

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність № 142

«Енергетичне машинобудування»

ОП: «Системи кондиціювання і

вентиляції повітря»

Група: БКВ - 04

Дипломний проект

здобувача освіти денного відділення

БКВ 04. 012. 000 ДП

Кіосе Ілля Григорович

м. Одеса - 2023 р.

Міністерство освіти і науки України
ВСП «Одеський технічний фаховий коледж ОНТУ»

Дата видачі завдання
«20» лютого 2023 р.
Дата закінчення проекту
«01» липня 2023 р.

Затверджую
Заступник директора з НВП
_____ Беркань Іг.В.
“ 20 ” лютого 2023 р.

ЗАВДАННЯ

ДО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Прізвище, ім'я та по батькові: Кіосе Ілля Григорович
Галузь знань № 14 «Електрична інженерія»
Спеціальність № 142 «Енергетичне машинобудування»
Освітня програма «Системи кондиціювання і вентиляції повітря»

Тема дипломного проекту: Проект системи вентиляції повітря для камери зберігання
делікатесних виробів з м'яса птиці площею 130 м² при Вінницькій птахофабриці

Стверджена наказом по коледжу від « 17 » 10 2022 р. № 235–А2- ОД
Вихідні данні для проекту: Проектований холодильник умовною місткістю 600 тон є
холодильним складом при Вінницькій птахофабриці. Холодильника одноповерховий з висотою
камер 6 м, сітка колон 9 х 12 м. В 5-х камерах з температурним режимом -4°С передбачається
тривале зберігання охолодженого м'яса птиці, одна камера -18°С для зберігання замороженого
м'яса птиці.

Зміст та послідовність виконання дипломного проекту

Вступ

- 1. Техніко-економічне обґрунтування проекту**
- 2. Визначення будівельної площі камер холодильника**
- 3. Розрахунок товщини теплоізоляції камер**
- 4. Розрахунок теплоприпливів**
- 5. Тепловий розрахунок і підбір компресорів**
- 6. Розрахунок повітроохолоджувача**
- 7. Розрахунок повітряного конденсатора**
- 8. Розрахунок і підбір іншого обладнання**
- 9. Розрахунок трубопроводів**
- 10. Економічний розділ**
- 11. Охорона праці**
- 12. Цивільний захист**
- 13. Автоматизація**

Список використаної літератури

Графічна частина

Графічний Аркуш 1. План холодильника.

Графічний Аркуш 2. Схема розводки трубопроводів по камерам.

Графічний Аркуш 3. Повітроохолоджувач.

Графічний Аркуш 4. Повітряний конденсатор.

Графічний Аркуш 5. Автоматизація холодильної установки камери зберігання №1.

Графік виконання проекту

Зміст	Термін виконання
Вступ	21.02-01.03.2023
1. Техніко-економічне обґрунтування проекту	01.03-20.03.2023
2. Визначення будівельної площі камер холодильника	20.04-25.04.2023
3. Розрахунок товщини теплоізоляції камер	26.04-30.04.2023
4. Розрахунок теплоприпливів	01.05-04.05.2023
5. Тепловий розрахунок і підбір компресорів	05.05-10.05.2023
6. Розрахунок повітроохолоджувача	12.05-15.05.2023
7. Розрахунок повітряного конденсатора	16.05-17.05.2023
8. Розрахунок і підбір іншого обладнання	17.05-20.05.2023
9. Розрахунок трубопроводів	21.05-22.05.2023
10. Економічний розділ	23.05-27.05.2023
11. Охорона праці	27.05-29.05.2023
12. Цивільний захист	29.05-01.06.2023
13. Автоматизація	02.06-06.06.2023
Список використаної літератури	10.06-13.06.2023
Підготовка графічної частини дипломного проекту	15.06-19.06.2023
Попередній захист	20.06.2023
Захист дипломного проекту	28-30.06.2023

Завдання розглянуто та затверджено на засіданні кафедри енергетичного машинобудування

Протокол № 2 від “ 13 ” вересня 2022 р.

Завідувач кафедру _____ (Хмельнюк М.Г.)

