

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

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра _____ теплоенергетики та холодильної техніки

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

(підпис) _____
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 20__ р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри

(підпис) _____
(прізвище та ініціали)
« ____ » _____ 20__ р.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

зі спеціальності _____ 142 Енергетичне машинобудування
(код та назва спеціальності)
освітньо-професійної програми _____ Енергомашинобудування

на тему: _____ Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т
у м. Львів _____

Виконав: здобувач 4 курсу, групи ХМ-4-12ск

_____ Нікітін Андрій Русланович _____
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник _____ Іващенко Наталія Вікторівна _____
(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)

Засвідчую, що в цій кваліфікаційній
роботі немає запозичень із праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2020р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

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

Кафедра теплоенергетики та холодильної техніки

Освітній ступінь бакалавр

Спеціальність 142 Енергетичне машинобудування
(код і назва)

Освітньо-професійна програма Енергомашинобудування

(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач

кафедри ТЕХТ

“ 08 ” квітня 2020 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Нікітін Андрій Русланович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів

керівник роботи доцент Іващенко Наталія Вікторівна,
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ 08 ” 04 2020 року №260-кв

2. Строк подання здобувачем роботи 01.06.2020р.

3. Вихідні дані до роботи _____

Холодоагент R717

Тип продукту КЗ сировини(свинина,яловичина), камери готової продукції

Ізоляційний матеріал ППУ

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

1). Технолог. схема оброблення продукції.

2). Розрахунок холодильної частини проекту

3). Техніко економічні показники

4). Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу

1. План та розріз будівлі холодильника

2. Схема холодильної установки

Анотація

В даному проекті запропоновано проект холодильника консервного заводу місткістю 2000т.

В холодильнику зберігається сировина (заморожене м'ясо яловичина, свинина та баранина) та готова продукція - консерви. Для сировини передбачено 2 камерь, для консервів 3 камера, що згруповані і розташовані таким чином, що мають найменшу площу зовнішніх стін, а холодильний контур всього холодильника має найменший периметр. При цьому всі камери мають вихід у вантажний тамбур і, через тамбур, у експедицію та транспортні платформи.

Розрахована теплоізоляція холодильних камер з теплоізоляційним матеріалом – ППУ.

Проведено розрахунок тепло надходжень до холодильних камер, на підставі якого розраховувалось та вибиралося основне та допоміжне обладнання.

Система охолодження запропонована аміачна безпосередня. Обладнання обрано сучасне: компресори та теплообмінне обладнання фірми GEA Grasso.

Охолодження камер за допомогою повітроохолоджувачів.

Конденсатор прийнято випарний.

Ключові слова: конвервний завод, Львів, аміак, насосно-циркуляційна схема

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

Зміст

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції на підприємстві
 2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції
 3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень
 4. Визначення основних розмірів та планування холодильника
 5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника
 6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень
 7. Визначення теплового навантаження на обладнання камер та компресор
 8. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки
 9. Вибір розрахункового робочого режиму, побудова циклу та розрахунок холодильної машини
 10. Вибір теплообмінних апаратів (випарник, конденсатор)
 11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер
 12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання
 13. Визначення гідравлічного опору
 14. Вибір насосів та вентиляторів
 15. Розрахунок техніко-економічних показників
 16. Охорона праці
- Список використаної літератури

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

1. Розробка технологічної схеми холодильного оброблення продукції

Технологічна схема холодильника консервного заводу передбачає приймання, короткочасне зберігання, переробку м'ясних продуктів (м'ясо яловичини та свинини) з виготовленням консервів, їх охолодження і зберігання готової продукції.

Находження та приймання сировини

Сировина (м'ясо у напівтушах та четвертинах) надходить автомобільним транспортом з м'ясопереробних підприємств в замороженому стані. Після розвантаження сировина зважується, перевіряється відповідність вантажу до супроводжувальних документів, санітарний стан та температура продукції. Допустима температура сировини, що приймається складає -15°C .

Вище зазначені операції відбуваються у приміщенні експедиції з температурою -12°C , відносній вологості 80-85%, рухливість повітря 0,1-0,15 м/с - природна. Штучне охолодження відсутнє. Охолодження приміщення відбувається за рахунок тепловтрат з сусідніми холодильними камерами та за рахунок допустимого отеплення продукту. Обсяг вантажних операцій складає 50 т/добу (прийнято як 1/40 частина місткості холодильника).

Зберігання сировини

Сировина зберігається в замороженому стані не більше 180 діб при температурі -20°C , відносній вологості 80-85%, рухливість повітря 0,1-0,15 м/с - природна. Загальна місткість камер зберігання сировини $2000 \cdot 0,4 = 800$ т., тобто 40% від місткості холодильника

Розмежування місткості камер зберігання охолодженої сировини по різновидам м'яса наведено нижче:

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

Для вантажних операцій передбачено автомобільну платформу.

Для проведення вантажних операцій передбачено використання електровантажників та електроштабелерів, орієнтованою потужністю 5 кВт.

					00.БКР.142.004.014.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Розрахунок тривалості холодильного оброблення продукції

Розрахунок тривалості охолодження консерви

Прийнято, що консерви в камери зберігання надходить з температурою +15 °С, температура в приміщенні 0 °С. Кінцева температура становитиме +5 °С.

Визначаю теплофізичні характеристики продукту (свинини):

- коефіцієнт теплопровідності $\lambda_{пр}=0,46 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$,
- питому теплоємність $c_{пр}=3,35 \text{ кДж}/(\text{кг}\cdot\text{К})$,
- коефіцієнт температуропровідності, $a_{пр}=11,8 \cdot 10^{-8} \text{ м}^2/\text{с}$.

Визначаю теплофізичні характеристики повітря для температури у камері:

- коефіцієнт теплопровідності повітря $\lambda_{пвт}=0,0217 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$,
- коефіцієнт кінематичної в'язкості повітря $\nu_{пвт}=11,13 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$,
- коефіцієнт температуропровідності повітря, $a_{пвт}=13,24 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{с}$.

Розраховую коефіцієнти тепловіддачі з поверхні консерви до рухомого повітря:

$$\alpha = \text{Nu} \lambda_{пвт} / \delta$$

де δ – товщина котлети, приймаю 0,1 м; Nu – критерій Нуссельта, порядок визначення якого залежить від руху повітря.

