

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

**Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний
інститут імені академіка І.С. Гулого**

Кафедра Теплоенергетики та холодильної техніки

«До захисту в ЕК»

Директор інституту(декан факультету)

_____ Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » лютого 2025 р.

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Валентин ПЕТРЕНКО
(підпис) (прізвище та ініціали)

« » лютого 2025 р.

**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 розподільчого холодильника місткістю 500 тон у м. Дніпро

Виконав: здобувач 3 скор курсу, групи ЗХМ-5-4

Чміль Олександр Ігорович

(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник Петренко Валентин Петрович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали) _____ (підпис)

Рецензент

_____ (прізвище та ініціали) _____ (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 – 2025 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) Навчально-науковий інженерно-технічний інститут імені академіка І.С. Гулого

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування

(код і назва)

Освітньо-професійна програма Холодильні техніка та технології

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри теплоенергетики та холодильної техніки

Валентин ПЕТРЕНКО

“ 01 ” жовтня 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Чміля Олександра Ігоровича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект розподільчого холодильника місткістю 500 тон у м. Дніпро

керівник роботи професор Петренко Валентин Петрович,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “01” 10 2024 року № 861-кс

2. Строк подання здобувачем роботи 10.02.2025 р.

3. Вихідні дані до роботи: холодоагент – R717

Тип продуктів: морозиво, масло заморожене, сири натуральні, м'ясо птиці заморожене. Ізоляційний матеріал: стиродур типу С

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

1. Технологічна схема оброблення продукції. 2. ТЕО прийнятих рішень.

3. Визначення основних розмірів та планування приміщень. 4. Розрахунок

ізоляційних конструкцій холодильника. 5. Розрахунок теплонадходжень до

охолоджуваних приміщень. 6. Тепловий розрахунок складових холодильної

установки. 7. Вибір допоміжного обладнання. 8. Визначення гідравлічних

витрат у трубопроводах. 9. Підбір насосів. 10. Техніко-економічні показники

проекту. 11. Охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника. 2. Схема холодильної установки.

3. План та розріз машинного відділення

Анотація

Розподільчі холодильники призначені для проміжного зберігання готової продукції, що постачається від виробника до торгівельних мереж трейдерами. Залежно від виду продукції, а саме температури її зберігання розроблено план розподільчого холодильника з різними камерами. Відповідно підібрано холодильну установку з насосно-циркуляційною схемою подачі холодоагенту до охолоджувальних приладів та устаткування. За основний холодильний агент обрано аміак.

В роботі проведено відповідні розрахунки: будівельних конструкцій, основного та допоміжного обладнання, ізоляційних матеріалів. Економічна складова роботи розкрита у техніко-економічному обґрунтуванні проекту розподільчого холодильника місткістю 500 тон у місті Дніпро, а доцільність доведена розрахунком техніко-економічних показників.

Розділ охорони включає вимоги чинних нормативних санітарних правил та норм щодо рівня шуму, вібрації, освітлення, стандартів щодо організації заходів пожежної безпеки та електробезпеки.

Оформлення пояснювальної записки, в тому числі графіків та діаграм, а також графічної частини виконано за допомогою програм Microsoft Office, графічних редакторів та спеціальних програм.

Ключові слова: розподільчий холодильник, аміак, розрахунок основного та допоміжного холодильного обладнання та теплонадходжень.

					<i>00.БКР.000.000.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Чміль О.І.</i>			Проект розподільчого холодильника місткістю 500 тон у м. Дніпро	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					4	
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ ЗХМ-5-4</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

Annotation

Distribution refrigerators are intended for intermediate storage of finished products delivered from the manufacturer to trade networks by traders. Depending on the type of product, namely its storage temperature, a distribution refrigerator plan with different chambers is developed. Accordingly, a refrigerating unit with a pump-circulation scheme for supplying refrigerant to refrigerating devices and equipment was selected. Ammonia was chosen as the main refrigerant.

In the work, appropriate calculations were made: building structures, main and auxiliary equipment, insulating materials. The economic component of the work is disclosed in the technical and economic justification of the project of a distribution refrigerator with a capacity of 500 tons in the city of Dnipro, and the feasibility is proven by the calculation of technical and economic indicators.

The protection section includes the requirements of current regulatory sanitary rules and norms regarding the level of noise, vibration, lighting, standards for the organization of fire safety measures and electrical safety.

The design of the explanatory note, including graphs and charts, as well as the graphic part, was made with the help of Microsoft Office programs, graphic editors and special programs.

Keywords: distribution refrigerator, ammonia, calculation of main and auxiliary refrigeration equipment and heat inputs.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

	стор.
Анотація	3
Вступ	7
1. Технологічна схема термічного оброблення продукції	9
2. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень	13
3. Визначення основних розмірів і планування приміщень	15
4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника	18
5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень	21
6. Тепловий розрахунок складових холодильної установки	32
7. Вибір допоміжного обладнання	38
8. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах	43
9. Підбір насосів	46
10. Техніко-економічні показники проєкту	49
11. Охорона праці	53
Список використаних джерел	62

					<i>00.БКР.000.000.ПЗ</i>			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Чміль О.І.</i>			Проект розподільчого холодильника місткістю 500 тон у м. Дніпро	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Петренко В.П.</i>					6	
<i>Реценз.</i>						НУХТ ЗХМ-5-4		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Петренко В.П.</i>						

Вступ

Розвиток різних технологій, який стрімко розвинувся у 90-х роках ХХ століття, мав свій вплив і на холодильну галузь. При цьому напрямки розвитку холодотехніки та холодильних технологій від шокowego заморожування харчової продукції, низькотемпературних екструзійних установки до криогенних технологій в медицині, створення комфортних умов роботи та життя людей тощо.

Для виробництва штучного холоду для потреб промисловості, зокрема харчової чи хімічної, застосовується високо потужне холодильне обладнання. При цьому холод використовується як під час технологічного процесу виробництва, так і для зберігання за певних температурних та вологісних режимах вже готової продукції. При цьому холодопродуктивність таких установок може сягати від десятків кВт до МВт. Ватро зауважити, що для функціонування холодильних установок використовують зріджений аміак, фреони, що несе підвищені ризики в експлуатації холодильного обладнання. Також за показниками енергоспоживання холодильні установки є досить енергоємними, що додатково впливає на підвищення собівартості виробництва різноманітної продукції та надання послуг.

В основі проектування розподільчого холодильника для харчових продуктів лежить холодильний цикл, який реалізується за допомогою таких елементів: компресор, конденсатор, дросельний клапан та випарник. Ці елементи утворюють замкнений холодильний контур, який запобігає витоку холодоагенту, створюючи безпечні умови експлуатації холодильного обладнання.

Розподільчі холодильники великої місткості мають, як правило більше десяти камер зберігання продукції, зокрема харчової. Це обумовлено багатьма факторами, насамперед видом продукції та її пакування, що в свою чергу потребує особливостей здійснення вантажних робіт в камерах, врахування навантаження на один квадратний та кубічний метр камери, діапазон температур та тривалості зберігання. Також, для забезпечення гарантій виробника щодо збереження якості та безпечності харчових продуктів в процесі зберігання необхідно створити програми передумов у відповідності до стандартів ISO 22000.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Безпечність харчових продуктів пов'язана з наявністю та можливим виникненням небезпечних чинників у харчових продуктах під час споживання (вживання споживачем). Оскільки небезпечні чинники, що загрожують безпечності харчових продуктів, можуть виникнути на будь-якій ланці харчового ланцюга, адекватне керування в усьому харчовому ланцюзі є суттєво важливим. Отже, харчові продукти можна убезпечити спільними зусиллями всіх сторін у харчовому ланцюзі. [20]

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Технологічна схема термічного оброблення продукції

Розподільчий холодильник, що проєкт якого передбачено розробити у даній кваліфікаційній роботі, призначений для зберігання різних видів харчової продукції: морозива у спожитковому пакуванні, масла та спреду замороженого у монолітах та брикетах, сирів натуральних твердих та напівтвердих у термозбіжній плівці, м'яса мороженого. Вся заморожена продукція: морозиво, масло і спреди, м'ясо – постачається до холодильника розфасованою у ящики з гофрованого картону, полімерні ящики та коробки. Додатково коробки та ящики можуть бути зібрані на палетах, обгорнутими стрейч-плівкою. Забезпечення підприємства холодом здійснюється від власного холодильно-компресорного цеху, в якому встановлені холодильні установки, де в якості холодоагента використовується аміак.

Приміщення холодильника розташоване у місті Дніпро загальною місткістю холодильника 500 тон.

В експедиції, куди надходять всі продукти, що постачаються до холодильника, повітря має наступні параметри: $t_{п} = 0 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi=85\dots90 \%$. Після експедиції та вагової всі продукти транспортуються у відповідну камеру зберігання:

- морозиво з параметрами повітря $t_{п} = \text{мінус } 24\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi \leq 90\%$;
- масло та спреди з параметрами повітря $t_{п} = \text{мінус } 15\pm 3 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi=(75\pm 5)\%$;
- суміші жирів з параметрами повітря $t_{п} = 0\dots\text{мінус } 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi=(75\pm 5)\%$;
- сири натуральні з параметрами повітря $t_{п} = \text{мінус } 4\dots+6 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi=(85\pm 5)\%$;
- м'ясо заморожене з параметрами повітря $t_{п} = \text{мінус } 20\pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\varphi=95\%$.

Всі продукти у холодильнику планується зберігати від 1 до 6 місяців залежно від вимог нормативної документації.

У відповідності до чинних стандартів, що регламентують якість готової продукції, умови зберігання та гарантії виробника необхідно забезпечити наступні умови.

Згідно з ДСТУ 4733, 4734, 4735 транспортування морозива проводять за умов, що забезпечують підтримку температури морозива в центрі порції не вище

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мінус 12 °С, та зберігання за температури, що не перевищу мінус 18 ° та відносній вологості повітря не вище 95 % [13, 14, 15].

Строк придатності морозива у спожитковому пакуванні залежить від температури зберігання (табл. 1)

Таблиця 1 – Строк придатності до споживання морозива [13, 14, 15]

Вид морозива	Строк придатності, місяців, за температури	
	мінус (18 ± 2) °С	мінус (24 ± 2) °С
Молочне	10	12
Вершкове	10	12
Пломбір	10	12
Торти, кекси, рулети, тістечка	6	7
Морозиво для хворих на цукровий діабет	2	3
Морозиво з комбінованим складом сировини	10	12
Торти, кекси, рулети, тістечка з морозива з комбінованим складом сировини	6	7
Плодово-ягідне, овочеве	10	12
Ароматичне (сорбет)	10	12
Лід (заморожений сік)	10	12
Щербет	10	12
Морозиво для хворих на цукровий діабет	2	3

Сири натуральні тверді та напівтверді, які зберігаються у цілісних сирних голівках, упаковані у термозбіжну плівку, латексне покриття чи парафіновані, зберігають до 60 діб за температури від мінус 4 до 0 ° або до 30 діб за температури від 0 до +6 °С за відносної вологості повітря від 80 до 90 % [16,17,18]

У відповідності до ДСТУ 4399, 4445 масло вершкове, спреди та жирові суміші зберігають за одним з трьох температурно-вологісних режимів, від яких залежить строк придатності до споживання продукту (табл. 2).

Таблиця 2 – Строки придатності до споживання масла вершкового, спредів та жирових сумішей у транспортній тарі монолітом [12, 19]

Назва групи масла, спреду, жирової суміші	Строк придатності, місяців за режиму		
	від 0 до мінус 5 °С	від мінус 6 до мінус 11 °С	від мінус 12 до мінус 18 °С
Масло вершкове екстра і селянське (окрім солоного)	3	9	12
Масло вершкове бутербродне (окрім солоного)	2	2	3
Масло вершкове солоне	2	4	6
Масло топлене (молочний жир)	12	4	3
Спред з масовою часткою загального жиру від 70% до 85%	3	9	12
Спред з масовою часткою загального жиру від 60% до 69,5%	2	2	3
Спред з масовою часткою загального жиру від 50% до 59,5%	2	2	-
Спред з наповнювачами	2	2	-
Суміші жирові	12	4	3

Заморожене м'ясо надходить до холодильника з температурою від мінус15 °С та нижче. При цьому м'ясо птиці (тушки та напівтушки), м'ясні частини зазвичай розфасовані у спеціальні щільні вакуумні або термозбіжні пакети [9, 10, 11].

Умови зберігання свинини, яловичини, баранини та інших видів м'яса великої та дрібної худоби, що можуть постачати в півтушах або розділеним на частини у примороженому та замороженому стані. При цьому граничний строк придатності м'яса примороженого не більше 20 діб за температури зберігання від мінус 2 до мінус 3 °С, а замороженого м'яса – від 3 місяців за температури зберігання мінус 12 °С до 12 місяців за температури зберігання мінус 12 °С, відносна вологість повітря не менше 95% регламентуються за ДСТУ. [10, 11]

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих рішень

Метою даної кваліфікаційної роботи є проєкт розподільчого холодильника в обласному центрі Дніпропетровської області, а саме у місті. Дніпро. Як зазначалося, розподільчий холодильник є структурною ланкою у логістичній системі постачання харчових продуктів від виробників до споживачів. При цьому місткість даного холодильника є середньою – 500 тон, що обумовлює пришвидшене обертання продукції. Передбачається, що основними постачальниками готової продукції, що тимчасово буде зберігатись у даному холодильнику, будуть такі компанії: ТОВ «Ласунка» – потужний виробник морозива; Група компаній «Глобино», до складу якої входять «Глобинський м'ясомолочний комплекс», «Глобинський свинокомплекс», ТОВ «Глобинський маслозавод» та «Глобинський м'ясокомбінат»; Група компаній «Молочний Альянс», що об'єднала «Пирятинський сирзавод», «Золотоніський маслоробний комбінат», «Баштанський сирзавод», «Яготинський маслозавод»; ТОВ «Слов'янський комбінат м'ясопродуктів».