Попередній захист проведено, зауваження враховано

Керівник проекту _____ (Шевченко С.І.)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність 142
«Енергетичне машинобудування»
ОП: «Системи кондиціонування і
вентиляції повітря»
Група БКВ - 04

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
БКВ 04. 012. 000 ДП

До дипломного проекту на тему:

Проект системи вентиляції повітря для камери зберігання
делікатесних виробів з м'яса птиці площею 130 м²
при Вінницькій птахофабриці

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки
на 102 сторінках та графічного матеріалу на 5 аркушах.

Дипломник _____ (Кіосе І.Г.)

Керівник проекту _____ (Шевченко С.І.)

Консультанти:

з економічної частини _____ (Шимко О.В.)

з будівельної частини _____ (Волянська С.В.)

з охорони праці _____ (Чорновол Н.І.)

по дотриманню
вимог ЄСКД _____ (Волянська С.В.)

До захисту допущено
Завідувач кафедри _____ (Хмельнюк М.Г.)

Завідуючий відділенням _____ (Бригадир Л.Г.)

Захист “ _____ ” _____ 2023 р. Протокол ЕК № _____
Оцінка ЕК _____

Секретар ЕК _____ Куриленко В.О.

ВСТУП

Торговий бізнес в даний час в Україні є одним з найбільш прибуткових. У торговому бізнесі відбувається найбільш швидкий оборот капіталу, він є одним з най рентабельніших і перспективніших. В умовах нестабільних ринкових відносин в торгову справу насамперед вкладаються вільні матеріальні засоби інвесторів. У країні відбувається становлення і укрупнення торгових марок, завоювання ринків сировини і збуту готовій продукції, а також інтенсивне просування вироблюваних товарів в інші регіони.

Концентрація виробництва в одному регіоні і швидкий розвиток торгівельної мережі загострює проблеми холодильних ємкостей, оскільки зберігання швидкопсувних вантажів без постійної обробки холодом немислимо. Наприклад, якщо виробництво молочної продукції сконцентроване в центральній, сільськогосподарській частині України, то потенційним ринком збуту можуть бути великі міста. В даному випадку підприємство, що розвиває свій торгівельний бізнес, зіткнеться із проблемою підвищених витрат пов'язаних з високою орендною платою за використання охолоджуваних ємкостей на хладокомбінатах міст. При великих передбачуваних обсягах перевалки вантажів будівництво власного холодильника буде економічно доцільним.

Торговий холодильник призначений для забезпечення рівномірного і безперебійного постачання торгової мережі і підприємств громадського харчування швидкопсувними продуктами, максимально швидкій реакції на зміну попиту на певну групу продовольчих товарів, централізованої доставки продуктів в магазини і супермаркети обслуговуваного району, формування торгового асортименту. Оскільки торгові холодильники є підприємствами системи торгівлі, структура їх ємності визначається асортиментом продуктів, що надходять на холодильне зберігання і поставляються потім в торгову мережу.

Проектований холодильник умовною місткістю 600 тон є холодильним складом при Вінницькій птахофабриці. По умові Завдання на проектування, холодильник повинен забезпечити зберігання м'ясної групи товарів.

					БКВ 04.012.000 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

1 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Пропонується проект холодильника, при Вінницькій птахофабриці. Виділена площадка для будівництва проектного об'єкта перебуває в промисловій зоні міста й розміри її дозволяють у перспективі розмістити тут склади продтоварів і промтоварів.

Рельєф площадки вимагає великого обсягу планувальних робіт.

Під'їзна залізнична колія відсутня.

Будинок холодильника одноповерховий з висотою камер 6 м, сітка колон 9 х 12 м. В 5-х камерах з температурним режимом -4°C передбачається тривале зберігання охолодженого м'яса птиці, одна камера -18°C для зберігання замороженого м'яса птиці. Холодильник повинен забезпечувати населення міста Вінниця й окружні райони м'ясом птиці.

Проектом передбачається використання вантажно-розвантажувальних роботах електронавантажувачів.

