

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

_____ Сергій Блаженко
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валентин Петренко
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ____ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми _____
Холодильні техніка та технологія

на тему: Проект холодильника м'ясокомбінату продуктивністю 55 т/добу у м.Узин, з варіативним розрахунком схеми холодильної установки, яка працює на різних холодоагентах

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ХМ-2-7М

_____ Махортов Дмитро Андрійович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Грищенко Роман Володимирович _____
(прізвище, ім'я) (підпис)

Консультант _____ _____
(прізвище, ім'я) (підпис)

Рецензент _____ _____
(прізвище, ім'я) (підпис)

Я як здобувач Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав і не одержував незарядженої допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела.

_____ (підпис та прізвище здобувача)

Київ – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім.акад. І.С.Гулого
Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь магістр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

проф. Петренко В.П.

“17” вересня 2025 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Махортова Дмитра Андрійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника м'ясокомбінату продуктивністю 55 т/добу у м.Узин, з варіативним розрахунком схеми холодильної установки, яка працює на різних холодоагентах

керівник роботи к.т.н., Грищенко Роман Володимирович

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від 17.09.2025 року № 712-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 02.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи Зберігання замороженого та охолодженого м'яса, варіативний розрахунок.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
Вступ 1.Техніко-економічне обґрунтування 2.Технологічна схема холодильної обробки продукції 3. Визначення будівельних площ камер холодильника 4. Розрахунок ізоляційних конструкцій 5. Розрахунок теплонадходжень 6. Розрахунок та підбір основного обладнання 7. Розрахунок та підбір допоміжного обладнання 8. Гідравлічний розрахунок 9. Автоматизація холодильного обладнання 10. Електропостачання 11.Розрахунок економічних показників 12. Охорона праці 13. Цивільний захист Список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника 2. Чхема холодильної установки 3. План та розріз машинного відділення 4. Схема автоматизації 5. Електрична схема

АНОТАЦІЯ

У дипломному проєкті розроблено та запроектовано холодильник для м'ясокомбінату в м. Узин. Проєкт передбачає розробку ефективної холодильної схеми, підбір оптимального холодильного обладнання та проектування будівлі. Основна мета роботи – досягнення максимальної енергоефективності та мінімізація капітальних і експлуатаційних витрат при забезпеченні необхідного рівня охолодження й заморожування продукції.

Виконано розрахунки холодоспоживання для процесів охолодження, заморожування та зберігання м'ясної продукції, детально розраховано конденсатор, випарник, а також основне та допоміжне обладнання холодильної установки.

Проєкт складається з наступних розділів: "Розрахунок холодильника", "Охорона праці" та "Техніко-економічні показники". У роботі враховано сучасні досягнення у галузі об'ємно-планувальних і конструктивних рішень холодильних установок, а також у розробці схем охолодження.

Усі розрахунки, креслення та схеми виконані за допомогою програмного забезпечення, зокрема Microsoft Office 2016, Mathcad 16 та AutoCAD 2024.

Ключові слова: *холодильник, м'ясокомбінат, охолодження, заморожування, енергоефективність, конденсатор, випарник, обладнання, техніко-економічні показники, AutoCAD, Mathcad*

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>			
<i>Вип</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	<i>Проєкт холодильника м'ясокомбінату продуктивністю 55 т/добу у м. Узин, з варіативним розрахунком схеми холодильної установки, яка працює на різних холодоагентах</i>	<i>Литера</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Розроб.</i>	<i>Махортов Д.А</i>					<i>у</i>	<i>4</i>	<i>114</i>
<i>Пров</i>	<i>Грищенко Р.В</i>							
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затв.</i>	<i>Петренко В.П</i>							
						<i>НУХТ, ХМ-2-7М</i>		

ANNOTATION

This diploma project involves the design and development of a refrigeration system for a meat processing plant in Uzyn. The project includes the creation of an efficient refrigeration scheme, selection of optimal refrigeration equipment, and building design. The primary objective is to achieve maximum energy efficiency and minimize capital and operational costs while ensuring the required cooling and freezing performance.

The project calculates the refrigeration demand for cooling, freezing, and storing meat products, and provides detailed calculations of the condenser, evaporator, as well as the main and auxiliary equipment.

The project includes the following sections: "Refrigeration System Design," "Occupational Safety," and "Technical and Economic Indicators." It incorporates modern advancements in spatial planning, structural solutions for refrigeration systems, and cooling schemes.

All calculations, drawings, and schematics were carried out using software such as Microsoft Office 2016, Mathcad 16, and AutoCAD 2024.

Key words: *refrigeration system, meat processing plant, cooling, freezing, energy efficiency, condenser, evaporator, equipment, technical and economic indicators, AutoCAD, Mathcad*

										Лист
										5
Вун.	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

00.MP.000142.003.013.II3

ЗМІСТ

Вступ

1. Техніко-економічне обґрунтування.....	8
2. Технологічна схема холодильної обробки продукції.....	9
3. Визначення будівельних площ камер холодильника	11
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій.....	14
5. Розрахунок теплонадходжень.....	20
6. Розрахунок та підбір основного обладнання.....	29
7. Розрахунок та підбір допоміжного обладнання.....	46
8. Гідравлічний розрахунок.....	53
9. Автоматизація холодильного обладнання.....	56
10. Електропостачання.....	61
11. Розрахунок економічних показників.....	88
12. Охорона праці.....	93
13. Цивільний захист.....	97

Список використаних джерел

ВСТУП

М'ясо відіграє важливу роль у харчуванні людини і є основним джерелом повноцінних білків тваринного походження. Також м'ясо містить жири, комплекс вітамінів та інші цінні речовини у сприятливому якісному і кількісному співвідношенні та легкозасвоюваній формі. М'ясні туші при зберіганні за кімнатної температури швидко псуються внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів, фізико-хімічних та біохімічних процесів (всихання тощо).

Консервування холодом є найпоширенішим засобом, що дозволяє забезпечити тривале зберігання м'ясних туш без суттєвих змін зовнішнього вигляду, запаху, смаку і консистенції при відносно невеликих втратах поживних речовин. Обробка холодом забезпечує пригнічення життєдіяльності мікроорганізмів, а також уповільнення хімічних і біохімічних процесів, що відбуваються в продуктах під дією власних ферментів, кисню повітря, тепла та світла.

Запропонований проект холодильника м'ясокомбінату в м. Узин відповідає всім вимогам технічного завдання. Застосовані режими холодильної обробки м'ясних туш відповідають санітарно-гігієнічним нормам. Спроектована холодильна установка оптимально забезпечує холодильник необхідним холодом. Машинне відділення прибудоване до основного приміщення холодильника, що значно скорочує протяжність холодильних комунікацій.

Конструкція холодильника дозволяє одночасно заморожувати значну кількість м'ясних туш, які можна тривалий час зберігати у відповідних камерах холодильника, або відвантажувати до рефрижераторного транспорту з автомобільної платформи

1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Даний проект передбачає спорудження холодильного комплексу для м'ясопереробного підприємства у м. Узин Київської області з проектною потужністю 55 тонн на добу. Техніко-економічне обґрунтування охоплює вирішення двох взаємопов'язаних завдань:

- визначення раціональної потужності та місткості холодильної установки з обґрунтуванням місця її будівництва;
- розрахунок основних техніко-економічних параметрів проекту.

Регіональний аналіз потреб у холодильному зберіганні м'ясної продукції

Місто Узин знаходиться у Білоцерківському районі Київської області та виконує функції адміністративного центру Узинської міської територіальної громади. Станом на 2024 рік населення безпосередньо міста Узин налічує 12 000 мешканців, тоді як загальна чисельність жителів міської громади (з урахуванням населених пунктів Василів, Іванівка, Йосипівка, Мала Антонівка, Михайлівка та інших) становить 20 638 осіб.

Згідно з офіційними статистичними даними Міністерства аграрної політики та продовольства України, середньорічне споживання м'ясної продукції на одного жителя становить 52 кілограми. Даний норматив залишається незмінним протягом останніх років. Товарна структура споживання м'яса характеризується такими пропорціями:

- продукція птахівництва – 50% загального обсягу (26 кг на людину);
- свинина – 37% загального обсягу (19,2 кг на людину);
- яловичина – 13% загального обсягу (6,8 кг на людину).

Визначення обсягів переробки та обґрунтування потужності

На підставі демографічних показників регіону та нормативів споживання розраховано річну потребу у м'ясопродуктах для Узинської громади:

$$20\ 638\ \text{осіб} \times 52\ \text{кг/особу/рік} = 1\ 073\ \text{тонни м'ясної продукції щорічно}$$

Проектована потужність холодильного комплексу становить **55 тонн на добу**, що забезпечує річну переробну спроможність:

$$55\ \text{тонн/добу} \times 365\ \text{днів} = 20\ 075\ \text{тонн на рік}$$

									Лист
									8
Вип.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Така потужність дозволяє повністю задовольнити потреби Узинської міської громади та забезпечити обслуговування сусідніх районів Київської області. З урахуванням того, що Білоцерківський район налічує понад 100 тисяч мешканців, потенційний ринок збуту складає:

$100\,000 \text{ осіб} \times 52 \text{ кг/рік} = 5\,200 \text{ тонн м'ясної продукції щорічно}$

Обрана потужність холодильника (20 075 тонн/рік) дозволяє:

- забезпечити 100% потреб Узинської громади (1 073 тонни);
- охопити значну частину Білоцерківського району (до 5 200 тонн);
- сформувати резерв потужності для розвитку експортних поставок;
- створити запас переробної спроможності на випадок сезонних коливань попиту.

Характеристика холодильного комплексу

Холодильна установка призначена для зберігання м'яса та субпродуктів усіх категорій і повинна забезпечувати різні температурні режими:

- для охолодженого м'яса та субпродуктів I категорії: $0...-1 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості 85–90%;
- для замороженої продукції (напівтуші, четвертини, жиловане м'ясо): $-18 \text{ }^\circ\text{C}$ при відносній вологості 95–100%;
- для процесів швидкого заморожування: $-30...-40 \text{ }^\circ\text{C}$ при швидкості руху повітря 2–5 м/с.

Місткість холодильних камер розраховується виходячи з необхідності забезпечення зберігання продукції тривалістю 15-30 діб:

$55 \text{ тонн/добу} \times 20 \text{ днів (середній термін обігу)} = 1\,100 \text{ тонн одночасного зберігання}$

Обґрунтування вибору локації будівництва

Місто Узин характеризується сприятливими умовами для розміщення м'ясопереробного холодильного комплексу:

- вигідне логістичне розташування з налагодженим транспортним сполученням до обласного центру м. Київ (відстань 80 км) та м. Біла Церква (відстань 20 км);

- наявність розвиненої сировинної бази у вигляді фермерських господарств громади та району;
- достатній обсяг регіонального ринку збуту (понад 100 тисяч споживачів у межах Білоцерківського району);
- наявність трудових ресурсів та промислової інфраструктури (історично у місті функціонували цукровий комбінат, переробний та консервний заводи);
- можливість підключення до електричних мереж та водопостачання необхідної потужності.

Економічна ефективність інвестицій у будівництво холодильного комплексу потужністю 55 тонн на добу визначається через систему техніко-економічних показників, детальний аналіз яких представлено у економічному розділі проектної документації.

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Вип</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		10

2 ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ХОЛОДИЛЬНОЇ ОБРОБКИ ПРОДУКЦІЇ

2.1 Загальна характеристика м'ясної сировини

М'ясна продукція та субпродукти є основними об'єктами холодильної обробки на підприємстві. Вони можуть використовуватися як кінцева товарна продукція або як напівфабрикати для виготовлення м'ясних виробів. М'ясо являє собою сукупність м'язових волокон, сполучних тканин та кісткових елементів, отриманих при розділці туш забійної худоби.

Субпродукти поділяються на дві категорії залежно від харчової та комерційної цінності:

- **Субпродукти I категорії** (високої цінності): серце, печінка, нирки, язик, діафрагма у комплексі з селезінкою;
- **Субпродукти II категорії** (нижчої цінності): голова, легені, шлунок, вим'я, хвостова частина, кишковий комплекс, кров, шкіряні покриви, рогові та копитні частини.

2.2 Приймання та первинна обробка м'ясної сировини

Після надходження м'ясної сировини на підприємство проводиться ветеринарно-санітарна експертиза та оцінка якісних характеристик туш. Туші надходять після первинної обробки у вигляді напівтуш або четвертин. Далі сировина проходить такі технологічні операції:

Санітарна обробка: туші підлягають ретельному промиванню водою температурою 30-35 °С для видалення поверхневих забруднень, залишків крові та кісткової тирси. Після промивання проводиться обсушування за допомогою повітряних потоків або текстильних серветок.

Ветеринарно-санітарна експертиза: кожна партія сировини проходить обов'язковий контроль на відповідність санітарним нормам, перевіряється наявність ветеринарних штампів та сертифікатів якості.

Сортування та розподіл: м'ясна сировина класифікується за видом тварин (яловичина, свинина, баранина), категоріями вгодованості та призначенням (для охолодження, заморожування або подальшої переробки).

									Лист
									11
Вип.	Лист	№ докум	Підпис	Дата					

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Розподіл за технологічними потоками: продукція направляється до відповідних холодильних відділень залежно від режиму обробки (охолодження або заморожування).

2.5 Охолодження м'ясної продукції

Охолодження являє собою процес зниження температури в товщі м'язової тканини до 0...+4 °С при температурі поверхні не вище +6 °С. Охолоджене м'ясо зберігає свіжість та має обмежений термін реалізації.

Технологічні особливості процесу охолодження:

Повітряне охолодження реалізується за рахунок примусової циркуляції холодного повітря. Туші або четвертини розміщують на підвісних коліях з мінімальною відстанню між ними 30-50 мм для забезпечення вільної циркуляції повітряних мас.

Для мінімізації втрат маси (усушки) застосовують підвищену відносну вологість. Втрати маси при охолодженні становлять 1,5-2,5% залежно від режимів та виду м'яса.

Сучасні методи інтенсифікації охолодження:

- Гідроаерозольне охолодження: розпилення водяного туману створює плівку на поверхні, яка знижує усушку до 0,8-1,2%;
- Вакуумне охолодження: зниження тиску прискорює охолодження в 3-4 рази;
- Охолодження в середовищі CO₂: використання атмосфери вуглекислого газу гальмує мікробіологічні процеси;
- Криогенне охолодження: застосування парів рідкого азоту або діоксиду вуглецю скорочує процес до 2-4 годин.

2.6 Заморожування м'ясної продукції

Заморожування – процес глибокого зниження температури в товщі продукту до –8 °С та нижче з переведенням вологи у кристалічний стан. Заморожена продукція має тривалий термін зберігання.

Форми заморожування:

- Напівтуші та четвертини: підвішують на рейкові підвісні системи;
- Відруби: укладають на металеві стелажі або піддони;
- Жиловане м'ясо: формують у блоки масою 20-30 кг та загортають у пергамент або полімерну плівку;
- Фасована продукція: розміщують у картонних коробах по 10-15 кг.

Інноваційні технології заморожування:

Кріогенне заморожування: використання рідкого азоту (температура $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$) або твердого діоксиду вуглецю (температура $-78\text{ }^{\circ}\text{C}$). Переваги методу:

- Скорочення часу заморожування до 15-30 хвилин;
- Формування дрібних кристалів льоду, що мінімізує руйнування клітинних структур;
- Зниження втрат маси до 0,3-0,5%;
- Збереження високих органолептичних властивостей після розморожування.

Флюїдизаційне заморожування: продукція обробляється потоком холодного повітря швидкістю 5-8 м/с, що створює ефект псевдокиплячого шару. Забезпечує індивідуальне швидке заморожування дрібних шматків.

2.7 Зберігання охолодженої та замороженої продукції

Камери зберігання охолодженого м'яса:

- Температура повітря: $0\text{...}-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ (оптимальна $0\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Відносна вологість: 85-90%
- Швидкість циркуляції повітря: 0,1-0,3 м/с
- Терміни зберігання: яловичина – 10-16 діб, свинина – 7-14 діб, баранина – 10-12 діб
- Особливості: туші розміщують з інтервалом 50 мм, від стіни – мінімум 300 мм

Камери зберігання замороженого м'яса:

- Температура повітря: $-18\text{...}-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (для тривалого зберігання $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$)

- Відносна вологість: 95-98%
- Швидкість повітроруху: мінімальна (0,1-0,2 м/с)
- Терміни зберігання: яловичина – до 12 місяців, свинина – до 6 місяців, баранина – до 10 місяців
- Особливості: продукцію укладають штабелями висотою до 4-5 метрів з проходами для циркуляції

Технологічні вимоги до зберігання:

Стабілізація температурного режиму: не допускаються коливання температури більше $\pm 0,5$ °C для охолодженого м'яса та ± 1 °C для замороженого. Перепади температури викликають конденсацію вологи та розвиток мікрофлори.

Роздільне зберігання: м'ясо різних видів тварин, різних термінів надходження та різного призначення зберігають окремо. Це запобігає перехресному забрудненню та полегшує товарообіг.

Санітарний контроль: щоденно контролюють температурно-вологісний режим, стан упаковки, відсутність постороннього запаху. Щотижнево проводять мікробіологічний контроль повітря камер.

2.8 Зберігання субпродуктів

Камери для охолоджених субпродуктів:

- Температура: 0...-2 °C
- Відносна вологість: 85-90%
- Термін зберігання: I категорії – 48 годин, II категорії – 24 години
- Упаковка: металеві або пластикові контейнери з перфорацією

Камери для заморожених субпродуктів:

- Температура: -18...-20 °C
- Відносна вологість: 95-98%
- Термін зберігання: I категорії – до 6 місяців, II категорії – до 3 місяців
- Упаковка: полімерні мішки або картонні коробки масою до 20 кг

Технологічні особливості обробки субпродуктів:

Субпродукти швидше піддаються мікробіологічному псуванню, тому до них застосовують інтенсивні режими охолодження. Після первинної обробки субпродукти негайно (протягом 1 години) направляють до камер охолодження або заморожування.

Печінку та нирки зберігають окремо від інших субпродуктів через підвищену чутливість до сторонніх запахів. Язики упаковують індивідуально для збереження товарного вигляду.

2.9 Методи подовження термінів зберігання

Вакуумна упаковка: продукцію герметично упаковують у полімерні плівки з видаленням повітря. Відсутність кисню гальмує окислювальні процеси та розвиток аеробних мікроорганізмів. Термін зберігання охолодженого м'яса подовжується до 30-45 діб.

Модифіковане газове середовище (МГС): упаковка в атмосфері суміші газів (70-80% N₂, 20-30% CO₂). Вуглекислий газ створює бактеріостатичний ефект. Термін зберігання – до 60 діб при 0...+2 °С.

Застосування плівкотвірних речовин: на поверхню продукції наносять харчові покриття (желатинові, казеїнові, альгінатні), які створюють бар'єр для мікроорганізмів та зменшують усушку. Терміни зберігання збільшуються на 30-50%.

2.10 Організація технологічних потоків

Холодильний комплекс організовано за принципом односпрямованого руху сировини для запобігання перехресному забрудненню:

1. **Зона приймання:** розвантаження сировини з транспорту, первинна експертиза;
2. **Зона підготовки:** промивання, обсушування, санітарна обробка;
3. **Зона обвалювання:** розділка, обвалювання, жилування (за необхідності);

4. **Зона охолодження:** камери інтенсивного охолодження та доохолодження;

5. **Зона заморожування:** морозильні тунелі та камери заморожування;

6. **Зона зберігання:** холодильні камери для охолодженої та замороженої продукції;

7. **Зона експедиції:** підготовка до відвантаження, формування партій, завантаження транспорту.

Між зонами передбачено температурні шлюзи для мінімізації теплового навантаження на холодильне обладнання.

2.11 Контроль якості та безпеки

На всіх етапах технологічного процесу здійснюється багатоступеневий контроль:

- Органолептична оцінка: колір, запах, консистенція;
- Вимірювання температури в товщі продукту;
- Мікробіологічний аналіз;
- Контроль відповідності маркування;
- Ведення журналів технологічного обліку.

Система контролю побудована за принципами HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points) з ідентифікацією критичних контрольних точок у технологічному ланцюгу.

						00.MP.000142.003.013.ПЗ	Лист
							17
Вип	Лист	№ док.ум	Підпис	Дата			

3 ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНИХ ПЛОЩ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА

3.1 Обсяг камери для зберігання продукції розраховується за наступною формулою:

$$V_k = M_{\text{доб}} \cdot \tau, \text{ т}$$

де $M_{\text{доб}}$ – кількість вантажів, що надходять щоденно до камер зберігання, т/доб; τ – період зберігання, діб; визначається згідно з ([2] с. 18-19).

3.2 Будівельна площа складської камери без системи підвісних шляхів розраховується за формулою 7.2 ([2] с. 38):

$$F_{\text{буд.к.зб.}} = V_k / (q_v \cdot h_v \cdot \beta_F), \text{ м}^2$$

де q_v – питоме навантаження на 1 м³ корисного об'єму камери, т/м³; визначається за додатком 11 ([2] с. 218) та таблицею 8 ([6] с.19); h_v – корисна висота укладання вантажу, м; визначається за додатком 11 ([2] с. 39); β_F – коефіцієнт ефективного використання площі камери, визначається за додатком 11 ([2] с. 39).

3.3 Будівельна площа камери для термічної обробки розраховується за формулою 7.5 ([2] с.39):

$$F_{\text{буд.к.т.о}} = (M_{\text{доб}} \cdot \tau) / (q_F \cdot 24), \text{ м}^2$$

де $M_{\text{доб}}$ – щоденне надходження продукції в камеру термообробки, т/доб; τ – тривалість процесу холодильної обробки, год; визначається за ([2] с. 18-19); q_F – питоме навантаження на 1 м² площі камери, т/м²; обирається залежно від методу розташування продукції під час холодильної обробки згідно з ([2] с.39).

3.4 Будівельна площа камери для зберігання охолодженого м'яса на підвісній системі розраховується за формулою 7.4 ([2] с.39):

$$F_{\text{буд.к.зб}} = (1,2 \cdot V_k) / 0,25, \text{ м}^2$$

де 1,2 – коефіцієнт переведення від навантаження на підвісні конструкції до навантаження на 1 м² площі, м²/м; 0,25 – навантаження на 1 м підвісної системи, т/м; 24 – коефіцієнт переведення годин у доби; q_F – питоме навантаження на 1 м² площі камери, т/м²; обирається відповідно до способу розміщення продукції при холодильній обробці за ([2] с39).