Будівництво одноповерхового холодильника дозволяє вирішити багато питань, перш за все максильна механізація вантажно-розвантажувальних робіт. По друге, простота конструкції, яку можна збирати з сендвіч-панелей з різними видами теплоізоляційних матеріалів. Враховуючи, що основне навантаження припадатиме на ґрунт, то за рахунок ярусного розташування продукції на стелажах камери можна, за необхідності, збільшити навантаження на 1 мерт квадратний камери зберігання і, відповідно, міскість холодилька піднявши висоту перекриття. Тобто за умови необхідності проведення реконструкції холодильника капіталовкладення будуть помірними.

Для отримання штучного холоду в даній роботі пропонується до використання насосно-циркуляційна схема подачі холодоагенту, а саме аміаку. При цьому за проміжний теплоносій обрано пропіленгліколь, який циркулює між аміачним компресором та повітроохолодниками, що розміщено у камерах, які забезпечують примусову циркуляцію охолодженого повітря для підтримки необхідних режимів зберігання харчової продукції.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

3. Визначення основних розмірів і планування приміщень

Проектуємо розподільчий холодильний однопверховою спорудою.

Основні розміри та місткість камер холодильника визначаємо за відповідними формулами, а дані розрахунку зводимо до загальної таблиці.

Передбачаємо використання відкатних дверей у камерах холодильника з електричним підігрівом притвору.

Послідовність розрахунку камер наведено нижче:

1. Будівельну площу камер зберігання визначаємо за формулою:

$$F_{\text{буд}} = \frac{B_{\text{к}}}{q_{\text{в}} \cdot \beta_{\text{Ф}} \cdot h_{\text{зп}}}, \text{ м}^2.$$

де $B_{\text{к}}$ - кількість продукту, який планують завантажити в камеру, т;

$q_{\text{в}}$ - норма завантаження продукту, т/м³;

$\beta_{\text{Ф}}$ - коефіцієнт використання будівельної площі камери;

$h_{\text{зп}}$ - вантажна висота, м.

2. Визначаємо площу одного будівельного прямокутника за формулою:

$$f = b \cdot l = 12 \cdot 12 = 144 \text{ м}^2.$$

де b - ширина будівельного прямокутника, м;

l - довжина будівельного прямокутника, м.

3. Визначаємо кількість будівельних прямокутників за формулою:

$$n = \frac{F_{\text{буд}}}{f}$$

4. Приймаємо дійсну кількість будівельних прямокутників $n_{\text{д}}$, округлюючи римане значення до цілих значень (в бік зростання).

5. Знаходимо загальну площу камер зберігання [3]:

$$F_{\text{буд}} = \sum n_i \cdot f \text{ м}^2.$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6. Площу експедиції визначаємо за формулою:

$$F_{\text{екс}} = 0,4 \cdot \frac{\sum M}{0,35} \text{ м}^2.$$

де $\sum M$ - добове надходження продукту в камери, т/добу.

7. Знаходимо площу допоміжних приміщень за формулою [3]:

$$F_{\text{доп}} = 0,23 \cdot \sum F_{\text{б\у\д}} \text{ м}^2.$$

8. Знаходимо площу холодильника в контурі ізоляції за формулою:

$$F_{\text{хол}}^I = \sum F_{\text{б\у\д}} + F_{\text{екс}} + F_{\text{доп}} \text{ м}^2.$$

9. Машинне відділення проектуємо з сіткою колон 6х6 м. Відповідно розмір приміщення: довжина – 18м, ширина – 18м.

10. Знаходимо площу всього холодильника за формулою:

$$F_{\text{хол}} = F_{\text{хол}}^I + F_{\text{ст}} + F_{\text{маш}} \text{ м}^2$$

Таблиця 5 – Розміри приміщень холодильника

Назва камери	Вк, т	qv,	βf,	hв,	F _{б\у\д} , м ²	f, м ²	np,	нд,	F _{б\у\д} д., м ²
		т/м ³		м			шт	шт	
Сири натуральні	3600	0,35	0,85	5,4	739,49	144	15,56	16	760
Морозиво	3600	0,39	0,85	5,4	1501,39	144	15,56	16	1544
Заморожене масло	1900	0,8	0,85	5,4	517,43	144	3,6	4	576
Заморожене м'ясо	3600	0,35	0,85	5,4	1396,57	144	9,7	10	1440
Загальна площа камер зберігання									4320
Експедиція (600 т/добу)					685,71	144	4,76	5	720
Допоміжні приміщення					993,6	72	13,8	14	1008
Площа холодильника в контурі ізоляції									6048
Службові приміщення					144	36	4	4	144
Машинне відділення					180	36	5	5	180
Площа всього холодильника									6372

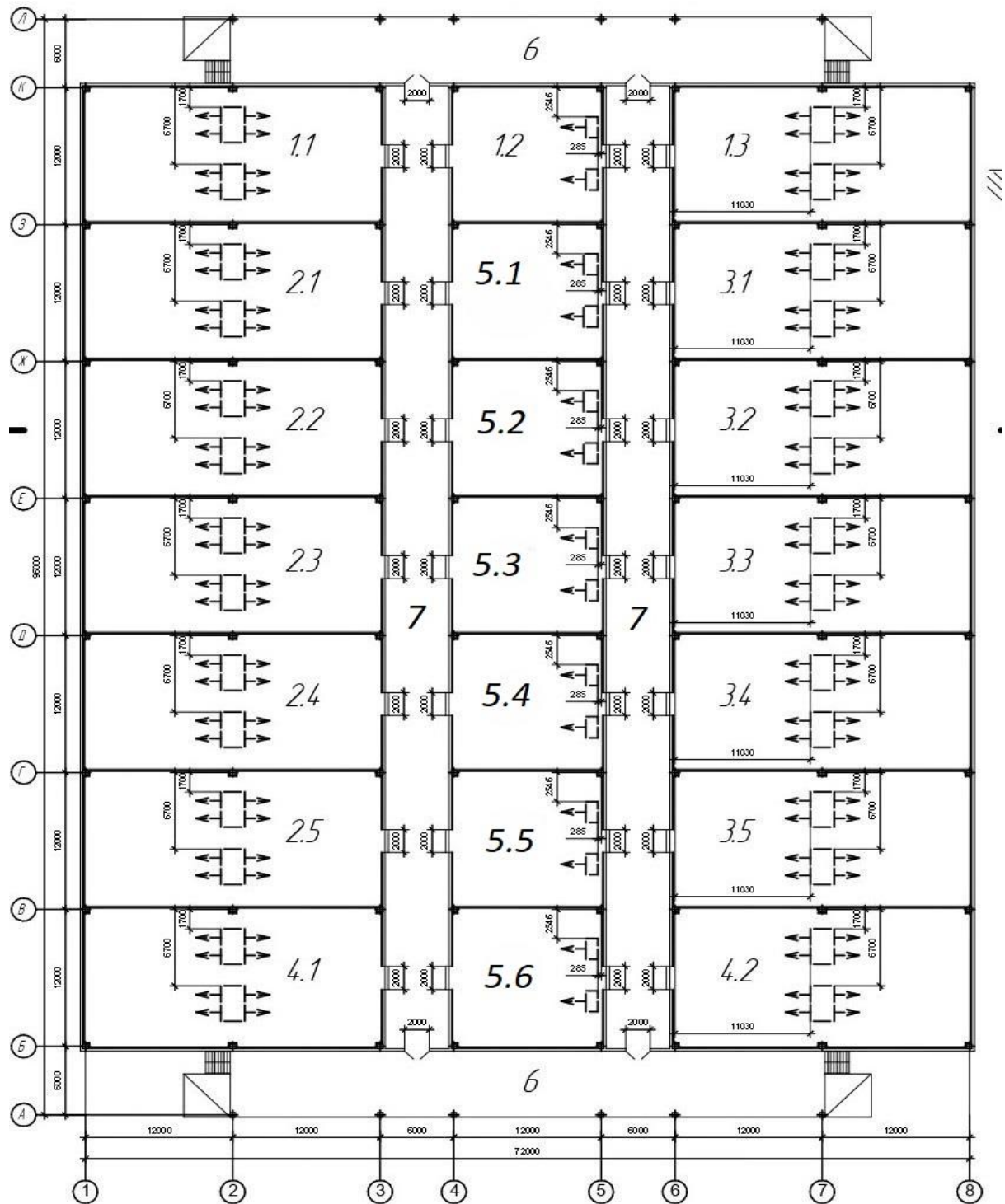


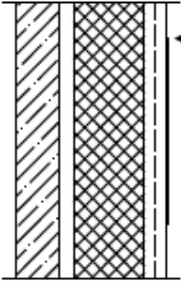
Рисунок 1 – План холодильника з розподілом на камери зберігання

- 1.1 – 1.3 – Експедиція
- 2.1 – 2.5 – Камери зберігання морозива
- 3.1 – 3.5 – Камери зберігання м'яса
- 4.1 – 4.2 – Камери зберігання масла
- 5.1 – 5.6 – Камери зберігання сирів
- 6 – Естакада (автомобільна платформа)
- 7 – Транспортні коридори

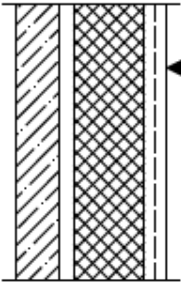
						00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			17

4. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

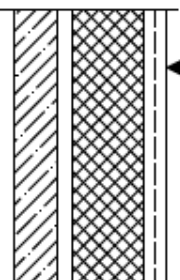
Типи будівельно-ізоляційних конструкцій для будівництва холодильних камер наведено у вигляді рисунків і таблиць:



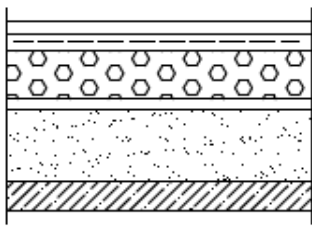
Зовнішня стінка	δ	λ	R
	м	Вт/мК	м ² К/Вт
1. Штукатурка	0,02	0,98	0,141
2. Теплоізоляція стиродур тип С	-	0,031	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці	0,004	0,3	
4. Залізобетон	0,2	1,86	



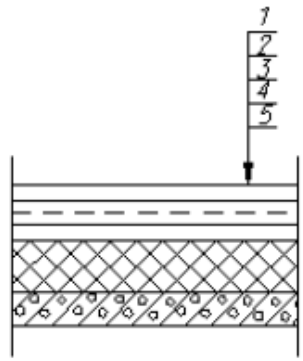
Внутрішня стінка	δ	λ	R
	м	Вт/мК	м ² К/Вт
1. Штукатурка	0,02	0,98	0,141
2. Теплоізоляція стиродур тип С	-	0,031	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці	0,004	0,3	
4. Залізобетон	0,2	1,86	



Перегородка	δ	λ	R
	м	Вт/мК	м ² К/Вт
1. Штукатурка	0,02	0,98	0,088
2. Теплоізоляція стиродур тип С	-	0,031	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці	0,004	0,3	
4. Залізобетон	0,1	1,86	



Підлога	δ	λ	R
	м	Вт/мК	м ² К/Вт
1. Монолітне бетонне перекриття	0,04	1,86	2,3
2. Армowana бетонна стяжка	0,04	1,86	
3. Гравій керамзитовий	0,25	0,12	
4. Пароізоляція - 2 шари гідроізолу на бітумній мастиці	0,004	0,3	
5. Цементно-пісковий розчин	0,03	0,98	
6. Залізобетон	0,22	1,86	



Стеля (переkritтя)	δ	λ	R
	м	Вт/мК	м ² К/Вт
1. 5 шарів гідроізолю на бітумній мастиці	0,012	0,3	0,092
2. Стяжка з бетону по металевій сітці	0,04	1,86	
3. Пароізоляція - 2 шари гідроізолю на бітумній мастиці	0,004	0,3	
4. Теплоізоляція стиродур тип С	-	0,031	
5. Залізобетонна плита покриття	0,035	2,04	

Розрахунок товщини ізоляції зовнішніх стін проводиться з урахуванням параметрів повітря навколишнього середовища у місці будівництва холодильника (табл. 6)

Таблиця 6 – Параметри повітря навколишнього середовища для розрахунку товщини ізоляційного шару

Назва населеного пункту	Температура повітря для розрахунків, °С		
	літня	зимова	середньорічна
Місто Дніпро	+ 33	мінус 24	8,5

Розрахунок товщини ізоляційного шару проводимо за формулою:

$$\delta_{\text{із}} = \lambda_{\text{із}} \cdot \left[\frac{1}{K_0} - \left(\frac{1}{\alpha_s} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right) \right], \text{ м} .$$

де $\lambda_{\text{із}}$ - коефіцієнт теплопровідності ізоляції, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

K_0 - коефіцієнт теплопередачі, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

α_s - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої або більш теплої сторони огороження, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

α_e - коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої або більш холодної сторони огороження, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

Необхідна товщина ізоляційного шару для зовнішньої стінки:

$$\delta_{\text{із}}^{\text{н}} = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,23} - \left(\frac{1}{23} + 0,141 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,1256 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляції 130 мм.