У цей час повітряне охолодження вважається найбільш кращою системою встаткування холодильних камер для охолоджених і заморожених вантажів. Широке використання повітряного охолодження доцільне внаслідок значних змін характеру вантажів, що зберігаються, способу їхнього впакування, удосконалювання конструкцій повітроохолоджувачів. Характерним для повітроохолоджувачів сучасних конструкцій є значне зниження енергетичних витрат на їхню роботу завдяки оптимізації теплообмінної поверхні. Зменшення потужності електродвигунів повітроохолоджувачів знижують вплив теплового еквівалента на режим зберігання вантажів.

Будівництво холодильника в місті Вінниця виявилось доцільно, це пояснюється фактичним зниженням потреб даного міста в харчовій продукції.

					БКВ 04.012.001 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

2 ВИЗНАЧЕННЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ПЛОЩІ КАМЕР ХОЛОДИЛЬНИКА

2.1 Розрахунок будівельної площі для камер збереження охолодженого м'яса

Вантажний об'єм:

$$V_{\text{гр}} = \frac{E}{q_v} = \frac{600}{0,35} = 1714 \text{ м}^3 \quad (2.1)$$

де $q_v = 0,35 \text{ т/м}^3$ - норма навантаження умовного вантажу

Вантажна площа:

$$F_{\text{гр}} = \frac{V_{\text{гр}}}{h_{\text{гр}}} = \frac{1714}{4} = 428 \text{ м}^2 \quad (2.2)$$

Будівельна площа:

$$F_{\text{стр}} = \frac{F_{\text{гр}}}{\beta} = \frac{428}{0,85} = 503 \text{ м}^2 \quad (2.3)$$

де β - коефіцієнт використання окремої площі

Кількість будівельних прямокутників (приймаємо сітку колон $9 \times 12 \text{ м.}$)

$$n_{\text{стр}} = \frac{F_{\text{стр}}}{f_{\text{стр}}} = \frac{503}{108} = 4,65 \quad (2.4)$$

приймаємо $n_{\text{стр}}^{\circ} = 5$

де $f_{\text{стр}} = 9 \times 12 = 108 \text{ м}^2$ - площа одного будівельного прямокутника

Дійсна ємкість холодильника полягає:

$$E^{\text{д}} = E \cdot \frac{n_{\text{стр}}^{\text{д}}}{n_{\text{стр}}} = 600 \cdot \frac{5}{4,65} = 645 \text{ тонн} \quad (2.5)$$

2.2 Розрахунок будівельної площі для камер збереження замороженого м'яса

Вантажний об'єм:

$$V_{\text{гр}} = \frac{E}{q_v} = \frac{100}{0,35} = 286 \text{ м}^3 \quad (2.7)$$

де $q_v = 0,35 \text{ т/м}^3$ - нормальна навантаження умовного вантажу

Вантажна площа:

					БКВ 04.012.002 ДП	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F_{гр} = \frac{V_{гр}}{h_{гр}} = \frac{286}{4} = 71,5 \text{ м}^2 \quad (2.8)$$

Будівельна площа:

$$F_{стр} = \frac{F_{гр}}{\beta} = \frac{71,5}{0,7} = 102 \text{ м}^2 \quad (2.9)$$

де β - коефіцієнт використання окремої площі

Кількість будівельних прямокутників (приймаємо сітку колон $9 \times 12 \text{ м}$.)

