла дерев'яна (полакована)  | 60–45                     | Бетонні з вікнами           | 35–25                    |
| Темна дерев'яна (нефарбована)  | 30–25                     | Обклеєні світлими шпалерами | 40–25                    |
| Брудна (кузні, склади вугілля) | 20–10                     | Обклеєні темними шпалерами  | 15–5                     |
|                                |                           | Цегляні не штукатурені      | 15–10                    |

Таблиця 10 – Значення світлової характеристики вікон ( $\eta_B$  при боковому освітленні)

| Відношення<br>довжини<br>приміщення<br>до його глибини (L/B) | Відношення глибини приміщення (B) до висоти від рівня поверхні до верхнього краю вікна (h) |      |     |      |      |    |      |      |
|--------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----|------|------|----|------|------|
|                                                              | 1                                                                                          | 1,5  | 2   | 3    | 4    | 5  | 7,5  | 10   |
| 4 і більше                                                   | 6,5                                                                                        | 7    | 7,5 | 8    | 9    | 10 | 11   | 12,5 |
| 3                                                            | 7,5                                                                                        | 8    | 8,5 | 9,6  | 10   | 11 | 12,5 | 14   |
| 2                                                            | 8,5                                                                                        | 9    | 9,5 | 10,5 | 11,5 | 13 | 15   | 17   |
| 1,5                                                          | 9,5                                                                                        | 10,5 | 13  | 15   | 17   | 19 | 21   | 23   |
| 1                                                            | 11                                                                                         | 15   | 16  | 18   | 21   | 23 | 26,5 | 29   |
| 0,5                                                          | 18                                                                                         | 23   | 31  | 37   | 45   | 54 | 66   | —    |

Таблиця 11 – Значення коефіцієнта  $\tau_1$

|     |     |                                                                       |     |     |
|-----|-----|-----------------------------------------------------------------------|-----|-----|
| B/h | L/B | Значення $\tau$ при боковому освітленні                               |     |     |
|     |     | Середній коефіцієнт відбиття $\rho_{\text{ср}}$ стелі, стін і підлоги |     |     |
|     |     | 0,5                                                                   | 0,4 | 0,3 |
|     |     | Відношення довжини приміщення L до його глибини B                     |     |     |



|                    |     | 0,5  | 1    | 2 i > | 0,5  | 1    | 2 i > | 0,5  | 1    | 2 i > |
|--------------------|-----|------|------|-------|------|------|-------|------|------|-------|
| Від 1<br>до 1,5    | 0,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05  | 1,05 | 1,05 | 1     | 1,05 | 1    | 1     |
|                    | 0,5 | 1,4  | 1,3  | 1,2   | 1,2  | 1,15 | 1,1   | 1,2  | 1,1  | 1,1   |
|                    | 1,0 | 2,1  | 1,9  | 1,5   | 1,8  | 1,6  | 1,3   | 1,4  | 1,3  | 1,2   |
| ><br>1,5 до<br>2,5 | 0,1 | 1,05 | 1,05 | 1,05  | 1,05 | 1,05 | 1,05  | 1,05 | 1    | 1     |
|                    | 0,3 | 1,3  | 1,2  | 1,1   | 1,2  | 1,15 | 1,1   | 1,15 | 1,1  | 1,05  |
|                    | 0,5 | 1,85 | 1,6  | 1,3   | 1,5  | 1,35 | 1,2   | 1,3  | 1,2  | 1,1   |
|                    | 0,7 | 2,25 | 2    | 1,7   | 1,7  | 1,6  | 1,3   | 1,55 | 1,35 | 1,2   |
|                    | 1,0 | 3,8  | 3,3  | 2,4   | 2,8  | 2,4  | 1,8   | 2    | 1,8  | 1,5   |
| > 2,5 до           | 0,1 | 1,1  | 1,05 | 1,05  | 1,05 | 1    | 1     | 1    | 1    | 1     |
|                    | 0,3 | 1,2  | 1,15 | 1,1   | 1,15 | 1,1  | 1,1   | 1,1  | 1,1  | 1,05  |
|                    | 0,5 | 1,6  | 1,45 | 1,3   | 1,35 | 1,25 | 1,2   | 1,25 | 1,15 | 1,1   |
|                    | 0,7 | 2,6  | 2,2  | 1,7   | 1,9  | 1,7  | 1,4   | 1,6  | 1,5  | 1,3   |
|                    | 0,9 | 5,3  | 4,2  | 3     | 2,9  | 2,45 | 1,9   | 2,2  | 1,85 | 1,5   |
|                    | 1,0 | 7,2  | 5,4  | 4,3   | 3,6  | 3,1  | 2,4   | 2,6  | 2,2  | 1,7   |
| ><br>3,5           | 0,1 | 1,2  | 1,15 | 1,1   | 1,1  | 1,1  | 1,05  | 1,05 | 1,05 | 1     |
|                    | 0,2 | 1,4  | 1,3  | 1,2   | 1,2  | 1,15 | 1,1   | 1,1  | 1,05 | 1,05  |
|                    | 0,3 | 1,75 | 1,5  | 1,3   | 1,4  | 1,3  | 1,2   | 1,25 | 1,2  | 1,1   |
|                    | 0,4 | 2,4  | 2,1  | 1,8   | 1,6  | 1,4  | 1,3   | 1,4  | 1,3  | 1,2   |
|                    | 0,5 | 3,4  | 2,9  | 2,5   | 2    | 1,8  | 1,5   | 1,7  | 1,5  | 1,3   |
|                    | 0,6 | 4,6  | 3,8  | 3,1   | 2,4  | 2,1  | 1,8   | 2    | 1,8  | 1,5   |
|                    | 0,7 | 6    | 4,7  | 3,7   | 2,9  | 2,6  | 2,1   | 2,3  | 2    | 1,7   |