Для рухомого повітря (залежність І.Г.Чумака та В.М.Московченка):

$$\text{Nu} = 0,17 \text{Re}^{0,7}$$

де Re – критерій Рейнольдса для повітря:

$$\text{Re} = w_{пвт} \delta / \nu_{пвт}$$

де w – швидкість руху повітря, приймаю 3 м/с.

$$\text{Re}=3 \cdot 0,1/11,13 \cdot 10^{-6}=26954,2.$$

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>				<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

$$Nu=0,17 \cdot 26954,2^{0,7}=214,7$$

$$\alpha=214,7 \cdot 0,0217/0,1=46,6 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К}).$$

Визначальним розміром буде половина товщини консерви (пластини, оскільки діаметр значно більше за висоту)

$$R = \delta/2=0,1/2=0,05 \text{ м.}$$

Розраховую критерій Біо:

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

$$Bi = 46,6 \cdot 0,05/0,46=0,51.$$

Розраховую безрозмірнісну температуру на поверхні консерви в кінці охолодження, попередньо прийнявши температуру поверхні консерви +5 °С:

$$\theta_R = \frac{t_{\text{пов}} - t_{\text{кам}}}{t_0 - t_{\text{кам}}}$$

$$\theta_R = \frac{+5 - 0}{+15 - 0} = 0,33$$

За графіком безрозмірнісної температури на поверхні пластини знаходжу число Фур'є:

$$Fo=25.$$

Час охолодження:

$$\tau = FoR^2/a_{\text{пр.}}$$

$$\tau = 2 \cdot 0,05^2 / (11,8 \cdot 10^{-8}) = 42372 \text{ с.} = 11,8 \text{ години}$$

Розрахунок витрати холоду на заморожування

Розраховую витрату холоду на охолодження:

$$Q = m(h_{\text{поч}} - h_{\text{кін}}), \text{кВт.}$$

де m - маса продукт, що надходить на зберігання $m=2000/40=50$ т/добу=
0,58 кг/с; $h_{\text{поч}}$, $h_{\text{кін}}$ – початкова і кінцева ентальпія продукту, кДж/кг.

Початкова ентальпія продукту для температури +5°С становитиме:

$$h_{\text{поч}}=228 \text{ кДж/кг}$$

$$Q = 0,58 \cdot (280-247)=19,1 \text{ кВт.}$$

									Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

00.БКР.142.004.014.ПЗ

3. Техніко-економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень

В якості холодильного агента приймаю аміак. Аміак самий дешевий холодильний агент, що при незначних втечах не має жодного негативного впливу на оточуюче середовище. Також аміак має найкращі термодинамічні властивості, що кінцевому рахунку зменшує витрати електроенергії на виробництво холоду. Сильний запах аміаку – чудовий індикатор втечі та сигнал для її ліквідації.

Приймаю централізовану систему охолодження. Така система охолодження є більш доцільною, оскільки наявність великих камер зберігання виключає можливість встановлення децентралізованих систем великої потужності. Завдяки централізованій системі охолодження все обладнання буде знаходитися в одному приміщенні, що значно спростить його експлуатацію, підвищити безпеку праці.

Також приймаю безпосередню систему охолодження. Така система значно зменшить витрати електроенергії, оскільки температура кипіння буде 5⁰С вище у порівнянні з системою проміжного теплоносія.

Оскільки системи охолодження для камер зберігання овочів передбачається використовувати гвинтові компресори приймаю одноступеневу роботу цих систем. Виробник обладнання допускає роботи холодильних машин в одноступеневому режимі на розраховані температури.

Охолодження камер зберігання приймаю примусовим рухом повітря для забезпечення швидкого охолодження, оскільки овочі постійно виділяють тепло в наслідок дихання.

Конденсатор прийнятий випарний.

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

4. Визначення основних розмірів та планування ХОЛОДИЛЬНИКА

В залежності від місткості камери будівельна площа камер зберігання дорівнює:

$$F_k = \frac{E_k}{q_v \cdot h \cdot \beta}, \text{ м}^2;$$

- де E_k – місткість камери, т; q_v – норма завантаження на 1 м^3 камери, $\text{т}/\text{м}^3$; h – висота вантажного штабелю, м; β – коефіцієнт використання будівельної площі.

Норма завантаження для умовного вантажу $q_v=0,35 \text{ т}/\text{м}^3$.

Висота вантажного штабелю приймаю $h=4,5$ м. Будівельна висота 6000 мм.

Коефіцієнт використання: $\beta = 0,85$.

Кількість будівельних прямокутників, з урахуванням сітки колон $6 \cdot 6$ м:

$$n_p = F_k / (6 \cdot 6), \text{ шт};$$

Для всіх камер зберігання картоплі на підставі однакової норми завантаження:

$$F_e = \frac{2000}{0,35 \cdot 4,6 \cdot 0,85} = 1461,5 \text{ м}^2, n_p = 1461,5 / (6 \cdot 6) = 40,5 \text{ шт}.$$

Приймаю п'ять камер: $F=8 \cdot 36=288 \text{ м}^2$ кожна.

Приймаю дві камери зберігання сировини: $F=8 \cdot 36=288 \text{ м}^2$ кожна.

Приймаю три камери зберігання готової продукції: $F=8 \cdot 36=288 \text{ м}^2$ кожна.

Дійсна місткість камер:

$$E_k = F \cdot h_{\text{ван}} \cdot \beta \cdot q_v, \text{ т};$$

де норма навантаження для м'яса $q_v=0,35 \text{ т}/\text{м}^3$, для консервів $q_v=0,65 \text{ т}/\text{м}^3$.

Для камери зберігання м'яса:

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітін А.Р.			Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів	Лист.	Лист	Листів
Перевір.		Іващенко Н.В.						
Реценз.								
Н. Контр.								
Затверд.		Василенко С.М.				<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

Камера №1, 2 $E_k=288 \cdot 4,5 \cdot 0,85 \cdot 0,35=385,6$ т.

Для камер зберігання консервів:

Камера №3, 4, 5 $E_k=288 \cdot 4,5 \cdot 0,85 \cdot 0,65=716$ т.

Також приймаю цех товарної обробки, машинне відділення та службові приміщення.

Приймаю машинне відділення з площею 15% від площі холодильних камер, тобто $(288 \cdot 6) \cdot 0,15=216$ м² (округлене до цілого значення кількості будівельних прямокутників).

Приймаю службові та допоміжні (виробничі) приміщення з площею 50% від площі холодильних камер, тобто $(288 \cdot 6) \cdot 0,5=1080$ м² (округлене до цілого значення кількості будівельних прямокутників).

Планування приміщень холодильника для овочів – рис.1.