$$n_{стр} = \frac{F_{стр}}{f_{стр}} = \frac{102}{108} = 0,94 \quad (2.10)$$

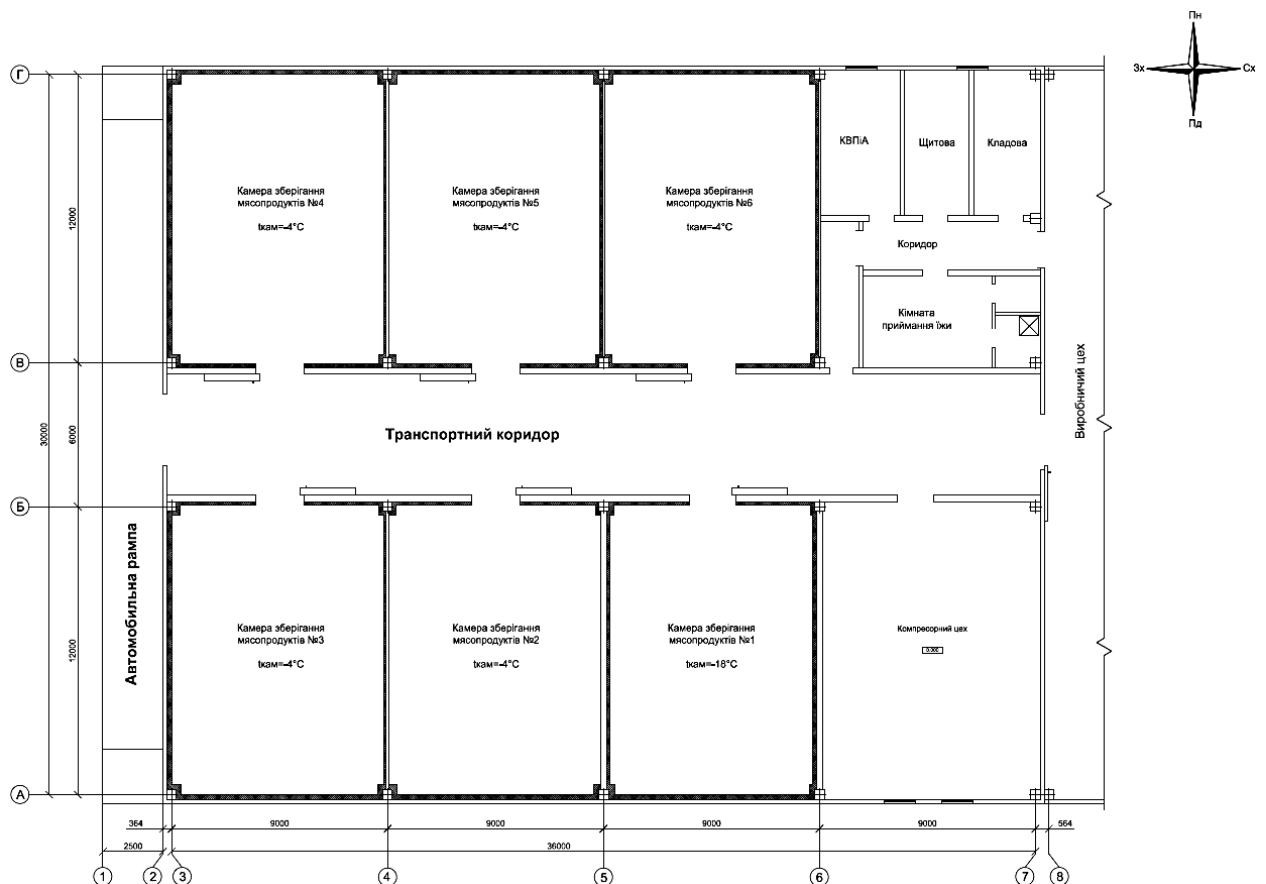
приймаємо $n_{стр}^0 = 1$

де $f_{стр} = 9 \times 12 = 108 \text{ м}^2$ - площа одного будівельного прямокутника

Дійсна ємкість холодильника полягає:

$$E^0 = E \cdot \frac{n_{стр}^0}{n_{стр}} = 100 \cdot \frac{1}{0,94} = 106 \text{ тонн} \quad (2.11)$$

Рисунок 2.1 - План холодильника



БКВ 04.012.002 ДП					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	8

3 РОЗРАХУНОК ТОВЩИНИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ КАМЕР

Місто Вінниця відноситься до середньої кліматичної зони, і літня температура повітря 33°C . Середньорічна температура повітря $9,8^{\circ}\text{C}$.