									Арк.
									19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Відповідно до прийнятих рішень виникає необхідність визначення дійсного значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_{зов.}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн.}} \right) + \frac{\delta_{із.дійсне}}{\lambda_{із.}}};$$

$$K_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,141 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,13}{0,031}} = 0,223$$

Необхідна товщина ізоляційного шару для внутрішньої стінки:

$$\delta_{із}^n = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{9} + 0,141 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,099 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляції 100 мм.

Необхідна товщина ізоляційного шару для перегородок:

$$\delta_{із2} = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{9} + 0,088 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,044 \text{ м}$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару перегородок 50 мм.

Враховуючи, що прийнята товщина відрізняється від розрахункової, необхідно визначити дійсне значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + 0,088 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,05}{0,031}} = 0,52$$

Необхідна товщина ізоляційного шару для перекриття (стелі):

$$\delta_{із}^n = 0,031 \cdot \left[\frac{1}{0,22} - \left(\frac{1}{23} + 0,092 + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,133$$

Приймаємо товщину ізоляційного шару перекриття 140 мм.

Прийняте рішення потребує перерахунку дійсного значення коефіцієнта теплопередачі:

$$K_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,092 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,14}{0,031}} = 0,21$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5. Розрахунок теплонадходжень до охолоджуваних приміщень

Навантаження на обладнання в камері визначається як сума всіх теплонадходжень в задану камеру за формулою:

$$\Sigma Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

Теплонадходження через конструкції огороження Q_1 :

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C}, \text{ Вт}$$

де Q_{1T} – теплонадходження через стіни, перегородки, покриття, підлогу;

Q_{1C} – теплонадходження від сонячного випромінювання.

Теплонадходження через стіни, перегородки, покриття та підлогу визначають за формулою:

$$Q_{1T} = K_0^d * F * (t_{\text{зн}} - t_{\text{вн}}), \text{ Вт}$$

де K_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі огороження;

F – розрахункова площа поверхні огороження;

$t_{\text{зн}}$ і $t_{\text{вн}}$ – температура повітря зовнішня та внутрішня відповідно.

Для розрахунку теплонадходжень через внутрішні огороження, які межують з неохолоджуваними приміщеннями, різниця температур розраховується: $0,7*(t_{\text{зн}} - t_{\text{вн}})$ – для зовнішніх стін, $0,6*(t_{\text{зн}} - t_{\text{вн}})$ – для внутрішніх перегородок.

Знаходимо теплонадходження від сонячного випромінювання:

$$Q_{1C} = K_0^d \cdot F \cdot \Delta t_c, \text{ Вт}$$

де Δt – надлишкова різниця температур, яка характеризує дію сонячної радіації у літній час.

Проведені розрахунки теплонадходжень вносимо до зведеної таблиці 7.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7 – Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q₁

Назва камери	Найменування огороження	Ко.д	Розміри			F	t _{зв}	t _{вн}	Δt	Δt _c	Q _{1г}	Q _{1c}	Q
			L	B	H								
Експедиція 1	Північна стіна	0,223	24		6	144	33	8	25		803	0	803
	Південна стіна	0,24	24		6	144	-20		-28		-968		-968
	Західна стіна	0,223	12		6	72	33		25	4,7	401	75	476
	Східна стіна	0,58	12		6	72	8		0		0		0
	Покриття	0,21	24	12		288	33		25	14,9	1512	901	2413
	Підлога	0,44	24	12		288	1		-7		-887		-887
												1837	
Експедиція 2	Північна стіна	0,223	12		6	72	33	8	25		401		401
	Південна стіна	0,24	12		6	72	-20		-28		-484		-484
	Західна стіна	0,58	12		6	72	8		0		0		0
	Східна стіна	0,58	12		6	72	8		0		0		0
	Покриття	0,21	12	12		144	33		25	14,9	756	451	1207
	Підлога	0,44	12	12		144	1		-7		-443		-443
												681	
Експедиція 3	Північна стіна	0,223	24		6	144	33	8	25		803		803
	Південна стіна	0,24	24		6	144	-20		-28		-968		-968
	Західна стіна	0,58	12		6	72	8		0		0		0
	Східна стіна	0,223	12		6	72	33		25	3,9	401	63	464
	Покриття	0,21	24	12		288	33		25	14,9	1512	901	2413
	Підлога	0,44	24	12		288	1		-7		-887		-887
												1825	

Камера зберіг. морозива 1	Північна стіна	0,24	24		6	144	8	-20	28		968		968
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,223	12		6	72	33		53	4,7	851	76	927
	Східна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												7835	
Камера зберіг. морозива 2	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144			0		0		0
	Західна стіна	0,223	12		6	72	33		53	4,7	851	75	926
	Східна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6866	
Камера зберіг. морозива 3	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,223	12		6	72	33		53	4,7	851	75	926
	Східна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6866	
Камера зберіг. морозива 4	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,223	12		6	72	33		53	4,7	851	75	926
	Східна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6866	

Камера зберіг. морозива 5	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,223	12		6	72	33		53	4,7	851	75	926
	Східна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6866	
Камера зберіг. сирів 1	Північна стіна	0,24	24		6	72	8	-20	28		484		484
	Південна стіна	0,58	24		6	72			0		0		0
	Західна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Східна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Покриття	0,21	24	12		144	33		53	14,9	1603	451	2054
	Підлога	0,21	24	12		144	1		21		635		635
												4141	
Камера зберіг. сирів 2	Північна стіна	0,58	24		6	72	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	72	-20		0				0
	Західна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Східна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Покриття	0,21	24	12		144	33		53	14,9	1603	451	2054
	Підлога	0,21	24	12		144	1		1		635		635
												3657	
Камера зберіг. сирів 3	Північна стіна	0,58	24		6	72	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	72	-20		0				0
	Західна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Східна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Покриття	0,21	24	12		144	33		53	14,9	1603	451	2054
	Підлога	0,21	24	12		144	1		1		635		635
												3657	

00.БКР.000.000.ПЗ

Арк.

Змн. Арк. № докум. Підпис Дата

24

Камера зберіг. сирів 4	Північна стіна	0,58	24		6	72	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	72	-20		0				0
	Західна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Східна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Покриття	0,21	24	12		144	33		53	14,9	1603	451	2054
	Підлога	0,21	24	12		144	1		1		635		635
												3657	
Камера зберіг. сирів 5	Північна стіна	0,58	24		6	72	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	72			0				0
	Західна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Східна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Покриття	0,21	24	12		144	33		53	14,9	1603	451	2054
	Підлога	0,21	24	12		144	1		1		635		635
												3657	
Камера зберіг. сирів 6	Північна стіна	0,58	24		6	72	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,223	24		6	72	33		53	3,2	851	51	902
	Західна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Східна стіна	0,24	12		6	72	8		28		484		484
	Покриття	0,21	24	12		144	33		53	14,9	1603	451	2054
	Підлога	0,21	24	12		144	1		1		635		635
												4559	
Камера зберіг. замор. м'яса 1	Північна стіна	0,24	24		6	144	8	-20	28		968		968
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Східна стіна	0,223	12		6	72	33		53	3,9	851	62	913
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												7821	

00.БКР.000.000.ПЗ

Арк.

Камера зберіг. замор. м'яса 2	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Східна стіна	0,223	12		6	72	33		53	3,9	851	62	913
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6853	
Камера зберіг. замор. м'яса 3	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144			0		0		0
	Західна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Східна стіна	0,223	12		6	72	33		53	3,9	851	62	913
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6853	
Камера зберіг. замор. м'яса 4	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Східна стіна	0,223	12		6	72	33		53	3,9	851	62	913
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6853	
Камера зберіг. замор. м'яса 5	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Західна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Східна стіна	0,223	12		6	72	33		53	3,9	851	62	913
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												6853	

00.БКР.000.000.ПЗ

Арк.

26

Камера зберіг. замор. масла 1	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20		0		0		0
	Південна стіна	0,223	24		6	144	33	-20	53	3,2	1702	103	1805
	Західна стіна	0,223	12		6	72	33		53	4,7	851	75	926
	Східна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												8671	
Камера зберіг. замор. масла 2	Північна стіна	0,58	24		6	144	-20	-20	0		0		0
	Південна стіна	0,223	24		6	144			53	3,2	1702	103	1805
	Західна стіна	0,28	12		6	72	8		28		564		564
	Східна стіна	0,223	12		6	72	33		53	3,9	851	62	913
	Покриття	0,21	24	12		288	33		53	14,9	3205	901	4106
	Підлога	0,21	24	12		288	1		21		1270		1270
												8658	

Теплонадходження від вантажів при холодильній обробці визначається:

$$Q_2 = Q_{2пр} + Q_{2т}, Вт$$

де $Q_{2пр}$ - теплонадходження від продуктів при холодильній обробці;

$Q_{2т}$ - теплонадходження від тари.

Теплонадходження від продуктів при холодильній обробці:

$$Q_{2пр} = M_{п} \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, Вт$$

де $M_{п}$ - добове надходження продукції в камеру, т/добу;

Δh - різниця питомих ентальпій продукту, які відповідають початковій та кінцевій температурам продукту, кДж/кг.

Теплонадходження від тари:

$$Q_{2т} = M_{т} \cdot c_{т} \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, Вт$$

де $M_{т}$ - добове надходження тари, т/добу;

$c_{т}$ - питома теплоємність тари, кДж/кг·К;

					00.БКР.000.000.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					27

t_1 і t_2 - початкова і кінцева температури тари, °С.

Всі розрахунки зводимо до таблиці 8.

Таблиця 8 – Зведена таблиця розрахунку теплонадходжень Q_2

Назва кам.	$M_{\text{доб}}$ Т/доб	$M_{\text{Т}}$ Т/доб	t_1 °С	t_2 °С	Δt °С	h_1 кДж/кг	h_2 кДж/кг	Δh кДж/кг	C_m кДж/кг*К	$Q_{2\text{пр}}$ Вт	$Q_{2\text{Т}}$ Вт	Q_2 Вт
Камера зберігання морозива 1-5	46	4,6	-15	-20	5	12,2	0	12,2	2,3	6495,4	612	7107,64
Камера зберігання сирів 1-6	23	2,3	-15	-20	5	12,2	0	12,2	2,3	3247,7	306,1	3553,8
Камера зберігання замороженого м'яса 1-5	50	5	-15	-20	5	14,3	0	14,3	2,3	8275,46	665,51	8940,97
Камера зберігання замороженого масла 1-2	30	3	-15	-20	5	10,1	0	10,1	2,3	3506,94	399,3	3906,24

Потім необхідно розрахувати експлуатаційні теплонадходження Q_4 :

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

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.

Визначаємо теплонадходження від освітлення:

$$q_1 = A * F, \text{Вт}$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

де A – теплота, що виділяється джерелом освітлення в одиницю часу на 1 м^2 площі приміщення;

F – площа камери, м^2 .

Визначаємо теплонадходження від перебування людей в камері:

$$q_2 = 350 \times n, \text{Вт}$$

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

n – кількість людей, працюючих в даному приміщенні, чоловік.

Визначаємо теплонадходження від працюючих електродвигунів:

$$q_3 = N_{\text{двигунів}} \times 10^3, \text{Вт}$$

де $N_{\text{двигунів}}$ – сумарна потужність електродвигунів, Вт ;

1000 – перевідний коефіцієнт з кВт у Вт .

Визначаємо теплонадходження при відкриванні:

$$q_4 = K \times F, \text{Вт}$$

де K – питоме значення теплонадходження при відкриванні дверей.

Проведені розрахунки зводимо до таблиці 9.

Таблиця 9 – Розрахунок теплонадходжень при відкриванні дверей

Назва камери	F	A	q1	n	q2	Nд	q3	K	q4	Q4, Вт
Експедиція 1	288	4,7	1353,6	3	1050	3	3000	20	5760	11163,6
Експедиція 2	144	4,7	676,8	2	700	2	2000	20	2880	6256,8
Експедиція 3	288	4,7	1353,6	3	1050	3	3000	20	5760	11163,6
Камера збер. морозива 1	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. морозива 2	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. морозива 3	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. морозива 4	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. морозива 5	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. сирів 1	144	2,3	331,2	1	350	2	2000	12	1728	4409,2
Камера збер. сирів 2	144	2,3	331,2	1	350	2	2000	12	1728	4409,2

					00.БКР.000.000.ПЗ					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						29

Камера збер. сирів 3	144	2,3	331,2	1	350	2	2000	12	1728	4409,2
Камера збер. сирів 4	144	2,3	331,2	1	350	2	2000	12	1728	4409,2
Камера збер. сирів 5	144	2,3	331,2	1	350	2	2000	12	1728	4409,2
Камера збер. сирів 6	144	2,3	331,2	1	350	2	2000	12	1728	4409,2
Камера збер. м'яса 1	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. м'яса 2	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. м'яса 3	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. м'яса 4	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. м'яса 5	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. масла 1	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4
Камера збер. масла 2	288	2,3	662,4	1	350	3	3000	12	3456	7468,4

Результати проведених розрахунків вносимо до зведеної таблиці 10 та визначаємо загальне навантаження обладнання камер та компресори.