3.16 Загальна фактична площа холодильної установки визначається за формулою:

$$F_{\text{заг.хол.}} = F_{\text{буд.д.хол.}} + F_{\text{буд.експ.}} + F_{\text{буд.доп.}} + F_{\text{буд.сл.пр.}} + F_{\text{буд.м.в.}}, \text{ м}^2$$

Таблиця 3.1 – Розрахунок будівельних площ камер холодильника

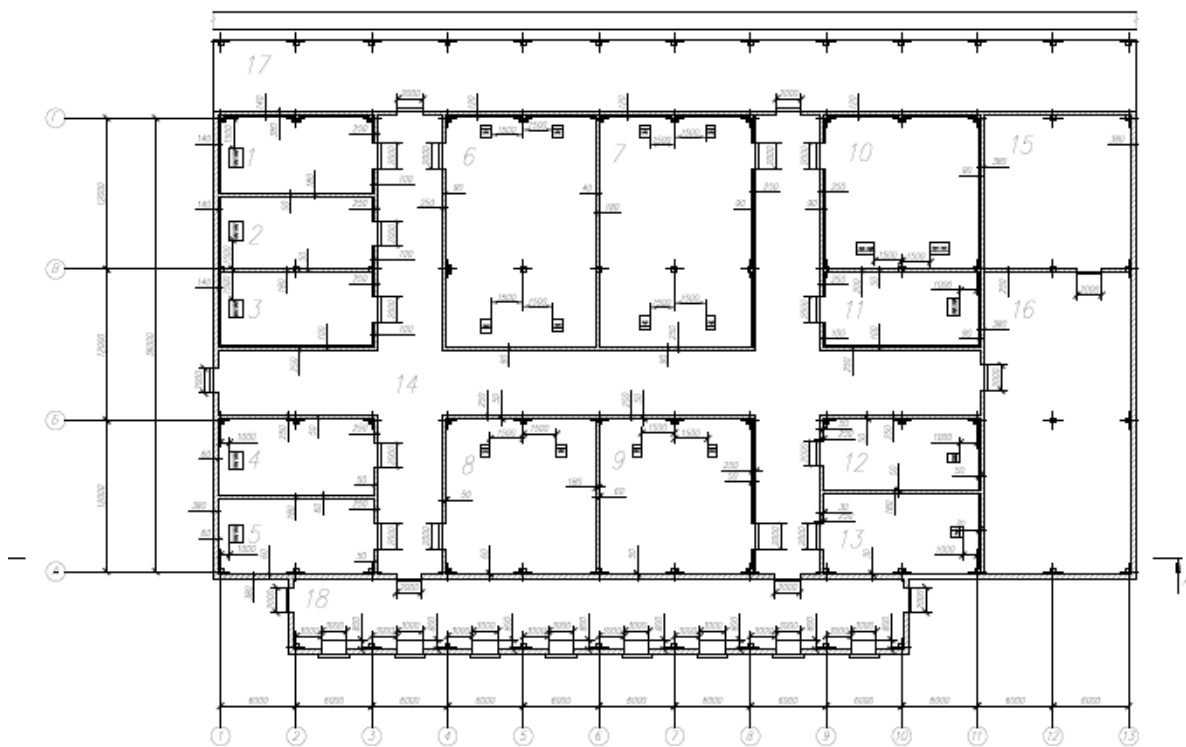
Назва камери	Вк, т	Мдоб	τ , діб	τ , год	qv , т/м ³	hв, м	βF	qF	Fбуд, м ²	f, м ²	пр, шт	нд, шт	Fбуд.д, м ²	Вк.д, т
КТО м'яса замор	-	2,0	-	27	-	-	-	0,15	150	72	2,1	3	216	-
КТО м'яса охол	-	2,0	-	16	-	-	-	0,15	89	72	1,2	2	144	-
КТО с/п	-	1,0	-	24	-	-	-	0,30	33	72	0,45	1	72	-
КЗМ м'яса	400	2,0	2,0	-	0,35	3,80	0,80	-	376	72	5,2	6	432	462
КЗМ с/п	120	6	2,0	-	0,60	3,00	0,75	-	89	72	1,2	2	144	200
КЗО м'яса	60	2,0	3	-	-	-	-	-	288	72	4	4	288	60
КЗО жиру	40	4	1,0	-	0,90	3,00	0,70	-	21	72	0,3	1	72	133
Будівельна площа камер	-	-	-	-	-	-	-	-	-	72	-	19	1368	-
Експедиція	-	5,0	-	-	-	-	-	-	71	72	0,98	1	72	-
Допоміжні приміщення	-	-	-	-	-	-	-	-	410	72	5,7	6	432	-
Службові приміщення	-	-	-	-	-	-	-	-	137	72	1,9	2	144	-
Машинне відділення	-	-	-	-	-	-	-	-	274	72	3,8	4	288	-
Площа всього холодильника	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	2304	-

Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Лист

20



План холодильника

Камера заморожування м'яса №1, 2. Камера заморожування м'яса №2, 3. Камера заморожування м'яса №3, 4. Камера охолодження м'яса №1, 5. Камера охолодження м'яса №2, 6. Камера зберігання мороженого м'яса №1, 7. Камера зберігання мороженого м'яса №2, 8. Камера зберігання охолодженого м'яса №1, 9. Камера зберігання охолодженого м'яса №2, 10. Камера зберігання субпродуктів, 11. Камера заморожування субпродуктів, 12. Камера зберігання жиру, 13. Експедиція, 14. Коридор, 15. Службове приміщення, 16. Машинне відділення, 17. Залізнична платформа, 18. Автомобільна платформа.

Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Лист

21

4 РОЗРАХУНОК ІЗОЛЯЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Холодильний комплекс проектується як одноярусна споруда з каркасною конструктивною системою, де стіни виконують самонесучу функцію. Силовий каркас формується з готових колон, балок і ферм заводського виготовлення, що сприймають зусилля від даху та встановленого підвісного технологічного оснащення. Самонесучі стінові конструкції опираються на ростверкові балки фундаменту, які розміщені на фундаментних блоках під вертикальними опорами.

Ключові конструктивні рішення:

Планування приміщень:

- Зі сходу розміщено машинне та адміністративне відділення.
- З північного боку облаштовано залізничну вантажну платформу на позначці чистої підлоги (відстань від верху рейки – 1400 мм). Для полегшення доступу до дверей рефрижераторних вагонів платформа має понижену ділянку з параметрами: ширина 560 мм, висота 1100 мм.
- З південної сторони передбачено автомобільну вантажну платформу з висотою 1200 мм відносно розвантажувального майданчика.

Стінові конструкції та опорні елементи:

- Використовуються вертикальні опори з поперечним перерізом 400×400 мм, розташовані за модульною системою 6×12 м.
- Зовнішні огорожувальні конструкції: цегляна стіна товщиною 380 мм з теплоізоляційним шаром та пароізоляційною мембраною з внутрішньої сторони.
- Розділові стіни між охолоджуваними та неохолоджуваними зонами мають товщину 250 мм. Для внутрішніх перегородок застосовується товщина 180 мм.
- Теплоізоляційний матеріал для стін між камерами з різним температурним режимом монтується з боку нижчої температури.

										Лист
										22
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата						

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Дахове покриття:

- Складається з несучих панелей, що спираються на горизонтальні балки. Ухил даху становить 1,5–2%, поверхня пофарбована світлими фарбами.

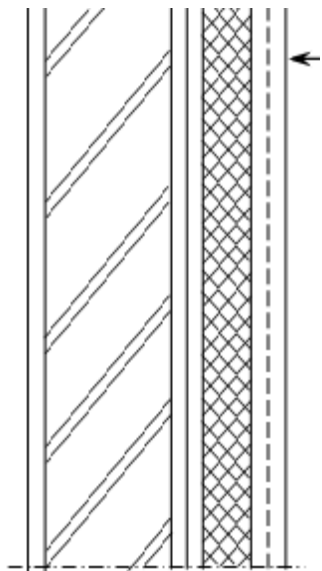
Підлогова конструкція:

- Суцільна залізобетонна плита завтовшки 40–50 мм із зміцненою поверхнею (нанесений топінговий шар) та протипиловою просочкою.
- Ізоляційний шар: панелі SturodurC виробництва «BASE».
- Система захисту від підґрунтового промерзання: бетонна основа з вбудованими електричними нагрівальними елементами виробництва компанії «Devi» (Данія).

Дверні системи:

- Розсувні дверні конструкції з товщиною панелі 120 мм для камер зберігання заморожених продуктів і 80 мм для зон охолодження та експедиційного відділення.
- Металеве облицювання дверей одночасно виконує роль пароізоляційного бар'єру.
- Двері для низькотемпературних зон оснащені системою електричного підігріву (трубчасті електронагрівачі) та клапанами компенсації тиску.

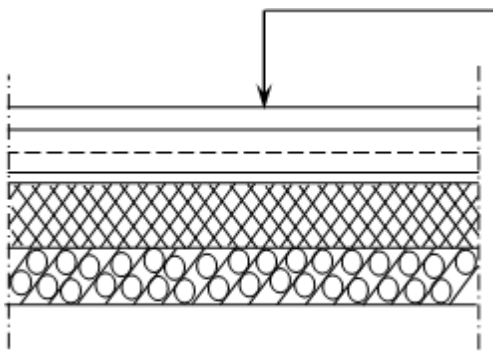
Проектне рішення повністю задовольняє актуальні стандарти щодо експлуатаційності, техніки безпеки та оптимізації енергоспоживання холодильних об'єктів.



Зовнішні і внутрішні стіни, перегородки

1. Штукатурка складним розчином по металевій сітці
2. Теплоізоляція плитна (SturodurC)
3. Пароізоляція – 2 шари гідроізолю на бітумній мастиці
4. Штукатурка цементно-піщана
5. Кладка цегляна на цементному розчині
6. Штукатурка складним розчином

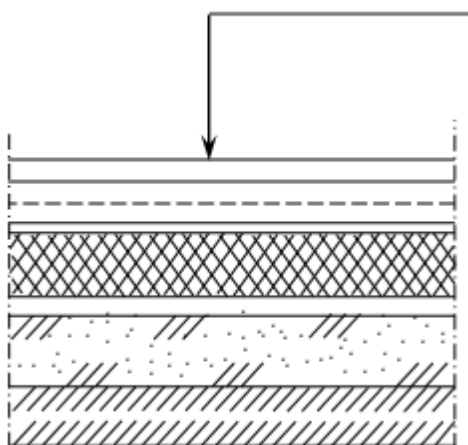
Рисунок 4.1



Покриття

1. 5 шарів гідроізолю на бітумній мастиці
2. Стяжка з бетону по металевій сітці
3. Пароізоляція (шар пергаміну)
4. Плитна теплоізоляція (SturodurC)
5. Залізобетонна плита покриття

Рисунок 4.2



Підлога

1. Монолітне бетонне покриття з важкого бетону
2. Армобетонна стяжка
3. Пароізоляція (1 шар пергаміна)
4. Плитна теплоізоляція (SturodurC)
5. Цементно-піщаний розчин
6. Ущільнюючий пісок
7. Бетонна підготовка з електронагрівачами

Рисунок 4.3

4.3 Розрахунок теплоізоляції для камери зберігання замороженого м'яса

Вихідні дані:

- Температура в камері: $t_{вн} = -18\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Температура зовнішнього повітря (для Узина): $t_{зн} = +25\text{ }^{\circ}\text{C}$ (літній період)
- Температура ґрунту: $t_{гр} = +5\text{ }^{\circ}\text{C}$

Теплофізичні характеристики матеріалів:

Матеріал	λ , Вт/(м·К)	δ , м
Штукатурка складна	0,87	0,020
Цегляна кладка	0,81	0,380
Штукатурка цементно-піщана	0,93	0,015
Пароізоляція (гідроізол)	0,17	0,008
Теплоізоляція SturodurC	0,035	розрахункова
Залізобетон	2,04	0,200
Бетонна стяжка	1,86	0,030
Бетонне покриття	1,86	0,050
Армобетонна стяжка	2,04	0,040
Пергамін	0,17	0,004
Цементно-піщаний розчин	0,93	0,030
Гідроізол (покриття)	0,17	0,020

Коефіцієнти тепловіддачі:

- $\alpha_{зн}$ (зовнішнє повітря): $17\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
- $\alpha_{вн}$ (внутрішнє повітря камери -18°C): $12\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
- $\alpha_{гр}$ (від ґрунту): $10\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$

Нормативні коефіцієнти теплопередачі K_0 :

- Зовнішня стіна (при $t_{вн} = -18^{\circ}\text{C}$): $K_0 = 0,23\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
- Покриття (при $t_{вн} = -18^{\circ}\text{C}$): $K_0 = 0,20\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
- Підлога (при $t_{вн} = -18^{\circ}\text{C}$): $K_0 = 0,25\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$
- Перегородка між камерами з $\Delta t = 18^{\circ}\text{C}$: $K_0 = 0,35\text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$

4.3.1 Розрахунок зовнішньої стіни

Склад огороження (від теплої до холодної сторони):

1. Штукатурка зовнішня – $\delta_1 = 0,020$ м, $\lambda_1 = 0,87$ Вт/(м·К)
2. Цегляна кладка – $\delta_2 = 0,380$ м, $\lambda_2 = 0,81$ Вт/(м·К)
3. Штукатурка цементно-піщана – $\delta_3 = 0,015$ м, $\lambda_3 = 0,93$ Вт/(м·К)
4. Пароізоляція – $\delta_4 = 0,008$ м, $\lambda_4 = 0,17$ Вт/(м·К)
5. Теплоізоляція SturodurC – $\delta_{із.р} = ?$, $\lambda_{із} = 0,035$ Вт/(м·К)
6. Штукатурка внутрішня – $\delta_5 = 0,020$ м, $\lambda_5 = 0,87$ Вт/(м·К)

Розрахунок термічних опорів існуючих шарів:

$$R_1 = \delta_1/\lambda_1 = 0,020/0,87 = 0,023 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$R_2 = \delta_2/\lambda_2 = 0,380/0,81 = 0,469 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$R_3 = \delta_3/\lambda_3 = 0,015/0,93 = 0,016 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$R_4 = \delta_4/\lambda_4 = 0,008/0,17 = 0,047 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

$$R_5 = \delta_5/\lambda_5 = 0,020/0,87 = 0,023 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Сума термічних опорів існуючих шарів:

$$\Sigma R_i = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 = 0,023 + 0,469 + 0,016 + 0,047 + 0,023 = 0,578$$
$$\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$$

Розрахунок необхідної товщини теплоізоляції:

$$\delta_{із.р} = \lambda_{із} \cdot [(1/K_o) - (1/\alpha_{зН} + \Sigma R_i + 1/\alpha_{вН})]$$

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot [(1/0,23) - (1/17 + 0,578 + 1/12)]$$

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot [4,348 - (0,059 + 0,578 + 0,083)]$$

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot [4,348 - 0,720]$$

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot 3,628 = 0,127 \text{ м} = 127 \text{ мм}$$

Приймаємо стандартну товщину теплоізоляції: $\delta_{із.д} = 0,140 \text{ м} = 140 \text{ мм}$

Перевірка фактичного коефіцієнта теплопередачі:

$$K_{од} = 1 / [(1/\alpha_{зН}) + \Sigma R_i + (\delta_{із.д}/\lambda_{із}) + (1/\alpha_{вН})]$$

$$K_{од} = 1 / [(1/17) + 0,578 + (0,140/0,035) + (1/12)]$$

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	Лист
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата		26

4.3.3 Розрахунок підлоги

Склад огороження (зверху вниз):

1. Бетонне покриття – $\delta_1 = 0,050$ м, $\lambda_1 = 1,86$ Вт/(м·К)
2. Армобетонна стяжка – $\delta_2 = 0,040$ м, $\lambda_2 = 2,04$ Вт/(м·К)
3. Пергамін – $\delta_3 = 0,004$ м, $\lambda_3 = 0,17$ Вт/(м·К)
4. Теплоізоляція SturodurC – $\delta_{із.р} = ?$, $\lambda_{із} = 0,035$ Вт/(м·К)
5. Цементно-піщаний розчин – $\delta_4 = 0,030$ м, $\lambda_4 = 0,93$ Вт/(м·К)
6. Бетонна підготовка – $\delta_5 = 0,100$ м, $\lambda_5 = 1,86$ Вт/(м·К)

Розрахунок термічних опорів:

$$R_1 = 0,050/1,86 = 0,027 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_2 = 0,040/2,04 = 0,020 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_3 = 0,004/0,17 = 0,024 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_4 = 0,030/0,93 = 0,032 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$R_5 = 0,100/1,86 = 0,054 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

$$\Sigma R_i = 0,027 + 0,020 + 0,024 + 0,032 + 0,054 = 0,157 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Розрахунок товщини теплоізоляції:

Для підлоги $\alpha_{зн} = \alpha_{гр} = 10$ Вт/(м²·К) (контакт з ґрунтом)

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot [(1/0,25) - (1/10 + 0,157 + 1/12)]$$

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot [4,000 - (0,100 + 0,157 + 0,083)]$$

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot [4,000 - 0,340]$$

$$\delta_{із.р} = 0,035 \cdot 3,660 = 0,128 \text{ м} = 128 \text{ мм}$$

Приймаємо: $\delta_{із.д} = 0,140$ м = 140 мм

Фактичний коефіцієнт теплопередачі:

$$K_{од} = 1 / [(1/10) + 0,157 + (0,140/0,035) + (1/12)]$$

$$K_{од} = 1 / [0,100 + 0,157 + 4,000 + 0,083]$$

$$K_{од} = 1 / 4,340 = 0,230 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$$

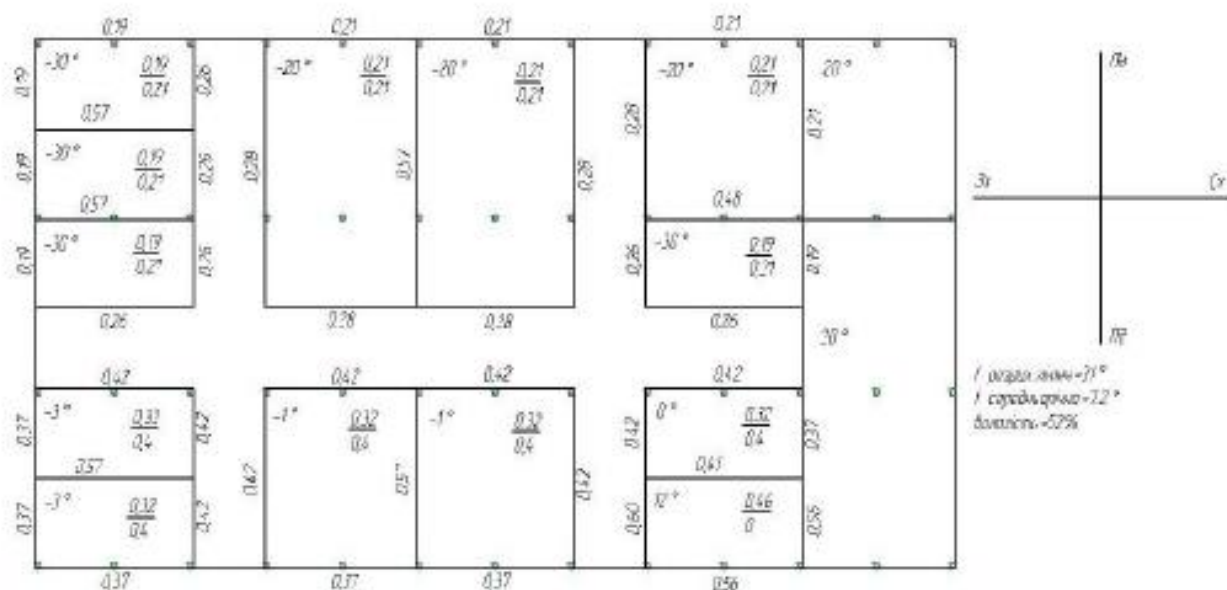
Перевірка: $0,230 < 0,25$ – умова виконується ✓

Таблиця 4.1 Зведена таблиця розрахунку ізоляції

Назва умовного проєктування	$T_{вн}$; °C	$K_{св}$; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$\alpha_{св1}$; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$\alpha_{св2}$; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	$\frac{\delta_1}{\lambda_1}$; $\frac{М \cdot К}{Вт}$	$\frac{\delta_2}{\lambda_2}$; $\frac{М \cdot К}{Вт}$	$\frac{\delta_3}{\lambda_3}$; $\frac{М \cdot К}{Вт}$	$\frac{\delta_4}{\lambda_4}$; $\frac{М \cdot К}{Вт}$	$\frac{\delta_5}{\lambda_5}$; $\frac{М \cdot К}{Вт}$	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$; $\frac{М \cdot К}{Вт}$	$\lambda_{св}$; $\frac{Вт}{М \cdot К}$	$\delta_{св,р}$; М	$\delta_{св,а}$; М	K_0^0 ; $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$
ЗС ХК	-30	0,20	23	11	0,02	0,004	0,02	0,38	0,02	0,64	0,031	0,131	0,14	0,19
					0,98	0,3	0,67	0,93						
ЗС ХК	-20	0,23	23	9	0,02	0,004	0,02	0,38	0,02	0,64	0,031	0,110	0,12	0,21
					0,98	0,3	0,67	0,93						
ЗС ТК	-3	0,37	23	11	0,02	0,004	0,02	0,38	0,02	0,64	0,031	0,060	0,06	0,37
					0,98	0,3	0,67	0,93						
ЗС ТК	12	0,64	23	8	0,02	0,004	0,02	0,38	0,02	0,64	0,031	0,023	0,03	0,56
					0,98	0,3	0,67	0,93						
ВС ХК	-30	0,27	8	11	0,02	0,004	0,02	0,25	0,02	0,45	0,031	0,094	0,1	0,26
					0,98	0,3	0,67	0,93						
ВС ХК	-20	0,28	8	9	0,02	0,004	0,02	0,25	0,02	0,45	0,031	0,089	0,09	0,28
					0,98	0,3	0,67	0,93						
ВС ХК	-3	0,43	8	11	0,02	0,004	0,02	0,25	0,02	0,57	0,031	0,048	0,05	0,42
					0,98	0,3	0,67	0,93						
ВС ТК	12	0,64	8	8	0,02	0,004	0,02	0,25	0,02	0,45	0,031	0,027	0,03	0,60
					0,98	0,3	0,67	0,93						

Продовження таблиці 4.1 Зведена таблиця розрахунку ізоляції

Покрит. ХК	-30	0,19	23	11	0,012	0,04	0,001		0,035	0,09	0,031	0,156	0,16	0,19
					0,3	1,86	0,15		2,04					
Покрит. ХК	-20	0,22	23	9	0,012	0,04	0,001		0,035	0,09	0,031	0,133	0,14	0,21
					0,3	1,86	0,15		2,04					
Покрит. ХК	-3	0,34	23	11	0,012	0,04	0,001		0,035	0,09	0,031	0,084	0,09	0,32
					0,3	1,86	0,15		2,04					
Покрит. ТК	12	0,52	23	8	0,012	0,04	0,001		0,035	0,09	0,031	0,052	0,06	0,46
					0,3	1,86	0,15		2,04					
Підлога ХК	-30	0,21		11	0,04	0,08	0,001	0,025	1,35	2,44	0,031	0,069	0,07	0,21
					1,86	1,86	0,15	0,68	0,58					
Підлога ХК	-20	0,21		9	0,04	0,08	0,001	0,025	1,35	2,44	0,031	0,069	0,07	0,21
					1,86	1,86	0,15	0,68	0,58					
Підлога ХК	-3	0,41		11	0,04	0,08	0,001	0,025	1,35	2,44	0,031			0,40
					1,86	1,86	0,15	0,68	0,58					
Підлога ТК	12	0		8	0,04	0,08	0,001	0,025	1,35	2,44	0,031	0,079	0,08	0,00
					1,86	1,86	0,15	0,68	0,58					
Перег.	-20/-20	0,58	9	9	0,02	0,004	0,02	0,12	0,02	0,26	0,031	0,039	0,04	0,57
					0,98	0,3	0,93	0,67	0,93					
Перег.	-30/-20	0,50	9	11	0,02	0,004	0,02	0,12	0,02	0,26	0,031	0,048	0,05	0,48
					0,98	0,3	0,93	0,67	0,93					
Перег.	-0/12	0,43	8	9	0,02	0,004	0,02	0,12	0,02	0,26	0,031	0,057	0,06	0,41
					0,98	0,3	0,93	0,67	0,93					



5 РОЗРАХУНОК ТЕПЛО НАДХОДЖЕНЬ

Теплове навантаження на холодильне обладнання камери розраховується як сумарне значення всіх теплових притоків до камери відповідно до формули 9.1 ([2], с. 55):

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_{\text{обл}}, \text{ Вт}$$

Теплові притоки крізь огорожувальні елементи Q_1 обчислюються за формулою 9.2 ([2] с. 56):

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ Вт}$$

де Q_{1T} – теплові надходження крізь стінові конструкції, перегородки, дахове покриття і підлогову основу, Вт; Q_{1C} – теплові притоки від сонячного випромінювання, Вт.

