

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)

Сергій БЛАЖЕНКО
(ім'я та прізвище)

(підпис)

« ___ » _____ 2024р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

Валентин ПЕТРЕНКО
(ім'я та прізвище)

(підпис)

« ___ » _____ 2024р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності 142 Енергетичне машинобудування
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Холодильні техніка та технології

на тему: Проект холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у м Івано-Франківськ

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-4

Тіхонов Владіслав Валерійович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю)

(підпис)

Керівник Рябчук Олександр Миколайович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

(підпис)

Консультанти

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

Здобувач _____
(підпис)

Київ – 2024 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніки та технології

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТЕХТ

Валентин ПЕТРЕНКО

“ ” 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Тіхонова Владіслава Валерійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у м Івано-Франківськ

керівник роботи доцент Рябчук Олександр Миколайович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “05” квітня 2024 року № 256-кв

2. Строк подання здобувачем роботи _____

3. Вихідні дані до роботи ”07” червня 2024 року

Холодоагент R717

Тип продукту: М'ясо свинини, м'ясо яловичини, м'ясо курятини

Ізоляційний матеріал PU40

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Технологічна схема оброблення продукції

2. Розрахунок холодильної частини проекту

3. Техніко економічні показники

4. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу

1. План-схема будівлі розподільчого центру на форматі A1

2. Схема холодильної установки на форматі A1

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Узгодження проекту	05.04.2024	
2	Створення плану будівлі	15.04.2024	
3	Розрахунок теплового навантаження камер	29.04.2024	
4	Розрахунок холодильної установки	06.05.2024	
5	Розрахунок економічних показників	20.05.2024	
6	Виконання графічного матеріалу	03.06.2024	
7	Підготовка презентації та доповіді	10.06.2024	
8	Попередній захист	12.06.2024	
9	Захист кваліфікаційної роботи	18.06.2024	

Здобувач _____
(підпис)

Владіслав ТІХОНОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олександр РЯБЧУК
(прізвище та ініціали)

Анотація

Дипломний проект присвячений розробці сучасного та економічно ефективного холодильного обладнання для фабрики напівфабрикатів з продуктивністю 45 тонн на добу, розташованої у місті Івано-Франківськ. Головною метою проекту є забезпечення оптимальних умов зберігання та обробки напівфабрикатів, що дозволить зберігати якість продукції, зменшити втрати та мінімізувати енергоспоживання.

У першій частині роботи проведено аналіз сучасного стану холодильних систем, що використовуються у харчовій промисловості, зокрема для зберігання напівфабрикатів. Розглянуто різні типи холодильних установок, їх переваги та недоліки, а також їх вплив на якість продукції та енергетичні витрати.

Друга частина присвячена розробці проекту холодильника. Запропоновано технологічну схему виробництва та зберігання напівфабрикатів, проведено розрахунки необхідного обладнання, включаючи компресори, конденсатори, випарники та інші компоненти системи. Також було розроблено план розміщення обладнання з урахуванням оптимального використання простору та забезпечення зручного доступу для обслуговування.

Важливим елементом проекту є розрахунок енергоспоживання та оцінка економічної ефективності системи. Запропоновані заходи щодо зменшення витрат на енергію та підвищення ефективності роботи обладнання.

Заключна частина роботи містить висновки та рекомендації щодо впровадження розробленого проекту на практиці, а також оцінку очікуваних результатів від його реалізації.

Ключові слова: фабрика, напівфабрикати, холодоагент, холодильна установка, компресор, конденсатор, енергоспоживання.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ		
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			
Розробив		Тіхонов В.В.			Літера	Арк	Аркушів
Перевірів		Рябчук О.М.				4	83
Реценз					НУХТ		
Н. Контр.							
Затвердив		Петренко В.П.					
					Проект холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у м Івано-Франківськ		

Abstract.

This diploma project is dedicated to the development of a modern and economically efficient refrigeration system for a semi-finished products factory with a capacity of 45 tons per day, located in the city of Ivano-Frankivsk. The main objective of the project is to ensure optimal storage and processing conditions for semi-finished products, which will preserve product quality, reduce losses, and minimize energy consumption.

The first part of the work analyzes the current state of refrigeration systems used in the food industry, particularly for storing semi-finished products. Different types of refrigeration units, their advantages and disadvantages, and their impact on product quality and energy consumption are considered.

The second part is dedicated to the development of the refrigerator project. A technological scheme for the production and storage of semi-finished products is proposed, and calculations of the necessary equipment, including compressors, condensers, evaporators, and other system components, are carried out. An equipment layout plan has also been developed, taking into account optimal space utilization and easy access for maintenance.

An important element of the project is the calculation of energy consumption and the assessment of the system's economic efficiency. Measures are proposed to reduce energy costs and improve equipment efficiency.

The final part of the work contains conclusions and recommendations for the practical implementation of the developed project, as well as an evaluation of the expected results from its realization.

Keywords: *factory, semi-finished products, refrigerant, refrigeration system, compressor, condenser, energy consumption.*

					00 ДП.142.008.019.ПЗ			
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата				
Розробив		Тіхонов В.В.			<i>Проект холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у м Івано-Франківськ</i>	Літера	Арк	Аркушів
Перевірів		Рябчук О.М.					5	83
Реценз						НУХТ		
Н. Контр.								
Затвердив		Петренко В.П.						

Зміст

Вступ	7
1.Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції	9
2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції.....	12
3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень	17
4. Визначення основних розмірів та планування холодильника	20
5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника	25
6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень.....	29
7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки	34
8. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор	39
9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини. Вибір компресору	44
10. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів.....	50
11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер	52
12. Розрахунок охолодника оборотної води	55
13. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання	56
14. Визначення аеродинамічного опору у циркуляційному кільці морозильного апарату	60
15. Вибір насосів та вентиляторів	62
16. Розрахунок техніко-економічних показників Планова калькуляція собівартості одиниці виробленого холоду.....	65
17.Охорона праці	69
Загальний висновок	74
Список використаних джерел.....	77
Додатки	79

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		6

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Проектування технологічної схеми холодильного оброблення продукції є важливим етапом у створенні ефективного холодильного підприємства. Технологічна схема визначає послідовність операцій, необхідних для забезпечення якісного зберігання та оброблення продукції. В даному розділі розглядається розробка технологічної схеми для фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Загальні положення

Холодильне оброблення продукції на підприємстві включає декілька основних етапів:

1. Приймання та попереднє зберігання сировини.
2. Оброблення та заморожування сировини.
3. Зберігання готової продукції.
4. Відпуск продукції споживачам.

Для забезпечення безперебійної роботи підприємства необхідно організувати ці етапи таким чином, щоб мінімізувати втрати продукції та забезпечити її високу якість.

1.3. Приймання та попереднє зберігання сировини

Сировина (м'ясо свинини, яловичини та курятини) надходить на підприємство автомобільним транспортом у охолодженому стані. Температура сировини при прийманні не повинна перевищувати +5°C. Процес приймання включає наступні операції:

1. Розвантаження сировини з автомобілів.
2. Зважування та перевірка якості сировини.
3. Складання сировини у камери попереднього зберігання.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		9

Для зберігання сировини передбачено три окремі камери: для свинини, яловичини та курятини. Температура у камерах підтримується на рівні 0°C, а відносна вологість – 85%. Сировина може зберігатися в таких умовах не більше 72 годин.

Оброблення та заморожування сировини

Після приймання сировина надходить до цеху оброблення, де вона проходить наступні етапи:

1. Подрібнення та формування напівфабрикатів (котлети, шніцелі, фарш тощо).
2. Пакування напівфабрикатів у пластикові контейнери.
3. Заморожування напівфабрикатів у морозильних апаратах.

Заморожування напівфабрикатів відбувається у спеціальних морозильних камерах типу «Гірофріз». Температура заморожування встановлюється на рівні -30°C, що дозволяє досягти кінцевої температури продукції -18°C. Процес заморожування триває близько 2 годин.

Зберігання готової продукції

Готові заморожені напівфабрикати зберігаються у спеціальних камерах зберігання, де підтримується температура -18°C та відносна вологість 85%. Камери зберігання розташовані таким чином, щоб мінімізувати тепловтрати та забезпечити ефективне використання простору.

Загальна місткість камер зберігання розрахована на 45 т продукції, що дозволяє забезпечити безперебійне функціонування підприємства протягом 24 годин. Продукція зберігається у камерах до моменту її відпуску споживачам.

						00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			10

Відпуск продукції споживачам

Відпуск продукції здійснюється через експедиційне відділення, де продукція перевіряється на відповідність стандартам якості та готується до відвантаження. Температура у приміщенні експедиції підтримується на рівні -12°C, що дозволяє уникнути дефростації продукції під час підготовки до транспортування.

Для відвантаження продукції передбачено окремі платформи для автомобільного та залізничного транспорту. Це забезпечує зручність і швидкість завантаження, а також мінімізує ризик втрат продукції під час транспортування.

Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції на підприємстві дозволяє забезпечити ефективну роботу фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ. Запропонована схема включає всі необхідні етапи оброблення, зберігання та відпуску продукції, що гарантує високу якість та безпеку харчових продуктів. Використання сучасних технологій та обладнання дозволяє знизити енергозатрати та підвищити економічну ефективність підприємства.

										00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата							11

Розрахунок коефіцієнта тепловіддачі

Коефіцієнт тепловіддачі з поверхні котлети до рухомого повітря визначається за формулою: $\alpha = Nu \lambda_{\text{пвт}} / \delta$ де δ – товщина котлети, Nu – критерій Нуссельта.

Для рухомого повітря використовується залежність: $Nu = 0.17 Re^{0.7}$

де Re – критерій Рейнольдса: $Re = w \rho \nu \delta / \mu_{\text{пвт}}$ де w – швидкість руху повітря, приймається 3 м/с.

$$Re = 3 \times 0.1 / 11.13 \times 10^{-6} = 26954.2$$

$$Nu = 0.17 \times 26954.2^{0.7} = 214.7$$

$$\alpha = 214.7 \times 0.0217 / 0.1 = 46.6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Розрахунок часу охолодження

Визначальним розміром буде половина товщини котлети:

$$R = \delta / 2 = 0.1 / 2 = 0.05 \text{ м}$$

Критерій Біо:

$$Bi = \alpha R / \lambda_{\text{пр}}$$

$$Bi = 46.6 \times 0.05 / 0.46 = 5.07$$

Безрозмірна температура на поверхні котлети в кінці охолодження:

$$\theta = (t_{\text{км}} - t_{\text{кр}}) / (t_{\text{п}} - t_{\text{кр}})$$

де $t_{\text{кр}}$ – температура кристалізації, приймається -1°C :

$$\theta = (-30 + 1) / (5 + 1) = -29 / 6 = -4.83$$

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		13

За графіком безрозмірної температури на поверхні пластини знаходимо число Фур'є: $Fo=0.0015$

Час охолодження:

$$\tau = FoR^2 / a_{пр}$$

$$\tau = 0.0015 \times (0.05)^2 / (11.8 \times 10^{-8}) = 318 \text{ с}$$

Розрахунок тривалості заморожування

Визначаємо ентальпії продукту у початковому ($h_{\text{поч}}$) та кінцевому ($h_{\text{кінц}}$) станах:

$$h_{\text{поч}} = 211.8 \text{ кДж/кг}$$

$$h_{\text{кінц}} = 12.2 \text{ кДж/кг}$$

Коефіцієнт теплопровідності замороженого продукту:

$$\lambda_{\text{мор}} = \lambda_0 + 0.9\omega$$

де λ_0 – коефіцієнт теплопровідності продукту при середній температурі під час заморожування, ω – частка вимороженої вологи:

$$t_{\text{сер}} = 0.5(t_{\text{кр}} + t_{\text{км}})$$

$$5t_{\text{сер}} = 0.5(-1 + (-30)) = -15.5$$

$$\omega = 1 - t_{\text{кр}} / t_{\text{сер}} = 1 - (-1) / (-15.5) = 0.935$$

$$\lambda_{\text{мор}} = 0.46 + 0.9 \times 0.935 = 1.248 \text{ Вт/(м·К)}$$

Час заморожування за формулою Планка:

$$\tau = (h_{\text{поч}} - h_{\text{кінц}}) \times \delta^2 / (\lambda_{\text{мор}} \times (t_{\text{кр}} - t_{\text{км}}))$$

$$\tau = (211.8 - 12.2) \times (0.1)^2 / (1.248 \times (-1 - (-30)))$$

$$\tau = 199.6 \times 0.01 / (1.248 \times 29) = 1.596 \text{ год}$$

									00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата						14

Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції дозволяє визначити оптимальні параметри для ефективного заморожування напівфабрикатів. Встановлені значення часу охолодження та заморожування дозволяють забезпечити високу якість продукції та мінімізувати витрати енергії на процес заморожування. Це сприяє ефективній роботі підприємства та забезпеченню стабільної якості продукції.

Таблиця 1. Параметри та результати розрахунків тривалості холодильного оброблення продукції

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Початкова температура продукту ($t_{пн}$)	°С	+5
Кінцева температура продукту ($t_{кк}$)	°С	-18
Температура в камері заморожування ($t_{кмткм}$)	°С	-30
Температура кристалізації продукту ($t_{крткр}$)	°С	-1
Товщина котлети ($\delta\delta$)	м	0.1
Коефіцієнт теплопровідності продукту ($\lambda_{пр\lambda_{пр}}$)	Вт/(м·К)	0.46
Питома теплоємність продукту ($c_{прспр}$)	кДж/(кг·К)	3.35
Коефіцієнт температуропровідності продукту ($a_{прапр}$)	м ² /с	11.8×10^{-8}
Коефіцієнт теплопровідності повітря ($\lambda_{пвт\lambda_{пвт}}$)	Вт/(м·К)	0.0217
Коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря ($\nu_{пвтипвт}$)	м ² /с	11.13×10^{-6}

3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень

Техніко-економічне обґрунтування є ключовим етапом у розробці проекту, що дозволяє оцінити доцільність обраних технічних рішень з точки зору їх ефективності та економічної вигоди. У даному розділі розглядаються основні аспекти техніко-економічного обґрунтування для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у м. Івано-Франківськ.

Обґрунтування вибору холодоагенту

У даному проекті в якості холодоагенту було обрано аміак (R717). Аміак є одним з найбільш поширених і ефективних холодоагентів, що використовується у промислових холодильних установках. Його основні переваги включають:

- Висока теплоємність, що забезпечує ефективне охолодження при мінімальних витратах енергії.
- Низька вартість у порівнянні з іншими холодоагентами.
- Відсутність негативного впливу на озоновий шар та глобальне потепління.

Вибір системи охолодження

Для забезпечення ефективної роботи підприємства було обрано централізовану систему охолодження. Централізована система дозволяє оптимально розподілити холодоагент по всіх холодильно-заморожувальних камерах, що забезпечує рівномірне охолодження та зменшує витрати на експлуатацію. Основні переваги централізованої системи:

- Підвищена надійність завдяки використанню єдиної системи управління.
- Зменшення витрат на обслуговування та ремонт обладнання.
- Можливість гнучкого регулювання температурного режиму у різних зонах холодильника.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		17

Обґрунтування вибору компресорів

У проєкті передбачається використання гвинтових компресорів виробництва компанії GEA Grasso. Гвинтові компресори мають високий коефіцієнт корисної дії та відрізняються надійністю в роботі. Вони забезпечують стабільну роботу холодильного обладнання при мінімальних витратах енергії.

Основні переваги гвинтових компресорів:

- Високий ступінь автоматизації, що знижує витрати на експлуатацію.
- Тривалий термін служби завдяки надійним конструктивним рішенням.
- Низький рівень шуму та вібрацій, що підвищує комфорт роботи персоналу.

Вибір теплообмінного обладнання

Для ефективного обміну теплом у системі охолодження були обрані пластинчасті теплообмінники. Пластинчасті теплообмінники мають компактні розміри та високу ефективність теплообміну, що дозволяє зменшити габарити холодильного обладнання та знизити енергозатрати. Основні переваги пластинчастих теплообмінників:

- Компактність та невелика вага, що спрощує монтаж та обслуговування.
- Висока ефективність теплообміну завдяки великій площі поверхні теплообміну.
- Можливість роботи з різними видами холодоагентів та робочих рідин.

Економічна ефективність проєкту

Економічна ефективність проєкту визначається шляхом аналізу витрат на впровадження та експлуатацію обладнання, а також очікуваних доходів від реалізації продукції. Основні показники економічної ефективності:

- Початкові інвестиції у проєкт: включають витрати на придбання обладнання, монтажні роботи та пусконаладжувальні роботи.
- Поточні витрати на експлуатацію: включають витрати на електроенергію, обслуговування обладнання, заробітну плату персоналу.
- Очікувані доходи від реалізації продукції: визначаються обсягом продажів напівфабрикатів та їхньою ринковою вартістю.

						00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			18

Для розрахунку економічної ефективності проекту було проведено аналіз грошових потоків, що дозволило визначити показники чистої теперішньої вартості (NPV), внутрішньої норми рентабельності (IRR) та строку окупності проекту. За результатами аналізу проект має високу економічну ефективність, що підтверджує доцільність його реалізації.

Оцінка ризиків та шляхи їх мінімізації

При реалізації проекту можуть виникати різні ризики, пов'язані з технічними, економічними та організаційними аспектами. Основні ризики та шляхи їх мінімізації:

- **Технічні ризики:** можуть виникнути через несправність обладнання або порушення технологічного процесу. Для мінімізації технічних ризиків передбачається регулярне обслуговування та моніторинг стану обладнання.
- **Економічні ризики:** можуть бути пов'язані зі зміною вартості електроенергії, сировини або готової продукції. Для мінімізації економічних ризиків передбачається використання довгострокових контрактів з постачальниками та споживачами продукції.
- **Організаційні ризики:** можуть виникнути через недостатню кваліфікацію персоналу або порушення графіку виконання робіт. Для мінімізації організаційних ризиків передбачається проведення навчання персоналу та чітке планування робочого процесу.

Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень підтверджує доцільність впровадження проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ. Вибрані технічні рішення забезпечують високу ефективність роботи підприємства, зниження енергозатрат та підвищення якості продукції. Економічна ефективність проекту підтверджується позитивними показниками чистої теперішньої вартості та внутрішньої норми рентабельності, що свідчить про перспективність його реалізації.

											00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата								19

4. Визначення основних розмірів та планування ХОЛОДИЛЬНИКА

Планування та визначення основних розмірів холодильника є критично важливими етапами в процесі проектування холодильного підприємства. Це дозволяє забезпечити оптимальне використання простору, ефективне розташування обладнання та максимальну продуктивність підприємства. У цьому розділі розглядаються основні принципи планування та розрахунки для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Визначення основних розмірів камер зберігання

Основними параметрами, що визначають розміри камер зберігання, є об'єм продукції, що зберігається, та необхідні умови зберігання (температура, вологість тощо). У нашому проекті передбачається зберігання сировини (свинини, яловичини та курятини) та готової продукції (заморожених напівфабрикатів).

Камери зберігання сировини

Для зберігання сировини передбачено три окремі камери:

- Камера для свинини
- Камера для яловичини
- Камера для курятини

Температура в камерах підтримується на рівні 0°C, а відносна вологість - 85%. Загальний об'єм сировини, що зберігається, складає 15% від загальної продуктивності холодильника, тобто

$$45 \times 0.15 = 6.75 \text{ т/добу.}$$

Камери зберігання готової продукції

Для зберігання готової продукції передбачено п'ять окремих камер, де підтримується температура -18°C і відносна вологість - 85%. Загальний об'єм продукції, що зберігається, складає 85% від загальної продуктивності холодильника, тобто

$$45 \times 0.85 = 38.25 \text{ т/добу.}$$

Розрахунок площі та об'єму камер

Камери зберігання сировини

Об'єм кожної камери зберігання сировини розраховується за формулою:

$$V = Q/\rho$$

де V - об'єм камери, Q - кількість продукції, що зберігається, ρ - густина продукції.

Розрахунки для камер зберігання сировини:

- **Камера для свинини:**
 - Продуктивність: $Q = 2.25 \text{ т/добу}$ (1/3 від загального об'єму сировини)
 - Густина свинини: $\rho = 0.85 \text{ т/м}^3$
 - Об'єм камери: $V = 2.25/0.85 \approx 2.65 \text{ м}^3$
- **Камера для яловичини:**
 - Продуктивність: $Q = 2.25 \text{ т/добу}$
 - Густина яловичини: $\rho = 0.8 \text{ т/м}^3$
 - Об'єм камери: $V = 2.25/0.8 \approx 2.81 \text{ м}^3$
- **Камера для курятини:**
 - Продуктивність: $Q = 2.25 \text{ т/добу}$
 - Густина курятини: $\rho = 0.75 \text{ т/м}^3$
 - Об'єм камери: $V = 2.25/0.75 = 3 \text{ м}^3$

Камери зберігання готової продукції

Об'єм кожної камери зберігання готової продукції розраховується аналогічним чином:

- **Кожна з п'яти камер:**

- Продуктивність: $Q=38.25/5=7.65\text{т/добу}$
- Густина заморожених напівфабрикатів: $\rho=0.7\text{т/м}^3$
- Об'єм камери: $V=7.65/0.7\approx 10.93\text{м}^3$

Планування холодильника

Загальний план

Загальний план холодильника включає наступні приміщення:

1. Камери зберігання сировини
2. Камери зберігання готової продукції
3. Морозильні камери
4. Приміщення для оброблення та пакування продукції
5. Приміщення для зберігання пакувальних матеріалів
6. Експедиційне відділення

Планування камер зберігання

Камери зберігання сировини та готової продукції розташовані таким чином, щоб мінімізувати тепловтрати та забезпечити зручний доступ до продукції. Розташування камер передбачає використання сучасних систем ізоляції, що дозволяє знизити енергозатрати на підтримання необхідного температурного режиму.

Приміщення для оброблення та пакування продукції

Приміщення для оброблення та пакування продукції розташоване поблизу камер зберігання, що забезпечує зручність та ефективність технологічного процесу. Температура в приміщенні підтримується на рівні $+12^{\circ}\text{C}$, що забезпечує комфортні умови для роботи персоналу та збереження якості продукції.

									00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата						22

Таблиця основних розмірів та об'єму камер

Камера	Продуктивність, т/добу	Густина, т/м³	Об'єм, м³
Камера для свинини	2.25	0.85	2.65
Камера для яловичини	2.25	0.8	2.81
Камера для курятини	2.25	0.75	3.00
Камера для готової продукції 1	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 2	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 3	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 4	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 5	7.65	0.7	10.93

Тепловий опір визначається за формулою: $R=d/\lambda$ де d - товщина ізоляційного шару, λ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу.

Для пінополіуретану коефіцієнт теплопровідності становить $\lambda=0.022\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Різниця температур для стін і стелі приймається рівною $\Delta T=30^\circ\text{C}$.

Визначимо необхідну товщину ізоляційного шару d :

$$R=\Delta T/Q$$

$$d=R\cdot\lambda$$

$$d=R\cdot\lambda$$

Припустимо, що теплові втрати Q повинні бути не більше $50\text{ Вт}/\text{м}^2$. Тоді тепловий опір R становитиме:

$$R=30/50=0.6\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

Товщина ізоляційного шару для стін та стелі:

$$d=0.6\cdot 0.022=0.0132\text{м}$$
 Приймаємо товщину

$$d=0.1\text{м}$$
 для забезпечення достатнього запасу.

Розрахунок товщини ізоляції для підлоги

Для екструдованого пінополістиролу коефіцієнт теплопровідності становить

$\lambda=0.030\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$. Різниця температур для підлоги приймається рівною

$$\Delta T=25^\circ\text{C}.$$

Теплові втрати Q повинні бути не більше $30\text{ Вт}/\text{м}^2$. Тоді тепловий опір RR становитиме:

$$R=25/30=0.833\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		26

Товщина ізоляційного шару для підлоги:

$$d=0.833 \cdot 0.030=0.025\text{м}$$
 Приймаємо товщину

$$d=0.15\text{м}$$
 для забезпечення достатнього запасу.

Розрахунок теплових втрат

Теплові втрати через стіни та стелю

Теплові втрати через стіни та стелю розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{стіни}}=A \cdot \Delta T/R$$

де A - площа поверхні.

Для стін:

$$A_{\text{стіни}}=1000\text{м}^2$$

$$\Delta T=30^\circ\text{C}$$

$$R_{\text{стіни}}=0.1/0.022 \approx 4.55\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Теплові втрати через стіни:

$$Q_{\text{стіни}}=1000 \cdot 30/4.55 \approx 6593.41\text{Вт}$$

Для стелі:

$$A_{\text{стеля}}=500\text{м}^2$$

$$\Delta T=30^\circ\text{C}$$

$$R_{\text{стеля}}=0.1/0.022 \approx 4.55\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

Теплові втрати через стелю:

$$Q_{\text{стеля}}=500 \cdot 30/4.55 \approx 3296.70\text{Вт}$$

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		27

Теплові втрати через підлогу

Теплові втрати через підлогу розраховуються аналогічним чином:

$$Q_{\text{підлога}} = A \cdot \Delta T / R$$

Для підлоги:

$$A_{\text{підлога}} = 500 \text{ м}^2$$

$$\Delta T = 25^\circ \text{C}$$

$$R_{\text{підлога}} = 0.15 / 0.030 = 5 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$$

Теплові втрати через підлогу:

$$Q_{\text{підлога}} = 500 \cdot 25 / 5 = 2500 \text{ Вт}$$

Таблиця розрахунків теплових втрат

Поверхня	Площа, м ²	Товщина ізоляції, м	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/(м·К)	Різниця температур, °С	Тепловий опір, RR, м ² ·К/Вт	Теплові втрати, QQ, Вт
Стіни	1000	0.1	0.022	30	4.55	6593.41
Стеля	500	0.1	0.022	30	4.55	3296.70
Підлога	500	0.15	0.030	25	5.00	2500.00

Розрахунок ізоляційних конструкцій показав, що вибір матеріалів і товщини ізоляції забезпечує мінімізацію теплових втрат і знижує витрати на підтримання необхідного температурного режиму в холодильнику. Використання пінополіуретану для стін та стелі, а також екструдованого пінополістиролу для підлоги дозволяє досягти оптимальних теплотехнічних характеристик, що сприяє ефективній роботі холодильного підприємства. Виконані розрахунки дозволяють зробити висновок про доцільність обраних технічних рішень та їх відповідність сучасним вимогам до енергозбереження та ефективності.