Коефіцієнти теплопередачі обгороджувальних для камери $t_{\text{КАМ}} = -18^{\circ}\text{C}$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін камер $-18^{\circ}\text{C} / +33^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{ЗС}} = 0,25 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі перегородок між камерами $-18^{\circ}\text{C} / +24^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{НО}} = 0,33 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін камери $-18^{\circ}\text{C} / +18^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{ЗС}} = 0,3 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі перегородок між камерами $-18^{\circ}\text{C} / -4^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{ВН}(-18/-4)} = 0,28 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі бесчердачного покриття камери $-18^{\circ}\text{C} / +33^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{БП}} = 0,24 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги, що обігривається, на ґрунті $-18^{\circ}\text{C} / +1^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{ПД.}} = 0,23 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнти теплопередачі обгороджувальних для камер $t_{\text{КАМ}} = -4^{\circ}\text{C}$

Коефіцієнт теплопередачі зовнішніх стін камер $-4^{\circ}\text{C} / +33^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{НС}} = 0,35 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі перегородок між камерами $-4^{\circ}\text{C} / +18^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{НО}} = 0,41 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі перегородок між камерами $-4^{\circ}\text{C} / -4^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{ВН}} = 0,58 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі бесчердачного покриття $-4^{\circ}\text{C} / +33^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{БП}} = 0,34 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

Коефіцієнт теплопередачі підлоги, що обігривається, на ґрунті $-4^{\circ}\text{C} / +1^{\circ}\text{C}$

$$K_{\text{ПД.}} = 0,41 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К})$$

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Товщину теплоізоляційного шару розраховую по формулі :

$$\delta_{I3} = \left[\frac{1}{\kappa} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] * \lambda_{I3} = [m] \quad (3.1)$$

де κ - коефіцієнт теплопередачі Вт/(м²К).

α_n - коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої Вт/(м²К).

α_k - коефіцієнт тепловіддачі камери Вт/(м²К).

λ_{I3} - коефіцієнт теплопровідності ізоляції Вт/(м²К).

δ_{I3} - товщина ізоляції м.

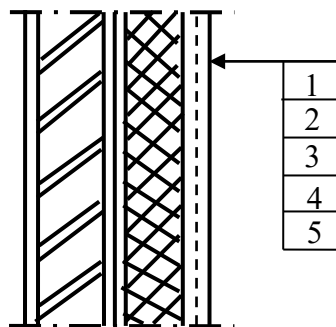
δ_i - товщина матеріалу м.

λ_i - коефіцієнт теплопровідності матеріалу Вт/(м²К).

Дійсний коефіцієнт теплопередачі розраховую по формулі:

$$\kappa_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{I3}}{\lambda_{I3}}} = \left[\frac{Bm}{m^2 * K} \right] \quad (3.2)$$

Розраховую товщину ізоляції для зовнішніх стін камер $-18^{\circ}C / +33^{\circ}C$ (ЗОВ.)



1. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

δ - ? м. $\lambda = 0,022$ Вт/(м * К).

2. Пароізоляція - 2 шару гідроізола на бітумній мастиці

δ - 0,004 м. λ - 0,25 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{0,25} = 0,016 \frac{m^2 K}{Bm}$$

3. Штукатурка цементно-піщана

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

4. Кладка цегляна на цементному розчині

δ - 0,38 м. λ - 0,81 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,38}{0,81} = 0,469 \frac{m^2 K}{Bm}$$

5. Штукатурка складним розчином

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,016 + 0,02 + 0,469 + 0,02 = 0,528 \frac{m^2 * K}{Bm}$$

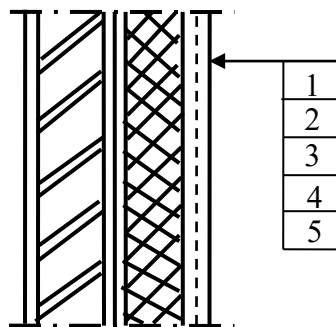
$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{нс}} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,25} - \left(\frac{1}{23} + 0,528 + \frac{1}{9} \right) \right] * 0,033 = 0,073 м.$$

Приймаю товщину сендвіч-панелі 80 мм

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0,528 + \frac{1}{9} + \frac{0,08}{0,022}} = 0,232 \frac{Bm}{m^2 * K}$$

Розраховую товщину ізоляції для зовнішніх стін камер $-4^{\circ}C / +33^{\circ}C$ (ЗОВ.)



1. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

δ - ? м. λ = 0,022 Вт/(м * К).

2. Пароізоляція - 2 шару гідроізола на бітумній мастиці

δ - 0,004 м. λ - 0,25 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{0,25} = 0,016 \frac{m^2 K}{Bm}$$

3. Штукатурка цементно-піщана

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

4. Кладка цегляна на цементному розчині

δ - 0,38 м. λ - 0,81 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,38}{0,81} = 0,469 \frac{m^2 K}{Bm}$$

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

5. Штукатурка складним розчином

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,016 + 0,02 + 0,469 + 0,02 = 0,528 \frac{m^2 * K}{Bm}$$

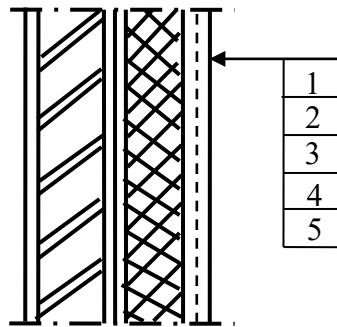
$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{ис}} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,35} - \left(\frac{1}{23} + 0,528 + \frac{1}{9} \right) \right] * 0,022 = 0,048 м.$$

Приймаю товщину шару сендвіч-панелі 80 мм

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0,528 + \frac{1}{9} + \frac{0,08}{0,022}} = 0,232 \frac{Bm}{m^2 * K}$$

Розраховую товщину ізоляції для перегородок $-18^{\circ}C / +24^{\circ}C$ (НО.)



1. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

δ - ? м. λ = 0,022 Вт/(м * К).

2. Пароізоляція - 2 шару гідроізола на бітумній мастиці

δ - 0,004 м. λ - 0,3 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{0,25} = 0,016 \frac{m^2 K}{Bm}$$

3. Штукатурка цементний - піщана

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

4. Кладка цегляна на цементному розчині

δ - 0,24 м. λ - 0,81 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,24}{0,81} = 0,296 \frac{m^2 K}{Bm}$$

5. Штукатурка складним розчином

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,016 + 0,02 + 0,296 + 0,02 = 0,352 \frac{m^2 K}{Bm}$$

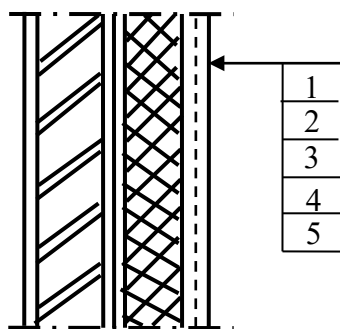
$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{вн}} - \left(\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,33} - \left(\frac{1}{9} + 0,352 + \frac{1}{11} \right) \right] * 0,022 = 0,54 м.$$

Приймаю товщину ізоляційного шару 80 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0,352 + \frac{1}{9} + \frac{0,08}{0,022}} = 0,237 \frac{Bm}{m^2 * K}$$

Розраховую товщину ізоляції для перегородок між камерами $-18^{\circ}C / -4^{\circ}C (OX.)$



1. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

δ - ? м. $\lambda = 0,022 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}$.

2. Пароізоляція - 2 шару гідроізола на бітумній мастиці

δ - 0,004 м. λ - 0,3 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{0,25} = 0,016 \frac{m^2 K}{Bm}$$

3. Штукатурка цементний - піщана

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

4. Кладка цегляна на цементному розчині

δ - 0,24 м. λ - 0,81 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,24}{0,81} = 0,296 \frac{m^2 K}{Bm}$$

5. Штукатурка складним розчином

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{m^2 K}{Bm}$$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,016 + 0,02 + 0,296 + 0,02 = 0,352 \frac{m^2 K}{Bm}$$