Теплові надходження крізь стінові конструкції, перегородки, дахове покриття і підлогову основу розраховуються за формулою 9.3 ([2] с. 56):

$$Q_{1T} = K_{0d} \cdot F \cdot (t_{zn} - t_{вн}), \text{ Вт}$$

де K_{0d} – фактичний показник теплопередачі огорожувальної конструкції, Вт/(м²·К); береться з таблиці 4.1 розділу 4; F – площа поверхні огороження для розрахунку, м²; t_{zn} і $t_{вн}$ – розрахункові температурні показники зовнішнього повітряного середовища і повітря всередині камери, °С.

Під час обчислення теплових притоків через огороження, що межують з приміщеннями без охолодження (коридорні простори, вестибулі, тамбурні зони), температурний перепад береться як частка від розрахункового температурного перепаду для зовнішніх стінових конструкцій: $0,7(t_{zn} - t_{вн})$ для приміщень, що з'єднуються із зовнішнім повітряним середовищем, та $0,6(t_{zn} - t_{вн})$ для приміщень без такого зв'язку.

Теплові притоки від сонячного випромінювання обчислюються за формулою 9.7 ([2] с. 57):

$$Q_{1C} = K_{0d} \cdot F \cdot \Delta t_c, \text{ Вт}$$

де Δt_c – додаткова температурна різниця, що відображає вплив сонячного випромінювання в літній період, °С; береться з таблиці 9.1 ([2] с. 58).

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	Лист
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата		32

5.2 Детальний розрахунок теплопритоків для камери КТО м'яса заморожування №1 (№3)

5.2.1 Розрахунок теплопритоків через огороження

а) Зовнішня стіна - Північна (ЗС - Пн):

Розміри: $L = 12$ м, $H = 6$ м, $F = 72$ м²

$$K_{од} = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = t_{зн} - t_{вн} = 31 - (-30) = 61 \text{ }^\circ\text{С}$$

$$Q_{1т.зс.пн} = K_{од} \times F \times \Delta t = 0,19 \times 72 \times 61 = 834 \text{ Вт}$$

Сонячна радіація: $\Delta t_c = 0$ °С (північна орієнтація)

$$Q_{1с.зс.пн} = 0 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.зс.пн} = 834 + 0 = 834 \text{ Вт}$$

б) Внутрішня стіна - Східна (ВС - Сх):

Розміри: $B = 6$ м, $H = 6$ м, $F = 36$ м²

$$K_{од} = 0,26 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 43 \text{ }^\circ\text{С (з камерою з вищою температурою)}$$

$$Q_{1т.вс.сх} = 0,26 \times 36 \times 43 = 402 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.вс.сх} = 402 \text{ Вт}$$

в) Перегородка - Північна (П - Пн):

Розміри: $L = 12$ м, $H = 6$ м, $F = 72$ м²

$$K_{од} = 0,57 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = -30 - (-30) = 0 \text{ }^\circ\text{С (з камерою з такою ж температурою)}$$

$$Q_{1т.п.пн} = 0,57 \times 72 \times 0 = 0 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.п.пн} = 0 \text{ Вт}$$

г) Зовнішня стіна - Західна (ЗС - Зх):

Розміри: $B = 6$ м, $H = 6$ м, $F = 36$ м²

$$K_{од} = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 31 - (-30) = 61 \text{ }^\circ\text{С}$$

$$Q_{1т.зс.зх} = 0,19 \times 36 \times 61 = 417 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.зс.зх} = 417 \text{ Вт}$$

д) Покриття:

Розміри: $L = 12 \text{ м}$, $B = 6 \text{ м}$, $F = 72 \text{ м}^2$

$$K_{од} = 0,19 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 31 - (-30) = 61 \text{ }^\circ\text{С}$$

$$Q_{1т.покр} = 0,19 \times 72 \times 61 = 834 \text{ Вт}$$

Сонячна радіація: $\Delta t_{с} = 14,9 \text{ }^\circ\text{С}$

$$Q_{1с.покр} = 0,19 \times 72 \times 14,9 = 204 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.покр} = 834 + 204 = 1038 \text{ Вт}$$

е) Підлога:

Розміри: $L = 12 \text{ м}$, $B = 6 \text{ м}$, $F = 72 \text{ м}^2$

$$K_{од} = 0,21 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 1 - (-30) = 31 \text{ }^\circ\text{С} \text{ (температура ґрунту } t_{гр} = +1 \text{ }^\circ\text{С)}$$

$$Q_{1т.підл} = 0,21 \times 72 \times 31 = 469 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.підл} = 469 \text{ Вт}$$

Загальні теплопритоки через огороження для КТО м'яса №1:

$$Q_1 = 834 + 402 + 0 + 417 + 1038 + 469 = 3160 \text{ Вт}$$

5.3 Детальний розрахунок теплопритоків для камери КТО м'яса охолодження №1

5.3.1 Розрахунок теплопритоків через огороження

а) Внутрішня стіна - Північна (ВС - Пн):

$$F = 72 \text{ м}^2, K_{од} = 0,42 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 24 \text{ }^\circ\text{С} \text{ (між камерами)}$$

$$Q_{1т.вс.пн} = 0,42 \times 72 \times 24 = 726 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.вс.пн} = 726 \text{ Вт}$$

б) Внутрішня стіна - Східна (ВС - Сх):

$$F = 36 \text{ м}^2, K_{од} = 0,42 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 24 \text{ }^\circ\text{С}$$

$$Q_{1т.вс.сх} = 0,42 \times 36 \times 24 = 363 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.вс.сх} = 363 \text{ Вт}$$

в) Перегородка - Північна (П - Пн):

$$F = 72 \text{ м}^2, K_{од} = 0,57 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = -3 - (-3) = 0 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{1т.п.пн} = 0,57 \times 72 \times 0 = 0 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.п.пн} = 0 \text{ Вт}$$

г) Зовнішня стіна - Західна (ЗС - Зх):

$$F = 36 \text{ м}^2, K_{од} = 0,37 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 31 - (-3) = 34 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{1т.зс.зх} = 0,37 \times 36 \times 34 = 453 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.зс.зх} = 453 \text{ Вт}$$

д) Покриття:

$$F = 72 \text{ м}^2, K_{од} = 0,32 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 31 - (-3) = 34 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{1т.покр} = 0,32 \times 72 \times 34 = 783 \text{ Вт}$$

$$\Delta t_c = 14,9 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{1с.покр} = 0,32 \times 72 \times 14,9 = 343 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.покр} = 783 + 343 = 1127 \text{ Вт}$$

е) Підлога:

$$F = 72 \text{ м}^2, K_{од} = 0,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

$$\Delta t = 1 - (-3) = 4 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{1т.підл} = 0,4 \times 72 \times 4 = 115 \text{ Вт}$$

$$Q_{1.підл} = 115 \text{ Вт}$$

Загальні теплопритоки через огороження для КТО м'яса охол №1:

$$Q_1 = 726 + 363 + 0 + 453 + 1127 + 115 = 2784 \text{ Вт}$$

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	Лист
						35
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q1

Назва камери	Найменування огороження	K ₀ Вт м ² ×К	Розміри, м			F, м ²	t _{вн} , °С	t _{вн} , °С	t _{вн} - t _{вн} , °С	Δt _c , °С	Q _{1т,т} , Вт	Q _{1c} , Вт	Q _{1,т} , Вт
			L	B	H								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КТО м'яса №1 (№2, №3)	ЗС - Пн	0,19	12		6	72	31	-30	61	0	834	0	834
	ВС - Сх	0,26	6		6	36	43			402		402	
	П - Пд	0,57	12		6	72	-30		0		0		0
	ЗС - Зх	0,19	6		6	36	31		61		417		417
	Покриття	0,19	12	6		72	31		61	14,9	834	204	1038
	Підлога	0,21	12	6		72	1		31		469		469
												3160	
КТО м'яса охол. №1	ВС - Пн	0,42	12		6	72		-3	24		726		726
	ВС - Сх	0,42	6		6	36			24		363		363
	П - Пд	0,57	12		6	72	-3		0		0		0
	ЗС - Зх	0,37	6		6	36	31		34		453		453
	Покриття	0,32	12	6		72	31		34	14,9	783	343	1127
	Підлога	0,4	12	6		72	1		4		115		115
												2784	
КТО м'яса охол. №2	П - Пн	0,57	12		6	72	-3	-3	0		0		0
	ВС - Сх	0,42	6		6	36			24		363		363
	ЗС - Пд	0,37	12		6	72	31		34	4,9	906	130	518
	ЗС - Зх	0,37	6		6	36	31		34		453		453
	Покриття	0,32	12	6		72	31		34	14,9	783	343	1127
	Підлога	0,4	12	6		72	1		4		115		115
												2576	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КЗМ м'яса №1	ЗС - Пн	0,21	12		6	72	31	-20	51	0	771	0	771
	П - Сх	0,57	18		6	108	-20		0		0		0
	ВС - Пд	0,28	12		6	72			31		623		623
	ВС - Зх	0,28	18		6	108			36		1089		1089
	Покриття	0,21	12	18		216	31		51	14,9	2313	676	2989
	Підлога	0,21	12	18		216	1		21		953		953
													6425
КЗМ м'яса №2	ЗС - Пн	0,21	12		6	72	31	-20	51	0	771	0	771
	ВС - Сх	0,28	18		6	108			36		1089		1089
	ВС - Пд	0,28	12		6	72			31		623		623
	П - Зх	0,57	18		6	108	-20		0		0		0
	Покриття	0,21	12	18		216	31		51	14,9	2313	676	2989
	Підлога	0,21	12	18		216	1		21		953		953
													6425
КЗО м'яса №1	ВС - Пн	0,42	12		6	72		-1	19		575		575
	П - Сх	0,57	12		6	72	-1		0		0		0
	ЗС - Пд	0,37	12		6	72	31		32	4,9	852	131	983
	ВС - Зх	0,42	12		6	72			22		665		665
	Покриття	0,32	12	12		144	31		32	14,9	1475	687	2162
	Підлога	0,4	12	12		144	1		2		115		115
													4500
КЗО м'яса №2	ВС - Пн	0,42	12		6	72		-1	19		575		575
	ВС - Сх	0,42	12		6	72			22		665		665
	ЗС - Пд	0,37	12		6	72	31		32	4,9	852	131	1116
	П - Зх	0,57	12		6	72	-1		0		0		0
	Покриття	0,32	12	12		144	31		32	14,9	1475	687	2162
	Підлога	0,4	12	12		144	1		2		115		115
													4500
КЗМ с/п	ЗС - Пн	0,21	12		6	72	31	-20	51	0	771	0	771
	ЗС - Сх	0,21	12		6	72	20		41		620		620
	П - Пд	0,48	12		6	72	-30		-10		-346		-346
	ВС - Зх	0,28	12		6	72			37		746		746
	Покриття	0,21	12	12		144	31		51	14,9	1542	451	1993
	Підлога	0,21	12	12		144	1		21		635		635
													4765

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
КТО с/п	П - Пн	0,48	12		6	72	-20	30	10		346		346
	ЗС - Сх	0,19	6		6	36	20		50		342		342
	ВС - Пд	0,26	12		6	72			37		693		693
	ВС - Зх	0,26	6		6	36			37		346		346
	Покриття	0,19	12	6		72	31		51	14,9	698	204	902
	Підлога	0,21	12	6		72	1		21		318		318
													2947
КЗО жиу	ВС - Пн	0,42	12		6	72		0	18	0	544	0	544
	ЗС - Сх	0,37	6		6	36	20		20		266		266
	П - Пд	0,41	12		6	72	12		12		354		354
	ВС - Зх	0,42	6		6	36			13		197		197
	Покриття	0,32	12	6		72	31		31	14,9	714	343	1057
	Підлога	0,4	12	6		72	1		1		29		29
													2447
Експедиція	П - Пн	0,41	12		6	72	0	12	-		-354		-354
	ЗС - Сх	0,56	6		6	36	20		8		161		161
	ЗС - Пд	0,56	12		6	72	31		19	4,9	766	198	964
	ВС - Зх	0,60	6		6	36			19		410		410
	Покриття	0,46	12	6		72	31		19	14,9	629	493	1122
	Підлога	0	12	6		72	1		-		0		0
													2657

Теплові притоки від вантажів під час холодильної обробки розраховуються за формулою ([2] с. 58):

$$Q_2 = Q_{2\text{пр}} + Q_{2\text{т}}, \text{ Вт}$$

де $Q_{2\text{пр}}$ – теплові надходження від продукції в процесі холодильної обробки, Вт; $Q_{2\text{т}}$ – теплові надходження від упаковки, Вт.

Теплові надходження від продукції в процесі холодильної обробки обчислюються за формулою 9.8 ([2] с. 58):

$$Q_{2\text{пр}} = (M_{\text{пр}} \cdot \Delta i \cdot 1000 \cdot 1000) / (24 \cdot 3600), \text{ Вт}$$

де $M_{\text{пр}}$ – щоденні обсяги надходження продукції до камери, т/доб; береться з таблиці 2.1 розділу 2; Δi – перепад питомих ентальпій продукції, що відповідають її початковій і кінцевій температурам, кДж/кг; визначається за додатком 10 ([2] с. 217-218).

Теплові надходження від упаковки обчислюються за формулою 9.11 ([2] с.59):

$$Q_{2T} = (M_T \cdot C_T \cdot (t_1 - t_2) \cdot 1000 \cdot 1000) / (24 \cdot 3600), \text{ Вт}$$

де M_T – щоденні обсяги надходження упаковки, т/доб; визначається за ([2] с. 59); C_T – питома теплоємність упаковки, кДж/(кг·К); визначається за ([2] с. 59); t_1 і t_2 – початковий і кінцевий температурні показники упаковки, °С; приймаються ідентичними початковій і кінцевій температурам продукції.

Усі розрахункові дані записуються в таблицю 5.2

Таблиця 5.2 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_2 .

Назва камери	M_{up} , т/доб	M_T , т/доб	t_1 , °С	t_2 , °С	Δt , °С	i_1 , кДж/кг	i_2 , кДж/кг	Δi , кДж/кг	C_T , кДж/кг·К	$\frac{1000 \cdot 1000}{24 \cdot 3600}$	Q_{2up} , Вт	Q_{2T} , Вт	Q_2 , Вт
КТО м'яса №1	6,6		39	-8	47	361	39,4	321,6		11,57	24558		24558
КТО м'яса №2	6,6		39	-8	47	361	39,4	321,6		11,57	24558		24558
КТО м'яса №3	6,6		39	-8	47	361	39,4	321,6		11,57	24558		24558
КТО м'яса охол. №1	10		39	4	35	361	246	115		11,57	13305		13305
КТО м'яса охол. №2	10		39	4	35	361	246	115		11,57	13305		13305
КТО с/п	10	0,7	39	-8	47	401	43,1	357,9	2,3	11,57	41409	875	42284
КЗМ м'яса №1	10		-8	-20	12	39,4	0	39,4		11,57	4558		4558
КЗМ м'яса №2	10		-8	-20	12	39,4	0	39,4		11,57	4558		4558
КЗМ с/п	6	0,7	-8	-20	12	43,1	0	43,1	2,3	11,57	2992	224	3216
КЗО м'яса №1	10		4	0	4	246	232	14		11,57	1620		1620
КЗО м'яса №2	10		4	0	4	246	232	14		11,57	1620		1620
КЗО жиру	4	0,4	40	10	30	332	242	90	0,5	11,57	4165	69	4234

Теплові притоки від вентиляційних процесів розраховуються за формулою ([3] с. 251):

$$Q_3 = (V_k \cdot a \cdot \rho_n \cdot (i_{zn} - i_{vn})) / 86,4, \text{ Вт}$$

де V_k – кубатура камери, м^3 ; a – інтенсивність повітрообміну; визначається за ([2] с. 60); ρ_n – густина повітря при температурному режимі і відносній вологості всередині камери, $\text{кг}/\text{м}^3$; береться з додатку 8 ([4] с. 602); i_{zn} , i_{vn} – значення питомих ентальпій зовнішнього повітряного середовища і повітря всередині камери, $\text{кДж}/\text{кг}$; визначаються за $i-d$ - діаграмою для вологого повітря.

Усі розрахункові дані фіксуються в таблиці 5.3

Таблиця 5.3 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_3

Назва камери	V_k	a	ρ_n	t_{zn}	t_{vn}	ϕ_{zn}	ϕ_{vn}	i_{zn}	i_{vn}	Δi	Q_3
Експедиція	1296	3	1,2	31	12	48	70	67	28	39	2106

Експлуатаційні теплонадходження визначаються за формулою 9.18 ([2] с.61)

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \text{ Вт}$$

де q_1 - теплонадходження від освітлення, Вт;

q_2 - теплонадходження від перебування людей в камері, Вт;

q_3 - теплонадходження від працюючих електродвигунів, Вт;

q_4 - теплонадходження при відкриванні дверей, Вт.

5.4.1 Теплонадходження від освітлення визначається за формулою 9.13 ([2] с. 60)

$$q_1 = A \cdot F, \text{ Вт}$$

де A - теплота, що виділяється джерелом освітлення в одиницю часу на 1 м^2 площі підлоги, $\text{Вт}/\text{м}^2$; приймається по ([2] с. 60);

F - площа камери, м^2 ; приймається по таблиці 2.1 розділу 2.

5.4.2 Теплонадходження від перебування людей в камері визначається за формулою 9.14 ([2] с. 60)

$$q_2 = 350 \cdot n, \text{ Вт}$$

де 350 - тепловиділення однієї людини при важкій фізичній праці, Вт;

n - кількість людей, працюючих в даному приміщенні, чол.; приймається в залежності від площі камери по ([2] с. 60).

5.4.3 Теплонадходження від працюючих електродвигунів визначається за формулою 9.15([2] с. 60)

$$q_3 = N_{\text{дв.}} \cdot 1000, \text{ Вт}$$

де $N_{\text{дв.}}$ - сумарна потужність електродвигунів, кВт; приймається по ([2] с. 60);

1000 - перевідний коефіцієнт з кВт у Вт.

5.4.4 Теплонадходження при відкриванні дверей визначається за формулою 9.17 ([2] с. 61)

$$q_4 = K \cdot F, \text{ Вт}$$

де K - питомий прилив теплоти при відкриванні дверей, Вт/м²; приймається по таблиці 9.2 ([2] с. 61).

Всі розрахунки заносяться в таблицю 5.4

Таблиця 5.4 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_4

Назва камери	F, м ²	A, Вт/м ²	q1, Вт	n	q2, Вт	N _{дв.} , кВт	q3, Вт	K, Вт/м ²	q4, Вт	Q4, Вт
КТО м'яса №1	72	4,7	338	2	700	12	12000	15	1080	14118
КТО м'яса №2	72	4,7	338	2	700	12	12000	15	1080	14118
КТО м'яса №3	72	4,7	338	2	700	12	12000	15	1080	14118
КТО м'яса охол. №1	72	4,7	338	2	700	8	8000	12	864	9902
КТО м'яса охол. №2	72	4,7	338	2	700	8	8000	12	864	9902
КТО с/п	72	4,7	338	2	700	10	10000	15	1080	12118
КЗМ м'яса №1	216	2,3	497	4	1400	4	4000	8	1728	7625
КЗМ м'яса №2	216	2,3	497	4	1400	4	4000	8	1728	7625
КЗМ с/п	144	2,3	331	3	1050	2	2000	12	1728	5109
КЗО м'яса №1	144	2,3	331	3	1050	3	3000	12	1728	6109
КЗО м'яса №2	144	2,3	331	3	1050	3	3000	12	1728	6109
КЗО жиру	72	2,3	166	2	700	2	2000	15	1080	3946
Експедиція	72	4,7	338	2	700			20	1440	2478

Таблиця 5.5 Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q.