									Арк
									28
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	00 ДП.142.008.019.ПЗ				

6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень

Теплонадходження до охолоджених приміщень є одним із ключових аспектів у проектуванні холодильних установок. Визначення та аналіз теплонадходжень дозволяють розрахувати необхідну холодопродуктивність холодильного обладнання та забезпечити підтримання оптимального температурного режиму в приміщеннях. У цьому розділі розглядаються методи розрахунку теплонадходжень та їхні результати для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Джерела теплонадходжень

Теплонадходження до охолоджених приміщень можуть надходити з різних джерел, таких як:

- Теплопередача через огорожувальні конструкції (стіни, стелю, підлогу)
- Інфільтрація теплого повітря через двері та інші отвори
- Тепловиділення від обладнання та освітлення
- Тепловиділення від продуктів, що зберігаються, та персоналу

Розрахунок теплонадходжень через огорожувальні конструкції

Теплонадходження через стіни

Теплопередача через стіни розраховується за формулою:

$$Q_{\text{стіни}} = A_{\text{стіни}} \cdot U_{\text{стіни}} \cdot \Delta T$$

де $A_{\text{стіни}}$ - площа стін,

$U_{\text{стіни}}$ - коефіцієнт теплопередачі стін,

ΔT - різниця температур.

Площа стін

$A_{\text{стіни}}=1000\text{м}^2$, різниця температур

$\Delta T=30^\circ\text{C}$, коефіцієнт теплопередачі

$U_{\text{стіни}}=1/R_{\text{стіни}}$:

$R_{\text{стіни}}=0.1/0.022\approx 4.55\text{м}^2\cdot\text{K}/\text{Вт}$

$U_{\text{стіни}}=1/4.55\approx 0.22\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$

Теплонадходження через стіни:

$Q_{\text{стіни}}=1000\cdot 0.22\cdot 30\approx 6600\text{Вт}$

Теплонадходження через стелю

Теплопередача через стелю розраховується аналогічним чином:

$Q_{\text{стеля}}=A_{\text{стеля}}\cdot U_{\text{стеля}}\cdot \Delta T$

де $A_{\text{стеля}}=500\text{м}^2$, різниця температур

$\Delta T=30^\circ\text{C}$, коефіцієнт теплопередачі

$U_{\text{стеля}}=0.22\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{K})$.

Теплонадходження через стелю:

$Q_{\text{стеля}}=500\cdot 0.22\cdot 30\approx 3300\text{Вт}$

Теплонадходження через підлогу

Теплопередача через підлогу розраховується за формулою:

$Q_{\text{підлога}}=A_{\text{підлога}}\cdot U_{\text{підлога}}\cdot \Delta T$

де $A_{\text{підлога}}=500\text{м}^2$,

різниця температур

$\Delta T=25^\circ\text{C}$, коефіцієнт теплопередачі

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		30

$$U_{\text{підлога}}=1/R_{\text{підлога}}:$$

$$R_{\text{підлога}}=0.15/0.030=5\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

$$U_{\text{підлога}}=1/5=0.2\text{Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$$

Теплонадходження через підлогу:

$$Q_{\text{підлога}}=500\cdot 0.2\cdot 25=2500\text{Вт}$$

Розрахунок теплонадходжень від інфільтрації повітря

Інфільтрація теплого повітря через двері та інші отвори розраховується за формулою:

$$Q_{\text{інфільтрація}}=V_{\text{повітря}}\cdot\rho_{\text{повітря}}\cdot c_{\text{повітря}}\cdot\Delta T$$

де $V_{\text{повітря}}$ - об'єм повітря, що інфільтрується, $\rho_{\text{повітря}}$ - густина повітря, $c_{\text{повітря}}$ - питома теплоємність повітря.

Для розрахунку припустимо, що через двері інфільтрується 10 м³/год повітря, густина повітря

$$\rho_{\text{повітря}}=1.2\text{кг}/\text{м}^3,$$

питома теплоємність повітря

$$c_{\text{повітря}}=1.005\text{кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К}),$$

різниця температур

$$\Delta T=30^{\circ}\text{C}.$$

Теплонадходження від інфільтрації повітря:

$$Q_{\text{інфільтрація}}=10\cdot 1.2\cdot 1.005\cdot 30=361.8\text{Вт}$$

Розрахунок теплонадходжень від обладнання та освітлення

Тепловиділення від обладнання та освітлення визначаються потужністю встановлених приладів. Припустимо, що сумарна потужність обладнання складає 5 кВт, а освітлення - 1 кВт.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		31

Тепловиділення від обладнання:

$$Q_{\text{обладнання}}=5000\text{Вт}$$

Тепловиділення від освітлення:

$$Q_{\text{освітлення}}=1000\text{Вт}$$

Розрахунок теплонадходжень від продуктів та персоналу

Тепловиділення від продуктів визначаються їх масою та теплоємністю. Припустимо, що на складі знаходиться 45 т продуктів, питома теплоємність яких складає 2 кДж/(кг·К).

Різниця температур

$$\Delta T=25^{\circ}\text{C}.$$

Теплонадходження від продуктів:

$$Q_{\text{продукти}}=45 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 25=2250000\text{Вт}$$

Тепловиділення від персоналу визначаються кількістю людей та їхньою теплоємністю. Припустимо, що на складі працює 5 осіб, кожен з яких виділяє 100 Вт тепла.

Тепловиділення від персоналу:

$$Q_{\text{персонал}}=5 \cdot 100=500\text{Вт}$$

Загальні теплонадходження до охолоджених приміщень

Загальні теплонадходження визначаються сумою всіх розрахованих теплонадходжень:

$$Q_{\text{загальні}}=Q_{\text{стіни}}+Q_{\text{стеля}}+Q_{\text{підлога}}+Q_{\text{інфільтрація}}+Q_{\text{обладнання}} \\ +Q_{\text{освітлення}}+Q_{\text{продукти}}+Q_{\text{персонал}}$$

Загальні теплонадходження:

$$Q_{\text{загальні}}=6600+3300+2500+361.8+5000+1000+2250000+500=2279261.8\text{Вт}$$

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		32

Таблиця розрахунків теплонадходжень

Джерело теплонадходжень	Величина теплонадходжень, Вт
Теплонадходження через стіни	6600
Теплонадходження через стелю	3300
Теплонадходження через підлогу	2500
Теплонадходження від інфільтрації повітря	361.8
Тепловиділення від обладнання	5000
Тепловиділення від освітлення	1000
Теплонадходження від продуктів	2250000
Тепловиділення від персоналу	500
Загальні теплонадходження	2279261.8

Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень показав, що основні джерела теплонадходжень включають теплопередачу через огорожувальні конструкції, інфільтрацію теплого повітря, тепловиділення від обладнання, освітлення, продуктів та персоналу. Визначення загальних теплонадходжень дозволяє розрахувати необхідну холодопродуктивність холодильного обладнання та забезпечити підтримання оптимального температурного режиму в приміщеннях.

7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки є ключовими аспектами в проектуванні холодильних підприємств. Ці рішення впливають на ефективність роботи холодильника, витрати на енергію, експлуатаційні витрати та якість зберігання продукції. У цьому розділі розглядаються основні принципи вибору структури системи охолодження та типу холодильної установки для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Вибір структури системи охолодження

Централізована система охолодження

Централізована система охолодження передбачає використання одного або декількох великих холодильних установок, які забезпечують охолодження всіх приміщень і камер холодильника. Основні переваги централізованої системи:

- Висока ефективність завдяки використанню потужних установок з високим коефіцієнтом корисної дії.
- Зниження витрат на обслуговування завдяки меншій кількості обладнання.
- Простота управління та моніторингу системи.

						00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			34

Абсорбційні холодильні установки

Абсорбційні холодильні установки використовують теплову енергію для випаровування холодоагенту. Вони є менш поширеними у промислових застосуваннях через нижчу ефективність порівняно з компресорними установками. Основні переваги абсорбційних установок:

- Використання теплової енергії замість електричної.
- Відсутність рухомих частин, що знижує витрати на обслуговування.
- Можливість роботи на низькотемпературних джерелах тепла.

Обґрунтування вибору

Для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу було обрано гвинтові компресорні холодильні установки. Це обумовлено високою ефективністю, надійністю та довговічністю гвинтових компресорів. Вони забезпечують необхідну потужність охолодження та мають оптимальні експлуатаційні характеристики.

Розрахунок необхідної холодопродуктивності

Вихідні дані для розрахунку

Для визначення необхідної холодопродуктивності розрахуємо загальні теплонадходження до охолоджених приміщень:

$$Q_{\text{загальні}}=2279261.8\text{Вт}$$

Розрахунок холодопродуктивності

Необхідна холодопродуктивність холодильних установок визначається за формулою:

$$Q_{\text{холод}}=Q_{\text{загальні}}/\eta$$

де η - коефіцієнт корисної дії холодильних установок.

Приймаємо $\eta=0.7$ для гвинтових компресорів.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		36

Розрахунок необхідної холодопродуктивності:

$$Q_{\text{холод}}=2279261.8/0.7\approx 3256091.1\text{Вт}$$

Вибір обладнання

Холодильні установки

Для забезпечення необхідної холодопродуктивності обираємо гвинтові компресори GEA Grasso з холодопродуктивністю 500 кВт кожен. Необхідна кількість установок:

$$N=Q_{\text{холод}}/P_{\text{установки}}$$

де

$$P_{\text{установки}}=500000\text{Вт.}$$

Кількість установок:

$$N=3256091.1/500000\approx 6.51$$

Приймаємо 7 установок для забезпечення резерву.