Навантаження на компресори залежно від виду теплонадходжень становить:

$$Q_{1\text{км}} \quad 100\% \text{ від } Q_{1 \text{ к. обл.}}$$

$$Q_{2\text{км}} \quad 60\% \text{ від } Q_{2 \text{ к. обл.}}$$

$$Q_{4\text{км}} \quad 50\% \text{ від } Q_{4 \text{ к. обл.}}$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

Таблиця 10 – Зведені розрахунки теплових навантажень

Назва камери	Q ₁ , Вт		Q ₂ , Вт		Q ₄ , Вт		ΣQ, Вт	
	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ	к.обл.	КМ
Експедиція 1	1837	1837	0	0	11163,6	5581,8	13000,6	7418,8
Експедиція 2	681	681	0	0	6256,8	3128,4	6937,8	3809,4
Експедиція 3	1825	1825	0	0	11163,6	5581,8	12988,6	7406,8
Камера збер. морозива 1	7835	7835	7107,64	4264,584	7468,4	3734,2	22411,04	15833,78
Камера збер. морозива 2	6866	6866	7107,64	4264,584	7468,4	3734,2	21442,04	14864,78
Камера збер. морозива 3	6866	6866	7107,64	4264,584	7468,4	3734,2	21442,04	14864,78
Камера збер. морозива 4	6866	6866	7107,64	4264,584	7468,4	3734,2	21442,04	14864,78
Камера збер. морозива 5	6866	6866	7107,64	4264,584	7468,4	3734,2	21442,04	14864,78
Камера збер. сирів 1	4141	4141	3553,8	2132,28	4409,2	2204,6	12104	8477,88
Камера збер. сирів 2	3657	3657	3553,8	2132,28	4409,2	2204,6	11620	7993,88
Камера збер. сирів 3	3657	3657	3553,8	2132,28	4409,2	2204,6	11620	7993,88
Камера збер. сирів 4	3657	3657	3553,8	2132,28	4409,2	2204,6	11620	7993,88
Камера збер. сирів 5	3657	3657	3553,8	2132,28	4409,2	2204,6	11620	7993,88
Камера збер. сирів 6	4559	4559	3553,8	2132,28	4409,2	2204,6	12522	8895,88
Камера збер. заморож. м'яса 1	7821	7821	8940,97	5364,582	7468,4	3734,2	24230,37	16919,78
Камера збер. заморож. м'яса 2	6853	6853	8940,97	5364,582	7468,4	3734,2	23262,37	15951,78
Камера збер. заморож. м'яса 3	6853	6853	8940,97	5364,582	7468,4	3734,2	23262,37	15951,78
Камера збер. заморож. м'яса 4	6853	6853	8940,97	5364,582	7468,4	3734,2	23262,37	15951,78
Камера збер. заморож. м'яса 5	6853	6853	8940,97	5364,582	7468,4	3734,2	23262,37	15951,78
Камера збер. заморож. масла 1	8671	8671	3906,24	2343,744	7468,4	3734,2	20045,64	14748,94
Камера збер. заморож. масла 2	8658	8658	3906,24	2343,744	7468,4	3734,2	20032,64	14735,94
Всього								253489

					00.БКР.000.000.ПЗ				Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					31

6. Тепловий розрахунок складових холодильної установки

Холодопродуктивність компресора визначається за формулою:

$$Q_0 = \frac{K \cdot \sum Q_{км}}{b}, Вт$$

де $\sum Q_{км}$ - загальне теплове навантаження на компресори для даної температури кипіння, Вт;

K- коефіцієнт втрат у трубопроводах і апаратах холодильної установки (при охолодженні з проміжним теплоносієм K=1,12);

b - коефіцієнт робочого часу.

$$Q_0 = \frac{1,12 \cdot 253489}{0,9} = 315453 \text{ Вт}$$

Вибір розрахункового режиму роботи холодильної установки

При проектуванні холодильної установки з проміжним теплоносієм температуру кипіння холодильного агенту приймають на 5...10 К нижче ніж температура гліколю на виході з випарника.

Визначаємо температуру кипіння:

$$t_0 = t_{гг} - 5 \dots 10 \text{ } ^\circ\text{C}$$

де $t_{гг}$ - температура гліколю, $^\circ\text{C}$.

Температура камер зберігання замороженої продукції дорівнює -20°C .

Приймаю, що пропіленгліколь надходить у випарник з температурою $t_m = -22^\circ\text{C}$, а на виході з випарника $t_6 = -25^\circ\text{C}$.

Знаходжу середньо-логарифмічну температуру пропіленгліколю:

$$t_{2л} = \frac{t_6 - t_m}{\ln \frac{t_6}{t_m}} = \frac{-25 - (-22)}{\ln \frac{-25}{-22}} = -23,44 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Отже, температура кипіння холодильного агенту:

$$t_0 = -23,44 - 6,56 = -30 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Температуру конденсації розраховуємо за формулою:

$$t_k = t_{м.т.} + (2 \dots 4)$$

Для міста Дніпро розрахункова температура навколишнього середовища становить $33 \text{ } ^\circ\text{C}$, а відносна вологість повітря 43 %.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Температура мокрого термометра визначається з огляду на параметри навколишнього середовища і становить 23 °С.

Таким чином, приймаємо температуру конденсації: $t_k = t_{м.т.} + 4 = 27 \text{ °С}$

Знаходимо температуру переохолодження рідкого холодильного агенту після конденсатора:

$$t_{п.о.} = t_k - (2...4)$$

$$t_{п.о.} = 27 - 3 = 24 \text{ °С}$$

За визначеними даними будемо цикл холодильної установки для холодоагента R717 в $lgP-h$ діаграмі та визначаємо параметри вузлових точок отриманого циклу (рис. 2), які вносимо до таблиці 11.

Таблиця 11 – Параметри вузлових точок циклу холодильної установки

Параметри точок	1	2г	2д	3	4	5	6,8	9
$t, \text{°С}$	-30	127,39	164,77	27	24	-30	-30	-30
$p, \text{МПа}$	0,119	1,066	1,066	1,066	1,066	0,119	0,119	0,119
$h, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$	1422,5	1749,6	1841,86	325,38	310,78	310,78	64,84	404,63
$v, \frac{\text{м}^3}{\text{кг}}$	0,9625	0,1768	0,195	0,00169	-	0,1758	-	0,242

Приймаємо, що кратність циркуляції холоагенту становитиме 4.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

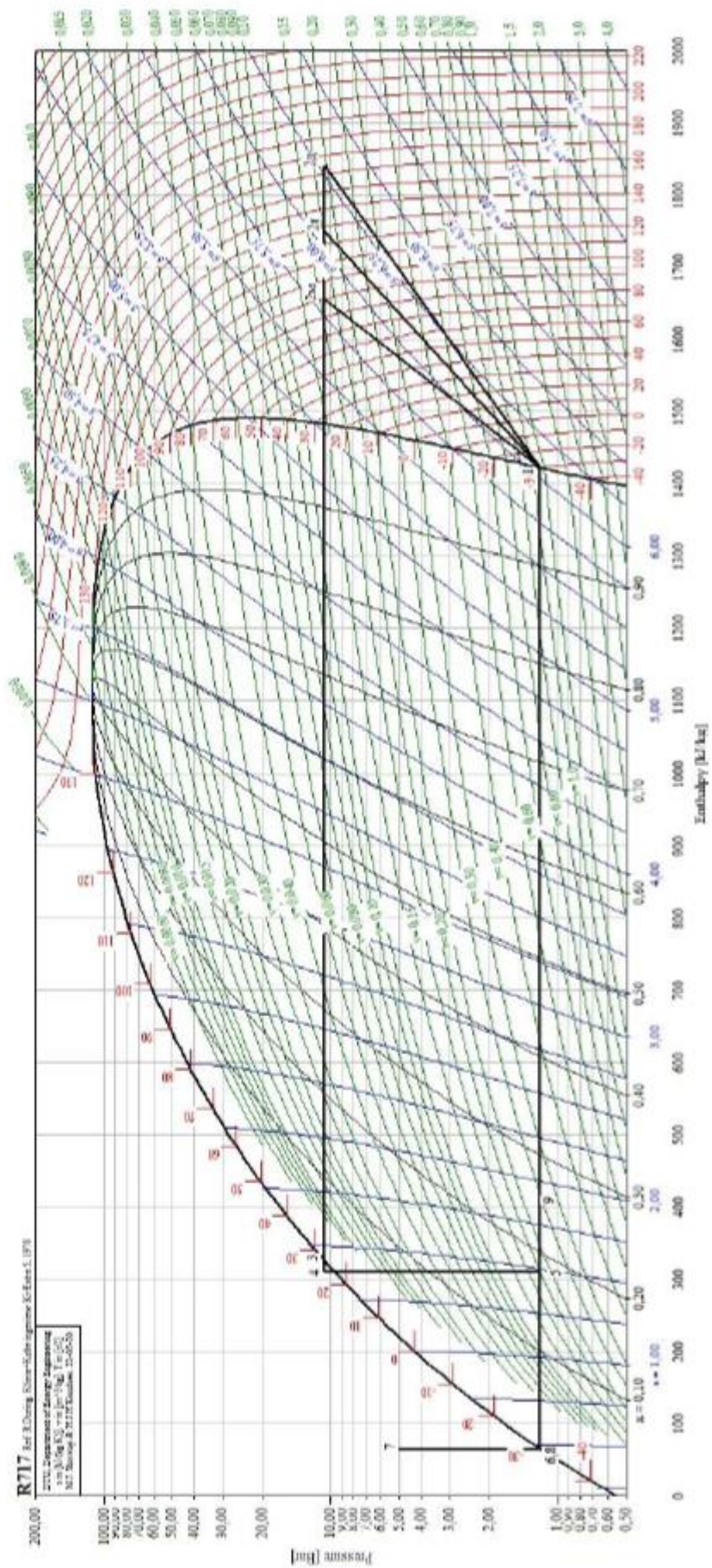


Рисунок 2 – Цикл холодильної установки

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Питома масова холодопродуктивність:

$$q_0 = h_9 - h_8, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$q_0 = 404,63 - 64,84 = 339,79 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питома теоретична (адіабатна) робота компресора:

$$l = h_{2T} - h_1, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$l = 1749,6 - 1422,5 = 327,1 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Питоме теплове навантаження на конденсатор:

$$q_k = h_{2T} - h_3, \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

$$q_k = 1749,6 - 325,38 = 1424,22 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}.$$

Холодопродуктивність компресора для заданих умов роботи можна визначити за формулою:

$$Q_0 = \frac{\lambda \cdot V_t \cdot q_0}{v_1};$$

Для визначення потрібної об'ємної продуктивності компресора знайдемо коефіцієнти подачі λ .

$$\lambda = \lambda_i \cdot \lambda_\omega$$

$$\lambda_i = \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} - c \cdot \left[\left(\frac{P_k + \Delta P_{\text{наг}}}{P_0} \right)^{1/n} - \frac{P_0 - \Delta P_{\text{вс}}}{P_0} \right]$$

$c = 0,02$ – відносний мертвий простір;

$n = 1,1$ – показник політропи.

$\Delta P_{\text{вс}} = 0,02 \cdot P_0 = 0,02 \cdot 0,119 = 0,0024$ МПа – депресія на всмоктуванні;

$\Delta P_{\text{наг}} = 0,03 \cdot P_k = 0,03 \cdot 1,066 = 0,032$ МПа – депресія на нагнітанні.

$$\lambda_i = \frac{0,119 - 0,0024}{0,119} - 0,02 \cdot \left[\left(\frac{1,066 + 0,032}{0,119} \right)^{\frac{1}{1,1}} - \frac{0,119 - 0,0024}{0,119} \right] = 0,8486$$

$$\lambda_\omega = \frac{T_0}{T_k} = \frac{243}{300} = 0,81$$

$$\lambda = 0,8486 \cdot 0,81 = 0,6874$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

$$V_t = \frac{Q_0 \cdot \theta_1}{\lambda \cdot q_0};$$

$$V_t = \frac{253,489 - 0,9625}{0,6874 \cdot 339,79} = 1,045 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}.$$

Дійсна витрата холодоагенту через компресор :

$$M = \frac{\lambda \cdot V_t}{v_1};$$

$$M = \frac{0,6874 \cdot 1,045}{0,9625} = 0,746 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Необхідна теоретична об'ємна продуктивність компресора:

$$V_\partial = \frac{V_m}{\lambda} = \frac{1,045}{0,6874} = 1,52 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 5472,8 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Обираю два гвинтових компресора компанії GEA Grasso серії SP1-XB з теоретичною об'ємною продуктивністю $4150 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$ кожен.