Назва камери	t _{ком}	Q1		Q2		Q3		Q4		ΣQ	
		кам. обл.	КМ	кам. обл.	КМ	кам. обл.	КМ	кам. обл.	КМ	кам. обл.	КМ
КТО м'яса охол. №1	-3	2784	2505	13305	11975			9902	5941	25991	20421
КТО м'яса охол. №2	-3	2576	2318	13305	11975			9902	5941	25783	20234
КЗО м'яса №1	-1	4500	4050	1620	1620			6109	3665	12229	9335
КЗО м'яса №2	-1	4500	4050	1620	1620			6109	3665	12229	9335
КЗО жиру	0	2447	2202	4234	4234			3946	2368	10627	8804
Експедиція	12	2657	797			2106	2106	2478	1487	7241	4390
Всього											72519
КЗМ м'яса №1	-20	6425	5782	4558	4558			7625	4575	18608	14915
КЗМ м'яса №2	-20	6425	5782	4558	4558			7625	4575	18608	14915
КЗМ с/п	-20	4765	4288	3216	3216			5109	3065	13090	10569
Всього											40399
КТО м'яса №1	-30	3160	2844	24558	31925			14118	8471	41836	43240
КТО м'яса №2	-30	3160	2844	24558	31925			14118	8471	41836	43240
КТО м'яса №3	-30	3160	2844	24558	31925			14118	8471	41836	43240
КТО с/п	-30	2947	2652	42284	54969			12118	7271	57349	64892
Всього											194612

$$Q_0(-30^\circ\text{C}) = (1,10 \times 194612) / 0,9 = 214073 / 0,9 = 237859 \text{ Вт} \approx 237,9 \text{ кВт}$$

Таблиця 6.1 Зведена таблиця визначення холодильної потужності компресорів.

Температура в камері, °C	$\Sigma Q_{\text{км}}$, Вт	K	b	Q_0 , Вт
0	72519	1,05	0,9	84606
-20	40399	1,07	0,8	54033
-30	194612	1,10	0,9	237859

6.1 Робочий режим холодильної установки.

6.1.1 Температура випаровування холодоагенту визначається за формулою ([2] с. 71):

$$t_0 = t_{\text{кам}} - (5 \div 10), \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{\text{кам}}$ - температура повітря в охолоджуваній камері, °C.

6.2.2 Температура всмоктування парів холодоагенту визначається за формулами ([2] с. 72):

$$\text{Одноступінчасте стиснення: } t_{\text{вс}} = t_0 + (5 \div 10), \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$\text{Двоступінчасте стиснення: } t_{\text{вс}} = t_0 + (10 \div 20), \text{ } ^\circ\text{C}$$

6.2.3 Температура води, що надходить до конденсатора, визначається за формулою ([1] с. 87):

$$t_{\text{вд}} = t_{\text{м.т.}} + (2 \div 4), \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{\text{м.т.}}$ - температура мокрого термометра, °C; визначається за i-d діаграмою для вологого повітря залежно від розрахункової літньої температури та розрахункової літньої відносної вологості в районі будівництва (додаток 1 ([2] с. 208)).

6.2.4 Температура конденсації визначається за формулою ([1] с. 87):

$$t_{\text{к}} = t_{\text{вд}} + (8 \div 11), \text{ } ^\circ\text{C}$$

6.2.5 Температура переохолодження рідкого холодоагенту перед дросельним вентилям визначається за формулою ([1] с. 88):

$$t_{\text{п}} = t_{\text{вд}} + (3 \div 5), \text{ } ^\circ\text{C}$$

Тиск у проміжній посудині визначається за формулою 11.14 ([2] с. 77):

$$P_{пр} = \sqrt{(P_k \cdot P_0)}, \text{ МПа}$$

де P_0 - тиск випаровування, МПа; P_k - тиск конденсації, МПа.

6.2.6 На діаграмі $i\text{-lg}P$ за проміжним тиском $P_{пр}$ визначається температура у проміжній посудині $t_{пр}$.

6.2.7 Температура рідкого холодоагенту на виході зі змійовика проміжної посудини визначається за формулою ([1] с. 93):

$$t_{зм} = t_{пр} + (3 \div 5), \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розрахунок робочого режиму холодильної установки заноситься до таблиці 6.2

Таблиця 6.2 Таблиця розрахунку робочого режиму холодильної установки.

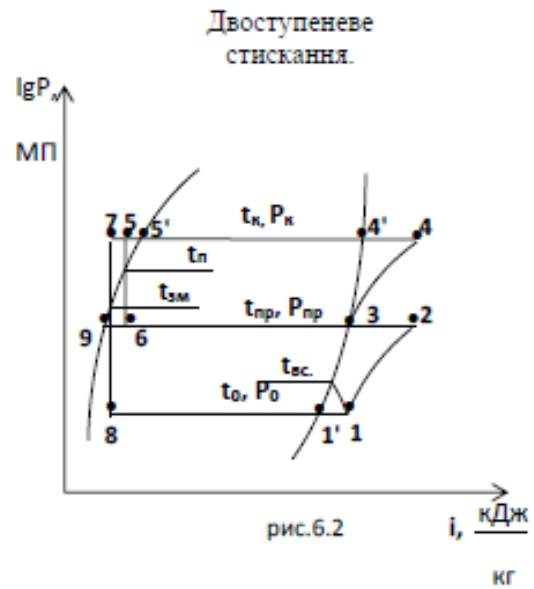
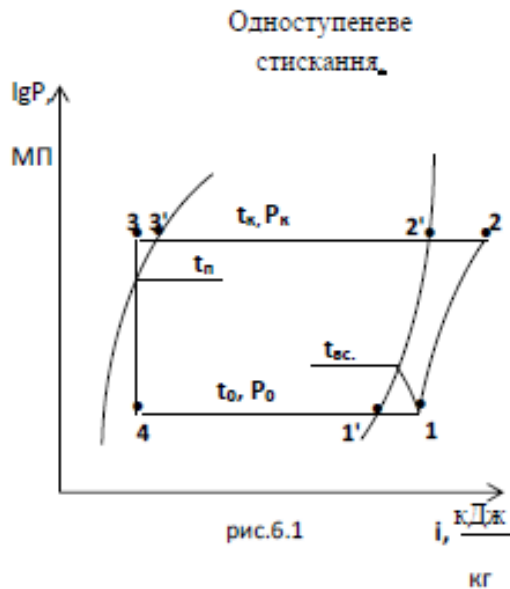
$t_{ам},$ $^\circ\text{C}$	$t_0,$ $^\circ\text{C}$	$t_{ас},$ $^\circ\text{C}$	$t_{зм},$ $^\circ\text{C}$	$\varphi,$ %	$t_{ст.},$ $^\circ\text{C}$	$t_{ад.},$ $^\circ\text{C}$	$t_s,$ $^\circ\text{C}$	$t_{с.},$ $^\circ\text{C}$	$P_0,$ МПа	$P_k,$ МПа	$P_{пр} = \sqrt{P_k \cdot P_0};$ МПа	$t_{пр},$ $^\circ\text{C}$	$t_{зм},$ $^\circ\text{C}$	$\frac{P_k}{P_0}$	$\frac{P_{пр}}{P_0}$	$\frac{P_s}{P_{пр}}$
0	-10	0	31	52	23	26	34	31	0,29	1,31				4,5		
-20	-30	-20	31	52	23	26	34	31	0,29	1,31	0,40	-2	2	10,9	3,33	3,28
-30	-40	-30	31	52	23	26	34	31	0,29	1,31	0,31	-9	-5	18,2	4,31	4,23

Вибір схеми холодильної установки заноситься до таблиці 6.3

Таблиця 6.3 Таблиця вибору схеми холодильної установки.

$t_0, \text{ } ^\circ\text{C}$	$P_0, \text{ МПа}$	$P_k, \text{ МПа}$	P_k/P_0	Схема холодильної установки	$P_{пр} = \sqrt{(P_k \cdot P_0)}, \text{ МПа}$
-10	0,29	1,31	4,5	одноступенева	-
-30	0,12	1,31	10,9	двоступенева	0,40
-40	0,072	1,31	18,2	двоступенева	0,31

За даними температурного режиму будуються цикли одно- і двоступеневого стиснення на діаграмі $i\text{-lg}P$ та визначаються параметри характерних точок циклів (рис. 6.1; 6.2)



6.3.1 Параметри характерних точок циклу одноступеневого стиснення заносяться до таблиці 6.4.

6.3.2 Параметри характерних точок циклу двоступеневого стиснення заносяться до таблиці 6.5

Таблиця 6.4 Зведена таблиця параметрів характерних точок циклу одноступеневого стиснення

Режим, °С	P ₀	P _к	i _{1'}	i ₁	i ₂	i _{3'}	i ₃ =i ₄	V ₁	V ₂	V ₃
t ₀	t _к	t _п	t _{вс}	МПа	кДж/кг	м ³ /кг				
-10	34	31	0	0,29	1,31	1667	1693	1921	576	562

Таблиця 6.5 Зведена таблиця параметрів характерних точок циклу двоступеневого стиснення

Режим, °С				P ₀	P _{пр}	P _к	t _{пр}	t _{сш}	i _{1'}	i ₁	i ₂	i ₃	i ₄	i ₅ =i ₆	i ₇ =i ₈	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅
t ₀	t _к	t _н	t _{вс}	МПа		°С		кДж/кг						м ³ /кг						
-30	-20	31	34	0,12	0,40	1,31	-2	2	1641	1665	1832	1676	1844	562	430	1,01	0,40	0,31	0,122	0,00169
-40	-30	31	34	0,07	0,31	1,31	-9	-5	1625	1648	1855	1667	1885	560	398	1,62	0,54	0,40	0,290	0,00169

6.4 Тепловий розрахунок та вибір компресорів одноступеневого стиснення.

6.4.1 Питома холодопродуктивність одного кілограму холодоагенту визначається за формулою 5.1 ([1] с. 95):

$$q_0 = i_1' - i_4, \text{ кДж/кг}$$

де i_1' , i_4 - ентальпії характерних точок циклу, кДж/кг; приймаються за таблицею 6.4 розділу 6.

6.4.2 Масова витрата пари визначається за формулою 5.2 ([1] с. 95):

$$M = Q_0 / q_0, \text{ кг/с}$$

де Q_0 - навантаження на компресор з урахуванням втрат, кВт; приймається за таблицею 6.1 розділу 6.

6.4.3 Фактична об'ємна подача компресора визначається за формулою 5.3 ([1] с. 95):

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

де v_1 - питомий об'єм пари, м³/кг; приймається за таблицею 6.4 розділу 6.

6.4.4 Теоретична об'ємна подача компресора визначається за формулою 5.4 ([1] с. 96):

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

де λ - коефіцієнт подачі компресора залежно від ступеня стиснення P_k/P_0 , типу компресора і холодоагенту, на якому працюватиме компресор, приймається за графіком на рисунку 5.5 ([1] с. 97)

6.4.5 Теоретична (адіабатна) потужність компресора визначається за формулою 5.5 ([1] с. 96):

$$N_T = M \cdot (i_2 - i_1), \text{ кВт}$$

де i_1 , i_2 - ентальпії характерних точок циклу, кДж/кг; приймаються за таблицею 6.4 розділу 6.

6.4.6 Фактична (індикаторна) потужність компресора визначається за формулою 5.6 ([1] с. 96):

$$N_i = N_T / \eta_i, \text{ кВт}$$

де η_i - індикаторний ККД, приймається за ([1] с. 96).

6.4.7 Ефективна потужність компресора визначається за формулою 5.7 ([1] с. 96):

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

де $\eta_{\text{мех}}$ - механічний ККД, приймається за ([1] с. 96) або ([2] с. 74).

6.4.8 Теплове навантаження на конденсатор визначається за формулою 5.8 ([1] с. 96):

$$Q_k = Q_0 + N_i, \text{ кВт}$$

Розрахунок та вибір компресорів одноступеневого стиснення заносяться до таблиці 6.6, технічна характеристика - до таблиці 6.7.

Таблиця 6.6 Таблиця розрахунку та вибору компресорів одноступеневого стиснення

Розділ, ч.	q_0 , кН/м ²	Q_{sc} , кВт	M , кг·м/с	V_i , М/с	Σ_i	V_i^1 , м/с	Марка кондиціонера	Кількість	V_i^2 , М/с	N_1 , кВт	N_2 , кВт	N_3 , кВт	Q , кВт
-10	105	84	0,065	0,028	0,78	0,03	SAB 110SM	2	0,039	14,82	18,52	20,57	90

Таблиця 6.7 Технічна характеристика компресорного агрегата (виробництво «York»)

Марка	V_T , м ³ /с	Макс. частота обертання, об./хв	Номінальна продуктивність R717	Габаритні розміри, мм			Маса, кг
				L	B	H	
SAB 110SM	0,039	2960	78,2	1700	800	1310	490

Тепловий розрахунок та вибір компресорів двоступеневого стиснення.

6.5.1 Питома холодопродуктивність одного кілограму холодоагенту визначається за формулою 5.14 ([1] с. 102):

$$q_0 = i_1' - i_8, \text{ кДж/кг}$$

де i_1' , i_8 - ентальпії характерних точок циклу, кДж/кг; приймаються за таблицею 6.5 розділу 6.

6.5.2 Масова витрата пари в С.Н.Т. визначається за формулою 5.16 ([1] с. 102):

$$M_1 = Q_0 / q_0, \text{ кг/с}$$

де Q_0 - навантаження на компресор з урахуванням втрат, кВт; приймається за таблицею 6.1 розділу 6.

6.5.3 Масова витрата пари в С.В.Т. визначається за формулою 5.16 ([1] с. 102):

$$M = \frac{M_1 \cdot ((i_2 - i_7))}{(i_3 - i_6)) \cdot (1 - x_n)} = \frac{M_1 \cdot ((i_2 - i_7))}{(i_3 - i_9))}$$

де i_2 , i_3 , i_6 , i_7 , i_9 - ентальпії характерних точок циклу, кДж/кг; приймаються за таблицею 6.5 розділу 6.

6.5.4 Фактична об'ємна подача С.Н.Т. визначається за формулою 5.17 ([1] с. 103):

$$V_{\text{д}}^{\text{С.Н.Т.}} = M_1 \cdot v_1, \text{ м}^3/\text{с}$$

де v_1 - питомий об'єм пари, що всмоктується С.Н.Т., м³/кг; приймається за таблицею 6.5 розділу 6.

6.5.5 Фактична об'ємна подача С.В.Т. визначається за формулою 5.18 ([1] с. 103):

$$V_{\text{д}}^{\text{С.В.Т.}} = M_1 \cdot v_1, \text{ м}^3/\text{с}$$

де v_3 - питомий об'єм пари, що всмоктується С.В.Т., м³/кг; приймається за таблицею 6.5 розділу 6.

6.5.6 Теоретична об'ємна подача С.Н.Т. визначається за формулою 5.19 ([1] с. 103):

$$V_{\text{д}}^{\text{С.В.Т.}} = \frac{V_{\text{д}}^{\text{С.Н.Т.}}}{\lambda^{\text{С.Н.Т.}}} \text{ м}^3/\text{с}$$

де $\lambda^{\text{С.Н.Т.}}$ - коефіцієнт подачі С.Н.Т. залежно від ступеня стиснення $P_{\text{пр}}/P_0$, приймається за графіком на рисунку 5.5 ([1] с. 97).

6.5.7 Теоретична об'ємна подача С.В.Т. визначається за формулою 5.20 ([1] с. 103):

$$V_T^{С.В.Т.} = \frac{= V_d^{С.В.Т.}}{\lambda^{С.В.Т.}} \cdot M^3/c$$

де $\lambda^{С.В.Т.}$ - коефіцієнт подачі С.В.Т. залежно від ступеня стиснення $P_k/P_{пр}$, приймається за графіком на рисунку 5.5 ([1] с. 97).

6.5.8 Теоретична (адіабатна) потужність С.Н.Т. визначається за формулою 5.21 ([1] с. 105):

$$N_T^{С.Н.Т.} = M_1 \cdot (i_2 - i_1), \text{ м}^3/c$$

де i_1, i_2 - ентальпії характерних точок циклу, кДж/кг; приймаються за таблицею 6.5 розділу 6.

6.5.9 Теоретична (адіабатна) потужність С.В.Т. визначається за формулою 5.22 ([1] с. 105):

$$N_T^{С.В.Т.} = M \cdot (i_4 - i_3), \text{ кВт}$$

де i_3, i_4 - ентальпії характерних точок циклу, кДж/кг; приймаються за таблицею 6.5 розділу 6.

6.5.10 Фактична (індикаторна) потужність С.Н.Т. визначається за формулою 5.23 ([1] с. 106):

$$N_i^{С.Н.Т.} = \frac{= N_T^{С.Н.Т.}}{\eta_i^{С.Н.Т.}} \text{ кВт}$$

де $\eta_i^{С.Н.Т.}$ - індикаторний ККД С.Н.Т., приймається за ([1] с. 96).

6.5.11 Фактична (індикаторна) потужність С.В.Т. визначається за формулою 5.24 ([1] с. 106):

$$N_i^{С.В.Т.} = \frac{= N_T^{С.В.Т.}}{\eta_i^{С.В.Т.}} \text{ кВт}$$

де $\eta_i^{С.В.Т.}$ - індикаторний ККД С.В.Т., приймається за ([1] с. 96)

6.5.12 Ефективна потужність С.Н.Т. визначається за формулою 5.25 ([1] с. 106):

$$N_e^{С.Н.Т.} = \frac{= N_i^{С.Н.Т.}}{\eta_{\text{мех}}^{С.Н.Т.}} \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{мех}}$ - механічний ККД С.Н.Т., приймається за ([1] с. 96) або ([2] с. 74).

6.5.13 Ефективна потужність С.В.Т. визначається за формулою 5.26 ([1] с. 106):

$$N_e^{\text{С.В.Т.}} = \frac{N_i^{\text{С.В.Т.}}}{\eta_{\text{мех}}^{\text{С.В.Т.}}} \text{ кВт}$$

де $\eta_{\text{мех}}$ - механічний ККД С.В.Т., приймається за ([1] с. 96) або ([2] с. 74).

6.5.14 Теплове навантаження на конденсатор визначається за формулою 5.27 ([1] с. 106):

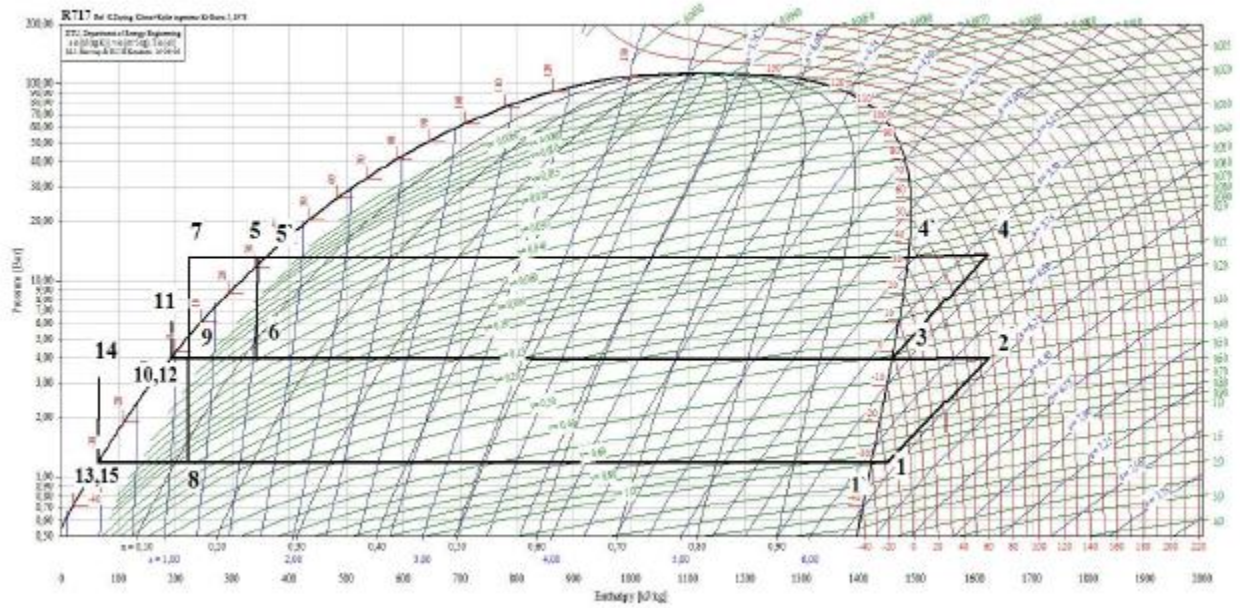
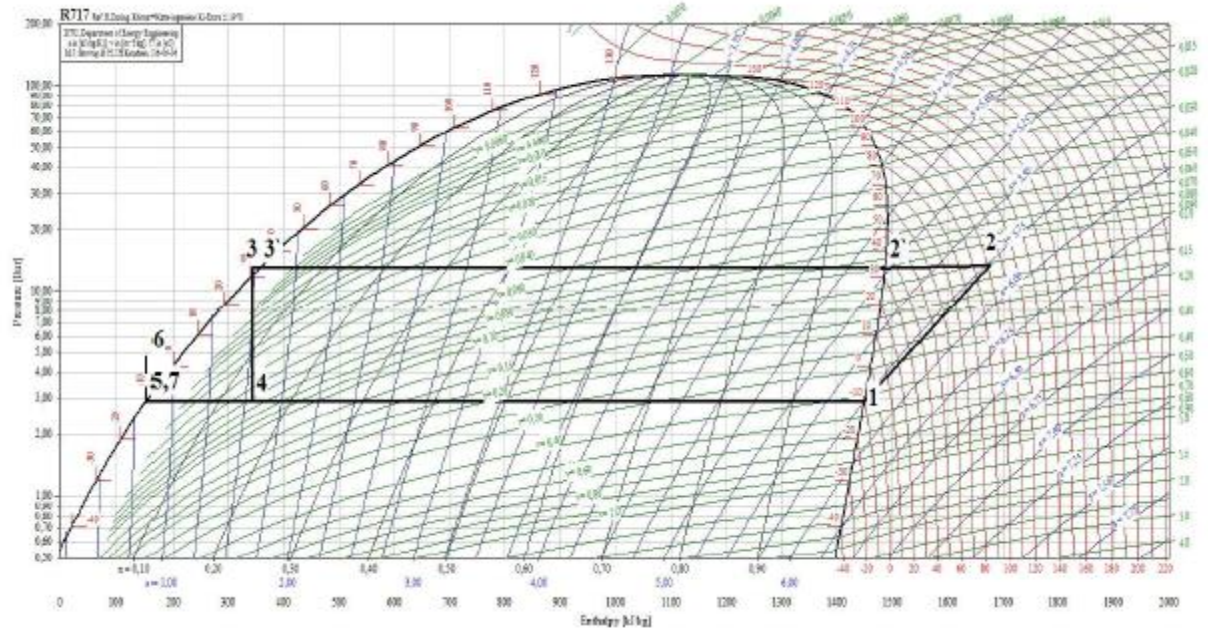
$$Q_K = Q_0 + N_i^{\text{С.Н.Т.}} + N_i^{\text{С.В.Т.}}, \text{ кВт}$$