		№ докум.		I		
					00.БКР.142.004.014.ПЗ	

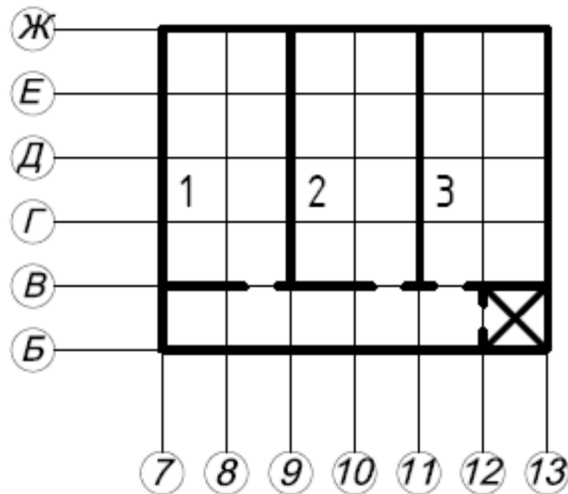
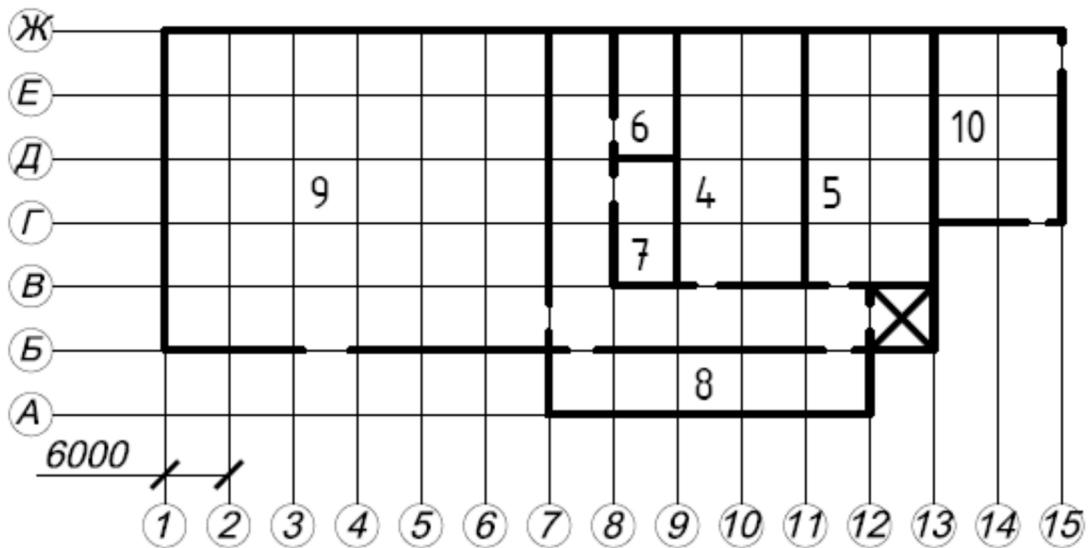


Рис. 1. Планування холодильнику: 1, 2 – камери зберігання замороженої сировини -20°C ; 3, 4, 5 - камера зберігання готової продукції 0°C ; 6, 7 – експедиції замороженої та охолодженої продукції $0/-20^{\circ}\text{C}$; 8 – автомобільна платформа; 9 – службові та виробничі приміщення; 10 – машинне відділення.

5. Розрахунок ізоляційних конструкцій холодильника

Розрахунок теплоізоляційного шару проведено у відповідності з температурними режимами камер.

Приймаю зовнішні стіни залізобетонні (згідно завдання), а внутрішні з цегли.

У якості теплоізоляційного матеріалу приймаю: для зовнішніх та внутрішніх стін – плити ППУ. Технічна характеристика: коефіцієнт теплопередачі 0,035 Вт/(м²·К).

Потрібна товщина теплоізоляційного шару:

$$\delta_{із} = \lambda_{із} \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_H} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right], \text{ м};$$

де $\delta_{із}$, δ_i - товщини теплоізоляційного та будівельного шарів відповідно, м; α_B, α_H - коефіцієнти тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхні стін відповідно, Вт/(м²·К); $\lambda_{із}$, λ_i - коефіцієнти теплопровідності теплоізоляційного та будівельних шарів відповідно, Вт/(м·К); k_0 – коефіцієнт теплопровідності огорож, Вт/(м²·К).

Розрахункове значення теплоізоляційного шару треба збільшити до стандартного (25 мм, 50мм, 100мм), тоді дійсний коефіцієнт теплопровідності:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H} + \frac{\delta_{із}^{пр}}{\lambda_{із}}}, \text{ Вт/(м·К)};$$

- де $\delta_{із}^{пр}$ - прийнята, або стандартна товщини теплоізоляції, м.

Конструкції та властивості прошарків зведено до таблиці 1.

					00.БКР.142.004.014.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Нікітін А.Р.			Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів		
Перевір.		Іващенко Н.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Василенко С.М.					
					Лист	Лист	Листів
					НУХТ, ХМ-4-12ск		

Таблиця 3. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для камер зберігання охолоджених продуктів.

Назва огорожі	$\alpha_{\text{зов.}}$ Вт/(м ² ·К)	$\alpha_{\text{внр.}}$ Вт/(м ² ·К)	k_0 Вт/(м ² ·К)	R_i , м ² ·К/Вт	λ_i Вт/(м·К)	σ_{iz} , м	σ_{iz}^{np} , м	k_{κ}
								Вт/(м ² ·К)
Покриття	23	11	0,37	0,182	0,035	0,084	0,1	0,32
Підлога	-	11	0,41	0,183	0,035	0,076	0,1	0,32
Зов. Стіна	23	11	0,4	0,108	0,035	0,079	0,1	0,32
Внтр. Стіна	8	11	0,47	0,382	0,035	0,054	0,075	0,36
Перегородка	8	11	0,58	0,382	0,035	0,039	0,05	0,49

Таблиця 4. Розрахунок товщини теплоізоляційного шару для камер зберігання охолоджених продуктів.

Назва огорожі	$\alpha_{\text{зов.}}$ Вт/(м ² ·К)	$\alpha_{\text{внр.}}$ Вт/(м ² ·К)	k_0 Вт/(м ² ·К)	R_i , м ² ·К/Вт	λ_i Вт/(м·К)	σ_{iz} , м	σ_{iz}^{np} , м	k_{κ}
								Вт/(м ² ·К)
Покриття	23	11	0,22	0,182	0,035	0,148	0,15	0,22
Підлога	-	11	0,21	0,183	0,035	0,157	0,175	0,19
Зов. Стіна	23	11	0,23	0,108	0,035	0,144	0,15	0,22
Внтр. Стіна	8	11	0,27	0,382	0,035	0,109	0,125	0,24
Перегородка	8	11	0,58	0,382	0,035	0,039	0,05	0,49

6. Розрахунок теплонадходжень до охолоджених приміщень

Тепловий розрахунок камер холодильника, на підставі якого визначена необхідна продуктивність холодильної установки і обрано камерне обладнання проведено у відповідності з рекомендаціями.

В загальному випадку кількості теплоти, яку необхідно відвести для підтримання заданої температури в охолоджуваному приміщенні, відводиться повітроохолодниками. При визначенні цього навантаження враховано такі теплонадходження:

- Через огорожувальні конструкції приміщення Q_1 ;
- Від продукції Q_2 ;
- Від різноманітних джерел при експлуатації камер Q_4 з врахуванням технології зберігання.