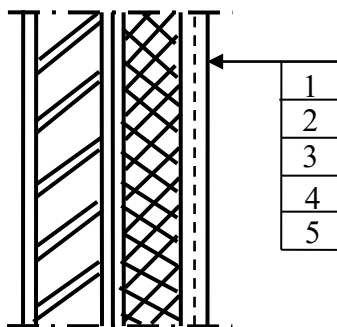
$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{вн}} - \left(\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,28} - \left(\frac{1}{9} + 0,352 + \frac{1}{9} \right) \right] * 0,022 = 0,066 \text{ м.}$$

Приймаю товщину ізоляційного шару 80 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_{д} = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}} = \frac{1}{\frac{1}{9} + 0,352 + \frac{1}{9} + \frac{0,08}{0,022}} = 0,237 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

Розраховую товщину ізоляції для зовнішніх стін камер $-18^{\circ}\text{C} / +18^{\circ}\text{C}$ (ЗОВ.)



1. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

δ - ? м. $\lambda = 0,022 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}$.

2. Пароізоляція - 2 шару гідроізола на бітумній мастиці

δ - 0,004 м. λ - 0,25 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{0,25} = 0,016 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

3. Штукатурка цементно-піщана

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

4. Кладка цегляна на цементному розчині

δ - 0,38 м. λ - 0,81 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,38}{0,81} = 0,469 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

5. Штукатурка складним розчином

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м[°]К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,016 + 0,02 + 0,469 + 0,02 = 0,525 \frac{\text{м}^2 * \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{нс}} - \left(\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{к}} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,3} - \left(\frac{1}{8} + 0,525 + \frac{1}{9} \right) \right] * 0,022 = 0,057 \text{ м.}$$

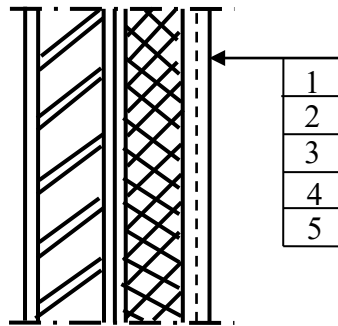
					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Приймаю товщину ізоляційного шару 80 мм

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0,525 + \frac{1}{9} + \frac{0,08}{0,022}} = 0,227 \frac{Вт}{м^2 * К}$$

Розраховую товщину ізоляції для зовнішніх стін камер $-4^{\circ}C / +18^{\circ}C$ (ЗОВ.)



1. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

δ - ? м. λ = 0,022 Вт/(м * К).

2. Пароізоляція - 2 шару гідроізола на бітумній мастиці

δ - 0,004 м. λ - 0,25 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{0,25} = 0,016 \frac{м^2 К}{Вт}$$

3. Штукатурка цементно-піщана

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{м^2 К}{Вт}$$

4. Кладка цегляна на цементному розчині

δ - 0,38 м. λ - 0,81 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,38}{0,81} = 0,469 \frac{м^2 К}{Вт}$$

5. Штукатурка складним розчином

δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{м^2 К}{Вт}$$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,016 + 0,02 + 0,469 + 0,02 = 0,525 \frac{м^2 * К}{Вт}$$

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{нс}} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,41} - \left(\frac{1}{8} + 0,525 + \frac{1}{9} \right) \right] * 0,022 = 0,037 м.$$

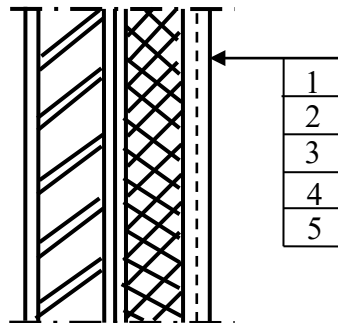
Приймаю товщину ізоляційного шару 40 мм

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{ИЗ}}{\lambda_{ИЗ}}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0,525 + \frac{1}{9} + \frac{0,04}{0,022}} = 0,39 \frac{Вт}{м^2 * К}$$

Розраховую товщину ізоляції для перегородок між камерами $-4^{\circ}C / -4^{\circ}C (ВН)$



1. Теплоізоляція з шару сендвіч-панелі
 δ - ? м. $\lambda = 0,022 \text{ Вт/(м * К)}$.