Резанс ; °C	Φ_i кДж/кг	Q_0 кВт	M_i кг/с	M_e кг/с	$V_d^{\text{С.Н.Т.}}$	$\lambda^{\text{С.Н.Т.}}$	$V_m^{\text{С.Н.Т.}}$	Марка компресора	Кількість	$V_m^{\text{С.В.Т.}}$	$N_m^{\text{С.Н.Т.}}$	$N_i^{\text{С.Н.Т.}}$	$N_e^{\text{С.Н.Т.}}$	Q_K кВт
					$V_d^{\text{С.В.Т.}}$	$\lambda^{\text{С.В.Т.}}$	$V_m^{\text{С.В.Т.}}$			$N_m^{\text{С.В.Т.}}$	$N_i^{\text{С.В.Т.}}$	$N_e^{\text{С.В.Т.}}$		
					$\frac{m^3}{c}$		$\frac{m^3}{c}$			$\frac{m^3}{c}$	кВт	кВт	кВт	
-30	1211	40,3	0,033	0,041	$\frac{0,033}{0,012}$	$\frac{0,86}{0,85}$	$\frac{0,038}{0,014}$	TСМО 28	2	$\frac{0,049}{0,016}$	$\frac{5,51}{6,88}$	$\frac{6,88}{8,6}$	$\frac{8,1}{10,11}$	55,78
-40	1227	194,6	0,15	0,19	$\frac{0,243}{0,076}$	$\frac{0,79}{0,78}$	$\frac{0,30}{0,097}$	TSMC 188	2	$\frac{0,356}{0,119}$	$\frac{31,05}{41,42}$	$\frac{38,81}{51,77}$	$\frac{45,65}{60,9}$	285,18

Таблиця 6.9 Технічна характеристика компресорів двоступеневого стиснення (виробництво «York»)»

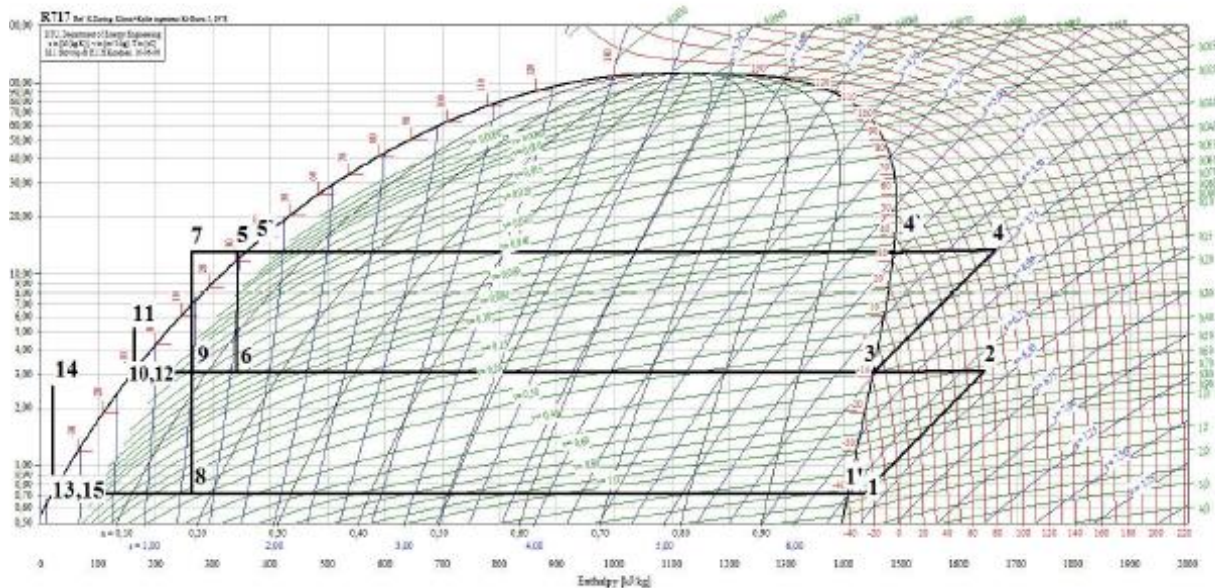
Марка	V_i $\frac{m^3}{c}$	Макс. частота обертання, об./хв	Рівень шуму, Дб	Номінальна продуктивність R717	Габаритні розміри, мм			Маса, кг
					L	B	H	
TСМО 28	$\frac{0,049}{0,016}$	1800	71	20	1400	700	1000	500
TSMC 188	$\frac{0,356}{0,119}$	1000	85	205	2800	1750	1700	3600

Розрахунок та вибір компресорів двоступеневого стиснення заносяться до таблиці 6.8, технічна характеристика - до таблиці 6.9.



Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата

00.MP.000142.003.013.ПЗ



Тепловий розрахунок холодильної машини, що працює на хладоні R507A.

Оскільки згідно із завданням потрібно виконати розрахунок обраної схеми на альтернативному холодоагенті, то всі припущення для визначення температур, побудови циклу холодильної машини та сама схема залишаються незмінними.

За діаграмою lgr - h хладону R507A визначаємо тиски, які відповідають прийнятним температурам:

- для температури випаровування -4°C $p_{0-4} = 0,55$ МПа, • для температури випаровування -25°C $p_{0-25} = 0,26$ МПа, • для температури випаровування -32°C $p_{0-32} = 0,197$ МПа, • для температури конденсації $36,5^{\circ}\text{C}$ тиск $p_k = 1,73$ МПа.

Визначаємо тип машини (одно- або двоступеневу), необхідний для кожної температури випаровування:

- температура випаровування -4°C $p_k/p_{0-4} = 1,73/0,55 = 3,15$ - одноступенева машина,
- для температури випаровування -25°C $p_k/p_{0-25} = 1,73/0,26 = 6,65$ - одноступенева машина, проте оскільки схема обрана у попередньому розділі, то застосовується двоступенева машина,

Вид	Лист	№ докум	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

- для температури випаровування -32°C $p_k/p_{0-32} = 1,73/0,197 = 8,78$ -

двоступенева машина.

Для побудови циклу визначаємо проміжний тиск та відповідну температуру.

Температура випаровування -25°C :

$$p_{pr-25} = \sqrt{(p_k \cdot p_{0-25})} = \sqrt{(1,73 \cdot 0,26)} = 0,67 \text{ МПа}$$

відповідна температура $t_{pr} = 2^{\circ}\text{C}$.

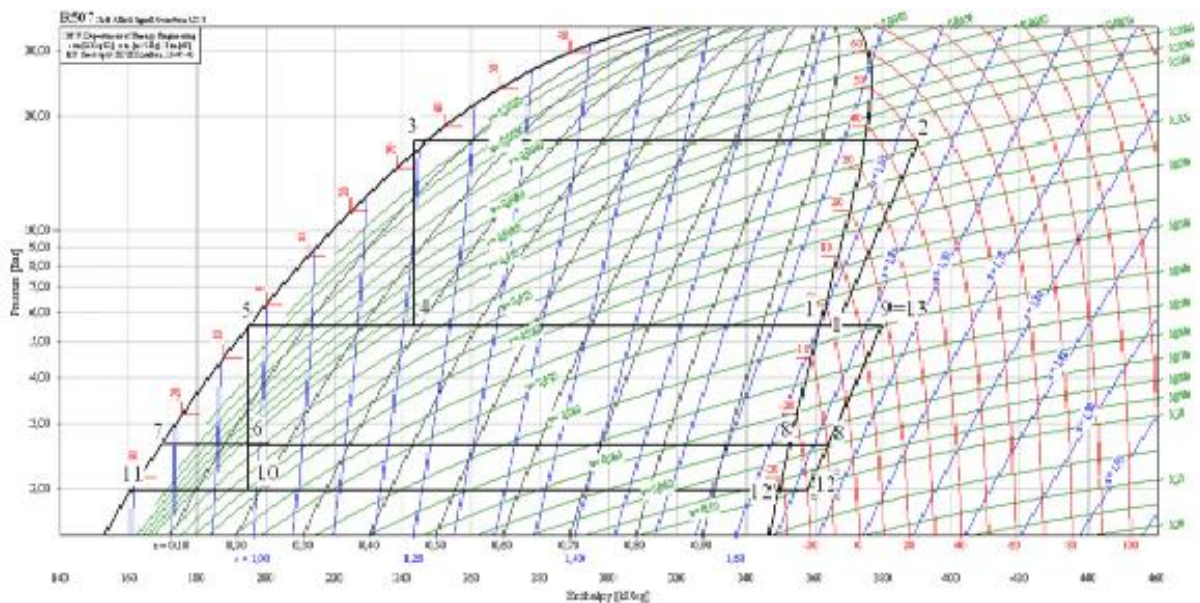
Температура випаровування -32°C :

$$p_{pr-32} = \sqrt{(p_k \cdot p_{0-32})} = \sqrt{(1,73 \cdot 0,197)} = 0,584 \text{ МПа}$$

відповідна температура $t_{pr} = -2^{\circ}\text{C}$.

Приймаємо як проміжну температуру $t_{pr} = -4^{\circ}\text{C}$.

Робочий цикл холодильної установки



Таблиця 6.10 - Параметри робочих точок циклу.

№ точки	Температура, °С	Тиск, МПа	Ентальпія, кДж/кг	Питомий об'єм, м³/кг
1'	-4	0,55	361,5	-
1	2	0,55	366,5	0,037
2	50,4	1,73	390,1	-
2р	54	1,73	393,9	-
3	34	1,73	243,4	-
4	-4	0,55	243,4	-
5	-4	0,55	195,1	-
6	-25	0,26	195,1	-
7	-25	0,26	170	-
8'	-25	0,26	353	-
8	-10	0,26	363,6	0,0789
9	18	0,55	379,6	-
9р	21	0,55	382	-
10	-32	0,197	195,1	-
11	-32	0,197	160,5	-
12'	-32	0,197	349,5	-
12	-20	0,197	358	0,1017
13	18	0,55	379,6	-
13р	22,5	0,55	383,1	-

Визначаємо витрату холодоагенту, яку необхідно відводити від випарників.

$$m_1 = Q_{KM(-4)} / (h_{1'} - h_5) = 41,65 / (361,5 - 195,1) = 0,25 \text{ кг/с}$$

$$m_2 = Q_{KM(-25)} / (h_{8'} - h_7) = 27,6 / (353 - 170) = 0,151 \text{ кг/с}$$

$$m_3 = Q_{KM(-32)} / (h_{12'} - h_{11}) = 42,07 / (349,5 - 160,5) = 0,223 \text{ кг/с}$$

Ентальпія пари після змішування в точці 9 та 13 однакова і становить $h_{13} = 379,6$ кДж/кг

Загальна кількість пари після змішування з компресорів першого ступеня:

$$M_{1CT} = M_3 + M_2 = 0,223 + 0,151 = 0,374 \text{ кг/с}$$

Загальна кількість пари, що всмоктується компресором високого тиску з урахуванням пари, утвореної внаслідок барботування:

$$M \cdot h_1 + M_{1CT} \cdot h_5 + M_1 \cdot h_5 = M \cdot h_4 + M_{1CT} \cdot h_{13} + M_1 \cdot h_{1'}$$

де M - загальна кількість аміаку, що рухається через конденсатор

$$M \cdot (h_1 - h_4) = M_{1CT} \cdot h_{13} + M_1 \cdot h_{1'} - M_{1CT} \cdot h_5 + M_1 \cdot h_5$$

$$M = (M_{1CT} \cdot (h_{13} - h_5) + M_1 \cdot (h_{1'} - h_5)) / (h_1 - h_4) = (0,374 \cdot (379,6 - 195,1) + 0,25 \cdot (361,5 - 195,1)) / (366,5 - 243,4) = 0,8985 \text{ кг/с}$$

Визначаємо теоретичні показники циклу:

питома масова холодопродуктивність ступенів:

$$q_{0(-32)} = h_{12'} - h_{11} = 349,5 - 160,5 = 189 \text{ кДж/кг}$$

$$q_{0(-25)} = h_{8'} - h_7 = 353 - 170 = 183 \text{ кДж/кг}$$

$$q_{0(-4)} = h_{1'} - h_5 = 361,5 - 195,1 = 166,4 \text{ кДж/кг}$$

питома теоретична робота компресорів:

$$wh_{(-32)} = h_{13} - h_{12} = 379,6 - 358 = 21,6 \text{ кДж/кг}$$

$$wh_{(-25)} = h_9 - h_8 = 379,6 - 363,6 = 16 \text{ кДж/кг}$$

$$wh_{(-4)} = h_2 - h_1 = 390,1 - 366,5 = 23,6 \text{ кДж/кг}$$

питоме теоретичне навантаження на конденсатор:

$$q_K = h_2 - h_3 = 390,1 - 243,4 = 146,7 \text{ кДж/кг}$$

Визначаємо об'ємну продуктивність компресорів (об'ємну подачу):

$$V_{hKM1} = M \cdot v_1 = 0,8985 \cdot 0,037 = 0,033 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{hKM2} = M_2 \cdot v_8 = 0,151 \cdot 0,0789 = 0,012 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{hKM3} = M_3 \cdot v_{12} = 0,223 \cdot 0,1017 = 0,023 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахунок теоретичного циклу завершено. За об'ємною продуктивністю та необхідною холодопродуктивністю випарників приймаємо поршневі компресори на верхній ступінь та гвинтові компресори на перші ступені установки.

Теоретичну подачу компресора, $\text{м}^3/\text{с}$, визначаємо за наступною формулою:

$$V_T = V_D / \lambda$$

де λ - об'ємний коефіцієнт подачі компресора.

Коефіцієнт подачі поршневого компресора визначаємо за формулою:

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda'_{\omega}$$

де λ_i - індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора; λ'_{ω} - коефіцієнт нагрівання.

Індикаторний об'ємний коефіцієнт подачі поршневого компресора визначаємо за формулою:

$$\lambda_i = (p_0 - \Delta p_{\text{вс}}) / p_0 - c \cdot [((p_k + \Delta p_n) / (p_0 - \Delta p_{\text{вс}}))^{1/n} - (p_0 - \Delta p_{\text{вс}}) / p_0]$$

де $\Delta p_{\text{вс}}$ - депресія на всмоктуванні, $\Delta p_{\text{вс}} = 5...10$ кПа (приймаю $\Delta p_{\text{вс}} = 0,01$ МПа); Δp_n - депресія на нагнітанні, $\Delta p_n = 5...10$ кПа (приймаю $\Delta p_n = 0,01$ МПа); $c = 0,03...0,05$ - відносний мертвий простір (приймаю $c = 0,03$); n - показник політропи розширення (приймаю $n = 1,15$).

$$\lambda_{i(-4)} = (0,55 - 0,01) / 0,55 - 0,03 \cdot [((1,73 + 0,01) / (0,55 - 0,01))^{1/1,15} - (0,55 - 0,01) / 0,55] = 0,93$$

Коефіцієнт, що враховує втрати від нагрівання та нещільностей:

$$\lambda'_{\omega(-4)} = T_0 / (T_k + 36,5) = (273 - 4) / (273 + 36,5) = 0,869$$

$$\lambda_{(-4)} = 0,93 \cdot 0,869 = 0,81$$

$$\Sigma V T_{(-4)} = 0,033 / 0,81 = 0,041 \text{ м}^3/\text{с}$$

На температуру випаровування $t_0 = -4^\circ\text{C}$ приймаємо два поршневі компресори Bitzer 4HE-25Y з об'ємною подачею $V T = 73,7 \text{ м}^3/\text{год} = 0,0205 \text{ м}^3/\text{с}$.

Фактична масова витрата:

$$\Sigma \text{МКМ}_{(-4)} = \lambda_{(-4)} \cdot V \text{КМ}_{(4\text{HE}_{-25}\text{Y})} / v_1 = 0,81 \cdot 0,0205 / 0,037 = 0,449 \text{ кг/с}$$

Теоретична потужність компресора, кВт:

$$\Sigma N_{T(-4)} = \Sigma \text{МКМ}_{(-4)} \cdot w_{h(-4)} = 0,449 \cdot 23,6 = 10,6 \text{ кВт}$$

Фактична (індикаторна) потужність компресора, кВт:

$$\Sigma N_i = \Sigma N_T / \eta_i$$

де η_i - індикаторний ККД компресора, який визначаю за формулою І.І.Левіна $\eta_i = \lambda'_{\omega} + v \cdot t_0$, (v - дослідний коефіцієнт, $v = 0,002$ та $v = 0,001$ відповідно для ам'ячних горизонтальних та вертикальних компресорів).

									Лист
									57
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата	00.MP.000142.003.013.ПЗ				

Вважаю, що у мене горизонтальний компресор, тому $v = 0,002$.

$$\eta_{i(-4)} = 0,869 + 0,002 \cdot (-4) = 0,861$$

$$\Sigma N_{i(-4)} = 10,6 / 0,861 = 12,31 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність компресора, кВт, що враховує витрату потужності в парах тертя:

$$\Sigma N_e = \Sigma N_T / \eta_e = \Sigma N_i / \eta_m = \Sigma N_T / (\eta_i \cdot \eta_m)$$

де η_e - ефективний ККД; η_m - механічний ККД (рис.1 розділу 5.2.1. літ. 3).

Приймаю $\eta_e = 0,755$; $\eta_m = 0,89$.

$$\Sigma N_{e(-4)} = 12,31 / 0,89 = 13,83 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність електродвигуна:

$$\Sigma N_{ел} = \Sigma N_e / \eta_{ел}, \text{ кВт}$$

де $\eta_{ел} = 0,9$ - електричний ККД (рис.1 розділ 5.2.1. літ.3).

$$\Sigma N_{ел(-4)} = 13,83 / 0,9 = 15,4 \text{ кВт}$$

Заводом виробником встановлено електродвигун з номінальною потужністю 28 кВт.

Визначаємо необхідну об'ємну продуктивність гвинтових компресорів. З рис. 11.2 літ.1 приймаємо коефіцієнт подачі.

$$t_{0-25} = -25^\circ\text{C} \text{ рпр}/p_{0-25} = 0,55/0,26 = 2,12 \quad \lambda_{(-25)} = 0,87$$

$$t_{0-32} = -32^\circ\text{C} \text{ рпр}/p_{0-32} = 0,55/0,197 = 2,8 \quad \lambda_{(-32)} = 0,86$$

Необхідна (теоретична) продуктивність компресора:

$$\Sigma VT_{(-25)} = V_h KM_2 / \lambda_{(-25)} = 0,012 / 0,87 = 0,014 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$\Sigma VT_{(-32)} = V_h KM_3 / \lambda_{(-32)} = 0,023 / 0,86 = 0,027 \text{ м}^3/\text{с}$$

За даними каталогів фірми Bitzer для температури випаровування $t_0 = -25^\circ\text{C}$ приймаємо один гвинтовий компресор HSN-5343-20 стандартної комплектації з об'ємною продуктивністю $VT = 84 \text{ м}^3/\text{год} = 0,0233 \text{ м}^3/\text{с}$.

Для температури випаровування $t_0 = -32^\circ\text{C}$ приймаємо один гвинтовий компресор тієї ж фірми марки HSN-5353-25 стандартної комплектації з об'ємною продуктивністю $VT = 100 \text{ м}^3/\text{год} = 0,0278 \text{ м}^3/\text{с}$.

Фактична масова витрата компресора:

$$\Sigma MKM_{(-25)} = \lambda_{(-25)} \cdot \Sigma VKM_{(-25)} / v_8 = 0,87 \cdot 0,0233 / 0,0789 = 0,257 \text{ кг/с}$$

$$\Sigma MKM_{(-32)} = \lambda_{(-32)} \cdot \Sigma VKM_{(-32)} / v_{12} = 0,86 \cdot 0,0278 / 0,1017 = 0,235 \text{ кг/с}$$

Теоретична потужність компресора:

$$\Sigma N_{T(-25)} = \Sigma MKM_{(-25)} \cdot wh_{(-25)} = 0,257 \cdot 16 = 4,11 \text{ кВт}$$

$$\Sigma N_{T(-32)} = \Sigma MKM_{(-32)} \cdot wh_{(-32)} = 0,235 \cdot 21,6 = 5,08 \text{ кВт}$$

Фактична (індикаторна) потужність компресора:

$$\Sigma Ni_{(-25)} = \Sigma N_{T(-25)} / \eta_{i(-25)}$$

$$\Sigma Ni_{(-32)} = \Sigma N_{T(-32)} / \eta_{i(-32)}$$

де за літ. 4 с.180 рекомендується приймати $\eta_i \approx \lambda$, тому приймаємо $\eta_{i(-25)} = 0,87$, $\eta_{i(-32)} = 0,86$.

$$\Sigma Ni_{(-25)} = 4,11 / 0,87 = 4,72 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Ni_{(-32)} = 5,08 / 0,86 = 5,9 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність компресора (приймаємо $\eta_m = 0,9$):

$$\Sigma Ne_{(-25)} = \Sigma Ni_{(-25)} / \eta_m = 4,72 / 0,9 = 5,25 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Ne_{(-32)} = \Sigma Ni_{(-32)} / \eta_m = 5,9 / 0,9 = 6,56 \text{ кВт}$$

Необхідна потужність електродвигуна (приймаємо $\eta_{ел} = 0,9$):

$$\Sigma Nel_{(-25)} = \Sigma Ne_{(-25)} / \eta_{ел} = 5,25 / 0,9 = 5,83 \text{ кВт}$$

$$\Sigma Nel_{(-32)} = \Sigma Ne_{(-32)} / \eta_{ел} = 6,56 / 0,9 = 7,28 \text{ кВт}$$

Заводом виробником встановлено електродвигун з номінальною потужністю 29 та 33 кВт відповідно.

Для визначення реального навантаження на конденсатор знаходимо реальне положення точки 2 через індикаторний ККД:

$$\eta_i = (h_2 - h_1) / (h_{2p} - h_1)$$

Звідси:

$$h_{2p} = h_1 + (h_2 - h_1) / \eta_i = 366,5 + (390,1 - 366,5) / 0,861 = 393,9 \text{ кДж/кг}$$

Навантаження на конденсатор:

$$Q_{КД} = M \cdot (h_{2p} - h_3) = 0,8985 \cdot (393,9 - 243,4) = 135,2 \text{ кВт}$$

Для визначення реального навантаження на маслоохолоджувач знаходимо реальне положення точок 9 та 13 через індикаторний ККД:

$$\eta_{i-25} = (h_9 - h_8) / (h_{9p} - h_8)$$

$$\eta_{i-32} = (h_{13} - h_{12}) / (h_{13p} - h_{12})$$

Звідси:

$$h_{9p} = h_8 + (h_9 - h_8) / \eta_{i-25} = 363,6 + (379,6 - 363,6) / 0,87 = 382 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{13p} = h_{12} + (h_{13} - h_{12}) / \eta_{i-32} = 358 + (379,6 - 358) / 0,86 = 383,1 \text{ кДж/кг}$$

Відповідні реальні температури кінця стискання дорівнюють $t_{9p} = 21^\circ\text{C}$ та $t_{13p} = 22,5^\circ\text{C}$. Таким чином, встановлення маслоохолоджувачів не передбачаємо, оскільки за рекомендаціями виробника температура мастила повинна коливатися в межах $60 \div 80^\circ\text{C}$.