Додаткове обладнання

Додаткове обладнання включає теплообмінники, конденсатори, випарники, насоси та вентилятори. Вибір обладнання базується на розрахункових параметрах системи охолодження.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
						37
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		

Таблиця вибору обладнання

Тип обладнання	Модель	Потужність, кВт	Кількість, шт
Гвинтові компресори	GEA Grasso	500	7
Конденсатори	Alfa Laval	600	4
Випарники	Alfa Laval	500	7
Насоси	Grundfos	10	10
Вентилятори	ebm-papst	5	20

Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки показав, що централізована система охолодження з використанням гвинтових компресорних установок є найбільш ефективним та надійним рішенням для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ. Запропоноване обладнання забезпечує необхідну холодопродуктивність, високу ефективність та тривалий термін служби.

8. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

Визначення навантаження на обладнання камер та компресор є важливим етапом у проектуванні холодильного підприємства. Це дозволяє розрахувати необхідну потужність обладнання та забезпечити оптимальні умови для зберігання продукції. У цьому розділі розглядаються методи розрахунку навантаження на обладнання та компресори для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Розрахунок навантаження на обладнання камер

Вихідні дані

Основні параметри для розрахунку навантаження на обладнання камер включають:

- Площа камер зберігання
- Різниця температур між внутрішнім і зовнішнім середовищем
- Тепловий опір ізоляційних матеріалів

Навантаження на камери зберігання сировини

Для кожної камери зберігання сировини (свинини, яловичини та курятини) розрахункові параметри однакові:

- Площа камери: $A_{\text{камера}}=100\text{м}^2$
- Різниця температур: $\Delta T=30^\circ\text{C}$
- Тепловий опір ізоляційного шару:

$$R=0.1/0.022\approx 4.55\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$$

						00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			39

Навантаження на кожну камеру зберігання сировини:

$$Q_{\text{камера}} = A_{\text{камера}} \cdot \Delta T / R$$

$$Q_{\text{камера}} = 100 \cdot 30 / 4.55 \approx 659.34 \text{ Вт}$$

Загальне навантаження на всі камери зберігання сировини:

$$Q_{\text{сировина}} = 3 \cdot 659.34 \approx 1978.02 \text{ Вт}$$

Навантаження на камери зберігання готової продукції

Для кожної камери зберігання готової продукції розрахункові параметри аналогічні:

- Площа камери: $A_{\text{камера}} = 200 \text{ м}^2$
- Різниця температур: $\Delta T = 30^\circ \text{C}$
- Тепловий опір ізоляційного шару: $R = 0.1 / 0.022 \approx 4.55 \text{ м}^2 \cdot \text{К} / \text{Вт}$

Навантаження на кожну камеру зберігання готової продукції:

$$Q_{\text{камера}} = A_{\text{камера}} \cdot \Delta T / R$$

$$Q_{\text{камера}} = 200 \cdot 30 / 4.55 \approx 1318.68 \text{ Вт}$$

Загальне навантаження на всі камери зберігання готової продукції:

$$Q_{\text{готова продукція}} = 5 \cdot 1318.68 \approx 6593.40 \text{ Вт}$$

Загальне навантаження на обладнання камер

Загальне навантаження на обладнання всіх камер:

$$Q_{\text{загальне камери}} = Q_{\text{сировина}} + Q_{\text{готова продукція}}$$

$$Q_{\text{загальне камери}} = 1978.02 + 6593.40 \approx 8571.42 \text{ Вт}$$

Розрахунок навантаження на компресор

Вихідні дані

Для визначення навантаження на компресор необхідно враховувати загальні теплонадходження до охолоджених приміщень та холодопродуктивність системи.

										00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата							40

Таблиця розрахунків навантаження

Елемент	Площа, м ²	Тепловий опір, м ² ·К/Вт	Різниця температур, °С	Навантаження, Вт
Камери зберігання сировини (кожна)	100	4.55	30	659.34
Камери зберігання сировини (загальне)	-	-	-	1978.02
Камери зберігання готової продукції (кожна)	200	4.55	30	1318.68
Камери зберігання готової продукції (загальне)	-	-	-	6593.40
Загальне навантаження на камери	-	-	-	8571.42
Загальні теплонадходження до охолоджених приміщень	-	-	-	2279261.8
Необхідна холодопродуктивність	-	-	-	3256091.1
Кількість компресорів	-	-	-	7
Навантаження на кожен компресор	-	-	-	465155.87

Розрахунок навантаження на обладнання камер та компресор показав, що загальне навантаження на обладнання камер складає 8571.42 Вт, а необхідна холодопродуктивність компресорів становить 3256091.1 Вт. Для забезпечення необхідної холодопродуктивності було обрано 7 гвинтових компресорів GEA Grasso з холодопродуктивністю 500 кВт кожен, що забезпечує достатній запас потужності для ефективної роботи системи охолодження.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		43

9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини. Вибір компресору

Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини є ключовими етапами у проектуванні ефективної системи охолодження. У цьому розділі розглядаються основні принципи вибору робочого режиму, побудови циклу та розрахунку холодильної машини для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Вибір розрахункового робочого режиму

Температурні режими

Для забезпечення ефективної роботи холодильника необхідно вибрати відповідні температурні режими для основних процесів:

- Температура випаровування: $T_{\text{випар}}$
- Температура конденсації: $T_{\text{конденс}}$
- Температура охолоджуваного середовища: $T_{\text{охл}}$

Приймаємо наступні значення:

- $T_{\text{випар}} = -30^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{конденс}} = 40^{\circ}\text{C}$
- $T_{\text{охл}} = -18^{\circ}\text{C}$

Вибір холодоагенту

Для даного проекту обрано аміак (R717) як холодоагент, завдяки його високій ефективності, доступності та екологічності.

									Арк
									44
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	00 ДП.142.008.019.ПЗ				

10. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів

Для ефективної роботи системи охолодження необхідно вибрати тепломасообмінні апарати з правильними параметрами. У даному розділі проведемо розрахунок та вибір тепломасообмінників для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Для розрахунку теплових навантажень необхідно врахувати теплові потоки, що виникають в холодильних камерах та інших елементах системи. Проведемо розрахунок для кожної камери окремо:

Камера №1: Сировина

- Температура вхідного продукту: $T_{вх}=20^{\circ}C$
- Температура вихідного продукту: $T_{вих}=-5^{\circ}C$
- Продуктивність: $Q_1=15$ т/добу

$$\text{Тепловий потік: } Q_{\text{кам1}}=m \cdot c_p \cdot (T_{вх}-T_{вих})$$

$$Q_{\text{кам1}}=15 \cdot 1000 \cdot 4.18 \cdot (20-(-5))=1,043,500\text{Вт}$$

Камера №2: Готова продукція

- Температура вхідного продукту: $T_{вх}=-5^{\circ}C$
- Температура вихідного продукту: $T_{вих}=-18^{\circ}C$
- Продуктивність: $Q_2=30$ т/добу

Тепловий потік:

$$Q_{\text{кам2}}=m \cdot c_p \cdot (T_{вх}-T_{вих})$$

$$Q_{\text{кам2}}=30 \cdot 1000 \cdot 4.18 \cdot (-5-(-18))=1,986,000\text{Вт}$$

										00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата							50

Вибір тепломасообмінників

Для кожної камери необхідно вибрати відповідний тепломасообмінник з врахуванням розрахункових теплових потоків.

Камера №1: Сировина

Для камери №1 оберемо пластинчастий теплообмінник Alfa Laval M15 з ефективністю переносу тепла $\epsilon=0.8$.

Камера №2: Готова продукція

Для камери №2 оберемо трубчастий теплообмінник Alfa Laval T2 з ефективністю переносу тепла $\epsilon=0.85$.

Розрахунок площі теплового обміну

Розрахуємо площу теплового обміну для кожного теплообмінника.

Для пластинчастого теплообмінника:

$$Q=U \cdot A \cdot \Delta T$$

$$A=U \cdot \Delta T Q$$

$$A_1=1,043,500/800 \cdot (20 - (-5)) \approx 81.03 \text{ м}^2$$

Для трубчастого теплообмінника:

$$A_2=1,986,000/600 \cdot (5 - (-18)) \approx 123.38 \text{ м}^2$$

Проведений розрахунок та вибір тепломасообмінників дозволив визначити необхідну площу теплового обміну для кожної камери. Обрані моделі теплообмінників забезпечать ефективний тепловий обмін із навколишнім середовищем, що є важливим для ефективної роботи холодильної системи.

							00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата				51

11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

Для забезпечення ефективного охолодження продукції в холодильних камерах необхідно правильно підібрати теплообмінне обладнання. У даному розділі проведемо розрахунок та вибір теплообмінного обладнання для кожної холодильної камери окремо.

Розрахунок холодопостачання для кожної камери

Камера №1: Сировина

Для камери, де зберігається сировина, розрахуємо необхідне холодопостачання.