Навантаження на камерне обладнання визначаю як суму всіх тепло надходжень до камери:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_4, \text{ Вт.}$$

Теплонадходження через конструкції огорож:

$$Q_1 = k_d \cdot F \cdot \theta, \text{ Вт;}$$

- де k_d – дійсний коефіцієнт теплопередачі огорожі з розрахунків товщини ізоляційного шару, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; F – розрахункова площа поверхні огорожі, м^2 ; θ - розрахункова різниця температур:

$$\theta = \Delta t_T + \Delta t_c, ^\circ\text{C};$$

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Нікітін А.Р.			Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів	Лист.	Лист	Листів
Перевір.		Іващенко Н.В.						
Реценз.						НУХТ, ХМ-4-12ск		
Н. Контр.								
Затверд.		Василенко С.М.						

Назва огорожі	Напрямок	$k_{д}$ Вт/(м ² ·К)	F, м ²	$t_{г}$, °C	$t_{с}$, °C	$t_{в}$, °C	Q ₁ , Вт
Камера №1 (-20)							
Стіна вн.	пн	0,24	81,3	35,7	0	35,7	697
Перегородка	сх	0,49	159,3	0	0	0	0
Стіна зовн.	пд	0,22	81,3	51	4,9	55,9	1000
Перегородка	зх	0,49	159,3	20	0	20	1561
Покриття		0,22	306,3	51	14,9	65,9	4441
Підлога		0,19	306,3	20	0	20	1164
						Разом:	8862
Камера №2 (-20)							
Стіна вн.	пн	0,24	81,3	35,7	0	35,7	697
Стіна зовн.	сх	0,22	159,3	51	7,2	58,2	2040
Стіна зовн.	пд	0,22	81,3	51	4,9	55,9	1000
Перегородка	зх	0,49	159,3	0	0	0	0
Покриття		0,22	306,3	51	14,9	65,9	4441
Підлога		0,19	306,3	20	0	20	1164
						Разом:	9341
Камера №3 (0)							
Стіна вн.	пн	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	сх	0,49	159,3	12	0	12	937
Стіна зовн.	пд	0,32	81,3	31	4,9	35,9	934
Стіна зовн.	зх	0,49	159,3	31	6	37	2888
Покриття		0,32	306,3	31	14,9	45,9	4499
Підлога		0,32	306,3	0	0	0	0
						Разом:	9913
Камера №4 (0)							
Стіна вн.	пн	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	сх	0,49	159,3	0	0	0	0
Стіна вн.	пд	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Стіна зовн.	зх	0,32	159,3	31	6	37	1886
Покриття		0,32	306,3	0	0	0	0
Підлога		0,32	306,3	1	0	1	98
						Разом:	3295
Камера №5 (0)							
Стіна вн.	пн	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	сх	0,49	159,3	-20	0	-20	-1561
Стіна вн.	пд	0,36	81,3	22,4	0	22,4	656
Перегородка	зх	0,49	159,3	0	0	0	0
Покриття		0,32	306,3	0	0	0	0
Підлога		0,32	306,3	1	0	1	98
						Разом:	-152

Таблиця 5. Розрахунок теплоприпливів від холодильної обробки продуктів та тари.

Назва камери	$M_{пр}, T$	$i_{поч},$ кДж/кг	$i_{кон},$ кДж/кг	$\Delta i,$ кДж/кг	$Q_{2пр},$ Вт	$\Delta t, ^\circ C$	$c,$ кДж/ (К·кг)	$M_{т}, T$	$Q_{2т}, Bт$	$Q_2, Bт$
Камера №1	29,3	13	0	13	4409	5	2,3	4,4	585	4994
Камера №2	33	13	0	13	4965	5	2,3	5,0	659	5624
Камера №3	50	280	247	33	19097	5	2,3	7,5	998	20095
Камера №4	50	280	247	33	19097	5	2,3	7,5	998	20095
Камера №5	50	280	247	33	19097	-5	2,3	7,5	-998	18099

Таблиця 6. Розрахунок експлуатаційних теплоприпливів.

Назва камери	n	$q_1,$ Вт	$B,$ Вт/м ²	$F, м^2$	$q_2, Bт$	$A,$ Вт/м ²	$q_3, Bт$	$N_{ел},$ Вт	$q_4, Bт$	$Q_4, Bт$
Камера №1	2	700	8	288	2304	2,3	662,4	1500	1500	5166
Камера №2	2	700	8	288	2304	2,3	662,4	1500	1500	5166
Камера №3	3	1050	12	288	3456	2,3	662,4	1500	1500	6668
Камера №4	3	1050	12	288	3456	2,3	662,4	1500	1500	6668
Камера №5	3	1050	12	288	3456	2,3	662,4	1500	1500	6668

7. Вибір структури системи охолодження та типу холодильної установки

Структуру системи охолодження холодильника консервного заводу приймаю відокремлену по всіх температурах кипіння. Таке рішення дозволить оптимально використовувати кожен систему на задану температуру кипіння.

Система охолодження камер прийнята безпосередня. Таке рішення дає можливість заощадити електричну енергію за рахунок більш високої температури кипіння у порівнянні з системою проміжного теплоносія.

Подачу холодильного агента приймаю насосно-циркуляційним способом. Це дозволить покращити теплообмін у камерному обладнанні, що покращить якість зберігання продуктів та зменшить усихання. Для забезпечення аміачних насосів рідиною аміаку та створення стовпа рідини приймаю вертикальний циркуляційний ресивер. Такий тип ресивера займає менше місця в машинному відділенні та краще виконує функцію відокремлення рідини від пари, холодильного агента що повертається з камерного обладнання.

Також приймаю дренажний ресивер, який приймає рідкий аміак у процесі відтайки та холодильний агент у випадку ремонту чи випробування апаратів.

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

8. Визначення навантаження на обладнання камер та компресор

При розрахунку навантаження враховано, що навантаження на камерне обладнання складає 100% для всіх видів теплоприпливів, а навантаження на компресор Q_1 -80%, Q_2 -100%, Q_4 -50%, згідно [2]. Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор таблиця 7.

Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор зведено до таблиці 7.

Таблиця 7. Розрахунок навантаження на камерне обладнання та компресор

Назва камери	Q ₁ , Вт		Q ₂ , Вт	Q ₄ , Вт		ΣQ, Вт	
	(КО)	(КМ)		(КО)	(КМ)	(КО)	(КМ)
Камера №1 яловичина	8862	7090	4994	5166	2583	19022	14667
Камера №2 свинина	9341	7473	5624	5166	2583	20131	15680
Камера №3 готова продукція	9913	7930	20095	6668	3334	36676	31359
Камера №4 готова продукція	3295	2636	20095	6668	3334	30058	26065
Камера №5 готова продукція	-152	-122	18099	6668	3334	24615	21311

Навантаження на компресор з врахуванням 22 годин роботи (найбільше навантаження):

$$Q_0 = \Sigma Q \cdot k / 0,9, \text{ Вт};$$

					00.БКР.142.004.014.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.	Нікітін А.Р.				Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів		
Перевір.	Іващенко Н.В.						
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.	Василенко С.М.						
					Лист	Лист	Листів
					НУХТ, ХМ-4-12ск		

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

Температура кипіння:

$$t_0 = t_{\text{пов}} - (7 \div 10) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де $t_{\text{пов}}$ – температура повітря, $^\circ\text{C}$.

$$t_0 = 0 - 7 = -7 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_0 = -20 - 7 = -27 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура конденсації для безпосередньої системи.