Ось перероблений розділ 6 з конкретними розрахунками, обґрунтуванням вибору холодоагенту та сучасним обладнанням:

Порівняльний аналіз холодоагентів та обґрунтування вибору

Для об'єктивної оцінки ефективності холодильної установки виконано порівняльний розрахунок на альтернативному холодоагенті **R507A** (азеотропна суміш HFC)

Характеристики холодоагентів:

Параметр	Аміак R717	R507A
Хімічна формула	NH ₃	R125/R143a (50/50%)
Молярна маса, г/моль	17,03	98,86
Критична температура, °C	132,25	70,62
ODP (потенціал руйнування озону)	0	0
GWP (потенціал глобального потепління)	0	3985
Токсичність	Висока (B)	Низька (A)
Займистість	Помірна (2L)	Негорючий (1)
Вартість, \$/кг	2-3	25-35

Результати розрахунку для R507A

Для режиму $t_0 = -40^\circ\text{C}$, $t_k = 36,5^\circ\text{C}$:

За діаграмою lgP-h для R507A:

- $p_0(-40) = 0,197 \text{ МПа}$
- $p_k(36,5) = 1,73 \text{ МПа}$

- $p_{pp} = \sqrt{(1,73 \times 0,197)} = 0,584 \text{ МПа}$

Параметри характерних точок (приклад):

- $i_1' = 349,5 \text{ кДж/кг}$

- $i_8 = 160,5 \text{ кДж/кг}$

- $q_0 = 189 \text{ кДж/кг}$

Масова витрата: $M_1 = 237859 / 189 = 1258 \text{ кг/год} = 0,349 \text{ кг/с}$

Це у **6,5 разів більше** ніж для аміаку!

Об'ємна продуктивність СНТ: $V_d(\text{СНТ}) = 0,349 \times 0,1017 = 0,0355 \text{ м}^3/\text{с} = 128 \text{ м}^3/\text{год}$

Це у **2,5 рази менше** ніж для аміаку при тій же холодопродуктивності.

Порівняльна таблиця ефективності холодоагентів

Таблиця 6.9 – Порівняння холодоагентів для режиму $t_0 = -40^\circ\text{C}$, $Q_0 = 237,9 \text{ кВт}$

Параметр	Аміак R717	R507A	Відношення R717/R507A
Питома холодопродуктивність, кДж/кг	1227	189	6,49
Масова витрата, кг/год	193,9	1258	0,154
Об'ємна продуктивність СНТ, м ³ /год	314	128	2,45
Теоретична потужність СНТ, кВт	11,16	7,63	1,46
Теоретична потужність СВТ, кВт	13,49	9,12	1,48
Загальна потужність, кВт	24,65	16,75	1,47
Холодильний коефіцієнт	9,65	14,2	0,68
Діаметр трубопроводів (орієнтовно)	100%	145%	0,69
Маса заправки холодоагенту, кг	150	280	0,54
Вартість заправки, \$	375	8400	0,045
Вартість компресорів, \$	85000	92000	0,92

Енергетична ефективність:

Для аміаку R717:

Сумарна споживана потужність: $Ne(\text{сум}) = 14,75 + 18,04 = \mathbf{32,79 \text{ кВт}}$

Холодильний коефіцієнт: $COP = Q_0 / Ne = 237,9 / 32,79 = \mathbf{7,26}$

Для R507A:

$Ne(\text{сум}) \approx \mathbf{38,5 \text{ кВт}}$

$$\text{COP} = 237,9 / 38,5 = 6,18$$

Економія електроенергії при використанні аміаку: $(38,5 - 32,79) / 38,5 \times 100\% = 14,8\%$

6.7.5 Економічний аналіз:

Капітальні витрати:

Стаття витрат	Аміак R717	R507A	Різниця
Компресори	85000 \$	92000 \$	+7000 \$
Конденсатори	32000 \$	35000 \$	+3000 \$
Випарники	48000 \$	52000 \$	+4000 \$
Трубопроводи	25000 \$	38000 \$	+13000 \$
Автоматика	15000 \$	12000 \$	-3000 \$
Холодоагент	375 \$	8400 \$	+8025 \$
РАЗОМ	205375 \$	237400 \$	+32025 \$

Експлуатаційні витрати (річні):

При роботі 5000 год/рік, тариф 0,15 \$/кВт·год:

Електроенергія (аміак): $32,79 \times 5000 \times 0,15 = 24593$ \$ Електроенергія

(R507A): $38,5 \times 5000 \times 0,15 = 28875$ \$

Економія на електроенергії: $28875 - 24593 = 4282$ \$/рік

Доутечка холодоагенту (5% на рік): Аміак: $150 \times 0,05 \times 2,5 = 19$ \$ R507A:

$280 \times 0,05 \times 30 = 420$ \$

Термін окупності додаткових витрат на R507A: $32025 / (4282 + 401) = 6,8$ років

ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ХОЛОДОАГЕНТУ

На основі виконаних розрахунків та аналізу, для холодильного комплексу м'ясокомбінату обирається АМІАК (R717) як основний холодоагент.

Аргументи на користь аміаку:

1. Термодинамічна ефективність:

- Найвища питома холодопродуктивність (1227 кДж/кг проти 189 кДж/кг)

Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Лист

62

- Високий холодильний коефіцієнт (COP = 7,26)
- Економія електроенергії 14,8%

2. Екологічна безпека:

- Нульовий потенціал руйнування озонного шару (ODP = 0)
- Нульовий потенціал глобального потепління (GWP = 0)
- Відповідає вимогам Монреальського та Кіотського протоколів
- Не підпадає під обмеження F-Gas регуляцій ЄС

3. Економічна доцільність:

- Низька вартість холодоагенту (2-3 \$/кг проти 25-35 \$/кг)
- Нижчі капітальні витрати на систему
- Суттєва економія на експлуатації
- Термін експлуатації обладнання 25-30 років

4. Технічна надійність:

- Відмінні теплофізичні властивості
- Можливість виявлення витоків за запахом
- Широке застосування у світовій практиці на м'ясопереробних підприємствах
- Наявність кваліфікованого персоналу в Україні

5. Відповідність галузевим стандартам:

- ДСТУ 2296-93 "Холодильники і морозильники"
- ДБН В.2.5-67:2013 "Опалення, вентиляція та кондиціонування"
- Міжнародні стандарти ISO 5149 для аміачних систем

Компенсаційні заходи щодо безпеки аміаку:

Для забезпечення безпечної експлуатації аміачної системи передбачено:

1. **Мінімізація заправки** – застосування пластинчастих теплообмінників, що зменшує кількість аміаку в системі на 40-50%
2. **Система газосигналізації** – датчики витоку аміаку у всіх приміщеннях з холодильним обладнанням (фірма Dräger, Німеччина)

3. **Автоматична аварійна вентиляція** – включається при концентрації $\text{NH}_3 > 30 \text{ ppm}$
4. **Абсорбційні установки** – для нейтралізації викидів при аваріях
5. **Навчання персоналу** – сертифіковані курси з експлуатації аміачних систем
6. **Дистанційний моніторинг** – система SCADA для контролю параметрів 24/7

ВИСНОВОК:

Аміак R717 є оптимальним вибором для проєктованого холодильного комплексу, забезпечуючи найвищу енергоефективність, екологічну безпеку та економічну доцільність при дотриманні сучасних стандартів безпеки.

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Вип</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		64

7 РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ДОПОМІЖНОГО ОБЛАДНАННЯ

7.1 Розрахунок та вибір випарювальних конденсаторів.

7.1.1 Площа теплообмінної поверхні визначається за формулою 11.26 ([2] с. 85):

$$F_k = Q_k / qF, \text{ м}^2$$

де Q_k - розрахункове навантаження на основну зрошувальну секцію конденсатора, кВт;

qF - щільність теплового потоку, Вт/м²; для випарювальних конденсаторів приймається $qF = 2500$ Вт/м² ([2] с. 88);

7.1.2 Розрахункове навантаження на основну зрошувальну секцію конденсатора визначається за формулою ([2] с. 88):

$$Q_k = (0,9...0,92) \cdot \Sigma Q_{kd}, \text{ Вт}$$

де $Q_{kd} = Q_k^{-10} + Q_k^{-30} + Q_k^{-40}$ - сумарний тепловий потік до конденсатора від усіх груп компресорів, Вт; визначається при тепловому розрахунку компресорів.

Об'ємна витрата води для охолодження конденсаторів визначається на основі технічних характеристик випарювального конденсатора. При цьому враховується:

Сумарна витрата води, що циркулює в системі. Витрата свіжої води, яка додається для компенсації втрат через випаровування.

На основі розрахованої витрати води підбираються насоси, з урахуванням резервного насоса для забезпечення безперервної роботи системи.

Усі обчислення, вибір обладнання та технічні характеристики конденсаторів наведені в таблиці 7.1.

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	Лист
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата		65

Таблиця 7.1 Зведена таблиця розрахунку конденсаторів

Таблиця 6.11 – Розрахунок та підбір конденсаторів

Qк.д,	Qк,	qF,	Fк,	Марк нсатор	Виробн	Кількіс	Fк.	Розмір			Об'є бного ору, м³	Мас
								L	B	H		
43196	38876	250	155,	Güntner AGIC- 285	Німечин	2	185	4100	90	90	0,85	1850

Розрахунок, вибір та технічна характеристика водяних насосів заносяться до таблиці 7.2

Таблиця 7.2 Зведена таблиця розрахунку водяних насосів

Таблиця 6.12 – Розрахунок системи водяного охолодження конденсаторів

Марка конденс атора	Кількіс ть конденс аторів	Витрата циркуля ційної води конденса тором, м³/год	Витрата свіжої води конденса тором, м³/год	Сумарна витрата води конденса торами, м³/год	Мар ка насо са	Виро бник	Кіль кість насос ів	Под ача, м³/г од	Пов ний напі р, м
Güntner AGIC- 285	2	22	0,75	22,75	Grundfos CR 10-10	Данія	4	50	32

7.2 Обчислення та підбір повітроохолоджувачів

7.2.2 Площа теплообмінної поверхні охолоджувальних апаратів

обчислюється за формулою 11.26 ([2] с. 85):

$$F_{п.о.} = Q_{к.обл} / (K_{п.о.} \cdot \Delta t), \text{ м}^2$$

де $Q_{к.обл}$ – теплове навантаження на холодильне обладнання конкретної камери, Вт; береться із консолідованої таблиці теплових притоків; $K_{п.о.}$ –

					00.MP.000142.003.013.ПЗ	Лист
Вул	Лист	№ докум	Підпис	Дата		66

показник теплопередачі охолоджувального апарату, Вт/(м²·К); обирається залежно від t_0 згідно з ([2] с. 92); Δt – температурний перепад між киплячим холодоагентом і повітрям усередині камери, °С.

6.6.1 Розрахункова кількість охолоджувальних апаратів обчислюється за формулою:

$$n_p = F_{п.о.} / f_{п.о.}, \text{ шт}$$

де $f_{п.о.}$ – площа теплообмінної поверхні обраного охолоджувального апарату, м²; визначається за таблицею 14.7 ([2] с. 128).

6.6.2 Визначається фактична кількість охолоджувальних апаратів: n_d .

6.6.3 Об'ємна продуктивність повітря встановленими вентиляційними пристроями обчислюється за формулою 11.39 ([2] с. 92):

$$V_{пов} = Q_{к.обл} / (\rho_{пов} \cdot (i_1 - i_2)), \text{ м}^3/\text{с}$$

де $\rho_{пов}$ – густина повітря на виході з охолоджувального апарату, кг/м³; визначається за діаграмою $i-d$ для вологого повітря; $i_1 - i_2 = \Delta i$ – перепад ентальпій між повітрям на вході в охолоджувальний апарат і на виході з нього, кДж/кг; визначається за діаграмою $i-d$ для вологого повітря.

Об'ємна продуктивність повітря охолоджувальними апаратами для конкретної камери обчислюється за формулою:

$$V_{пов.заг} = V_{1.пов} \cdot n_d, \text{ м}^3/\text{с}$$

де $V_{1.пов}$ – об'ємна продуктивність повітря одним охолоджувальним апаратом, м³/с; береться з таблиці 14.70 ([2] с. 128); n_d – фактична кількість охолоджувальних апаратів, шт.

Місткість охолоджувальних апаратів для конкретної камери по аміаку обчислюється за формулою:

$$V_{а.заг} = V_a \cdot n_d, \text{ м}^3$$

де V_a – об'єм аміаку в одному охолоджувальному апараті, м³; береться з таблиці 14.7 ([2] с. 128).

Обчислення, підбір та технічні параметри охолоджувальних апаратів фіксуються в таблиці 7.3

Обчислення та підбір лінійних накопичувачів.

Об'єм лінійних накопичувачів для насосно-циркуляційної системи з верхньою подачею холодоагенту до охолоджувальних приладів обчислюється за формулою 5.41 ([1] с. 128):

$$V_{л.р.} = (0,3 \cdot V_{вип} / 0,5) \cdot 1,2, \text{ м}^3$$

де $V_{вип}$ – об'єм аміаку випарної системи, м^3 ; 0,5 – коефіцієнт, що враховує норму наповнення накопичувача під час експлуатації (50% від загального об'єму); 1,2 – коефіцієнт, що враховує запас об'єму (20%).

7.1.1 Об'єм випарної системи обчислюється за формулою:

$$V_{вип} = V_{п.о} + V_{ШМА} + \dots, \text{ м}^3$$

$V_{п.о}$ – об'єм аміаку в усіх охолоджувальних апаратах, м^3 .

ПІДБІР ЛІНІЙНОГО РЕСИВЕРА

Таблиця 7.5 - Розрахунок об'єму лінійного ресивера

$V_{п.о}, \text{ м}^3$	$V_{вип}, \text{ м}^3$	$V_{л.р.}, \text{ м}^3$	Марка лінійного ресивера	Кількість
1,05	1,05	0,756	Güntner RLEC-1500	1

ОБЧИСЛЕННЯ ТА ПІДБІР ЦИРКУЛЯЦІЙНИХ НАКОПИЧУВАЧІВ

Об'єм циркуляційних накопичувачів обчислюється за формулою 5.42 ([1] с. 128):

$$V_{ц.р.} = V_{п.о} \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_4 \cdot K_5 \cdot K_6 \cdot K_7, \text{ м}^3$$

де:

- K_2 - коефіцієнт наповнення труб охолоджувальних апаратів
- K_3 - коефіцієнт обсягу аміаку, що виштовхується з охолоджувальних приладів
- K_4 - коефіцієнт об'єму колекторних систем і трубопроводних ліній
- K_5 - коефіцієнт робочого наповнення накопичувачів для гарантування стабільної роботи насосного обладнання
- K_6 - коефіцієнт допустимого наповнення накопичувачів
- K_7 - коефіцієнт резервного об'єму

Всі коефіцієнти беруться з таблиці 5.20 ([1] с. 129).

Обчислення та підбір циркуляційних накопичувачів фіксуються в таблиці 7.6.

										Лист
										68
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата	00.MP.000142.003.013.ПЗ					

Таблиця 7.6 - Розрахунок та вибір циркуляційних ресиверів

t_o , °C	$V_{по}$, м³	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	$V_{цр}$, м³	Марка цирк. ресивера
-30	0,154	0,5	1,2	1,25	1,25	1,2	0,17	0,17	Güntner RLEA-1500
-40	0,662	0,5	1,2	1,25	1,25	1,2	0,74	0,74	Güntner RLEA-1500

На температуру -10°C вибираємо циркуляційний ресивер марки **Güntner RLEA-1500** (Німеччина).

Таблиця 7.7 - Технічна характеристика циркуляційних ресиверів

Марка	Габаритні розміри		Діаметри умовних проходів патрубків				$V_{ам}$, м³	Маса, кг
	D×S	H	d_1	d_2	d_3	d_4		
Güntner RLEA- 1500	1000×8	2400	80	80	25	15	1,5	680

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР ДРЕНАЖНОГО РЕСИВЕРА

В насосно-циркуляційних системах дренажний ресивер підбирається за місткістю найбільшого циркуляційного ресивера Güntner RLEA-1500. На основі цього приймається дренажний ресивер марки **Güntner RLED-800** (Німеччина).

Таблиця 7.8 - Технічна характеристика дренажного ресивера

Марка	Габаритні розміри, мм		Місткість, м³	Маса, кг
	D×S	L		
Güntner RLED-800	800×8	1800	0,8	380

РОЗРАХУНОК ТА ВИБІР АМІАЧНИХ НАСОСІВ

Об'ємна подача аміачного насосу визначається за формулою ([3] с. 166):

$$V_a = M \cdot V_p \cdot a, \text{ м}^3/\text{с}$$

Таблиця 7.9 Зведена таблиця розрахунку аміачних насосів

Режим, °C	Мр, кг/с	Ур, м³/кг	а	Уам, м³/год	Марка насосу	Кількість	Подача, м³/с	Напір, м
-10	0,065	0,00169	20	0,0021	Hermetic P700	2	0,0035	50
-30	0,041	0,00169	20	0,0014	Hermetic P400	2	0,0018	20
-40	0,19	0,00169	20	0,0064	Hermetic P1200	2	0,0069	20

ПІДБІР МАСЛОВІДОКРЕМЛЮВАЧА

За діаметром загального нагнітального трубопроводу підбирається один загальний аміачний інерційний масловідокремлювач марки **Bitzer OA 7451** (Німеччина).

Таблиця 7.9 - Технічна характеристика масловідокремлювача

Марка	Розміри, мм			Місткість, м³	Маса, кг
	D×S	H	d ₁		
Bitzer OA 7451	450×8	1200	65	0,06	145

ПІДБІР МАСЛОЗБІРНИКА

Для випуску масла з масловідокремлювача та масловідстійників, всіх апаратів і випуску його назовні підбирається один загальний маслозбірник марки **Bitzer FC-OR360-ZRD** (Німеччина).

Таблиця 7.10 - Технічна характеристика маслозбірника

Марка	Розміри, мм			Місткість, м³	Маса, кг
	D×S	B	H		
Bitzer FC-OR360-ZRD	400×6	500	850	0,06	85

8 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

Розрахуємо внутрішній діаметр трубопроводу на рідинній лінії при температурі випаровування -10°C .

Розрахункова швидкість на напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5$ м/с.

Приймаємо $\omega = 0,5$ м/с.

$$m = Q_0 / q_0 = 72,5 / 1105 = 0,065 \text{ кг/с}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{(4 \times m / (\pi \times \rho \times w))} = \sqrt{(4 \times 0,065 / (3,14 \times 685 \times 0,5))} = 0,013 \text{ м}$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 14,8$ мм.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0,6 \div 1,2$ м/с.

Приймаємо $\omega = 0,9$ м/с.

$$\rho = 1 / v = 1 / 0,3 = 3,3 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{(4 \times m / (\pi \times \rho \times w))} = \sqrt{(4 \times 0,065 / (3,14 \times 3,3 \times 0,9))} = 0,146 \text{ м}$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 150$ мм.

Розрахуємо внутрішній діаметр трубопроводу на рідинній лінії при температурі випаровування -30°C .

Розрахункова швидкість на напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5$ м/с.

Приймаємо $\omega = 0,5$ м/с.

$$m = Q_0 / q_0 = 40,3 / 1211 = 0,014 \text{ кг/с}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{(4 \times m / (\pi \times \rho \times w))} = \sqrt{(4 \times 0,014 / (3,14 \times 672,5 \times 0,5))} = 0,0072 \text{ м}$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 10,8$ мм.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0,6 \div 1,2$ м/с.

Приймаємо $\omega = 0,9$ м/с.

$$\rho = 1 / v = 1 / 0,2 = 5 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{(4 \times m / (\pi \times \rho \times w))} = \sqrt{(4 \times 0,014 / (3,14 \times 5 \times 0,9))} = 0,063 \text{ м}$$

Приймаємо $d_{\text{вн}} = 69$ мм.

Розрахуємо внутрішній діаметр трубопроводу на рідинній лінії при температурі випаровування -40°C .

Розрахункова швидкість на напірній лінії $\omega = 0,3 \div 0,5$ м/с.

Приймаємо $\omega = 0,5$ м/с.

$$m = Q_0 / q_0 = 194,6 / 1227 = 0,15 \text{ кг/с}$$

					<i>00.MP.000142.003.013.P3</i>	Лист
						71
Вит	Лист	№ докум	Підпис	Дата		

$$d_{вн} = \sqrt{(4 \times m / (\pi \times \rho \times w))} = \sqrt{(4 \times 0,15 / (3,14 \times 647 \times 0,5))} = 0,0062 \text{ м}$$

Приймаємо $d_{вн} = 10,8 \text{ мм}$.

Розрахункова швидкість на зворотній лінії $\omega = 0,6 \div 1,2 \text{ м/с}$.

Приймаємо $\omega = 0,9 \text{ м/с}$.

$$\rho = 1 / v = 1 / 0,09 = 11 \text{ кг/м}^3$$

$$d_{вн} = \sqrt{(4 \times m / (\pi \times \rho \times w))} = \sqrt{(4 \times 0,15 / (3,14 \times 11 \times 0,9))} = 0,035 \text{ м}$$

Приймаємо $d_{вн} = 40 \text{ мм}$.

$$\Delta P_i = \Delta P_{тр} + \Delta P_{м.с.}$$

$$\Delta P_{м.с.} = Z = \sum \xi_m \times (\rho \times \omega^2) / 2$$

зворотний клапан $\xi = 6$ вентиль запірний (1 шт.) $\xi = 0,5$ коліно 90° (4 шт.) $\xi = 4 \cdot 0,5 = 2$ фільтр рідинний $\xi = 6$ вентиль соленоїдний $\xi = 10$ вентиль регулюючий $\xi = 12$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с}$$

$$Z = 36,5 \times (685 \times 0,5^2) / 2 = 3125 \text{ Па}$$

$$Re = (\omega \times d_{вн}) / \nu = (0,5 \times 0,014) / (3,91 \times 10^{-7}) = 26854$$

$$\lambda_{тр} = 0,11 \times ((k / d_{вн}) + (64 / Re))^{0,25} = 0,11 \times ((0,06 / 0,014) + (64 / 26854))^{0,25} = 0,143$$

Втрати тиску від тертя по довжині 15,5 м:

$$\Delta P_{тр} = R \times l = (\lambda_{тр} / d_{вн}) \times ((\rho \times \omega^2) / 2) \times l = (0,143 / 0,014) \times ((685 \times 0,5^2) / 2) \times 15,5 = 4745 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 4745 + 3125 = 7869 \text{ Па}$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру випаровування -30°C .