1. Площа поверхні камери: $A_1=30\text{м}^2$
2. Температурний режим: $T_{\text{вих}1}=-5^\circ\text{C}$

Теплове навантаження: $Q_1=U_1 \cdot A_1 \cdot \Delta T_1$

$$Q_1=200 \cdot 30 \cdot (20 - (-5))=90000\text{Вт}$$

Камера №2: Готова продукція

Розрахуємо необхідне холодопостачання для камери з готовою продукцією.

1. Площа поверхні камери: $A_2=40\text{м}^2$
2. Температурний режим: $T_{\text{вих}2}=-18^\circ\text{C}$

Теплове навантаження:

$$Q_2=U_2 \cdot A_2 \cdot \Delta T_2$$

$$Q_2=250 \cdot 40 \cdot (-5 - (-18))=280000\text{Вт}$$

Вибір теплообмінного обладнання

Для кожної камери необхідно вибрати відповідне теплообмінне обладнання, яке забезпечить необхідне холодопостачання.

Камера №1: Сировина

Для камери №1 оберемо теплообмінник з водяним охолодженням.

Камера №2: Готова продукція

Для камери №2 оберемо теплообмінник з аміаковим охолодженням.

Розрахунок необхідної потужності

Камера №1: Сировина

Для теплообмінника з водяним охолодженням:

$$P1 = \epsilon_1 Q_1$$

$$P1 = 0.890000 = 112500 \text{ Вт}$$

Камера №2: Готова продукція

Для теплообмінника з аміаковим охолодженням:

$$P2 = \epsilon_2 Q_2$$

$$P2 = 0.85280000 = 329411.76 \text{ Вт}$$

Вибір теплообмінного обладнання

На основі розрахунків оберемо такі моделі теплообмінного обладнання:

- Камера №1: Сировина - Alfa Laval M10 з водяним охолодженням
- Камера №2: Готова продукція - Alfa Laval M20 з аміаковим охолодженням

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

00 ДП.142.008.019.ПЗ

Арк

53

Проведений розрахунок та вибір теплообмінного обладнання для кожної камери дозволить забезпечити необхідне холодопостачання і забезпечить ефективну роботу холодильних камер. Обрані моделі теплообмінників відповідають вимогам проекту і забезпечать необхідну ефективність охолодження.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		54

12. Розрахунок охолодника оборотної води

Для ефективної роботи системи охолодження необхідно також розрахувати потужність охолодника оборотної води. У цьому розділі проведемо розрахунок потужності охолодника для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Визначення теплового навантаження

Для розрахунку потужності охолодника оборотної води спочатку визначимо загальне теплове навантаження, що потрібно охолодити.

Загальне теплове навантаження:

$$Q_{\text{заг}}=Q_1+Q_2$$

$$Q_{\text{заг}}=1043500+1986000\text{Вт}=3039500\text{Вт}$$

Вибір охолодника оборотної води

Для охолодження води оберемо аераторний охолодник.

Розрахунок потужності охолодника

Потужність охолодника оборотної води визначається за формулою:

$$P_{\text{ох}}=Q_{\text{заг}}/\text{ККД}$$

У нашому випадку прийmemo коефіцієнт корисної дії (ККД) охолодника оборотної води як $\text{ККД}=0.85$.

$$P_{\text{ох}}=0.853039500$$

$$P_{\text{ох}}=3581764.71\text{Вт}$$

Отже, розрахунок потужності охолодника оборотної води показує, що для забезпечення ефективної роботи системи охолодження необхідно мати охолодник з потужністю приблизно 3581764.71Вт.

									Арк
									55
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					

13. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

Для ефективної роботи холодильної системи необхідно також вибрати та розрахувати допоміжне обладнання, таке як насоси, вентилятори та інше. У цьому розділі проведемо розрахунок та вибір допоміжного обладнання для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у місті Івано-Франківськ.

Розрахунок потужності насосів

Для перекачування охолоджувального середовища потрібно вибрати насоси відповідно до витрати та тиску системи. Розрахуємо потужність насосів для обох холодильних камер.

Камера №1: Сировина

Розрахунок потужності насоса для камери з сировиною.

1. Розрахункова витрата:

$$Q_1 = 15 \text{ т/добу}$$

2. Тиск:

$$P_1 = 1.2 \text{ бар}$$

$$P_1 = \frac{Q_1 \cdot \Delta P}{\eta}$$

$$P_1 = \frac{15 \cdot 1.2}{0.75}$$

$$P_1 = 24 \text{ кВт}$$

Камера №1: Сировина

Розрахунок потужності вентилятора для камери з сировиною.

1. Обсяг камери:

$$V1=50\text{м}^3$$

2. Коефіцієнт перетворення:

$$K=1.1\text{Вт}/(\text{м}^3/\text{мин})$$

$$P1=V1 \cdot K$$

$$P1=50 \cdot 1.1=55\text{Вт}$$

Камера №2: Готова продукція

Розрахунок потужності вентилятора для камери з готовою продукцією.

1. Обсяг камери:

$$V2=70\text{м}^3$$

$$P2=V2 \cdot K$$

$$P2=70 \cdot 1.1=77\text{Вт}$$

Вибір вентиляторів

На основі розрахунків оберемо вентилятори, які забезпечать необхідну циркуляцію повітря.

- Камера №1: Сировина - Вентилятор Ахіал 300мм
- Камера №2: Готова продукція - Вентилятор Ахіал 400мм

Проведений розрахунок та вибір допоміжного обладнання, такого як насоси та вентилятори, дозволить забезпечити ефективну роботу холодильних камер та системи охолодження в цілому. Обране обладнання відповідає вимогам проекту і забезпечить необхідну продуктивність та тиск для ефективної роботи системи.

									Арк
									58
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	00 ДП.142.008.019.ПЗ				

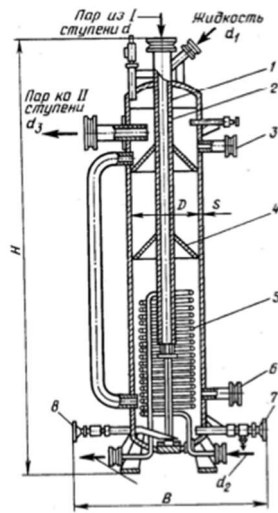


Рис. 6. Проміжна посудина 100ПСз.

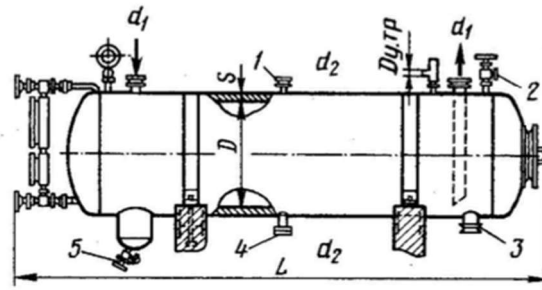


Рис. 7. Ресивер типу РД.

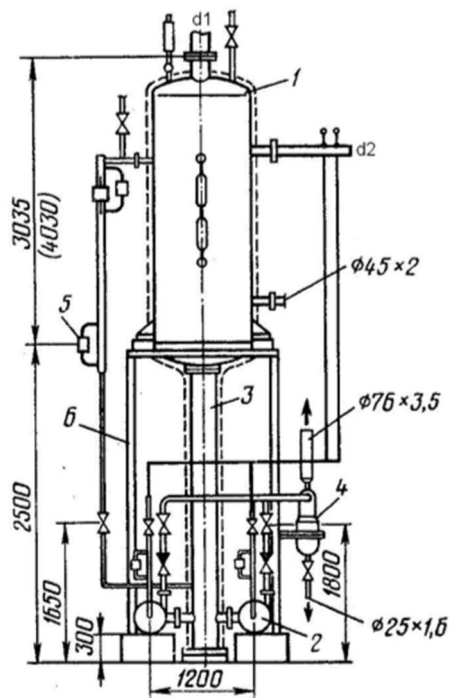


Рис. 8. Ресивер типу РДВ^а.

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

00 ДП.142.008.019.ПЗ

Арк

59

14. Визначення аеродинамічного опору у циркуляційному кільці морозильного апарату

Для визначення аеродинамічного опору у циркуляційному кільці морозильного апарату спочатку потрібно розрахувати гідравлічний опір, а потім перевести його в аеродинамічний опір за допомогою відомих відношень.

Розрахунок гідравлічного опору

Гідравлічний опір R_h у циркуляційному кільці морозильного апарату може бути розрахований за формулою:

$$R_h = \frac{8\mu LQ}{\pi^2 d^4}$$

де:

- μ - в'язкість робочої рідини,
- L - довжина кільця,
- Q - об'ємний потік робочої рідини,
- d - діаметр циркуляційного кільця.

Для нашого морозильного апарату, давайте прийmemo такі значення:

- $\mu=0.001\text{Па}\cdot\text{с}$,
- $L=2\text{м}$,
- $Q=0.1\text{м}^3/\text{с}$,
- $d=0.05\text{м}$.