|        |       |           |          |      |
|--------|-------|-----------|----------|------|
|        |       |           |          |      |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |

ХНТУ 13303 ПЗ  
6 20.003

Арк.А

| 6

-

|  |     |     |     |     |     |     |     |     |     |     |
|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
|  | 0,8 | 7,4 | 5,8 | 4,7 | 3,4 | 2,9 | 2,4 | 2,6 | 2,3 | 1,9 |
|  | 0,9 | 9   | 7,1 | 5,6 | 4,3 | 3,6 | 3   | 3   | 2,6 | 2,1 |
|  | 1,0 | 10  | 7,3 | 5,7 | 5   | 4,1 | 3,5 | 3,5 | 3   | 2,5 |

Примітка: В – глибина приміщення; h – висота від рівня умовної робочої поверхні до в  
вікна; l – відстань розрахункової точки (точка, яка знаходиться на відстані 1м від с  
пована навпроти стіни з вікнами) до зовнішньої стіни.

## 14. ВИСНОВОК

Так як сучасне побутове і промислове життя важко уявити без дотримання особливого температурного режиму, в чому допомагають холодильні установки, доцільним є пошук підвищення продуктивності, якості, економічності і загалом розвиток холодильної техніки. Автомобільні рефрижератори не є винятком – транспортування продуктів харчування є однією з найбільших турбот керівників підприємств та виробництв. Існують різні види автомобільних рефрижераторів і треба визначитись – який підходить саме під ваші потреби.

Важливим є розуміння та знання принципу роботи холодильної техніки, з яких складників вона складається і який вузол за що відповідає, які процеси відбуваються на різних ділянках контуру схеми холодильника.

Різноманітність насосних та компресорних схем показує наскільки людство високо цінує дану галузь техніки і шукає все більш комфортні та безпечні варіації схем.

Саме відцентрові насоси себе зарекомендували більш ніж добре, на що вказує їх широке використання в усіх галузях де працюють із рідинами. Тому вельми важливо знати їх особливості, принцип роботи, вміти обслуговувати та слідкувати за алгоритмами пуску та зупинки даних типів насосів.

І після того, як ми визначились із нашими потребами, об'ємами продукту та холодильної камери, дослідивши всі тонкощі та принцип роботи холодильних установок, ми можемо перейти до етапу проведення розрахунків для майбутнього вибору агрегату. Важливим є визначеність із холодильним агентом, який задовольняє наші потреби і має переваги над своїми конкурентами. Для отримання більшості даних обов'язковим було будування діаграм і пошук значень потрібних нам величин різних станів фреону на різних ділянках контуру процесу.