Температуру конденсації приймаю згідно графіку [1с.72 р.11.1] та попередньо прийнятому тепловому навантаженні $q = 2.5 \text{ кВт/м}^2$:

$$t_{\text{мт}} = 23 \text{ } ^\circ\text{C}; \quad t_{\text{к}} = 36 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

де $t_{\text{мт}}$ – температура мокрого термометра при параметрах зовнішнього повітря, $^\circ\text{C}$.

Температура всмоктування.

$$t_{\text{вс}} = t_0 + (5 \div 10) \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$t_{\text{вс}} = -7 + 5 = -2 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

$$t_{\text{вс}} = -27 + 5 = -22 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура всмоктування компресорів другого ступеня відповідає температури насичення проміжної посудини.

Температура переохолодження.

Переохолодження у конденсаторі приймаю $5 \text{ } ^\circ\text{C}$.

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів		
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>					
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>					
					<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
					<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

Побудова циклу холодильної машини на температуру кипіння -7°C .

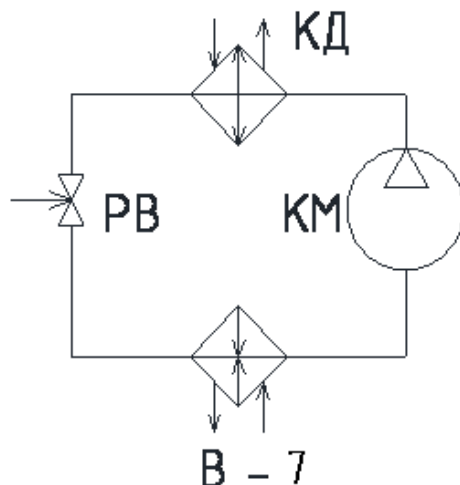


Рис. 3. Схема холодильної машини на температуру кипіння -7°C .

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 8.

Таблиця 8. Параметри характерних точок.

Параметри	1'	1	2	3	4
Р, МПа	0.32	0.32	1.4	1.4	0.32
t, °C	-7	-2	104	31	-7
h, кДж/кг	1453	1466	1681	342	342
v, м ³ /кг	0.37	0.38	0.12	0.001 8	0.05

Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння -7°C .

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{0(-7)} / (h_1 - h_4), \text{ кг/с}; M = 90,98 / 1111 \cdot 10^3 = 0,082 \text{ кг/с};$$

Тепловий розрахунок холодильних машин таблиця 9.

Побудова циклу холодильної машини на температуру кипіння -27°C .

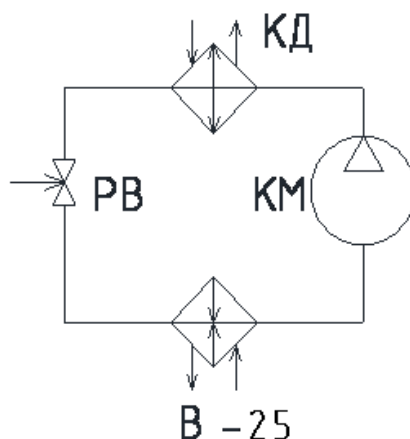


Рис. 4. Схема холодильної машини на температуру кипіння -27°C .

Параметри характерних точок зводжу до таблиці 10.

Таблиця 10. Параметри характерних точок.

Параметри	1'	1	2	3	4
Р, МПа	0,152	0,152	1.4	1.4	0,152
t, °C	-27	-22	140	31	-27
h, кДж/кг	1430	1440	1785	342	342
v, м ³ /кг	0.77	0.79	0,144	0,0017	0,147

Розрахунок холодильної машини на температуру кипіння -27°C .

Масова витрата холодильного агента на компресор:

$$M = Q_{o(-27)} / (h_1 - h_4), \text{ кг/с}; M = 36,75 / 1098 \cdot 10^3 = 0,033 \text{ кг/с};$$

Тепловий розрахунок холодильних машин таблиця 11.

10. Розрахунок та вибір тепломасообмінних апаратів (випарник, конденсатор, градирня)

Розрахунок конденсатора

Теплове навантаження на випарний конденсатор:

$$Q_k = \Sigma Q_o + \Sigma N_i + N_m, \text{ кВт.}$$

$$Q_k = 88,4 + 20,2 + 73,1 + 18 + 12,6 = 212,3 \text{ кВт.}$$

Де N_m – теплота, що відводиться від мастила для гвинтових компресорів:

$$N_m = 0.0006 \cdot 1000 \cdot 4200 \cdot 5 = 12600 \text{ Вт} = 12,6 \text{ кВт.}$$

При тепловому навантаженні на випарний аміачний конденсатор $q = 2.5 \text{ кВт/м}^2$ необхідна площа теплообміну:

$$F = Q_k / (k \cdot \Delta t) = 212,3 \cdot 10^3 / 2500 = 84,9 \text{ м}^2.$$

Прийнято конденсатор ИК-100 з площею теплообміну $F = 100 \text{ м}^2$, що задовольняє розрахунку. Довжина 2940 мм, ширина 3684 мм, висота 2535 мм, число вентиляторів 4, потужність вентиляторів 5,6 кВт, витрата води на поповнення $0,0133 \text{ м}^3/\text{с}$, маса 3950 кг.

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Нікітін А.Р.</i>				Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Іващенко Н.В.</i>							
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Василенко С.М.</i>							

11. Розрахунок та вибір теплообмінного обладнання холодильних камер

Розрахунок повітроохолодників

Необхідна охолодна поверхня повітроохолодника визначається за формулою:

$$F = Q_0 / (k \cdot \Theta), \text{ м}^2;$$

де F – охолодна поверхня повітроохолодника, м^2 ; Q_0 – розрахункове теплове навантаження на повітроохолодник, Вт/с ; k – коефіцієнт теплопередачі від холодоагента до повітря, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$; Θ – перепад температур між повітрям камери і холодоагентом у батареї повітроохолодника, $^{\circ}\text{C}$.

Розрахунковий перепад температур між повітрям камери і холодоагентом прийнято $\Theta = 7^{\circ}\text{C}$.

У практичних розрахунках для більшості повітроохолодників, виконаних з ребристих труб і працюючих в умовах холодильників за температури холодильного агента -7°C та -27°C величина коефіцієнта, віднесена до зовнішньої ребристої поверхні теплопередачі, за швидкості повітря в живому перерізі охолодної батареї 3 - 5 м/с, з врахуванням термічного опору шару снігової шуби, прийнята рівною 17,5 та 14 $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ відповідно.

Необхідне число повітроохолодників прийнято з умови створення рівномірного температурного і швидкісного полів повітря в холодильній камері. Розрахунок та вибір повітроохолодників таблиця 11.