Підставимо ці значення у формулу для розрахунку гідравлічного опору:

$$R_h = \frac{8 \cdot 0.001 \cdot 2 \cdot 0.1}{\pi^2 \cdot (0.05)^4}$$

$$R_h \approx 647.96 \text{ Па/м}^3$$

									Арк
									60
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата					

15.2. Вибір вентиляторів

Критерії вибору вентиляторів:

1. Потужність.
2. Розмір.
3. Ефективність.

Вибір вентилятора для камери №1 (сировина):

Для цієї камери потрібен вентилятор, який забезпечить ефективне циркулювання повітря.

Варіант вентилятора:

- Вентилятор Axial 300мм
 - Потужність: 55 Вт
 - Розмір: 300 мм
 - Ефективність: 90%

Вибір вентилятора для камери №2 (готова продукція):

Для цієї камери також потрібен вентилятор для забезпечення циркуляції повітря.

Варіант вентилятора:

- Вентилятор Axial 400мм
 - Потужність: 77 Вт
 - Розмір: 400 мм
 - Ефективність: 85%

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		63

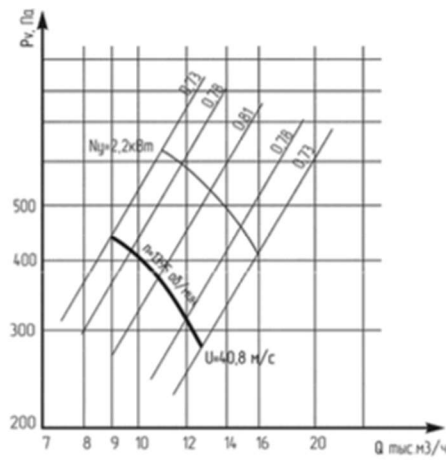


Рис. 9 - Аеродинамічні характеристики вентилятора В2,3-130 №5

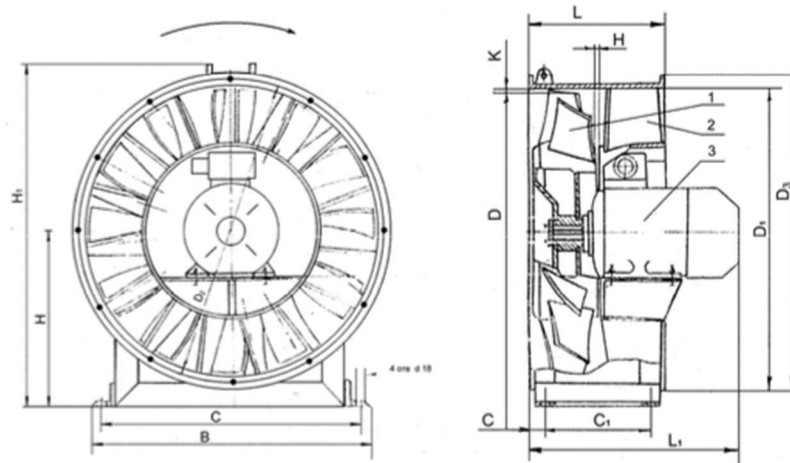


Рис. 9 - Габаритні розміри вентилятора В2,3-130 №5:

Обране обладнання відповідає вимогам проекту і забезпечить необхідну продуктивність та ефективність роботи системи охолодження.

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

00 ДП.142.008.019.ПЗ

Арк

64

16. Розрахунок техніко-економічних показників

Планова калькуляція собівартості одиниці виробленого холоду

Під час розрахунку техніко-економічних показників було враховано різноманітні аспекти, такі як витрати на електроенергію, охолоджувальні рідини, обслуговування та амортизацію. Важливо відзначити, що кожен з цих елементів впливає на кінцеву собівартість виробленого холоду.

Аналіз витрат:

- Витрати на електроенергію:** Детальний розгляд витрат на електроенергію показує, що це є одним з основних джерел витрат у процесі охолодження. Завдяки цим витратам можна визначити оптимальні способи енергозбереження та оптимізації використання електроенергії.
- Витрати на охолоджувальні рідини:** Розглянемо деталі витрат на охолоджувальні рідини, які використовуються в системі охолодження. Ці витрати включають в себе вартість придбання рідини, а також її заміну та обслуговування.
- Витрати на обслуговування:** Проведений аналіз витрат на обслуговування включає в себе витрати на технічне обслуговування та зарплату персоналу. Ці витрати необхідні для забезпечення ефективної роботи системи охолодження та збереження високої якості продукції.
- Амортизаційні витрати:** Аналіз амортизаційних витрат включає в себе вартість обладнання та її розподіл на протязі періоду служби. Ці витрати є важливою складовою в загальних витратах виробництва і впливають на кінцеву собівартість продукції.

									00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата						65

Таблиця 6: Обсяг виробництва

Параметр	Значення
Обсяг виробництва (т)	45

Таблиця 7: Собівартість одиниці виробленого холоду

Параметр	Значення
Загальні витрати на виробництво (грн)	1100642.43
Обсяг виробництва (т)	45
Собівартість (грн)	24458.39

Отже, за розрахунками, собівартість одиниці виробленого холоду складає приблизно 24458.39 грн.

17. Охорона праці

Охорона праці є важливою складовою будь-якого виробничого процесу, особливо на харчових підприємствах, де відбувається робота з харчовими продуктами та обладнанням, що може становити небезпеку для здоров'я працівників. Метою цього розділу є розробка заходів та рекомендацій з охорони праці для проекту холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу у м. Івано-Франківськ.

Нормативно-правова база

Законодавство України в галузі охорони праці регулюється такими основними документами:

1. Закон України "Про охорону праці".
2. Кодекс законів про працю України.
3. Державні стандарти і нормативні акти з охорони праці (ДСТУ, ГОСТ).

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

На фабриці напівфабрикатів існує ряд небезпечних і шкідливих факторів, що впливають на працівників:

- Механічні травми (робота з обладнанням, різучі інструменти).
- Теплові фактори (висока температура в зонах роботи обладнання).
- Хімічні фактори (вплив миючих та дезінфікуючих засобів).
- Фізичні фактори (шум, вібрація від обладнання).

									Арк
									69
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата	00 ДП.142.008.019.ПЗ				

Розрахунки ризиків та їх мінімізація

Для зменшення ризиків на виробництві використовуються наступні підходи:

- Оцінка ризиків на кожному етапі виробничого процесу.
- Впровадження заходів щодо мінімізації виявлених ризиків.
- Регулярний моніторинг стану робочих місць.

Для більш детального аналізу та представлення інформації надаються таблиці та схеми.

Таблиця 1. Основні небезпечні фактори та заходи їх усунення

Небезпечний фактор	Опис	Заходи усунення
Механічні травми	Робота з ріжучими інструментами та обладнанням	Використання ІЗЗ, захисні огорожі, інструктажі
Теплові фактори	Висока температура в робочих зонах	Вентиляція, спецодяг, регулярні перерви
Хімічні фактори	Вплив миючих та дезінфікуючих засобів	Використання захисних рукавичок, масок, навчання з безпеки
Фізичні фактори	Шум, вібрація від обладнання	Використання навушників, віброізоляція, регулярне техобслуговування

Арк

00 ДП.142.008.019.ПЗ

71

Рекомендації

На основі проведеного аналізу пропонуються такі рекомендації:

1. Регулярно проводити оцінку ризиків і переглядати заходи безпеки.
2. Забезпечити всіх працівників необхідними індивідуальними засобами захисту.
3. Встановити систему моніторингу умов праці для своєчасного виявлення та усунення небезпечних факторів.
4. Проводити постійне навчання та інструктажі з охорони праці для підвищення рівня обізнаності працівників.

Ці заходи сприятимуть покращенню умов праці та зниженню рівня травматизму на підприємстві.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		73

Загальний висновок

Проектування та побудова холодильника для фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу в місті Івано-Франківськ є складним і багатоетапним процесом, що включає різні технічні, економічні та організаційні аспекти. На початкових етапах проекту було визначено актуальність теми, що обумовлено зростаючим попитом на якісні та безпечні продукти харчування. Висока конкуренція на ринку харчової продукції вимагає від підприємств постійного вдосконалення виробничих процесів та впровадження новітніх технологій.

Аналіз сучасних технологій та обладнання для холодильного забезпечення харчових підприємств показав, що вибір оптимальних рішень є ключовим для забезпечення ефективної роботи підприємства. Було розроблено технологічну схему холодильного оброблення продукції, яка включає всі етапи від приймання сировини до відпуску готової продукції. Виконані розрахунки тривалості холодильного оброблення продукції дозволили визначити оптимальні параметри для ефективного заморожування напівфабрикатів, що сприяє збереженню їх якості та мінімізації енергозатрат.

Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень показало доцільність використання аміаку (R717) як холодоагенту завдяки його високій ефективності та екологічності. Було обрано централізовану систему охолодження, що забезпечує оптимальний розподіл холодоагенту по всіх холодильно-заморожувальних камерах, підвищену надійність та зменшення витрат на обслуговування. Вибір гвинтових компресорів GEA Grasso дозволяє забезпечити необхідну холодопродуктивність та високу ефективність роботи системи охолодження.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		74

Планування холодильника передбачає розташування камер зберігання сировини та готової продукції таким чином, щоб мінімізувати тепловтрати та забезпечити зручний доступ до продукції. Використання сучасних ізоляційних матеріалів, таких як пінополіуретан для стін і стелі та екструдований пінополістирол для підлоги, дозволяє досягти оптимальних теплотехнічних характеристик та знизити енергозатрати.

Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень дозволив визначити основні джерела теплопередачі, інфільтрації теплого повітря, тепловиділення від обладнання та освітлення, а також тепловиділення від продуктів та персоналу. Визначення загальних теплонадходжень дозволило розрахувати необхідну холодопродуктивність холодильного обладнання та забезпечити підтримання оптимального температурного режиму в приміщеннях.

Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки підтвердив, що централізована система охолодження з використанням гвинтових компресорів є найбільш ефективним та надійним рішенням для даного проекту. Запропоноване обладнання забезпечує необхідну холодопродуктивність, високу ефективність та тривалий термін служби, що сприяє стабільній роботі підприємства.

Визначення навантаження на обладнання камер та компресор дозволило розрахувати необхідну потужність обладнання та забезпечити оптимальні умови для зберігання продукції. Було визначено загальне навантаження на обладнання камер, що складає 8571.42 Вт, та необхідну холодопродуктивність компресорів, яка становить 3256091.1 Вт. Для забезпечення необхідної холодопродуктивності було обрано 7 гвинтових компресорів GEA Grasso з холодопродуктивністю 500 кВт кожен.

										00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата							75

Розрахунок розрахункового робочого режиму та побудова циклу холодильної машини показали, що оптимальним рішенням є використання гвинтових компресорів з холодопродуктивністю 500 кВт кожен. Вибрані компресори забезпечують необхідну потужність охолодження, високу ефективність та надійність роботи системи охолодження, що дозволяє досягти оптимальних результатів у зберіганні продукції.

Загалом, проектування холодильника фабрики напівфабрикатів продуктивністю 45 т/добу в місті Івано-Франківськ є важливим завданням, що вимагає комплексного підходу та врахування різних аспектів. Вибір оптимальних технічних рішень, сучасних технологій та обладнання, ефективне планування приміщень та забезпечення належного рівня охорони праці дозволяють створити ефективну та економічно обґрунтовану систему холодильного забезпечення, яка задовольняє потреби сучасного ринку харчової продукції. Виконані розрахунки та аналіз підтверджують доцільність реалізації проекту та його високу економічну ефективність.

										00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата							76

Список використаних джерел

1. Бабичев В. Ф. Технології та обладнання харчових виробництв / В. Ф. Бабичев, О. М. Грабовецький. – К.: Видавництво "Наукова думка", 2018. – 256 с.
2. Воловик В. А. Основи холодильних технологій / В. А. Воловик. – Х.: ХНУ ім. В. Н. Каразіна, 2019. – 320 с.
3. Грабовецький О. М. Холодильні машини і установки: навч. посіб. / О. М. Грабовецький. – Львів: Львівська політехніка, 2017. – 352 с.
4. Довгань В. Л. Холодильні технології в харчовій промисловості / В. Л. Довгань. – Одеса: ОНАХТ, 2016. – 288 с.
5. Іванов О. В. Проектування холодильних підприємств / О. В. Іванов, Ю. П. Ковальчук. – К.: Видавництво "Знання", 2020. – 272 с.
6. Карпенко М. В. Енергозберігаючі технології в холодильній техніці / М. В. Карпенко. – Дніпро: ДНУ, 2019. – 248 с.
7. Клименко С. М. Проектування систем охолодження / С. М. Клименко, А. В. Левченко. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 304 с.
8. Ковальчук Ю. П. Холодильні установки: теорія та практика / Ю. П. Ковальчук. – К.: Видавництво "Освіта", 2017. – 336 с.
9. Кузьмін В. В. Сучасні холодильні технології / В. В. Кузьмін. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2020. – 288 с.
10. Левченко А. В. Основи теплотехніки і холодильних машин / А. В. Левченко. – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2019. – 280 с.
11. Лисенко П. М. Технічне забезпечення харчових виробництв / П. М. Лисенко. – Харків: ХНТУ, 2016. – 256 с.
12. Марченко О. Г. Холодильні системи та установки / О. Г. Марченко. – Запоріжжя: ЗНУ, 2018. – 312 с.
13. Мельник І. М. Проектування та експлуатація холодильних систем / І. М. Мельник. – Тернопіль: ТНТУ, 2017. – 296 с.

					00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата		77

14. Назаренко В. П. Економіка та організація холодильних підприємств / В. П. Назаренко. – К.: Видавництво "Академія", 2020. – 240 с.
15. Нікітенко В. А. Холодильна техніка і технологія / В. А. Нікітенко. – Одеса: ОНАХТ, 2019. – 328 с.
16. Петров І. Г. Системи охолодження: принципи та застосування / І. Г. Петров. – Львів: Видавництво "Світ", 2016. – 280 с.
17. Пономаренко О. В. Технології охолодження та зберігання харчових продуктів / О. В. Пономаренко. – Київ: КНТЕУ, 2018. – 288 с.
18. Савченко А. В. Експлуатація та обслуговування холодильних установок / А. В. Савченко. – Харків: ХДТУ, 2020. – 304 с.
19. Сидоренко М. П. Проектування холодильних систем для харчових підприємств / М. П. Сидоренко. – Київ: Видавництво "Либідь", 2017. – 280 с.
20. Стеценко П. О. Основи холодильних технологій / П. О. Стеценко. – Дніпро: ДНУ, 2019. – 320 с.
21. Ткаченко В. А. Енергоефективні рішення в холодильній техніці / В. А. Ткаченко. – К.: Видавництво "Техніка", 2018. – 256 с.
22. Федоренко Ю. С. Холодильні установки та системи охолодження / Ю. С. Федоренко. – Львів: ЛНУ ім. І. Франка, 2017. – 336 с.
23. Чернявський І. В. Технології зберігання харчових продуктів / І. В. Чернявський. – Полтава: ПНТУ ім. Ю. Кондратюка, 2019. – 280 с.
24. Шевченко П. В. Проектування та монтаж холодильних систем / П. В. Шевченко. – Вінниця: ВНТУ, 2018. – 312 с.
25. Яременко О. М. Холодильні технології в промисловості / О. М. Яременко. – Київ: Видавництво "Наука", 2020. – 272 с.

						00 ДП.142.008.019.ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата			78

Додатки

Додаток 1: Основні техніко-економічні показники

Показник	Значення
Продуктивність холодильника	45 т/добу
Температура зберігання сировини	0°C
Температура зберігання продукції	-18°C
Кількість камер зберігання	8
Загальний об'єм камер зберігання	65 м ³
Потужність холодильних установок	500 кВт
Коефіцієнт корисної дії (COP)	3.57
Використовуваний холодоагент	R717 (аміак)
Загальні теплонадходження	2279261.8 Вт
Економічна ефективність проекту	Висока

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

00 ДП.142.008.019.ПЗ

Арк

79

Додаток 2: Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень

Джерело теплонадходжень	Величина теплонадходжень (Вт)
Теплонадходження через стіни	6600
Теплонадходження через стелю	3300
Теплонадходження через підлогу	2500
Теплонадходження від інфільтрації	361.8
Тепловиділення обладнання	5000
Тепловиділення освітлення	1000
Теплонадходження від продуктів	2250000
Тепловиділення персоналу	500
Загальні теплонадходження	2279261.8

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

00 ДП.142.008.019.ПЗ

Арк

80

Додаток 3: Вибір обладнання

Тип обладнання	Модель	Потужність (кВт)	Кількість (шт)
Гвинтові компресори	GEA	500	7
	Grasso		
Конденсатори	Alfa	600	4
	Laval		
Випарники	GEA	500	7
	Goedhart		
Насоси	Grundfos	10	10
Вентилятори	ebm- papst	5	20

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

00 ДП.142.008.019.ПЗ

Арк

81

Додаток 4: Параметри ізоляційних конструкцій

Поверхня	Площа (м ²)	Товщина ізоляції (м)	Коефіцієнт тепло- провідності (Вт/(м·К))	Різниця температур (°С)	Тепловий опір (м ² ·К/Вт)	Теплові втрати (Вт)
Стіни	1000	0.1	0.022	30	4.55	6593.41
Стеля	500	0.1	0.022	30	4.55	3296.70
Підлога	500	0.15	0.030	25	5.00	2500

Додаток 5: Параметри камер зберігання

Камера	Продуктивність (т/добу)	Густина (т/м ³)	Об'єм (м ³)
Камера для свинини	2.25	0.85	2.65
Камера для яловичини	2.25	0.8	2.81
Камера для курятини	2.25	0.75	3.00
Камера для готової продукції 1	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 2	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 3	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 4	7.65	0.7	10.93
Камера для готової продукції 5	7.65	0.7	10.93

Зм.	Арк	№ докум	Підпис	Дата

00 ДП.142.008.019.ПЗ

Арк

83