Технічні характеристики компресора знаходяться у додатку 1.

$$V_{\text{км}} = 4150 \frac{\text{м}^3}{\text{год}} = 1,153 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}$$

Розраховуємо теоретичну потужність компресору:

$$N = M \cdot l;$$

$$N = 0,746 \cdot 327,1 = 244,017 \text{ кВт}$$

Визначаємо індикаторну потужність компресору:

$$N_i = \frac{N}{\eta_i};$$

$$\eta_i = \lambda_\omega + b \cdot t_0 = 0,81 + 0,001 \cdot (-30) = 0,78$$

$$N_i = \frac{244,017}{0,78} = 312,842 \text{ кВт}$$

Визначаємо ефективну потужність компресора :

$$N_{\text{еф}} = \frac{N_i}{\eta_{\text{мех}}}, \text{ кВт.}$$

де $\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД компресора.

$$N_{\text{еф}} = \frac{312,842}{0,9} = 347,602 \text{ кВт.}$$

Визначаємо потужність, яку споживає електродвигун :

$$N_{\text{ел}} = \frac{N_{\text{еф}}}{\eta_{\text{ел}}}, \text{ кВт.}$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $\eta_{ел}$ – ККД електродвигуна.

$$N_{ел} = 347,602/0,95 = 365,897 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо навантаження на конденсатор, враховуючи втрати в процесі стискання

$$Q_{кд} = Q_o + N_i, \text{ кВт};$$

$$Q_{кд} = 253,489 + 312,842 = 566,331 \text{ кВт.}$$

Отже, навантаження на конденсатор становлять 566,33 кВт.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7. Вибір допоміжного обладнання

Розрахунок та підбір випарного конденсатора

Площу поверхні теплопередачі визначаємо за формулою:

$$F_k = Q_k / q_F, \text{ м}^2$$

де Q_k – розрахункове навантаження на зрошувальну секцію конденсатора, кВт,
 q_F – щільність теплового потоку, кВт/м².

Розрахункове навантаження на основну зрошувальну секцію конденсатора визначається за формулою:

$$Q_k = (0,9 \dots 0,92) * Q_{кд}, \text{ Вт}$$

де $Q_{кд}$ – сумарний тепловий потік на конденсатор, Вт.

Витрата води на охолодження конденсатора визначається за технічною характеристикою випарного конденсатора. При цьому обов'язково враховується сумарна витрата води, що циркулює в системі, та води для живлення, що компенсує втрати води в процесі випаровування. За даними розрахунку витрат води обираємо насос з урахування резервування обладнання.

Результати розрахунку та характеристики конденсатора наведені в таблиці 12.

Таблиця 12 – Розрахунок та підбір конденсатора

Q _{к.д.} Вт	Q _к Вт	q _F , Вт/м ²	F _к м ²	Марка конденсатора			мм			Витрата повітря м ³ /с	Витрата рециркул. води м ³ /с
							L	B	H		
566331	521024	2500	208,41	Decsa CFR-C-027	1	577	1570	900	2680	10,69	0,00972

Враховуючи, що конденсатор Decsa CFR-C-027 обладнано рециркуляційним насосом потужністю 1,5 кВт, підбираємо ще один допоміжний водяний насос марки SAER серії IR40-125A. Технічні характеристики водяного насоса:

- Марка – IR40-125A;
- Подача води – 40 м³/год;
- Повний напір – 17 м;
- Потужність двигуна – 3 кВт.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок та підбір кожухотрубного випарника

Середньологарифмічна температура гліколю $\theta_m = 5,1 \text{ }^\circ\text{C}$.

Розрахункове значення коефіцієнта теплопередачі: $k_H = 1250 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

При цьому розрахунок необхідної площі поверхні теплопередачі проводимо за формулою:

$$F_B = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m}$$

де $\Sigma Q_{\text{обл}}$ - теплове навантаження на камерне обладнання.

$$F_B = \frac{\Sigma Q_{\text{обл}}}{k_H \cdot \theta_m} = \frac{369,57}{1,25 \cdot 5,1} = 57,97 \text{ м}^2$$

Для отримання достатньо високого значення k_H у кожухотрубних випарниках швидкість руху розсолу повинна бути не менше 1 м/с (зазвичай приймають 1 – 2 м/с).

Обираємо випарник виробництва компанії WTK SCE 393, технічні характеристики якого зазначені в таблиці 13, а схема з розмірами на рис.3.

Таблиця 13 – Технічні характеристики випарника WTK SCE 393

Q _в , кВт	Втрати тиску, кПа	Об'єм х.а., л	Об'єм розсолу, л	Маса, кг	d _{вх} , мм	d _{вих} , мм	d _{вх} , та d _{вих} , розсолу, мм
392	50	44,8	80,2	292	42,2	64,4	141,3

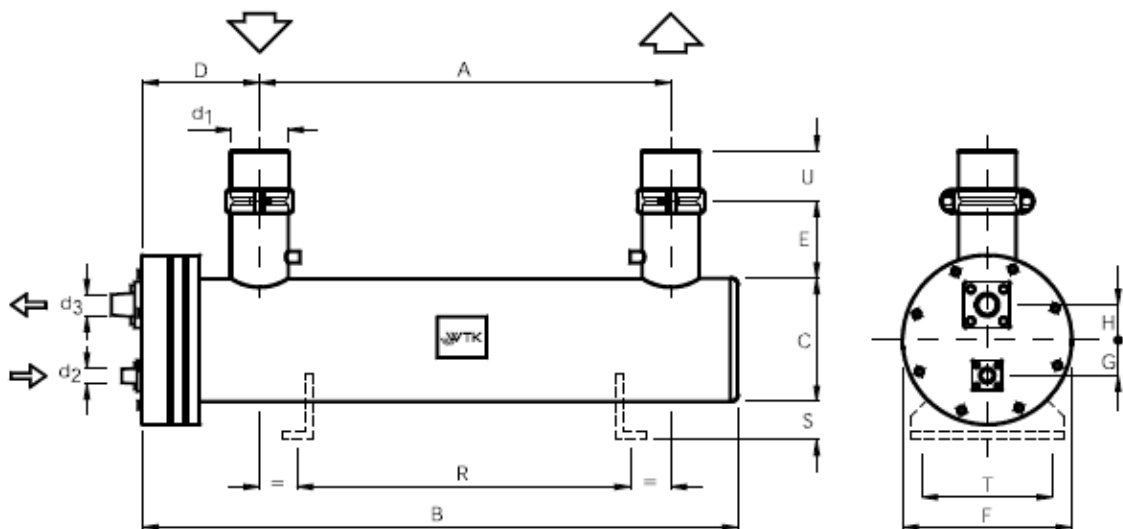


Рисунок 3 – Схема випарника WTK SCE 393 з габаритними розмірами

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

A	B	C	D	E	F	G	H	R	S	T	U
2280	2650	273	230	150	370	60	60	1800	100	300	100

Розрахунок та підбір повітроохолодників для пропіленгліколя

Вибір повітроохолодників здійснюється за тепловим навантаженням, де $Q = Q_{\text{обл}}$ на відповідну камеру. Здійснюємо розрахунок камер зберігання холодильника. Отримані дані вносимо до таблиці 14.

Приклад розрахунку декількох камер.

1. Розраховуємо повітроохолодники для камери зберігання морозива №1.

Теплове навантаження на обладнання становить $Q = 22411,04$ Вт.

Визначаємо площу поверхні теплопередачі повітроохолоджувачів:

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

де $Q_{\text{к.обл}}$ - теплове навантаження на камерне обладнання, Вт;

$K_{\text{п.о.}}$ - коефіцієнт теплопередачі повітроохолоджувача, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

$$K_{\text{п.о.}} = 35 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$$

$$F_{\text{по}} = \frac{22411,04}{35 \cdot 5,1} = 125,55 \text{ м}^2$$

Обираємо два повітроохолодника фірми Goedhard серії CCD 45307, що мають загальну площу поверхні охолодження 146 м^2 .

2. Розраховуємо повітроохолодники для камери зберігання сирів №1.

Теплове навантаження на обладнання становить $Q = 12104$ Вт.

Визначаємо площу поверхні теплопередачі повітроохолоджувачів:

$$F_{\text{по}} = \frac{12104}{35 \cdot 5,1} = 67,81 \text{ м}^2$$

Обираємо два повітроохолодника фірми Goedhard серії CCD 34303, що мають загальну площу поверхні охолодження 88 м^2 .

												Арк.
												40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								

00.БКР.000.000.ПЗ

Зведені характеристики до розрахунку 1 – обрано повітроохолодники фірми
Goedhard серії CCD 45307

			45307	65307	45407	65407	45457	65457	65507	85507	
DTM = 9K	-5/+4°C	кВт	20,2	28,6	34,6	49,2	55,3	87,3	103,6	130,9	
DTM = 8K	-5/+3°C	кВт	17,3	24,4	29,6	42,0	47,2	74,6	88,5	111,8	
DTM = 7K	-25/-18°C	кВт	14,0	19,8	24,0	34,3	42,6	61,3	72,9	92,7	
DT1 = 9K	-5/+4°C	кВт	20,2	28,6	34,6	49,2	55,3	87,3	103,6	130,9	
DT1 = 8K	-8/0°C	кВт	13,9	17,4	24,9	32,4	41,0	57,1	69,3	81,4	
DT1 = 7K	-25/-18°C	кВт	10,5	13,6	19,3	24,4	32,8	42,7	51,2	61,3	
Колічество воздуха		м³/ч	7530	7440	16630	15790	28680	27840	36233	35010	
Длина струи		м	13	13	18	18	26	26	29	29	
Поверхность		м²	73	65	65	98	122	183	206	274	
Входящая труба		мм	16	16	16	16	16	22	28	28	
Выходящая труба		мм	28	28	35	42	42	54	54	54	
Вес		кг	100	117	147	169	270	309	345	412	
ХЛАДОАГЕНТ											
Внутренний объем		дм³	14	20	20	30	36	54	61	81	
ВЕНТИЛЯТОРЫ											
Колічество вентиляторов		шт	5	5	5	5	5	5	5	5	
Диаметр вентиляторов		мм	300	300	400	400	450	450	500	500	
Общая потребляемая мощность		Вт	365	365	800	800	1225	1225	3900	3900	
Общий рабочий ток		А	1,60	1,60	3,65	3,65	5,50	5,50	6,75	6,75	
Уровень шума		дБА/5м	52	52	62	62	60	60	62	62	
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОТТАЙКИ											
Нагреватели	Блок	Колічество	шт	4	4	6	6	10	10	10	10
		Длина	мм	3100	3100	4000	4000	5200	5200	5200	5200
	Поддон	Колічество	шт	2	2	2	2	2	2	2	2
		Длина	мм	3100	3100	4000	4000	5200	5200	5200	5200
		Общая потреб. мощность	Вт	8400	8400	14640	14640	28800	28800	28800	28800
АКСЕССУАРЫ											
Общ. мощ. обогрева дифф. вент.		Вт	2750	2750	3450	3450	3450	3450	4150	4150	

Зведені характеристики до розрахунку 2 – обрано повітроохолодники фірми
Goedhard серії CCD 34303

			34304	44304	34404	44404	44454	64454	44504	64504	
DTM = 10K	0/+10°C	кВт	21,7	27,5	37,2	47,5	74,1	115,5	100,0	137,9	
DTM = 8K	-5/+3°C	кВт	15,3	19,4	26,3	33,6	52,5	81,7	70,8	97,6	
DT1 = 12K	0/+12°C	кВт	23,3	27,2	42,0	50,2	80,7	107,3	107,8	133,3	
DT1 = 10K	0/+10°C	кВт	18,6	21,7	33,5	40,0	64,3	85,5	85,9	106,3	
DT1 = 9K	-5/+4°C	кВт	13,5	15,8	24,3	29,1	46,7	62,1	62,4	77,2	
DT1 = 8K	-8/0°C	кВт	12,0	14,0	21,6	25,8	41,5	55,1	55,4	68,5	
Колічество воздуха		м³/ч	6170	6030	13300	12850	22490	21650	29320	28010	
Длина струи		м	12	12	16	16	25	25	28	28	
Поверхность		м²	44	58	65	87	163	244	183	275	
Входящая труба		мм	12	16	16	16	16	22	16	28	
Выходящая труба		мм	22	28	35	35	42	54	42	54	
Вес		кг	89	98	133	148	254	296	276	332	
ХЛАДОАГЕНТ											
Внутренний объем		дм³	8	11	12	16	29	43	32	48	
ВЕНТИЛЯТОРЫ											
Колічество вентиляторов		шт	4	4	4	4	4	4	4	4	
Диаметр вентиляторов		мм	300	300	400	400	450	450	500	500	
Общая потребляемая мощность		Вт	292	292	640	640	1500	1500	3120	3120	
Общий рабочий ток		А	1,28	1,28	2,92	2,92	7,20	7,20	5,40	5,40	
Уровень шума		дБА/5м	51	51	61	61	59	59	61	61	
ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ОТТАЙКИ											
Нагреватели	Блок	Колічество	шт	2	2	3	3	10	10	10	10
		Длина	мм	5200	5200	6400	6400	4300	4300	4300	4300
	Поддон	Колічество	шт	1	1	1	1	2	2	2	2
		Длина	мм	5200	5200	6400	6400	4300	4300	4300	4300
		Общая потреб. мощность	Вт	7200	7200	12000	12000	23700	23700	23700	23700
АКСЕССУАРЫ											
Общ. мощ. обогрева дифф. вент.		Вт	2200	2200	2760	2760	2760	2760	3320	3320	

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

00.БКР.000.000.ПЗ

Арк.