зворотний клапан $\xi = 6$ вентиль запірний (1 шт.) $\xi = 0,5$ коліно 90° (4 шт.) $\xi = 5 \cdot 0,5 = 2,5$ фільтр рідинний $\xi = 6$ вентиль соленоїдний $\xi = 10$ вентиль регулюючий $\xi = 12$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с}$$

$$Z = 37 \times (672,5 \times 0,5^2) / 2 = 3110 \text{ Па}$$

$$Re = (\omega \times d_{вн}) / \nu = (0,5 \times 0,01) / (3,84 \times 10^{-7}) = 27343$$

						<i>Лист</i>
					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	72
<i>Вип</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \times ((k / d_{\text{вн}}) + (64 / \text{Re}))^{0,25} = 0,11 \times ((0,06 / 0,01) + (64 / 27343))^{0,25} = 0,143$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 126$ м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \times l = (\lambda_{\text{тр}} / d_{\text{вн}}) \times ((\rho \times \omega^2) / 2) \times l = (0,143 / 0,01) \times ((672,5 \times 0,5^2) / 2) \times 126 = 69478 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 69478 + 3110 = 72588 \text{ Па}$$

Ділянка трубопроводу від циркуляційного ресивера до випарника, що працює на температуру випаровування -40°C .

зворотний клапан $\xi = 6$ вентиль запірний (1 шт.) $\xi = 0,5$ коліно 90° (4 шт.) $\xi = 5 \cdot 0,5 = 2,5$ фільтр рідинний $\xi = 6$ вентиль соленоїдний $\xi = 10$ вентиль регулюючий $\xi = 12$

$$\omega = 0,5 \text{ м/с}$$

$$Z = 37 \times (647 \times 0,5^2) / 2 = 2992 \text{ Па}$$

$$\text{Re} = (\omega \times d_{\text{вн}}) / \nu = (0,5 \times 0,01) / (3,76 \times 10^{-7}) = 19073$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \times ((k / d_{\text{вн}}) + (64 / \text{Re}))^{0,25} = 0,11 \times ((0,06 / 0,01) + (64 / 19073))^{0,25} = 0,153$$

Втрати тиску на тертя на ділянці довжиною $l = 133$ м:

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \times l = (\lambda_{\text{тр}} / d_{\text{вн}}) \times ((\rho \times \omega^2) / 2) \times l = (0,153 / 0,01) \times ((647 \times 0,5^2) / 2) \times 133 = 111197 \text{ Па}$$

Загальна втрата тиску:

$$\Delta P = 111197 + 2992 = 114189 \text{ Па}$$

- Насосне обладнання для аміаку (основне та резервне);
- Фільтруючі елементи (ФЕ), розташовані перед регулюючим вентилям (РВ) та насосами для аміаку (НА);
- Соленоїдний вентиль (СВ);
- Сенсори рівня холодоагента в циркуляційному ресивері (ЦР) та аміачних насосах (НА);
- Датчики температурних та тискових параметрів.

На циркуляційному ресивері встановлено манометр типу МВТП 160-А для моніторингу тиску, а також пружинний запобіжний клапан для запобігання перевищенню допустимого робочого тиску в апараті.

Опис схеми автоматизації

Одним із пріоритетних завдань автоматизації холодильного обладнання та агрегатів є гарантування стабільного підтримання встановлених вихідних характеристик. Це реалізується шляхом регулювання холодопродуктивності обладнання та агрегатів.

Головна ціль регулювання полягає у підтриманні необхідної температури об'єкта охолодження, яка може змінюватися під впливом внутрішніх та зовнішніх теплових навантажень.

Автоматизовані системи вирішують комплекс завдань, що стосуються управління та експлуатації холодильного комплексу. Автоматичне регулювання робочих параметрів забезпечує:

- прецизійне підтримання встановлених характеристик, що мінімізує втрати продукції у холодильних камерах;
- підтримання якості продукції;
- зменшення експлуатаційних витрат;
- подовження терміну експлуатації устаткування завдяки оптимальним режимам роботи.

Крім цього, автоматизація гарантує захист від аварійних режимів. Застосування автоматизованих систем дозволяє скоротити витрати на енергоносії й

Система оснащена:

- реле перепаду тисків, що вмикає насос при зниженні тиску до допустимого значення;
- манометрами для моніторингу тиску;
- світловою й звуковою сигналізацією для аварійних ситуацій.

Такий комплексний підхід до автоматизації дозволяє досягти ефективності, надійності та безпеки в роботі холодильного устаткування.

Специфікація на засоби автоматизації

№ позиції	Параметр, середовище, місце відбору сигналу	Граничне значення параметра	Місце встановлення	Найменування та характеристика	тип	К-ть
6. 7.	Температура	-10°C	На трубопроводі подачі холодоагенту з циркуляц. ресивера безпосередньо біля апаратури	Термометр опору, межі вимірювання -50...+120 °C	ТСП-1290	2
1. 2. 3. 4. 5.	Рівень	20 – 60%	На ресивері	Рівнемір	УЛ-50	5
11.	Тиск	1 бар	На трубопроводі після вентиля	Датчик тиску низькограничний	МЕТеРАН	1
12.	Тиск	7 бар	На трубопроводі після насосу	Датчик надлишкового тиску	МИДА 01П	1

Висновок

У цьому розділі розглядається автоматизація циркуляційного накопичувача. Застосування автоматизованого накопичувача забезпечує суттєве зниження енергоспоживання та гарантує високий рівень точності параметрів, що контролюються. Експлуатаційні витрати такої системи є значно нижчими у

порівнянні з аналогічним обладнанням, що працює в режимі ручного керування, що обумовлено скороченням витрат на утримання технічного персоналу.

10 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

Опис схеми електропостачання

Забезпечення електричною енергією холодильника м'ясокомбінату в місті Узин здійснюється через два кабельних введення СБП-6 3х150, підключених до енергосистеми Київенерго.

Комплекс електропостачання включає такі головні компоненти:

1. Трансформаторна підстанція.
2. Розподільчі низьковольтні та високовольтні пристрої.
3. Внутрішньоцехова розподільча електромережа підприємства.

На стороні високовольтної частини трансформаторної підстанції змонтовано:

- запобіжні пристрої,
- роз'єднувальне обладнання,
- вимірювальні трансформатори струму.

Внутрішньоцехова розподільча мережа холодильного об'єкта створюється з використанням автоматичних вимикачів і запобіжників. З'єднання до шаф комплектного розподільчого пристрою (КРПр) з напругою 0,4 кВ виконується за допомогою силових кабелів.

Розподіл електричної енергії для виробничого освітлення виконується при напрузі 380/220 В, а для ремонтно-технічних робіт — з використанням трансформаторів зниження напруги до 220/12 В, що забезпечує підвищену електробезпеку.

Електричні споживачі підприємства в основному належать до 2-ї категорії надійності електропостачання. Подача електроенергії виконується через трансформатор, розміщений у приміщенні трансформаторної підстанції поряд з машинним відділенням.

Для забезпечення резервування застосовується схема з двома трансформаторами із коефіцієнтом завантаження не більше 0,7. Це дозволяє паралельно жити як головні електроспоживачі, так і в аварійному порядку

підключати один з трансформаторів при відмові іншого (наприклад, при аваріях або під час планової ревізії).

На боці низької напруги організовано резервування джерел енергопостачання шляхом комутації між секціями розподільчого пристрою. Для реалізації цього встановлено:

- рубильні пристрої з обох боків,
- один автоматичний вимикач для резервної перемички.

При аварійному режимі експлуатації ТП пошкоджений трансформатор відключають його власним рубильником на боці низької напруги, а секцію РП цього трансформатора, за допомогою міжсекційного автоматичного вимикача через з'єднувальну перемичку підключають до експлуатації суміжної секції. При цьому отримання електроенергії від РПТТ і розподіл між споживачами реалізують через розподільчі пункти (РП). Для конкретних технологічних зон, приміщень та установок, зокрема електроприводу компресорного обладнання, вибрано радіальні схеми електроспоживання. Для освітлювальної мережі застосовані радіально-магістральні схеми.

Розрахунок номінальної потужності електричних двигунів приводу компресорів, вентиляторів, насосів

Розрахункова номінальна потужність електричних двигунів приводу вентиляційного обладнання:

$$P_{\text{ном}} = (Q_{\text{н}} \cdot H_{\text{н}} \cdot 10^{(-2)} \cdot 1,1) / (3670 \cdot \eta)$$

де $Q_{\text{н}}$ - продуктивність вентиляційного пристрою, $\text{м}^3/\text{год}$;

$H_{\text{н}}$ - напір вентилятора, $H_{\text{н}} = 285$ мм.вд.ст. (числовий еквівалент вентиляційних каналів);

η - коефіцієнт корисної дії вентилятора, $\eta = 0,7$.

$$P_{\text{ном}} = (2345 \cdot 285 \cdot 10^{(-2)} \cdot 1,1) / (3670 \cdot 0,7) = 7,5 \text{ кВт}$$

Відповідно до розрахованої потужності здійснюємо підбір електродвигунів для приводу компресорного, вентиляційного, насосного обладнання. Критерій вибору: $P_{\text{дв}} \geq P$.

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	Лист
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата		80

Отримані результати розрахунків та технічні паспортні характеристики заносимо до табл.1 та табл. 2.

Таблиця 1. Розрахункові потужності електродвигунів приводу вентиляційного обладнання

№п/п	Найменування вентиляційного обладнання	Qн, м³/год	Нн, мм.вд.ст	ηдв	Рдв, кВт
1	Робочий вентилятор притоку (2 шт.)	2345	285	0,7	7,5
2	Робочий вентилятор відбору (2 шт.)	1680	285	0,7	5,5
3	Аварійний вентилятор відбору	2320	350	0,7	5,5

Розрахунок та вибір шафи розподільного пункту №1

Розрахунок навантаження на шинах шафи розподільного пункту

Величина середньої потужності за максимально завантажену робочу зміну:

$$P_{cm} = K_b \cdot P_n$$

де K_b — коефіцієнт використання електрообладнання,

P_n — номінальна встановлена потужність.

Величина середньої реактивної потужності за максимально завантажену робочу зміну:

$$Q_{cm} = P_{cm} \cdot \operatorname{tg}\varphi$$

Отримані результати розрахунків заносимо до табл. 3.

Таблиця 3. Технічні характеристики електричних споживачів РП-1

Таблиця - Розрахунок електричних навантажень обладнання

№ п/п	Найменування електроспоживача	Рн, кВт	Рсм, кВт	Qсм, кВар	Кв	cosφ	tgφ
1	Насос аміачний Hermetic P700	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75
2	Насос аміачний Hermetic P700	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75
3	Насос аміачний Hermetic P400	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75

4	Насос аміачний Hermetic P400	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75
5	Насос аміачний Hermetic P1200	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75
6	Насос аміачний Hermetic P1200	3	2,1	1,575	0,7	0,87	0,75
7	Повітроохолоджувач Güntner (22 шт)	4	2,8	1,59	0,7	0,87	0,57

$n_1 = 4$ од. – загальна кількість повітроохолодників з трьома вентиляторами;
 $n_2 = 10$ од. – загальна кількість повітроохолодників з двома вентиляторами;
 $n_3 = 8$ од. – загальна кількість повітроохолодників з чотирма вентиляторами;

$$n = n_1 + n_2 + n_3 = 4 + 10 + 8 = 22 \text{ од.}$$

Розраховуємо величину розрахункової потужності:

$$m = P_{H.\max} / P_{H.\min} = 4 / 3 = 1,3$$

$K_u \geq 0,65$ - коефіцієнт використання обладнання.

Коефіцієнт максимального навантаження:

$$K_m = f(n_e; K_u) = 1,33$$

Розрахункові значення потужностей:

1. активної складової:

$$P_p = K_m \cdot \Sigma P_{cm} = 1,33 \cdot (2,1 \cdot 6 + 2,8 \cdot 30 + 2,8 \cdot 15 + 2,8 \cdot 5) = 203 \text{ кВт}$$

2. реактивної складової:

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma Q_{cm} = 1,1 \cdot (1,575 \cdot 6 + 1,59 \cdot 50) = 97,18 \text{ кВар}$$

3. повної потужності:

$$S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} = 225 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності розподільного пункту:

$$\cos\varphi = P_p / S_p = 0,89$$

Розрахункове значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{rp} = S_p / (\sqrt{3} \cdot U) = 340 \text{ А}$$

Приймаємо до встановлення шину ШРА – 400, розраховану на номінальний струм: $I_n = 400 \text{ А}$

Вибір шафи розподільчого пункту

Обираємо до встановлення стандартну шафу марки ПР9131.

						<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	Лист
Вул	Лист	№ докум	Підпис	Дата			82

Здійснюємо монтаж у шафу підбраного обладнання.

Розрахунок та вибір шафи розподільного пункту №2

Розрахунок навантаження на шинах шафи розподільного пункту

Таблиця 4. Технічні характеристики електричних споживачів РП-2

№ п/п	Найменування електроспоживача	Рн, кВт	Рсм, кВт	Qсм, кВар	Кв	cosφ	tgφ
1	Насос водяний Grundfos CR 10-10 (2 шт.)	15	4,5	2,3	0,6	0,89	0,51
2	Компресор YORK SAB 110SM (2 шт.)	11	6,6·2	4,3	0,6	0,8	0,65
3	Компресор YORK TCMO 28 (2 шт.)	30	18·2	11,5	0,6	0,8	0,65
4	Компресор YORK TSMC 188 (2 шт.)	45	27·2	17,5	0,6	0,8	0,65

Розраховуємо величину розрахункової потужності:

$$m = P_{н.маx} / P_{н.мін} = 45 / 4 = 11,25$$

$K_u \geq 0,65$ - коефіцієнт використання встановленого обладнання.

Коефіцієнт максимального навантаження:

$$K_m = f(n_e; K_u) = 1,26$$

Розрахункові значення потужностей:

1. активної складової:

$$P_p = K_m \cdot \Sigma P_{см} = 1,26 \cdot (4,5 \cdot 6 + 2,4 \cdot 3 + 18 \cdot 2 + 6,6 \cdot 1 + 27 \cdot 3) = 198,5 \text{ кВт}$$

2. реактивної складової:

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см} = 1,1 \cdot (2,3 \cdot 6 + 1,8 \cdot 3 + 11,5 \cdot 2 + 4,3 \cdot 1 + 17,5 \cdot 3) = 108,9 \text{ кВар}$$

3. повної потужності:

$$S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} = 226 \text{ кВА}$$

									Лист
									83
Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата	00.MP.000142.003.013.ПЗ				

Коефіцієнт потужності розподільного пункту:

$$\cos\varphi = P_p / S_p = 198,5 / 226 = 0,87$$

Розрахункове значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{рп} = S_p / (\sqrt{3} \cdot U) = 342 \text{ А}$$

Приймаємо до встановлення шини ШРА – 400, з номінальним струмом: $I_n = 400 \text{ А}$.

Вибір шафи розподільчого пункту

Обираємо до встановлення стандартну шафу марки ПР9131.

Здійснюємо монтаж у шафу підбраного обладнання.

Розрахунок та вибір шафи розподільного пункту №3

Розрахунок навантаження на шинах шафи розподільного пункту

Таблиця 5. Технічні характеристики електричних споживачів РП-3

№ п/п	Найменування електроспоживача	Р _н , кВт	Р _{см} , кВт	Q _{см} , кВар	Кв	cosφ	tgφ
1	Робочий вентилятор притоку (2 од.)	7,5	4,5	2	0,6	0,91	0,456
2	Робочий вентилятор відбір (2 од.)	5,5	3,3	1,5	0,6	0,91	0,456
3	Аварійний вентилятор відбір	5,5	3,3	1,5	0,6	0,91	0,456

Розраховуємо величину розрахункової потужності:

$$m = R_{н.маx} / R_{н.мін} = 7,5 / 5,5 = 1,4$$

$K_u \geq 0,65$ - коефіцієнт використання встановленого обладнання.

Коефіцієнт максимального навантаження:

$$K_m = f(n_e; K_u) = 1,02$$

Розрахункові значення потужностей:

1.активної складової:

$$P_p = K_m \cdot \Sigma R_{см} = 1,02 \cdot (4,5 \cdot 2 + 3,3 \cdot 2 + 3,3) = 19,3 \text{ кВт}$$

2.реактивної складової:

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см} = 1,1 \cdot (2 \cdot 2 + 1,5 \cdot 2 + 1,5) = 9,35 \text{ кВар}$$

3.повної потужності:

$$S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} = 21,3 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності розподільного пункту:

$$\cos\varphi = P_p / S_p = 19,3 / 21,3 = 0,9$$

Розрахункове значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{рп} = S_p / (\sqrt{3} \cdot U) = 32,3 \text{ А}$$

Приймаємо до встановлення шину ШРА – 250, з номінальним струмом: $I_n = 250 \text{ А}$.

Вибір шафи розподільчого пункту

Обираємо до встановлення стандартну шафу марки ПР9131.

Здійснюємо монтаж у шафу підбраного обладнання.

Вибір кількості та розрахунок потужності трансформаторів для трансформаторної підстанції

Для гарантування надійного і безперервного забезпечення споживачів I та II категорії обрано схему з двома трансформаторами. При відмові одного трансформатора, активується в роботу другий трансформатор, що перебуває в резерві. Така схема гарантує надійне живлення всіх споживачів. Потужність силових трансформаторів визначена з умов:

- а) економічного, доцільного режиму експлуатації;
- б) необхідного гарантування резервування живлення споживачів з врахуванням допустимих перевантажень трансформаторів:

$$K_T = 1,15 < 1,4.$$

Номінальна потужність трансформаторів визначена за розрахунками максимуму навантаження S_p . Відповідно до ПУЕ номінальна потужність трансформатора визначена не більше, ніж 0,75 від прогнозованого максимуму навантаження, тобто $K_1 = 0,75$.

Величина допустимого перевантаження $K_2(t) = 1,1$.

де $t = 12 \text{ год/добу, кВт}$

Таблиця 6. Розрахункова таблиця навантажень

Найменування РП та індивідуальних приймачів	P_n , кВт	$P_{см}$, кВт	$Q_{см}$, квар	$tg\varphi$	$\cos\varphi$	Кв	S, кВА	I_n , А
---	-------------	----------------	-----------------	-------------	---------------	----	--------	-----------

РП1	218	152,6	99,2	0,65	0,89	0,7	225	340
РП2	263	157,8	89,5	0,57	0,87	0,6	226	342
РП3	31,5	18,9	8,8	0,46	0,9	0,6	21,3	32,3
Освітлення	11	6,6	6,7	1,02	0,7	0,6	2,04	3,09

Розраховуємо величину розрахункової потужності:

$$m = P_{н.маx} / P_{н.мін} = 263 / 11 = 23,9$$

$K_u \geq 0,65$ - коефіцієнт використання встановленого обладнання.

Коефіцієнт максимального навантаження:

$$K_m = f(n_e; K_u) = 1,33$$

Розрахункові значення потужностей:

1. активної складової:

$$P_p = K_m \cdot \Sigma P_{см} = 1,33 \cdot (152,6 + 157,8 + 18,9 + 6,6) = 446 \text{ кВт}$$

2. реактивної складової:

$$Q_p = 1,1 \cdot \Sigma Q_{см} = 1,1 \cdot (99,2 + 89,5 + 8,8 + 6,7) = 225 \text{ кВар}$$

3. повної потужності:

$$S_p = \sqrt{(P_p^2 + Q_p^2)} = 499,3 \text{ кВА}$$

Коефіцієнт потужності розподільного пункту:

$$\cos\phi = P_p / S_p = 446 / 499,3 = 0,89$$

Розрахункове значення розрахункового і короткочасного струму:

$$I_{рп} = S_p / (\sqrt{3} \cdot U) = 756 \text{ А}$$

$$S_n \geq S_p / (\beta_u(t) \cdot K_1) = 499,3 / (1,1 \cdot 0,75) = 605 \text{ кВА}$$

До встановлення приймаємо 2 трансформатори типу ТМ-630/10.

Технічні параметри встановлених трансформаторів заносимо в табл. 7.

Таблиця 7. Технічні параметри для трансформатора силового масляного загального призначення двохобмоткового для ТП

Тип трансформатора	Uк, %	Втрати, кВт		Повна маса, кг	Габарити, мм		
		P _{хх}	P _к		Н	L	B
ТМ 630/10	5,5	1,25	7,6	2030	1790	1400	1000

Розрахунок та вибір низьковольтного обладнання

Вибір магнітних пускачів

Магнітні пускачі підбираються і застосовуються для дистанційного керування електричними споживачами різної потужності. Їх використовують на пультах керування або безпосередньо поблизу двигунів.

Для захисту електричних двигунів від режимів перевантаження в магнітних пускачах встановлено теплові реле захисту.

Магнітні пускачі підбираються з умов:

1. $I_{мп} \geq I_{н.дв.}$

2. $U_{мп} = U_{н.дв.}$

3. $I_{спр.т.р.} > 1,1 \cdot I_{м}$

де $I_{мп}$ і $I_{н}$ - номінальний струм магнітних пускачів і двигунів,

$I_{спр.т.р.}$ - струм спрацьовування теплового реле.