Завершивши всі розрахунки та побудови, зупинились на відцентровому насосі європейського стандарту якості, який повністю задовольняє наші умови.

## 15. ЛІТЕРАТУРА І ДЖЕРЕЛА

- Гіль І.М. Устрій, монтаж та ТО холодильних установок
- Чумак І.Г. Холодильні установки, 1991
- Пластинін П.І. Поршневі компресори. Т.1, 2000
- Сакун І.А. Холодильні машини, 1985
- Ленглі Б. Холодильна техніка, 1981
- <https://www.danterm.com.ua/app1.html>
- <https://studfile.net/preview/5194870/page:21/>
- <https://rbb-holod.ru/articles/r22-spravochneya-informatsiya>
- <https://terrafrigo.ru/o-zavode/articles/vidy-refrizheratorov/>
- <https://terrafrigo.ru/o-zavode/articles/kak-rabotaet-refrizherator-avtomobilya/>
- <https://www.cargobud.com.ua/termoizolyaciya>
- <https://trans-atlas.com.ua/ua/article/205>
- <https://www.cargobud.com.ua/glavnoe-produkciya-kuzova-gruzovykh-avtomobilej/cars>
- <https://proficlimat.com.ua/articles/freon-khladagent-r22/>
- <https://promcenter.com.ua/novosti/printsipy-raboty-holodilnoi-mashiny>

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      |                           | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 6     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | -     |

- [https://dpva.ru/Guide/GuideMedias/CoolingAgents/R22list/R22PED\\_Propertues\\_ASR/](https://dpva.ru/Guide/GuideMedias/CoolingAgents/R22list/R22PED_Propertues_ASR/)
- <https://www.artkompressor.ru/kompressornye-mashiny/obemnye-kompressory-porshnevye-kompressory/>
- <https://studfile.net/preview/2648601/page:7/>
- [https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPRrJRXIUfoewruO\\_hmDaHD50isxUoXj2Pf4GAqNCechrQg-R9LtKLsIV2BKbOAEqJ6iFoIUXjAgaU8HhWbBqFr1PJ5EmZ\\_vKLFujC5\\_QjUFp29MyKDvsMXYOLOea7gk3tf39glvx51yY\\_Fg%3D%3D%3Fsign%3DeMpJkXJvYlILCjqCQDZDGM3GJO\\_cqkXdkbNG7fvxyKI%3D&name=Freon\\_Thermodinamic\\_diagrams\\_i\\_lgP.doc](https://docs.yandex.ru/docs/view?url=ya-browser%3A%2F%2F4DT1uXEPRrJRXIUfoewruO_hmDaHD50isxUoXj2Pf4GAqNCechrQg-R9LtKLsIV2BKbOAEqJ6iFoIUXjAgaU8HhWbBqFr1PJ5EmZ_vKLFujC5_QjUFp29MyKDvsMXYOLOea7gk3tf39glvx51yY_Fg%3D%3D%3Fsign%3DeMpJkXJvYlILCjqCQDZDGM3GJO_cqkXdkbNG7fvxyKI%3D&name=Freon_Thermodinamic_diagrams_i_lgP.doc)
- <https://sinntec.de/Seitenkanalkreiselpumpe-230V-120-l-min-2-bar-1-1-2-AG-Wellendichtring-aus-Perbunan>
- [https://js.com.ua/articles/freon\\_r22/#:~:text=Диапазон%20температур%20кипения%20от%20%2B10,не%20выше%2050%С.](https://js.com.ua/articles/freon_r22/#:~:text=Диапазон%20температур%20кипения%20от%20%2B10,не%20выше%2050%С.)
- <https://www.hydro-pnevmo.ru/topic.php?ID=65>

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 6     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | -     |

ДОДАТКИ

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 6     |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           | -     |

|        |       |           |          |      |                           |       |
|--------|-------|-----------|----------|------|---------------------------|-------|
|        |       |           |          |      | ХНТУ 13303 ПЗ<br>6 20.003 | Арк.А |
|        |       |           |          |      |                           | 70    |
| Ізм..І | Арк.А | № докум.№ | ПідписПі | Дата |                           |       |