41

Таблиця 14 – Технічні характеристики та кількість повітроохолодників

Назва камери	Повітроохолодник	Кількість, шт	Загальна площа поверхні, м ²	Загальна кількість повітря, м ³ /год	Загальна потужність вентиляторів, кВт
Експедиція 1	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Експедиція 2	CCD 43307	2	52	9260	0,438
Експедиція 3	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Зберігання морозива № 1	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання морозива № 2	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання морозива № 3	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання морозива № 4	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання морозива № 5	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання сирів натуральних № 1	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Зберігання сирів натуральних № 2	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Зберігання сирів натуральних № 3	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Зберігання сирів натуральних № 4	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Зберігання сирів натуральних № 5	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Зберігання сирів натуральних № 6	CCD 34304	2	88	12340	0,584
Зберігання замороженого м'яса № 1	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання замороженого м'яса № 2	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання замороженого м'яса № 3	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання замороженого м'яса № 4	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання замороженого м'яса № 5	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання замороженого масла № 1	CCD 45307	2	146	15060	0,73
Зберігання замороженого масла № 2	CCD 45307	2	146	15060	0,73

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8. Визначення гідравлічних втрат у трубопроводах

Розрахунок та підбір аміачних трубопроводів

Внутрішній діаметр трубопроводів визначається за формулою:

$$d_{\text{вн.}} = 1,13 \sqrt{\frac{V}{\omega}}, \text{ м}$$

де ω - розрахункове значення швидкості руху аміаку в трубопроводі, м/с;

V – об'єм аміаку, який протікає по трубопроводу, м³/с;

Об'єм аміаку, який протікає по трубопроводу визначається за формулою:

Всмоктування: $V = M \times v_1, \text{ м}^3 / \text{с}$

Нагнітання: $V = M \times v_2, \text{ м}^3 / \text{с}$

Об'єм аміаку, який протікає по рідинному (зливному) трубопроводу від конденсатора до лінійного ресивера визначається за формулою:

$$V = M \times v_3, \text{ м}^3 / \text{с}$$

Результати проведено розрахунку вносимо до таблиці 15.

Таблиця 15 – Зведена таблиця розрахунку та підбору аміачних трубопроводів

Трубопровід	M кг/с	v ₁ м ³ /кг	v ₂ м ³ /кг	v ₃ м ³ /кг	V м ³ /с	□ м/с	d _{вн} м	D _y мм
Всмоктуючий	0,746	0,9625			0,718	15	0,247	250
Нагнітаючий	0,746		0,195		0,14547	20	0,096	100
Рідинний	0,746			0,00169	0,00126	0,5	0,056	60

Розрахунок та підбір пропіленгліколевих трубопроводів

Забезпечення всього розподільчого холодильника необхідною кількістю пропіленгліколя здійснюється по двох основних трубопроводах, які розгалуженою мережею переходів сполучають всі камери холодильника. Трубопроводи проходять по середині будівлі – вздовж камер зберігання сирів натуральних №1 - №5, розбиваючи будівлю умовно на «праву» та «ліву» секції. Як приклад, розглянемо трубопровід, який забезпечує холодом «праву» секцію. Усі інші трубопроводи розраховуються аналогічно.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо діаметр основного трубопроводу для камер «верхньої секції»

$$V = \frac{Q_B}{\rho_p \cdot c_p \cdot \Delta t_p} = \frac{204,321}{1064 \cdot 3,47 \cdot 3} = 0,01845 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,01845}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,125 \text{ м};$$

Приймаємо сталю безшовну трубу, $d_{\text{вн}} = 125 \text{ мм}$.

Визначаю втрати тиску на заданому відрізку довжиною 72 м.

Знаходимо швидкість руху пропіленгліколя в трубопроводі:

$$\omega = \frac{V}{f_{\text{мп}}} = \frac{0,01845}{0,0123} = 1,5 \text{ м/с};$$

Знаходимо динамічний тиск:

$$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{1064 \cdot 1,5^2}{2} = 1197 \text{ кг} / (\text{м} \cdot \text{с}^2);$$

Розрахункове число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,5 \cdot 0,125 \cdot 1064}{117,15 \times 10^{-3}} = 1702,95;$$

Знаходимо коефіцієнт тертя:

$$\lambda_{\text{мп}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,5}{125} + \frac{64}{1702,95} \right)^{0,25} = 0,0497;$$

Знаходимо втрати тиску на тертя по довжині 1 м трубопроводу

$$\Delta P_{\text{мп}} = R = \frac{0,0497}{0,125} \cdot 1197 \cdot 1 = 476 \text{ Па} / \text{м};$$

Знаходимо втрати тиску на тертя на ділянці довжиною 72 м:

$$\Delta P_{\text{мп}} = R \cdot l = 476 \cdot 72 = 34272 \text{ Па} = 34,272 \text{ кПа};$$

Знаходимо втрату тиску в місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi_M \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = (0,5 + 5 + 5 + 1 + 1 + 1 + 1) \cdot 1197 = 17,356 \text{ кПа}$$

Знаходимо загальну втрату тиску на відрізку основного трубопроводу:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{мп}} + Z = 34,272 + 17,356 = 51,628 \text{ кПа}.$$

Подібним чином проводимо розрахунок втрати тиску на інших відрізках магістралі трубопроводів. Варто врахувати, основними є два трубопроводи з майже

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

однаковим розподілом навантаження. Відповідно, отримане значення втрати тиску необхідно подвоїти.

$$\Delta P_{\text{основн.труб}} = 51,628 * 2 = 103,256 \text{ кПа.}$$

Інші трубопроводи, які відгалужуються від основних, мають суттєво нижчі втрати, обумовлені тим, що їх довжина у межах від 6 до 14 метрів. Для прикладе наведено розрахунок камери зберігання морозива №1.

$$V = \frac{Q_{\text{в}}}{\rho_p \cdot c_p \cdot \Delta t_p} = \frac{22,411}{1064 \cdot 3,47 \cdot 3} = 0,002 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$d_{\text{вн}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,002}{3,14 \cdot 1,5}} = 0,041 \text{ м,}$$

Приймаємо сталю безшовну трубу, $d_{\text{вн}} = 50 \text{ мм}$.

Визначаю втрати тиску на заданому відрізку довжиною 14 м.

$$\omega = \frac{V}{f_{\text{тр}}} = \frac{0,002}{0,00196} = 1,02 \text{ м/с,}$$

$$\frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = \frac{1064 \cdot 1,02^2}{2} = 553,49 \text{ кг/(м} \cdot \text{с}^2\text{);}$$

$$\text{Re} = \frac{\omega \cdot d_{\text{вн}} \cdot \rho}{\mu} = \frac{1,02 \cdot 0,05 \cdot 1064}{117,15 \times 10^{-3}} = 463,2;$$

$$\lambda_{\text{тр}} = 0,11 \cdot \left(\frac{k}{d_{\text{вн}}} + \frac{64}{\text{Re}} \right)^{0,25} = 0,11 \cdot \left(\frac{0,5}{50} + \frac{64}{463,2} \right)^{0,25} = 0,0682;$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = R = \frac{0,0682}{0,05} \cdot 553,49 \cdot 1 = 755 \text{ Па/м,}$$

$$\Delta P_{\text{тр}} = R \cdot l = 755 \cdot 14 = 10569 \text{ Па} = 10,569 \text{ кПа,}$$

Знаходимо втрату тиску в місцевих опорах:

$$Z = \sum \xi_{\text{м}} \cdot \frac{\rho \cdot \omega^2}{2} = (0,5 + 5 + 1 + 1) \cdot 553,49 = 4,151 \text{ кПа}$$

Знаходимо загальну втрату тиску на відрізку трубопроводу:

$$\Delta P = \Delta P_{\text{тр}} + Z = 10,569 + 4,151 = 14,72 \text{ кПа}$$

Загальні втрати тиску у трубопроводах, які необхідно буде компенсувати, застосувавши насоси складає:

$$\Delta P = 14,72 + 103,256 = 117,976 \text{ кПа}$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Підбір насосів

Підбір насосів для подачі проміжного теплоносія (пропіленгліколю)
до повітроохолодників, розміщених у камерах

Підбор насосів передбачає використання наступних параметрів: напір, витрата, температура гліколю.

Не зважаючи на замкнутій циркуляційній контур системи напір насоса витрачається на проходження опорів тертя в мережі трубопроводів і в місцевих опорах. Розраховуємо потрібний напір насоса:

$$H = \frac{\Sigma \Delta p}{\rho \cdot g} = \frac{412,376 \cdot 10^3}{1064 \cdot 9,81} = 39,51 \text{ м}$$

За правилами проєктування обираємо два насоса, один з яких буде працювати, інший запасний. Технічні характеристики обраних насосів марки Wilo CronoVloc-BL зазначені нижче:

- Витрата – 400 м³/год;
- Напір – 60 м;
- Номінальний внутрішній діаметр – DN 40;
- Робочий тиск – 16 бар;
- Допустимий діапазон температур – від мінус 20 °С до +140 °С.

Загальний об'єм пропіленгліколю, що перекачує насос за одиницю часу становить 0,0334 м³/с.

Підбір аміачних насосів

Враховуючи, що аміак відновиться до небезпечних речовин, витік якого може спричинити виникнення надзвичайної ситуації, для його перекачування в насосно-циркуляційних схемах використовують герметичні електронасоси. При цьому сам насос розміщують максимально близько до ресивера для запобігання закипання рідини. Варто врахувати необхідність створення надлишкового тиску на подачі рідини до насосу відносно тиску в циркуляційному ресивері. Як правило створюється статичний тиск за рахунок різниці висоти.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Насос, призначений для перекачування рідин підбирають за двома основними параметрами: показником подачі потоку рідини V ($\text{м}^3 / \text{с}$) та повним тиском P (Па), що створює насос. З урахуванням того, що аміак використовується в закритій насосно-циркуляційній системі для охолодження пропіленгліколю, а також випарник розміщений недалеко від циркуляційного ресивера, основним критерієм для вибору насоса залишається його об'ємна подача.

Розрахунок необхідного значення об'ємної подачі визначають за формулою:

$$V = n_{\text{ч}} \cdot \frac{\sum M_{\text{км}}}{\rho};$$

$$n_{\text{ч}} = 4$$

Підставивши значення до формули, отримаємо наступне:

$$V = 4 \cdot \frac{0,746}{685} = 0,00435 \frac{\text{м}^3}{\text{с}} = 15,682 \frac{\text{м}^3}{\text{год}}$$

Отже, з урахуванням норм проектування обираємо два насоса марки WITT серія HRP8050 з об'ємною подачею кожного з насосів $24 \text{ м}^3/\text{год}$.

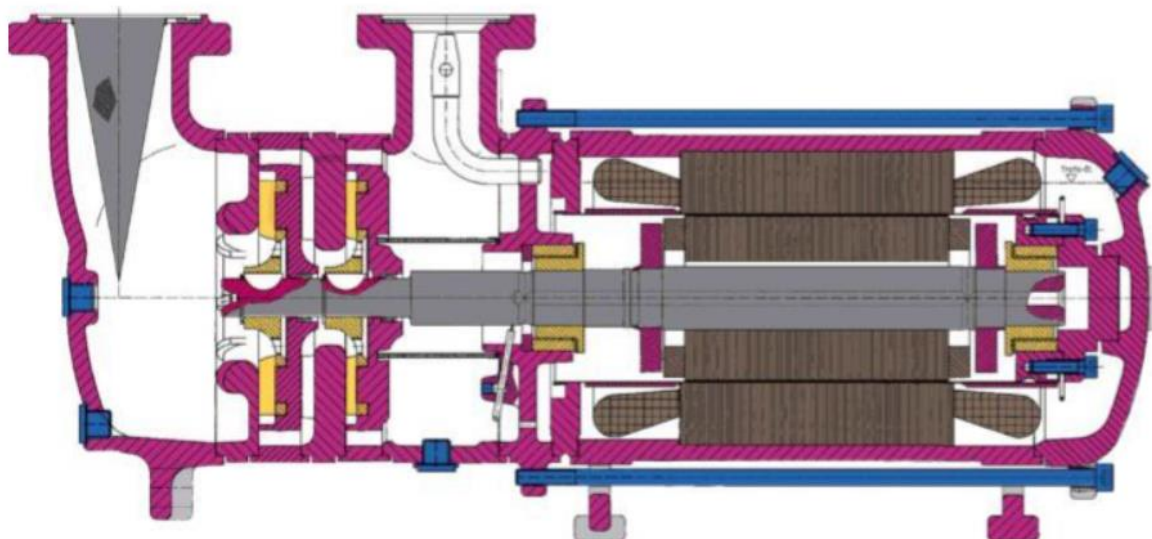


Рисунок 4 – Розріз насоса марки WITT серія HRP8050

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

10. Техніко-економічні показники проєкту

1. Розрахунок споживання електроенергії холодильним обладнанням компресорного цеху

Підраховуємо планове споживання електричної енергії холодильним обладнанням компресорного цеху та обладнанням камер, де зберігається продукція. Всі розрахунки зводимо до таблиці 16.