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

12. Розрахунок та вибір допоміжного обладнання

Лінійний ресивер

Потрібна місткість лінійного ресивера з умов заповнення на 80%:

$$V_{\text{лр}} = 0,4 \cdot V_{\text{по}}, \text{ м}^3;$$

$V_{\text{по}}$ - об'єм повітроохолоджувачів на $t_0 = -7^\circ\text{C}$:

$$V_{\text{по}} = 11 \cdot 0,106 = 1,17 \text{ м}^3.$$

$$V_{\text{лр}} = 0,4 \cdot 1,17 = 0,47 \text{ м}^3.$$

Прийнято ресивер 1,5РД, що має $V_{\text{лр}} = 1,65 \text{ м}^3$.

Технічні характеристики ресивера 1,5РД:

розміри $D \times S(800 \times 8)$, $L(3610)$, умовний діаметр проходу патрубков $d_1 = 50 \text{ мм}$, $d_2 = 25 \text{ мм}$, $D_{\text{угр}} = 1/2''$, ємність $1,65 \text{ м}^3$, вага 670 кг .

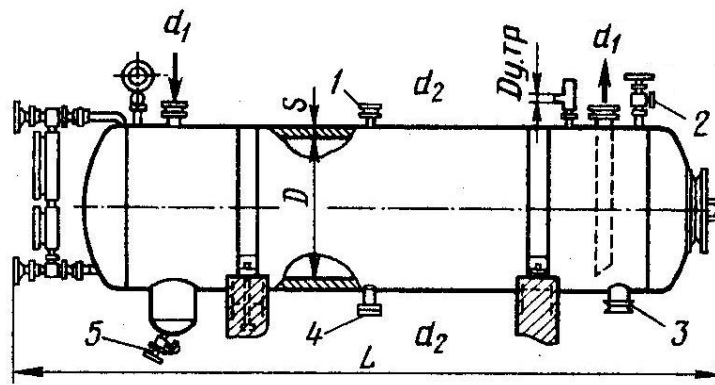


Рис. 5. Ресивер типу РД.

Дренажний ресивер

Умови вибору дренажного ресиверу:

$$V_{\text{др}} \geq 0,8 \cdot V_{(\text{по})}, \text{ м}^3;$$

де $V_{(\text{по})}$ – місткість повітроохолоджувачів найбільшої камери, м^3 .

Для камери № 6 дренажний ресивер:

$$V_{\text{др}} \geq 0,8 \cdot (3 \cdot 0,106) = 0,34 \text{ м}^3.$$

					00.БКР.142.004.014.ПЗ		
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Нікітін А.Р.			Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів		
Перевір.		Іващенко Н.В.					
Реценз.							
Н. Контр.							
Затверд.		Василенко С.М.					
					Лит.	Лист	Листів
					НУХТ, ХМ-4-12ск		

Прийнято дренажний ресивер 1,5РД, що має $V_{\text{др}}=1,65 \text{ м}^3$.

Місткість ресиверу повинна прийнята аміак на випадок ремонту, тому прийнятий ресивер має збільшену місткість.

Циркуляційний ресивер

Умови вибору циркуляційного ресивери :

$$V_{\text{цр}}=K \cdot (V_{\text{нт}}+0,5 \cdot V_{\text{по}}+V_{\text{вт}}), \text{ м}^3;$$

де K – коефіцієнт типу ресивера, для вертикального типу $K=2$; $V_{\text{нт}}$ - об'єм нагнітального трубопроводу насоса, (умовно) $V_{\text{нт}}=0,05 \text{ м}^3$; $V_{\text{вт}}$ - об'єм всмоктувального трубопроводу насоса, (умовно) $V_{\text{вт}}=0,15 \text{ м}^3$; $V_{\text{по}}$ - об'єм повітроохолоджувачів, м^3 .

Для $t_0=-7^\circ\text{C}$: $V_{\text{цр}}=K \cdot (V_{\text{нт}}+0,5 \cdot V_{\text{по}}+V_{\text{вт}})=2 \cdot (0,15+0,5 \cdot (7 \cdot 0,106)+0,05)=1,14 \text{ м}^3$,
прийнято 1,5РДВ, що має $V_{\text{цр}}=1,4 \text{ м}^3$.

Для $t_0=-27^\circ\text{C}$: $V_{\text{цр}}=K \cdot (V_{\text{нт}}+0,5 \cdot V_{\text{по}}+V_{\text{вт}})=2 \cdot (0,15+0,5 \cdot (4 \cdot 0,106)+0,05)=0,82 \text{ м}^3$,
прийнято 1,5РДВ, що має $V_{\text{цр}}=1,4 \text{ м}^3$.

Технічні характеристики ресивера 1,5РДВ^а:

розміри $D \times S$ (800x10), H (4510), умовний діаметр проходу патрубків $d_1=200\text{мм}$, $d_2=80\text{мм}$, $d_3=40\text{мм}$, $d_4=15\text{мм}$, ємність $4,46\text{м}^3$, вага 790кг.

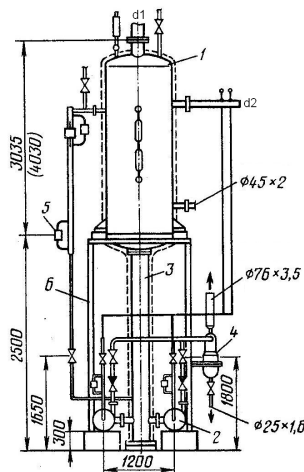


Рис. 6. Ресивер типу РДВ^а.

13. Визначення гідравлічного опору

Визначення гідравлічного опору для камери №3.

Гідравлічний опір, що долає насос, складається з втрат на тертя, місцеві втрати та втрати на подолання напору гідравлічного стовпа. Для визначення цих втрат необхідно визначити швидкість руху аміаку, його густину та в'язкість і діаметр труб.

Визначаю розрахункову продуктивність насосів для забезпечення роботи камери заморожування.

$$V=M \cdot v, \text{ м}^3/\text{с};$$

де M – масова витрата аміаку, кг/с; v - питомий об'єм аміаку, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Оскільки насос працюють на два апарати, то продуктивність розраховуємо на дві камери, також враховую вимоги по циркуляції холодильного агента, що складають 25 разів:

$$V=25 \cdot (36676/1052 \cdot 10^3) \cdot 1,46 \cdot 10^{-3}=1,27 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}.$$

Потрібний діаметр трубопроводів:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot \omega}}, \text{ м};$$

де ω - рекомендована швидкість аміаку, для подачі рідини $\omega=0,4$ м/с, для зворотної 1,2 м/с.

Діаметр трубопроводу напірної лінії, що подає аміак на дві камери:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,24 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0,4}} = 0,06 \text{ м}.$$

Приймаю трубу з сортаменту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 70 мм, товщиною стінки 3,0 мм.