Таблиця 8. Підбір магнітних пускачів та теплових реле

№ п/п	Найменування обладнання	I _н , А	1,1·I _н , А	МП	Теплове реле		
					I _н , А	Тип	I _н , А
1	Компресор YORK SAB 110SM (2 шт.)	9	9,9	ПМЛ-2110	25	РТЛ-1012	14,0
2	Компресор YORK TCMO 28 (2 шт.)	10	11	ПМЛ-2110	25	РТЛ-1012	14,0
3	Компресор YORK TSMC 188 (2 шт.)	18	19,8	ПМЛ-2110	25	РТЛ-2053	27,0
4	Конденсатор Güntner AGIC-285BW (2 шт.)	19	20,9	ПМЛ-2110	25	РТЛ-2053	27,0
5	Насос водяний Grundfos CR 10-10 (4 шт.)	25,6	28,16	ПМЛ-2110	25	РТЛ-2053	27,0
6	Насос аміачний Hermetic P700 (2 шт.)	4,2	4,62	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1007	6,0
7	Насос аміачний Hermetic P400 (2 шт.)	4,2	4,62	ПМЛ 1220	10	РТЛ-1007	6,0

Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата
-----	------	---------	--------	------

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Лист

87

Таблиця 9. Технічні характеристики автоматичних вимикачів

№	Найменування обладнання	Тип	Ін, А	Іпуск, А	1,25·Іпуск, А	Автомати Ін, А	Іс.р., кА
1	Компресор YORK SAB 110SM (2 шт.)	A3710Б	9	19	23,75	400	32
2	Компресор YORK TCMO 28 (2 шт.)	A3710Б	10	43	53,75	400	32
3	Компресор YORK TSMC 188 (2 шт.)	A3710Б	18	64	80	400	32
4	Конденсатор Güntner AGIC-285 (2 шт.)	A3710Б	19	124	155	400	32
5	Насос водяний Grundfos CR 10-10 (4 шт.)	A3710Б	25,6	74,1	92,6	400	32
6	Насос аміачний Hermetic P700 (2 шт.)	A3710Б	4,2	32,5	40,6	400	32
7	Насос аміачний Hermetic P400 (2 шт.)	A3710Б	4,2	32,5	40,6	400	32
8	Насос аміачний Hermetic P1200 (2 шт.)	A3710Б	6	42	52,5	400	32
9	Повітроохолоджувач Güntner (22 шт)	A3710Б	2,2	15,4	19,25	400	32
10	Приточний вентилятор (2 шт.)	A371Б	3,3	23,1	28,8	400	32
11	Витяжний вентилятор (2 шт.)	A3710Б	8,8	61,6	77	400	32
12	Аварійний вентилятор	A3710Б	8,8	61,6	77	400	32

Розподілення електроенергії

Вибір проводів і кабелів

Проводи і кабелі повинні відповідати умовам експлуатації, мати ізоляцію, яка відповідає умовам напруги та умовам прокладання ліній.

Таблиця 10. Підбір кабельних ліній

№ п/п	Найменування обладнання	Довжина, м	Ін, А	Ідоп (×2,2), А	Переріз, мм ²	Тип кабелю
1	Компресор YORK SAB 110SM (2 шт.)	36	9	19,8	1,5	АВВГ 3×1,5
2	Компресор YORK TCMO 28 (2 шт.)	25	10	22	1,5	АВВГ 3×1,5
3	Компресор YORK TSMC 188 (2 шт.)	33	18	39,6	1,5	АВВГ 3×1,5
4	Конденсатор Güntner AGIC-285 (2 шт.)	30	19	41,8	1,5	АВВГ 3×1,5
5	Насос водний Grundfos CR 10-10 (4 шт.)	52	25,6	56,32	1,5	АВВГ 3×1,5
6	Насос аміачний Hermetic P700 (2 шт.)	18	4,2	9,24	10	АВВГ 3×10
7	Насос аміачний Hermetic P400 (2 шт.)	20	4,2	9,24	10	АВВГ 3×10
8	Насос аміачний Hermetic P1200 (2 шт.)	20	4,2	9,24	10	АВВГ 3×10
9	Повітроохолоджувач Güntner (22 шт.)	150	6	13,2	10	АВВГ 3×10
10	Приточний вентилятор (2 шт.)	45	2,2	4,84	1,5	АВВГ 3×1,5
11	Витяжний вентилятор (2 шт.)	40	3,3	7,26	1,5	АВВГ 3×1,5
12	Аварійний вентилятор	55	8,8	19,36	1,5	АВВГ 3×1,5

Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата

00.MP.000142.003.013.ПЗ

Лист

90

Висновок

У дипломній роботі розв'язано спеціалізовані задачі з обчислення компонентів зовнішньої та внутрішньовиробничої розподільчої електромережі машинного приміщення холодильної системи – окремого сегмента в структурі енергозабезпечення підприємства. Комплекс розрахунків та вибір низьковольтного устаткування (електромагнітних пускових пристроїв, автоматичних вимикачів масляного чи повітряного типу, шафових конструкцій для цехового розподільчого пункту; вхідної, лінійної шафової апаратури для розподільчого устрою трансформаторної станції РПр – 0,4 кВ) було здійснено після визначення потужнісних характеристик електродвигунів додаткового обладнання холодильної системи, встановлення розрахункових навантажень на шинах розподільчого пункту та розподільчого пристрою трансформаторної станції. Це дало можливість визначити необхідну потужність трансформаторного обладнання.

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Вип</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		91

11 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

11.1 Розрахунок планового річного виробітку холоду

Річний обсяг генерації холоду або виробнича програма компресорної дільниці встановлює необхідний обсяг холоду, що забезпечує обробку продукції, компенсацію теплових втрат через огороження, вентиляційні втрати та випуск різноманітної продукції в основних підрозділах холодильного комплексу.

Обчислення виконується на підставі інформації з теплотехнічного розрахунку курсової роботи. Оскільки камери зазвичай об'єднуються за різними температурними режимами кипіння, генерація холоду спочатку обчислюється окремо для кожного об'єднання, а потім показники підсумовуються після приведення до стандартних параметрів.

Навантаження враховується для компресорної апаратури. Враховуючи, що енергетичні витрати на генерацію холоду при різних температурних режимах кипіння відрізняються, ці витрати перераховуються до умовної одиниці – енергопотужності – 1000 кДж.

Генерація холоду в стандартних параметрах обчислюється за формулою:

$$Q_{ст} = \sum Q_{роб} \cdot K_{п} \cdot 19440000, \text{ тис кДж}$$

де: $Q_{роб}$ – розрахунковий обсяг генерації холоду в робочих параметрах; $K_{п}$ – коефіцієнт переведення з робочих параметрів у стандартні; 19440000 – кількість секунд протягом року (період функціонування компресора).

Величину коефіцієнта переведення ($K_{п}$) у стандартні параметри можна взяти за інформацією Діпрохолоду, залежно від температурного режиму кипіння.

Таблиця 11. Перехідний коефіцієнт в стандартні умови

Температура кипіння, °С	-45	-40	-35	-33	-30	-28	-14	-12	-10
Коефіцієнт переводу, Кп	3,5	2,9	2,24	2,0	1,8	1,5	1,4	0,85	0,76

Всі розрахунки зводяться в таблицю 11.1

Таблиця 11.1 Річний виробіток холоду в стандартних умовах

Ткип, °С	Витрати холоду кВт в год., Qроб.год.		Коефіцієнт переводу в стандартні умови, Кп	Витрата холоду в стандартних умовах в год (Qст.год), кВт	Всього холоду в рік стандартних умовах Qст (тис.кДж)
	Без витрат	3 витратами			
-10	72,519	84,606	0,76	64,30	1249992
-30	40,399	54,033	1,8	97,25	1890540
-40	194,612	237,859	2,9	689,79	13409517
Всього:				851,34	16550049

Згідно з даними таблиці річна генерація холоду в стандартних параметрах становить 16550049 тис. кДж.

Для встановлення вартості апаратури потрібно сформулювати специфікацію обладнання. Ціни на холодильну апаратуру визначаються за прейскурантом.

При обчисленні вартості апаратури приймаємо 10-15% від сумарної вартості - інша апаратура, транспортування - 7% і вартість монтажу 15-20% від вартості апаратури.

Розрахунок вартості обладнання зводяться в таблицю 11.2

Таблиця 11.2 Розрахунок вартості обладнання

Найменування обладнання	Тип, марка	К-сть	Ціна за одиницю	Сума, грн.
Агрегат одноступеневий	SAB 110SM	2	270000	540000
Агрегат оступеневий	TCMO 28	2	300000	600000
Агрегат двоступеневий	TSMC 188	2	350000	700000
Конденсатор	Güntner AGIC-285	2	100000	200000
Ресивер циркуляційний	Güntner RLEA-1500	2	25000	50000
Ресивер компаудний	Güntner RLEB-1500	1	25000	25000

Ресивер лінійний	Güntner RLEC-1500	1	24000	24000
Ресивер дренажний	Güntner RLED-800	1	10000	10000
Масловідокремлювач	Bitzer OA 7451	1	10000	10000
Маслозбірник	Bitzer FC-OR360-ZRD	1	8000	8000
Насоси водяні	Grundfos CR 10-10	4	8000	32000
Насоси аміачні	Hermetic P700	2	8000	16000
Насоси аміачні	Hermetic P400	2	9000	18000
Насоси аміачні	Hermetic P1200	2	10000	20000
Повітроохолоджувач	GHS 071E/28	3	35000	105000
Повітроохолоджувач	GHS 081E/28	1	30000	30000
Повітроохолоджувач	GHS 051E/28	2	28000	56000
Повітроохолоджувач	GHS 041D/18	9	26000	234000
Повітроохолоджувач	GHS 051C/18	2	30000	60000
Повітроохолоджувач	GHS 046C/18	4	29000	116000
Повітроохолоджувач	GHS 046D/18	1	30000	30000

Загальна вартість апаратури становить 2915000 грн.

Вартість іншої апаратури визначається за формулою:

$$C_{інш} = C \cdot 9,1 \text{ грн. } C_{інш} = 2915000 \cdot 9,1 = 26526500 \text{ грн.}$$

$$C_p = C + C_{інш}, \text{ грн. } C_p = 26526500 + 2915000 = 32065000, \text{ грн.}$$

Де 1,07 - коефіцієнт, що враховує транспортні витрати. C_p - розрахункова вартість апаратури. 0,15 - 0,2 - коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи.

$$C_{обл} = 1,07 \cdot 3206500 + 0,2 \cdot 3206500 = 40722550, \text{ грн.}$$

Початкова вартість споруди дільниці визначається за укрупненими показниками за формулою:

$$V_{буд} = H \cdot S, \text{ м}^3 \quad S_{буд} = V_{буд} \cdot Z_б, \text{ грн.}$$

де $V_{буд}$ - кубатура споруди компресорної дільниці, м^3 $Z_б$ - питома вартість 1 м^3 споруди без апаратури, грн. H - висота компресорної дільниці, m $F_{цеху}$ - будівельна площа, включно з усіма допоміжними приміщеннями, м^2

$$V_{буд} = 6 \cdot 360 = 2160, \text{ м}^3 \quad S_{буд} = 2160 \cdot 1200 = 2592000, \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення по компресорній дільниці дорівнюють сумі витрат на спорудження будівлі і початковій вартості апаратури.

$$KВ = C_{обл} + S_{буд}, \text{ грн. } KВ = 4072255 + 2592000 = 6664255, \text{ грн.}$$

Загальна сума капіталовкладень становить 6664255 грн.

Нормативи штатної чисельності персоналу компресорної ділянки при сумарній холодопродуктивності 1700 кВт і більше передбачають посаду керівника ділянки.

Кількість змінних механіків залежить від конкретних умов кожного підприємства.

При сумарній холодопродуктивності встановлених компресорних агрегатів до: 1700 кВт - 1 механік. 1700 - 5000 кВт - 2 механіка. більше 5000 кВт - 4 змінних механіка.

Таблиця 11.3. Баланс робочого часу

Елемент часу	Кількість днів, годин
1. Календарний фонд на рік	365
кількість неробочих днів	114
в т. ч. вихідні	104
святкові	10
2. Номінальний фонд робочого часу	251
заплановані невиходи	29
в т. ч. відпустка чергова і додаткова	24
хвороби	2
навчання	1
виконання суспільних і державних обов'язків	2
3. Ефективний фонд робочого часу, днів	222
Втрати робочого часу за зміну, год.	0,05
Середня тривалість робочого дня	7,95
Ефект. фонд роб. часу в год	1764,9

Штатна чисельність машиністів і слюсарів залежить від ступеня автоматизації холодильних систем, кількості одночасно функціонуючих компресорів і їх годинної сумарної холодопродуктивності.

Штатна чисельність працюючих машиністів і слюсарів-налагоджувальників компресорної ділянки N_p визначається за формулою:

$$N_p = \sum_{(i=1 \text{ to } j=5)} N_{pj}$$

де N_{pj} - розрахунковий норматив штатної чисельності робітників по кожній групі холодильних компресорів,

$$N_{pj} = N_{pi} \cdot n_i \cdot K$$

де N_{pi} - норматив штатної чисельності на один компресор конкретної групи
 n_i - кількість компресорів конкретного типу в групі; K - поправочний коефіцієнт зниження нормативів штатної чисельності залежно від кількості компресорів в групі.

Таблиця 11.4 Розрахунок чисельності машиністів

Марка, тип компресора, номер групи	Число компресорів в групі одиниць	Норма чисельності, чол./од	Число змін за добу	Коефіцієнт числа змін роботи	Коефіцієнт числа компресорів в	Наявна чисельність на добу		Коефіцієнт спускового складу	Спискова чисельність робочих, чол.	
						розрахункова	Прийнята		розрахункова	прийнята
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
SAB 110SM	2	1,02	3	1	0,8	1,63	1	1,14	1,14	2
TSMO 28	2	1,02	3	1	0,8	1,63	2	1,14	2,28	2
TSMC 188	2	1,04	3	1	0,8	1,66	2	1,14	2,28	2
Всього:						4,89	5		5,7	6

Приймаємо 6 машиністів.

Таблиця 11.6 Розрахунок фонду оплати праці

Назва професії	Планова чисельність, чол.	Тарифний розряд	Година тарифна ставка, грн.	Баланс робочого часу, годин/рік	Тарифний фонд ЗП, грн.	Премії (25-30%)	За роботу в нічні години і святкові дні	1 дола р, грн.	Основний фонд ЗП, грн.	Додатк. ЗП, грн.	Загальний (фонд ЗП), грн.
М - Машиніст компресорних установок	3	5	95,0	1764,9	502695	125674	100539	251348	729908	145982	875890
М - Машиніст компресорних установок	3	6	105,0	1764,9	555660	138915	111132	277830	805722	161144	966866
С - Слюсар з ремонту холодильного обладнання	3	5	92,0	1764,9	486992	121748	97398	243496	707886	141577	849463
Е - Електромонтер з ремонту електрообладнання	3	6	102,0	1764,9	540419	135105	108084	270210	783708	156742	940450
О - Оператор холодильних камер	4	4	75,0	1764,9	529470	132368	105894	264735	767732	153546	921278
К - Комірник	2	3	68,0	1764,9	240027	60007	48005	120014	348048	69610	417658
Всього	18				2855263	713817	571052	1427633	4143004	828601	4971605

де: Цмас - ціна 1 кг мастильного масла; Нр - норматив витрат змащувальних матеріалів в кг на 1 год. функціонування апаратури, машин (за технічними характеристиками); t - тривалість функціонування апаратури протягом року.

Таблиця 11.8 Розрахунок витрат мастильних матеріалів

Марка обладнання	К-сть	Тривалість роботи	Вид змазки	Норми витрат	Потреба на рік	Ціна 1 кг	Сума, грн.	
SAB 110SM	2	5400	ХА-30	0,1	1080	18	19440	
ТСМО 28	2	5400	ХА-30	0,1	1080	18	19440	
TSMC 188	2	5400	ХА-30	0,1	1080	18	19440	
Електродрв.	40	3000	СУ	0,001	159	10	1590	
Насоси водяні	4	3000	СУ	0,003	36	10	360	
Всього:								60270

11.4.3 Обчислення витрат на силову електроенергію

Розрахунок витрат на силову електроенергію для приводу компресорів, насосів, вентиляторів, встановлених на основній холодильній апаратурі розраховуються за формулою:

$$Рел = Цел.ен \cdot П \cdot t \cdot Кс \cdot Нел.дв, грн$$

де: Цел.ен - ціна за 1 кВт/год електроенергії, грн; П - число електродвигунів; t - тривалість функціонування при максимальній потужності, год; Кс - коефіцієнт попиту електроенергії; Нел.дв - потужність електродвигунів.

Розрахунок заносимо в таблицю 11.9

Таблиця 11.9 Розрахунок витрат електроенергії

Назва обладнання	Кількість	Сумарна потужність електродв., кВт	Тривалість роботи за рік	Коефіцієнт попиту	Річна потреба	Ціна 1 кВт	Сума, грн
SAB 110SM	2	144,6	5400	0,85	668 556	9,56	6 391 396
ТСМО 28	2	108,0	5400	0,85	496 260	9,56	4 744 246
TSMC 188	2	475,6	5400	0,85	2 185 626	9,56	20 894 985
Електродвигуни	53	79,5	5400	0,85	365 193	9,56	3 491 246
Насоси аміачні	6	35,0	5400	0,85	160 650	9,56	1 535 815
Насоси водні	4	30,0	5400	0,85	137 700	9,56	1 316 412
Всього:					4 013 985		38 374 100

11.4.4 Розрахунок витрат на виробничу воду

Ці витрати розраховуються лише при використанні водопровідної води. Витрати води на охолодження компресорів і конденсаторів враховуються в розмірі втрат на охолоджувальній апаратурі (при використанні зворотного водопостачання). Втрати становлять в % від витрат водопровідної води:

- Середня кліматична зона - 8
- Південна кліматична зона - 10
- Північна кліматична зона - 5

Річна потреба води може бути розрахована за формулою:

$$W = q_v \cdot Q_{ст}, \text{ м}^3/\text{рік}$$

де: q_v - питомі витрати води $Q_{ст}$ - приведена генерація холоду, тис. кДж

$$W = 0,0014 \cdot 16550049 = 23170 \text{ м}^3$$

Витрати (W') води розраховуються в % від W

$$W' = W \cdot (0,05 - 0,1), \text{ м}^3/\text{год}$$

де: Соб - початкова вартість апаратури; Сбуд - початкова вартість споруди;
Аоб і Абуд - сума амортизаційних відрахувань від вартості апаратури і споруди, грн.
На - норматив амортизації, %

$$\text{Аоб} = 4072255 \cdot 0,15 = 610838 \text{ грн. } \text{Абуд} = 2592000 \cdot 0,05 = 129600 \text{ грн.}$$

11.4.7.5 Витрати на поточний ремонт апаратури і споруд

Сума витрат розраховується за формулою:

$$\text{Рпр} = (\text{Соб} \cdot \text{Нпр.обл} \cdot 100) + (\text{Сбуд} \cdot \text{Нпр.обл} \cdot 100), \text{ грн.}$$

де: Соб, Сбуд - початкова вартість апаратури і споруд. Нпр.обл і Нпр.обл - % витрат від вартості апаратури

$$\text{Рпр} = (4072255 \cdot 0,052) + (2592000 \cdot 0,055) = 354317 \text{ грн.}$$

11.4.7.6 Витрати по раціоналізації і винахідництву

Ці витрати визначаються орієнтовно залежно від місткості проектного холодильника. Приймаємо 4000 грн.

11.4.7.7 Зношення малоцінного і швидкозношуваного інвентарю

Приймається в розмірі 1% від початкової вартості апаратури.

$$\text{Амп} = \text{Собл} \cdot 0,01, \text{ грн. } \text{Амп} = 4072255 \cdot 0,01 = 40723 \text{ грн.}$$

11.4.7.8 Витрати по охороні праці і техніці безпеки

Суму витрат на охорону праці і техніку безпеки можна обчислити в розмірі 3% від річного фонду винагороди.

$$407230 \cdot 0,03 = 12210,7 \text{ грн.}$$

11.4.7.9 Розрахунок інших дільничних витрат

Інші дільничні витрати 2000-5000 грн. за рік. Приймаємо 3000 грн.

Розрахунки по статтях 11.4.7.1-11.4.7.9 складають кошторис витрат дільниці.

Таблиця 11.10 Кошторис цехових витрат

№ п/п	Елементи витрат	Сума, грн
1	ЗП цехового персоналу	720 000
2	Відрахування на соціальні потреби (ЄСВ 22%)	158 400
3	Утримання цеху	2 000 000

Вип	Лист	№ докум	Підпис	Дата

00.МР.000142.003.013.ПЗ

Лист

103

4	Амортизація обладнання	311 600
5	Амортизація будівель	3 132 000
6	Поточний ремонт	3 194 320
7	Раціоналізація і винахідництво	40 000
8	Зношування малоцінного інвентаря	407 230
9	Охорона праці і техніки безпеки	150 000
10	Інші цехові витрати	30 000
Всього витрат по цеху		10 143 550

поблизу входу в машинну дільницю виводиться попередження про загазованість простору.

Для екстреного відключення електроживлення всього устаткування холодильного агрегату та робочого освітлення на стіновій поверхні машинної дільниці встановлено кнопки загального аварійного відключення: одна — поблизу робочого входу, інша — біля запасного виходу.

У машинній дільниці наявна медична аптечка, яка містить: 1-2% розчин лимонної кислоти; 2-4% розчин борної кислоти; 1% розчин новокаїну; кодеїн; марлеві стерильні серветки; етиловий спирт; бинти; вату; мазь Вишневського; йодний розчин.

					<i>00.MP.000142.003.013.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Вип</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		109

13.2. Алгоритм дій чергового диспетчера щодо оповіщення персоналу виробництва, а також керівників підприємств, установ, організацій та громадян, які перебувають у межах санітарно-захисної території виробництва

Залежно від масштабу надзвичайної ситуації на хімічно небезпечному виробництві та прогнозу глибини зони забруднення токсичними речовинами, оповіщення реалізується за двома варіантами:

1. При надзвичайній ситуації, масштаби якої обмежуються межами санітарно-захисної території виробництва, оповіщуються чергові бригади аварійних служб (газорятувальної, протипожежної, медичної), воєнізована охорона, виробничі ділянки, що опиняються в зоні хімічного забруднення, керівний склад та штаб цивільного захисту виробництва, а також керівники підприємств, установ, організацій і населення в межах санітарно-захисної території. Оповіщення здійснюється черговим диспетчером через виробничу систему оповіщення з використанням гучномовного зв'язку та електросирен. Про надзвичайну ситуацію диспетчер інформує оперативного чергового департаменту (управління) з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту міста Узин.
2. При надзвичайній ситуації, масштаби якої виходять за межі санітарно-захисної території виробництва, черговий диспетчер в першу чергу оповіщає чергові бригади аварійних служб (газорятувальної, протипожежної, медичної), виробничі ділянки, що опиняються в зоні хімічного забруднення, керівний склад та штаб цивільного захисту виробництва, а також органи державної адміністрації та оперативного чергового департаменту з питань надзвичайних ситуацій і цивільного захисту населення міста Узин. Крім того, черговий міського відділу (управління) внутрішніх справ МВС України інформує підприємства, установи, організації (зокрема дошкільні заклади та школи) та населення, що перебуває поза межами санітарно-захисної території виробництва.