Споживання електроенергії за рік розраховується за формулою:

$$P_{річн} = P_{ел} \cdot n$$

де n – час роботи компресорів, насосів, вентиляторів на рік за відповідних робочих умов (год). Приймаємо тривалість роботи обладнання в діапазоні від 3000 до 5400 год в залежності від потреби (час електровідтаювання дверей камер впродовж доби близько 15 хв, тобто 90 год/рік).

Таблиця 16 – Річна потреба холодильного обладнання в електрозабезпеченні

Назва обладнання	Кіл.	Сумарне споживання електр., кВт	Час роботи протягом року, год	Річна потреба в електроен. кВт·год
Компресор GEA Grasso SP1-XB	2	150	5400	810000
Конденсатор Decsa CFR-C-027	1	7	4000	28000
Повітроохолодники	42	13,87	3000	41610
Насос розсільний Wilo CronoBloc-BL	1	4	3000	12000
Насос водяний SAER серії IR40-125A	1	3	3000	9000
Насос аміачний WITT серія HRP8050	1	5,9	3000	17700
Сумарна витрата W, кВт·год				918310

2. Розрахунок витрат на придбання та монтаж обладнання:

Приймаємо, що витрати на монтаж становитимуть 20% від вартості обладнання.

Решта витрат складатимуть 2% від вартості встановленого обладнання.

Отримані дані заносимо до таблиці 17.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 17 – Витрати на закупівлю та монтаж холодильного обладнання

Найменування обладнання	Кіл., шт	Витрата на одиницю обладнання, тис. грн.		Загальна вартість, тис. грн
		Ціна облад.	Монтаж облад.	
Компресор GEA Grasso SP1-XB	2	755	80	1590
Конденсатор Decsa CFR-C-027	1	390	50	440
Повітроохол. CCD 34304	16	35	50	610
Повітроохол. CCD 43307	2	28	8	64
Повітроохол. CCD 45307	24	40	50	1100
Насос аміачний WITT серія HRP8050	2	25	3,5	53,5
Насос розсільний Wilo StronoBloc-BL	2	39	10	88
Насос водяний IR40-125A	1	15	3	18
Циркуляційний ресивер	1	135	20	155
Лінійний ресивер	1	59,5	12	71,5
Дренажний ресивер	1	59,5	12	71,5
Кожухотрубний випарник WTK SCE 393	1	155	20	175
Маслозбірник 60МЗС	1	20	4	24
Разом				4460,5

Річне споживання електроенергії холодильником і компресорним цехом даного розподільчого холодильника становить: $P_{річн} = 918,31$ МВт·год

Ціна за 1 кВт год електроенергії становить: $C_{ел} = 6,6$ грн.

Визначаємо річні витрати на споживання електричної енергії за проектними розрахунками:

$$B_{ел,р} = P_p \cdot C_{ел} = 918,31 \cdot 6,6 = 6060,846 \text{ тис.грн}$$

Мастило купується для компресорів GEA Grasso SP1-XB за ціною 525 грн. за 1л. При коректній роботі заміна масла відбувається не частіше ніж двічі на рік, а то і рідше. У моєму проекті, на рік роботи необхідно 200 л і це коштує 105 тис.грн.

Аміак купується за ціною 20 грн. за 1кг, в моєму проекті необхідно 1200 кг і це коштує $20 \cdot 1200 = 24$ тис.грн.

										Арк.
										50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

00.БКР.000.000.ПЗ

Пропіленгліколь коштує 85 грн. за 1кг, тому необхідно купити з надлишком (як запас) 1500 кг. Відповідно це коштує $85 \cdot 1500 = 127,5$ тис.грн.

3. Розрахунок витрат на оплату праці

Таблиця 18 – Фонд основної заробітної плати робітників компресорного цеху

№ п/п	Професія	Тарифна ставка грн/міс	Чисельність, чол	Місячний фонд, грн	Річний фонд, грн
1	Головний інженер	23000	1	23000	276000
2	Начальник цеху	18000	1	18000	216000
3	Інженер КВПіА	15000	1	15000	180000
4	Машиніст ХУ	8000	8	64000	768000
5	Слюсар-ремонтник	8000	2	16000	192000
	Разом		13	136000	1632000

4. Визначення амортизаційних відрахувань

Приймаємо норми амортизаційних відрахувань для основного обладнання – 22% від вартості обладнання. Визначаємо витрати на амортизацію основного технологічного обладнання за формулою:

$$A_{обл} = \Sigma B_{обл} \cdot 0,22 = 4460,5 \cdot 0,22 = 981,31 \text{ тис. грн.}$$

5. Визначення інших видів витрат

До інших витрат відносяться пускові витрати, витрати на утримання та експлуатацію обладнання, цехові витрати, які розраховуються як окремі статті. Витрати на поточний ремонт обладнання приймаємо 20% від амортизаційних відрахувань на обладнання:

$$B_{рем} = A_{обл} \cdot 0,2 = 981,31 \cdot 0,2 = 196,262 \text{ тис. грн}$$

Пускові витрати приймаємо 2% від вартості обладнання:

$$B_{пуск} = B_{обл} \cdot 0,02 = 4460,5 \cdot 0,02 = 89,21 \text{ тис. грн}$$

Решту витрат приймаємо за 3% від загальної суми амортизаційних відрахувань:

$$B_{ін} = A_{обл} \cdot 0,03 = 981,31 \cdot 0,03 = 29,439 \text{ тис. грн}$$

Отже, загальна сума інших витрат складає 314,911 тис грн.

										Арк.
										51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	00.БКР.000.000.ПЗ					

Результати проведених економічних розрахунків об'єднуємо у таблиці 19.

Таблиця 19 – Сумарні витрати на реалізацію проекту розподільчого
холодильника

Статті витрат	Значення витрат тис. грн
Електроенергія	6060,846
Мастило	105,0
Холодильний агент R717	24,0
Пропіленгліколь	127,5
Оплата праці	1632,0
Амортизація	981,31
Інші витрати	314,911
Разом	9245,567

Отже, за календарний рік розподільчий холодильник виробить холоду:

$$22 \cdot 250 \cdot 253,489 = 1394189,5 \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

Відповідно собівартість холоду визначимо за розрахунком:

$$\Delta C = 9245567 \text{ грн} / 1394189,5 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 6,63 \text{ грн} / \text{кВт} \cdot \text{год}$$

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. Охорона праці

Закон України «Про охорону праці» № 2695-ХІІ від 14.10.92

Цей Закон визначає основні положення щодо реалізації конституційного права працівників на охорону їх життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і здорові умови праці, регулює за участю відповідних органів державної влади відносини між роботодавцем і працівником з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища і встановлює єдиний порядок організації охорони праці в Україні [30].

Державна політика в галузі охорони праці базується на принципах [30]:

- пріоритету життя і здоров'я працівників, повної відповідальності роботодавця за створення належних, безпечних і здорових умов праці [30];
- підвищення рівня промислової безпеки шляхом забезпечення суцільного технічного контролю за станом виробництв, технологій та продукції, а також сприяння підприємствам у створенні безпечних та нешкідливих умов праці [30];
- комплексного розв'язання завдань охорони праці на основі загальнодержавної, галузевих, регіональних програм з цього питання та з урахуванням інших напрямів економічної і соціальної політики, досягнень в галузі науки і техніки та охорони довкілля [30];
- соціального захисту працівників, повного відшкодування шкоди особам, які потерпіли від нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань [30];
- встановлення єдиних вимог з охорони праці для всіх підприємств та суб'єктів підприємницької діяльності незалежно від форм власності та видів діяльності [30];
- адаптації трудових процесів до можливостей працівника з урахуванням його здоров'я та психологічного стану [30];
- використання економічних методів управління охороною праці, участі держави у фінансуванні заходів щодо охорони праці, залучення добровільних

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

внесків та інших надходжень на ці цілі, отримання яких не суперечить законодавству [30];

- інформування населення, проведення навчання, професійної підготовки і підвищення кваліфікації працівників з питань охорони праці [30];

- забезпечення координації діяльності органів державної влади, установ, організацій, об'єднань громадян, що розв'язують проблеми охорони здоров'я, гігієни та безпеки праці, а також співробітництва і проведення консультацій між роботодавцями та працівниками (їх представниками), між усіма соціальними групами під час прийняття рішень з охорони праці на місцевому та державному рівнях [30];

- використання світового досвіду організації роботи щодо поліпшення умов і підвищення безпеки праці на основі міжнародного співробітництва [30].

У статті 22 Закону України «Про охорону праці» розкрито послідовність розслідування нещасних випадків, захворювань, аварій. [30].

Роботодавець повинен організувати розслідування та вести облік нещасних випадків, професійних захворювань і аварій відповідно до положення, що затверджується Кабінетом Міністрів України за погодженням з всеукраїнськими об'єднаннями профспілок [30].

За підсумками розслідування нещасного випадку, професійного захворювання або аварії роботодавець складає акт за встановленою формою, один примірник якого він зобов'язаний видати потерпілому або іншій заінтересованій особі не пізніше трьох днів з моменту закінчення розслідування [30].

У разі відмови роботодавця скласти акт про нещасний випадок чи незгоди потерпілого з його змістом питання вирішуються посадовою особою органу державного нагляду за охороною праці, рішення якої є обов'язковим для роботодавця [30].

Рішення посадової особи органу державного нагляду за охороною праці може бути оскаржене у судовому порядку [30].

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ДСП 3.3.6.037-99. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку (40957)

Санітарні норми поширюються на шум, інфра- та ультразвук, що передаються через повітря (газове середовище), рідке чи тверде середовище і впливають на людину в процесі трудової діяльності [6].

Санітарні норми встановлюють [6]:

- класифікацію виробничих акустичних коливань;
- методи гігієнічної оцінки виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку;
- параметри, які нормуються, та їх допустимі величини;
- вимоги до вимірювань на робочих місцях [6].

Санітарні норми є обов'язковими для всіх міністерств, відомств, підприємств, установ, незалежно від відомчої приналежності та форм власності, громадян, які проектують, виготовляють та експлуатують обладнання, механізми та інструменти, які є джерелами шуму, ультразвуку та інфразвуку; які розробляють та впроваджують заходи щодо зниження шкідливого впливу акустичних коливань на працюючих; які виконують державний санітарний нагляд за умовами праці [6].

Вимоги цих норм повинні бути враховані у нормативно-технічних документах: стандартах, будівельних нормах, технічних умовах, інструкціях, методичних вказівках та ін., які регламентують конструктивні та експлуатаційні вимоги до машин, устаткування, обладнання та інструменту, технологічних процесів і регламентів, зарубіжних виробів, що є джерелами шуму, ультра- та інфразвуку у виробничих умовах [6].

Класифікація шумів

За характером спектра шуми слід поділяти на [6]:

- широкосмугові, з безперервним спектром шириною більш ніж одна октава;
- вузькосмужні або тональні, в спектрі яких є виражені дискретні тони [18].

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тональний характер шуму встановлюється вимірюванням випромінювання у третинооктавних смугах частот по перевищенню рівня шуму в одній смузі над сусідніми не менш ніж на 10 дБ [6].

За часовими характеристиками шуми слід поділяти на [6]:

- постійні, рівень шуму яких за повний робочий день при роботі технологічного обладнання змінюється не більш ніж на 5 дБА при вимірюваннях на часовій характеристиці «повільно» шумоміра по шкалі «А» [6];
- непостійні, рівень шуму яких за повний робочий день при роботі технологічного обладнання змінюється більш ніж на 5 дБА при вимірюваннях за часовою характеристикою «повільно» шумоміра по шкалі «А» [6].

Непостійні шуми поділяються на [6]:

- мінливі, рівень яких безперервно змінюється у часі [6];
- переривчасті, рівень шуму яких змінюється ступінчасто на 5 дБА і більше при вимірюваннях на часовій характеристиці «повільно» шумоміра по шкалі «А», при цьому довжина інтервалів, під час яких рівень залишається сталим, становить 1 с і більше [6];
- імпульсні, які складаються із одного або декількох звукових сигналів, кожен з яких довжиною менше 1 с, при цьому, рівні шуму у дБ(A1) і дБ(A), виміряні на часових характеристиках «імпульс» та «повільно» шумоміра, відрізняються не менш ніж на 7 дБ [6].

Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації

ДСН 3.3.6.039-99

Санітарні норми поширюються на загальну та локальну вібрацію, що впливає на людину у процесі її трудової діяльності, за винятком робіт на залізничному, водному та повітряному транспорті [7].

Санітарні норми встановлюють [7]:

- класифікацію виробничих вібрацій;
- методи гігієнічної оцінки виробничих вібрацій;
- параметри, які нормуються та їх допустимі величини;
- вимоги до вимірювань на робочих місцях;

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- основні заходи профілактики [7].

Санітарні норми є обов'язковими для всіх міністерств, відомств, підприємств, об'єднань, організацій, установ, незалежно від відомчої приналежності та форм власності; організацій, громадян, які проектують, виготовляють та експлуатують вібронебезпечне устаткування, механізми і інструменти; які розробляють та впроваджують заходи щодо зниження шкідливого впливу виробничих вібрацій; які виконують державний санітарний нагляд за умовами праці [7].

Вимоги цих норм повинні бути враховані у нормативно-технічних документах: стандартах, будівельних нормах, технічних умовах, інструкціях, методичних вказівках та ін., які регламентують конструктивні та експлуатаційні вимоги до вібронебезпечних машин, устаткування, обладнання та інструменту, технологічних процесів і регламентів, зарубіжних виробів [7].