Діаметр трубопроводу напірної лінії, що подає аміак на кожен повітроохолодник:

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 1.27 \cdot 10^{-3}}{\pi \cdot 0.4 \cdot 3}} = 0,034 \text{ м.}$$

Приймаю трубу з сортаменту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 40 мм, товщиною стінки 2,5 мм.

Об'ємна витрата аміаку, що повертається до циркуляційного ресиверу з камер, при врахуванні кратності циркуляції:

$$V = M \cdot (v_{\text{парі}}/25 + v_{\text{рід}} \cdot 24/25), \text{ м}^3/\text{с};$$

де $v_{\text{парі}}$ – питомий об'єм пари, $v_{\text{парі}} = 1,34 \text{ м}^3/\text{кг}$, $v_{\text{рід}}$ – питомий об'єм рідини, $v_{\text{рід}} = 1,46 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{кг}$.

$$V = 25 \cdot (65250/1052 \cdot 10^3) \cdot (1,34/25 + 1,46 \cdot 10^{-3} \cdot 24/25) = 0,014 \text{ м}^3/\text{с};$$

Діаметр трубопроводу зворотної лінії, що повертає аміак з двох апаратів:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.014}{\pi \cdot 1.2}} = 0,121 \text{ м.}$$

Приймаю трубу з сортаменту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 125 мм, товщиною стінки 4,0 мм.

Діаметр трубопроводу зворотної лінії, що повертає аміак на колектори з кожного апарату:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0.014}{\pi \cdot 1.2 \cdot 3}} = 0,07 \text{ м.}$$

Приймаю трубу з сортаменту сталевих безшовних труб з внутрішнім діаметром 70 мм, товщиною стінки 3,0 мм.

Гідрравлічний опір від тертя у трубопроводах :

$$\Delta p_{\text{до}} = \frac{\lambda}{d} \cdot \frac{\omega^2}{v \cdot 2} \cdot l, \text{ Па};$$

де λ - коефіцієнт тертя, значення якого залежить від режиму руху та шорсткості труби:

$$\lambda = 0.11 \cdot \left(\frac{k}{d} + \frac{64 \cdot \mu \cdot v}{\omega \cdot d} \right)^{0.25};$$

де k - шорсткість труби, для сталевих труб $k = 0,06 \text{ мм}$; μ - динамічна в'язкість рідини: для подаючої лінії $\mu = 2,8 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$, для зворотної лінії $\mu = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ Па} \cdot \text{с}$;

l – довжина ділянки труби, м.

Розрахунки місцевих гідравлічних втрат зведено до таблиці 15.

Сума буде складати 729,3 Па.

Місцеві гідравлічні втрати:

$$\Delta P = \sum \xi \frac{\omega^2}{v \cdot 2}, \text{ Па};$$

де $\sum \xi$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів.

Розрахунки місцевих гідравлічних втрат зведено до таблиці 16.

Сума буде складати 22525,7 Па.

Втрати на подолання напору гідравлічного стовпа:

$$\Delta P = \frac{g \cdot \Delta h}{v}, \text{ Па};$$

де Δh - різниця рівня самої високої точки та самої низької, $\Delta h = 4,2$ м.

$$\Delta P = \frac{4,2 \cdot 4,395}{1,46 \cdot 10^{-3}} = 12906 \text{ Па.}$$

Сума гідравлічних опорів буде складати:

$$\Delta P = 729,3 + 22525,7 + 12906 = 36161 \text{ Па.}$$

Приймаю насос циркуляційний герметичний аміачний марки 1,5ХГ-6х3-2,8-2, що має $V = 12 \text{ м}^3/\text{год} = 3,33 \cdot 10^{-3} \leq 2,26 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3/\text{с}$ та напір 55 м. в. ст.; $36161 \text{ Па} \leq 55000 \text{ Па}$, і задовольняє умовам.

Приймаю один насос робочий та один резервний.

Розрахунок гідравлічних втрат від тертя зводжу до таблиці 15.

Назва ділянки	Довжина, м	Діаметр труби, м	Перерахована швидкість, м/с	В'язкість динамічна, Па·с	Питомий об'єм, кг/м ³	Коефіцієнт тертя	Гідравлічні втрати
Насос - колектор	10	0,15	0,18	0,00028	0,00146	0,021	16,3

колектор - розгалуження	68	0,15	0,09	0,00028	0,00146	0,024	31,6
розгалуження - повітроохолодник	7,5	0,04	0,43	0,00028	0,00146	0,026	307,9
повітроохолодник - розгалуження	3,2	0,1	1,04	0,00027	0,055	0,035	10,9
розгалуження - колектор	71,3	0,15	1,39	0,00027	0,055	0,029	242,8
розгалуження - ресивер	10	0,15	2,77	0,00027	0,055	0,025	116,8

Розрахунок гідравлічних втрат від тертя зводжу до таблиці 16.

Назва ділянки	Назва місцевих опорів визначених ділянок	Коефіцієнт місцевого опору	Перерахована швидкість, м/с	Питоми об'єм, кг/м ³	Гідравлічні втрати, Па
Насос - колектор	4 вентиля зворотній клапан фільтр вихід з ресиверу 4 повороти	40 5 8 0,5 4	0,41	0,00146	7240,8
колектор - розгалуження	колектор вентиль 2 повороти	2 10 2	0,42	0,00146	3383,0

00.БКР.142.004.014.ПЗ

розгалуження - повітроохолодник	2 повороти 1 трійник вентиль теплообмінник	2 3 10 10	0,43	0,00146	6332,2
повітроохолодник - розгалуження	2 повороти 1 трійник вентиль	20 3 10	1,63	0,055	3188,3
розгалуження - колектор	колектор вентиль 2 повороти	2 10 2	1,22	0,055	757,7
розгалуження - ресивер	3 вентилі	30	1,22	0,055	1623,7

14. Вибір насосів та вентиляторів

Аміачні насоси

Насоси прийняти по необхідним значенням подачі та напору. Критерій вибору по напору виконується з умов збільшення циркуляції аміаку 25-30 раз, що необхідно для оптимального теплообміну у змійовику повітроохолоджувачів.

Об'ємна подача насосів:

$$V = M \cdot v, \text{ м}^3/\text{с};$$

де M – масова витрата аміаку, $\text{кг}/\text{с}$; v - питомий об'єм аміаку, $\text{м}^3/\text{кг}$.

Розрахунок та вибір аміачних насосів таблиця 15.

Таблиця 17. Розрахунок та вибір аміачних насосів.

$t_0, ^\circ\text{C}$	$M, \text{ кг}/\text{с}$	$v, \text{ м}^3/\text{кг}$	$V, \text{ м}^3/\text{с}$	Прийнято	Кількість	Об'ємна подача, $\text{м}^3/\text{с}$
-27	0,133	0,0015	0,005	2ХГ-5-4,5-2	1	0,00778
-7	0,065	0,0027	0,0028	1,5ХГ-6х3-2,8-2	1	0,00333

Окрім того приймаю один резервний насос.