Галузеві (відомчі) документи повинні бути приведені у відповідність до положень даних норм [7].

Класифікація виробничої вібрації

За способом передачі на тіло людини розрізняють загальну та локальну вібрацію. *Загальна вібрація* передається на тіло людини, яка сидить або стоїть, переважно через опорні поверхні. *Локальна вібрація* передається через руки працюючих при контакті з ручним механізованим інструментом, органами керування машинами і обладнанням, деталями, які обробляються та ін. (далі – обладнання, яке вібрує) [7].

Загальну вібрацію за джерелом її виникнення поділяють на такі категорії [7]:

Категорія 1 – транспортна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях самохідних та причіпних машин, транспортних засобів під час руху по місцевості, агрофонах і дорогах (в тому числі при їх будівництві) [7].

До джерел транспортної вібрації відносять, наприклад, автомобілі вантажні (в тому числі тягачі, скрепери, грейдери, котки та ін.); снігоприбирачі, самохідний гірничо-шахтний рейковий транспорт [7].

Категорія 2 – транспортно-технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях машин з обмеженою рухливістю та таких, що рухаються тільки по

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

спеціально підготовленим поверхням виробничих приміщень, промислових майданчиків та гірничих виробок [7].

До джерел транспортно-технологічної вібрації відносять, наприклад, екскаватори (в тому числі роторні), крани промислові та будівельні, машини для завантаження мартенівських печей (завалочні), гірничі комбайни, самохідні бурильні каретки, шляхові машини, бетоноукладчики, транспорт виробничих приміщень [7].

Категорія 3 – технологічна вібрація, яка діє на людину на робочих місцях стаціонарних машин чи передається на робочі місця, які не мають джерел вібрації [7].

До джерел технологічної вібрації відносяться, наприклад, верстати та метало-деревобробне, пресувально-ковальське обладнання, ливарні машини, електричні машини, стаціонарні електричні установки, насосні агрегати та вентилятори, обладнання для буріння свердловин, бурові верстати, машини для тваринництва, очищення та сортування зерна (у тому числі сушарні), обладнання промисловості будматеріалів (крім бетоноукладачів), установки хімічної та нафтохімічної промисловості та ін [7].

Загальну технологічну вібрацію за місцем дії поділяють на такі типи [7]:

- на постійних робочих місцях виробничих приміщень підприємств [7];
- на робочих місцях складів, їдалень, побутових, чергових та інших виробничих приміщень, де немає джерел вібрації [7];
- на робочих місцях заводоуправлінь, конструкторських бюро, лабораторій, учбових пунктів, обчислювальних центрів, медпунктів, конторських приміщень, робочих кімнат та інших приміщень для працівників розумової праці [7].

За джерелом виникнення локальну вібрацію поділяють на таку, що передається від [7] :

- ручних машин або ручного механізованого інструменту, органів керування машинами та устаткуванням [7];

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- ручних інструментів без двигунів (наприклад, рихтувальні молотки) та деталей, які оброблюються [7].

За часовими характеристиками загальні та локальні вібрації поділяють на [7]:

- постійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється менше ніж у 2 рази (менше 6 дБ) за робочу зміну [7];
- непостійні, для яких величина віброприскорення або віброшвидкості змінюється не менше ніж у 2 рази (6 дБ і більше) за робочу зміну [7].

Непостійні вібрації поділяють на [7]:

- коливні, рівні яких безперервно змінюються в часі [7];
- переривчасті, коли контакт з вібрацією в процесі роботи переривається, причому довжина інтервалів, під час яких має місце контакт, становить більше 1 с [7];
- імпульсні, що складаються з одного або кількох вібраційних впливів (наприклад, ударів), кожен довжиною менше ніж 1 с, при частоті їх дії менше ніж 5,6 Гц [7].

Закон України "Про пожежну безпеку"

У стаття 5 ЗУ «Про пожежну безпеку регламентуються обов'язки підприємств, установ та організацій щодо забезпечення пожежної безпеки [5].

Власники підприємств, установ та організацій або уповноважені ними органи (далі - власники), а також орендарі зобов'язані [5]:

- розробляти комплексні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки, впроваджувати досягнення науки і техніки, позитивний досвід [5];
- відповідно до нормативних актів з пожежної безпеки розробляти і затверджувати положення, інструкції, інші нормативні акти, що діють у межах підприємства, установи та організації, здійснювати постійний контроль за їх додержанням [5];
- забезпечувати додержання протипожежних вимог стандартів, норм, правил, а також виконання вимог приписів і постанов органів державного пожежного нагляду [5];

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- організовувати навчання працівників правилам пожежної безпеки та пропаганду заходів щодо їх забезпечення [5];
- у разі відсутності в нормативних актах вимог, необхідних для забезпечення пожежної безпеки, вживати відповідних заходів, погоджуючи їх з органами державного пожежного нагляду [5];
- утримувати в справному стані засоби протипожежного захисту і зв'язку, пожежну техніку, обладнання та інвентар, не допускати їх використання не за призначенням [5];
- створювати у разі потреби відповідно до встановленого порядку підрозділи пожежної охорони та необхідну для їх функціонування матеріально-технічну базу [5];
- подавати на вимогу державної пожежної охорони відомості та документи про стан пожежної безпеки об'єктів і продукції, що ними виробляється [5];
- здійснювати заходи щодо впровадження автоматичних засобів виявлення та гасіння пожеж і використання для цієї мети виробничої автоматики [5];
- своєчасно інформувати пожежну охорону про несправність пожежної техніки, систем протипожежного захисту, водопостачання, а також про закриття доріг і проїздів на своїй території [5];
- проводити службове розслідування випадків пожеж [5].

На підприємстві, в установі та організації з кількістю працюючих 50 і більше чоловік рішенням трудового колективу може створюватися пожежно-технічна комісія. У виняткових випадках її функції може виконувати комісія з охорони праці. Типове положення про пожежно-технічну комісію затверджується Міністерством України з питань надзвичайних ситуацій [5].

Відповідно до Закону України "Про державну статистику" в Україні ведеться єдиний облік пожеж та їх наслідків [5].

Міністерства, інші центральні органи виконавчої влади, підприємства, установи та організації зобов'язані вести облік пожеж, які виникають на об'єктах,

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

що належать або підконтрольні їм, аналізувати причини їх виникнення та вживати заходів до їх усунення [5].

Виробниче освітлення

Рівень освітленості є важливим фактором в організації безпечних умов праці. У приміщенні машинного відділення розподільчого холодильника рівень освітлення повинен вимогам ДБН В.2.5-28-2006 — «Державні будівельні Норми України. Інженерне обладнання будинків і споруд. Природне і штучне освітлення».

Компресорний цех забезпечений як природний, так і штучним освітленням. Природне освітлення у денні години світлового дня здійснюється через вікна машинного відділення. КПО у машинному відділенні становить $e_{\min} = 0,2\%$.

Штучне освітлення здійснюється люмінесцентними лампами. Загальний рівень робочого освітлення у машинному відділенні становить 75 лк. Щити управління додатково оснащені місцевими джерелами освітлення (лампа люмінесцентна або світлодіодна, рівень комбінованого освітлення 500 лк).

Рівень аварійного освітлення – не менше 8-10 лк.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Державні будівельні норми України. ДБН А.2.2-3-2014 Склад та зміст проектної документації на будівництво. – [Чинний від 2022-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 34 с.
2. Державні будівельні норми України. ДБН В.2.2-42:2021 Будівлі та споруди. Споруди холодильників. Основи проектування. . – [Чинний від 2022-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 32 с.
3. Будівельні матеріали. Методи визначення терміну ефективної експлуатації та теплопровідності будівельних ізоляційних матеріалів у розрахункових та стандартних умовах. ДСТУ Б В.2.7-182:2009 – [Чинний від 2011-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2009.
4. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. ДСТУ Б В.2.5-82:2016 – [Чинний від 2017-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 2016.
5. Пожежна безпека. Загальні положення. ДСТУ 8828:2019 – [Чинний від 2020-07-01]. – К.: Мінрегіон України, 2019.
6. Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. ДСН 3.3.6.037-99 – [Чинний від 2000-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 1999.
7. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. ДСН 3.3.6.039-99 – [Чинний від 2000-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 1999.
8. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. ДСН 3.3.6.042-99 – [Чинний від 2000-09-01]. – К.: Мінрегіон України, 1999.
9. М'ясо птиці. Загальні технічні умови: ДСТУ 3143:2013. – [Чинний від 2014-07-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2013. – 28 с. – (Національний стандарт України).
10. М'ясо фасоване. Технічні умови: ДСТУ 7706:2015. – [Чинний від 2016-08-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2015. – 28 с. – (Національний стандарт України).
11. М'ясо. Свинина в тушах і півтушах. Технічні умови: ДСТУ 7158:2010. – [Чинний від 2011-07-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2010. – 18 с. – (Національний стандарт України).

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

12. Масло вершкове. Технічні умови: ДСТУ 4399:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 16 с. – (Національний стандарт України).

13. Морозиво з комбінованим складом сировини: ДСТУ 4735:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2008. – 37 с. – (Національний стандарт України).

14. Морозиво молочне, вершкове, пломбір. Загальні технічні умови: ДСТУ 4733:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 28 с. – (Національний стандарт України).

15. Морозиво плодово-ягідне, ароматичне, щербет лід: ДСТУ 4734:2007. – [Чинний від 2008-01-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2008. – 36 с. – (Національний стандарт України).

16. Сири напівтверді. Загальні технічні умови: ДСТУ 4669:2006. – [Чинний від 2007-07-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2007. – 11 с. – (Національний стандарт України).

17. Сири плавлені. Загальні технічні умови: ДСТУ 4635:2006. – [Чинний від 2007-07-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2007. – 13 с. – (Національний стандарт України).

18. Сири тверді (український асортимент) Технічні умови: ДСТУ 4421:2005. – [Чинний від 2006-10-01]. – К. : Держспоживчстандарт України, 2006. – 9 с. – (Національний стандарт України).

19. Спреди та суміші жирів. Загальні технічні умови: ДСТУ 4445:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 22 с. – (Національний стандарт України).

20. Системи керування безпечністю харчових продуктів. Вимоги до будь-якої організації в харчовому ланцюзі. ДСТУ ISO 22000:2019 (ISO 22000:2018, IDT) – [Чинний від 2021-09-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2019. – 22 с. – (Національний стандарт України).

21. Бойко, М.М. Монтаж, ремонт та технічне обслуговування холодильних установок / М.М. Бойко. - Х.: Компанія СМІТ, 2004. – 477 с.

22. Масліков, М. М. Кріогенна техніка і технологія : навч. посібн./ М. М.

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Масліков.– К.: НУХТ, 2010.– 178 с.

23. Мелейчук С.С., Арсен'єв В.М. Монтаж, експлуатація, обслуговування холодильних і теплонасосних установок : навч. посібник / С.С. Мелейчук, В.М. Арсен'єв. – Суми.: Сумський державний університет, 2011. – 183 с.

24. Теплохолодотехніка : навч. посіб. / С.М. Василенко, В.І. Павелко, А.В. Форсюк, М.М. Масліков, Н.В. Іващенко, С.В. Барановська. - К.: Видавництво Ліра-К, 2018. – 258 с.

25. Засядько Я. І., Іващенко Н. В., Францішко А. П. Холодильні установки: метод. рекомендації до використання програмного забезпечення CoolPack в практичних розрахунках для здоб. освітнього ступеня «Бакалавр» спеціальності 142 «Енергетичне машинобудування» освіт.-проф. програми «Холодильна техніка та технології» ден. та заоч. форм навчання. – К.: НУХТ, 2019. 78 с.

26. Петренко В.П. Теплотехнологічні процеси та установки. Курс лекцій. [Текст] / В.П. Петренко // 29.05.2013. Реєстраційний номер електронного курсу лекцій у НМВ 33.21 – НУХТ, 2013 – 118 с.

27. Форсюк А.В. Холодильні машини [Електронний ресурс]: курс лекцій (частина 1. Компресори холодильних машин) для студ. освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 142 “Енергетичне машинобудування” ден. та заоч. форм навч./уклад. А.В.Форсюк. – К.: НУХТ, 2016. - Ч I. – К.: НУХТ, 2016.- 160с.

28. Форсюк А.В. Холодильні машини [Електронний ресурс]: курс лекцій (частина II. Теплообмінне обладнання холодильних машин) для студ. освітнього ступеня “Бакалавр” спеціальності 142 “Енергетичне машинобудування” ден. та заоч. форм навч. / А.В.Форсюк. - К.: НУХТ, 2016. - Ч II. – К.: НУХТ, 2016.- 98 с.

29. Форсюк А.В. Холодильні машини [Електронний ресурс]: курс лекцій (частина III. Допоміжне обладнання холодильних машин) для здобувачів освітнього ступеня “бакалавр” спеціальності 142 “Енергетичне машинобудування” освітньо-професійної програми “Холодильні машини і установки” ден. та заоч. форм навч. / А.В.Форсюк. – К.: НУХТ, 2019. - Ч III. – К.: НУХТ, 2019.- 54 с.

30. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>

					00.БКР.000.000.ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		