Технічні характеристики аміачних насосів:

1,5ХГ-6х3-2,8-2 подача 5,5-12 $\text{м}^3/\text{год.}$, напір рідкого аміаку 45-55 м, кількість ступенів 2, частота обертання 49,5 с^{-1} , потужність 2,8 кВт.

2ХГ-5-4,5-2 подача 12-28 $\text{м}^3/\text{год.}$, напір рідкого аміаку 41-48 м, кількість ступенів 1, частота обертання 49,5 с^{-1} , потужність 5,5 кВт.

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>		
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>			
<i>Розроб.</i>	<i>Нікітін А.Р.</i>				Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів		
<i>Перевір.</i>	<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>							
<i>Н. Контр.</i>							
<i>Затверд.</i>	<i>Василенко С.М.</i>						
					<i>Лист</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
					<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		

15. Розрахунок техніко-економічних показників

Планова калькуляція собівартості

одиниці виробленого холоду

15.1. Замовна специфікація на обладнання

Таблиця 18. Замовна специфікація на обладнання холодильної установки.

№ по схемі	Назва обладнання	Виробник	Ціна, тис. грн.	Вартість упаковки та транспортування, тис. грн.	Кількість, шт	Вартість, тис. грн.
1	Компресорні агрегати на базі компресорів typeC-5	GEA Grasso	724	20	2	1488
2	Компресорні агрегати на базі компресорів RCA 46	GEA Grasso	1367	20	1	1387
3	Конденсатор ИК-100	ВАТ «Коростенский завод химического машиностроения»	157	1,5	1	158,5
4	Повітроохолоджувачі STE 50 4A12W9	фірма ЕСО	7,5	0,1	11	83,6
5	Ресивер 1,5РД	ВАТ «Коростенский завод химического машиностроения»	2,58	0,3	2	5,76

					<i>00.БКР.142.004.014.ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Нікітін А.Р.</i>				<i>Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів</i>	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Іващенко Н.В.</i>							
<i>Реценз.</i>						<i>НУХТ, ХМ-4-12ск</i>		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>	<i>Василенко С.М.</i>							

6	Ресивера 1.5РДВ ^а	ВАТ «Коростенский завод химического машиностроения»	5,3	0,3	2	11,2
7	Насос аміачний 1,5ХГ-6х3-2,8-2	Валадайский насосний завод	13,9	1	2	29,8
8	Насос аміачний 2ХГ-5-4,5-2	Валадайский насосний завод	14,8	1	2	31,6
9	Система трубопроводів, арматури та автоматизації	СП «Металл Холдинг»	30%	-	1	971,9

Разом вартість обладнання буде складати 4113 тис. грн. з врахуванням НДС.

15.2. Визначення кількості виробленого холоду

Витрати на виробництво холоду при різноманітних температурах кипіння нерівноцінні, тому їх слід приводити до умовної величини – приведенного виробництва холоду, яка визначається як сума добутоків кількості виробленого холоду при робочих умовах на коефіцієнт переводу. Величина переводного коефіцієнту приймається в залежності від робочої температури.

Приведена холодопродуктивність, що забезпечує потреби камер зберігання охолоджених продуктів:

$$Q_0 = Q_{0(-7)} \cdot k_{-7} = 88,4 \cdot 0,67 = 59,2 \text{ кВт.}$$

$$Q_0 = Q_{0(-27)} \cdot k_{-27} = 73,1 \cdot 1,59 = 116,2 \text{ кВт.}$$

Загальна приведенного холодопродуктивність:

$$Q_0 = 175,4 \text{ кВт.}$$

Час роботи обладнання при максимальному навантаженні 5400 годин на рік.

Кількість виробленого приведенного холоду за рік буде складати:

$$Q_0 = 175,4 \cdot 5400 = 947317 \text{ кВт} \cdot \text{год.}$$

		№ докум.	I			

00.БКР.142.004.014.ПЗ

15.3.4. Витрати на заробітну плату

Заробітну платню виробничих робітників розраховують по кожному розряду з врахуванням премії та доплат за роботу у нічний час і святкові дні.

Чисельність робочого персоналу компресорного цеху приймається в залежності від ступеня автоматизації установки, кількості компресорів та їх загальної продуктивності.

На холодильниках більше 1000 т передбачається посада начальника цеха.

При комплексній автоматизації холодильної установки, кількості компресорів 5 шт. та загальній холодопродуктивності до 1744 кВт приймається 4 машиністів та помічників та 2 змінних машиніста, також приймаю 2 слюсаря.

Таблиця 20. Фонд по сплаті основної заробітної плати робітників.

Найменування професії та розряд	Тарифна ставка	Проект	Кіл-сть годин	Додаток за Пкількість. 10%	Місячний фонд заробітної плати, грн.	Річний фонд заробітної плати, тис. грн.
Машиніст III розряду	9,76	1	240	234,2	2342,4	30,9
Машиніст IV розряду	11,43	2	240	823	5486,4	72,4
Машиніст V розряду	13,4	2	240	643,2	6432	84,9
Машиніст VI розряду	15,7	1	240	376,8	3768	49,7
Слюсар ремонтник	10,9	2	240	523,2	5232	69,1
Разом						307,1

16. Охорона праці

Законодавство України в галузі охорони праці

Законодавство України про охорону праці – це система взаємопов'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини у сфері соціального захисту громадян у процесі трудової діяльності. Воно складається з Закону України “Про охорону праці”, Кодексу законів про працю України, Закону України “Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасного випадку на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності” та прийнятих відповідно до них нормативно-правових актів.

Базується законодавство України про охорону праці на конституційному праві всіх громадян України на належні, безпечні і здорові умови праці, гарантовані статтею 43 Конституції України. Ця ж стаття встановлює також заборону використання праці жінок і неповнолітніх на небезпечних для їхнього здоров'я роботах. Ст. 45 Конституції гарантує право всіх працюючих на 11 щотижневий відпочинок та щорічну оплачувану відпустку, а також встановлення скороченого робочого дня щодо окремих професій і виробництв, скороченої тривалості роботи у нічний час.

Інші статті Конституції встановлюють право громадян на соціальний захист, що включає право забезпечення їх у разі повної, часткової або тимчасової втрати працездатності (ст. 46); охорону здоров'я, медичну допомогу та медичне страхування (ст. 49); право знати свої права та обов'язки (ст. 57), в тому числі, право на охорону праці.

Основоположним документом в галузі охорони праці є Закон України “Про охорону праці”, який визначає основні положення щодо реалізації права на охорону життя і здоров'я у процесі трудової діяльності, на належні, безпечні і

					00.БКР.142.004.014.ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Нікітін А.Р.</i>			Проект холодильника консервного заводу місткістю 2000 т у м. Львів	<i>Лист.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Іващенко Н.В.</i>						
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		<i>Василенко С.М.</i>						
						НУХТ, ХМ-4-12ск		