2. Пароізоляція - 2 шару гідроізола на бітумній мастиці
 δ - 0,004 м. λ - 0,3 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,004}{0,25} = 0,016 \frac{м^2 К}{Вт}$$

3. Штукатурка цементно-піщана
 δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{м^2 К}{Вт}$$

4. Кладка цегляна на цементному розчині
 δ - 0,24 м. λ - 0,81 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,24}{0,81} = 0,296 \frac{м^2 К}{Вт}$$

5. Штукатурка складним розчином
 δ - 0,02 м. λ - 1 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,02}{1} = 0,02 \frac{м^2 К}{Вт}$$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,016 + 0,02 + 0,296 + 0,02 = 0,352 \frac{м^2 К}{Вт}$$

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{вн}} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{8} + 0,352 + \frac{1}{9} \right) \right] * 0,022 = 0,025 \text{ м.}$$

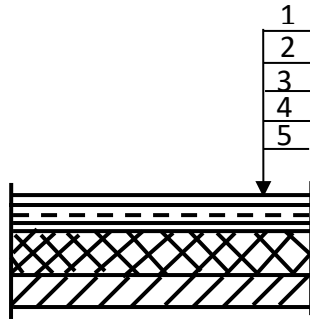
Приймаю товщину ізоляційного шару 40 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{ИЗ}}{\lambda_{ИЗ}}} = \frac{1}{\frac{1}{8} + 0,352 + \frac{1}{9} + \frac{0,1}{0,022}} = 0,418 \frac{Вт}{м^2 * К}$$

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Розраховую товщину ізоляції покриття камер збереження замороженого м'яса



1. 5 шарів гідроізола на бітумному стягуванні

δ - 0,012 м. λ - 0,25 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,012}{0,25} = 0,048 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

2. Стягування з бетону по металевій сітці

δ - 0,040 м. λ - 1,86 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,04}{1,86} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

3. Пароізоляція (шар пергаменту)

δ - 0,001 м. λ - 0,15 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,001}{0,15} = 0,007 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

4. Залізобетонна плита покриття

δ - 0,22 м. λ - 1,5 Вт/(м * К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,22}{1,5} = 0,147 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

5. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

δ - ? м. λ = 0,022 Вт/(м * К).

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,048 + 0,022 + 0,007 + 0,147 = 0,224 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{он}} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,24} - \left(\frac{1}{23} + 0,224 + \frac{1}{7} \right) \right] * 0,022 = 0,087 \text{ м.}$$

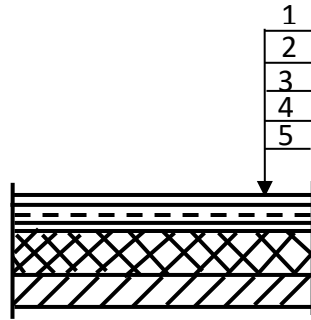
Приймаю товщину ізоляційного шару - 100 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0,224 + \frac{1}{7} + \frac{0,1}{0,022}} = 0,202 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}}$$

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Розраховую товщину ізоляції покриття камер збереження охолодженого м'яса



1. 5 шарів гідроізола на бітумному стягуванні

$\delta - 0,012 \text{ м. } \lambda - 0,25 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}.$

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,012}{0,25} = 0,048 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

2. Стягування з бетону по металевій сітці

$\delta - 0,040 \text{ м. } \lambda - 1,86 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}.$

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,04}{1,86} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

3. Пароізоляція (шар пергаміну)

$\delta - 0,001 \text{ м. } \lambda - 0,15 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}.$

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,001}{0,15} = 0,007 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

4. Залізобетонна плита покриття

$\delta - 0,22 \text{ м. } \lambda - 1,5 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}.$

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,22}{1,5} = 0,147 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

5. Теплоізоляція з сендвіч-панелі

$\delta - ? \text{ м. } \lambda = 0,022 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}.$

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,048 + 0,022 + 0,007 + 0,147 = 0,224 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{бн}} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_k} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,34} - \left(\frac{1}{23} + 0,224 + \frac{1}{7} \right) \right] * 0,022 = 0,056 \text{ м.}$$

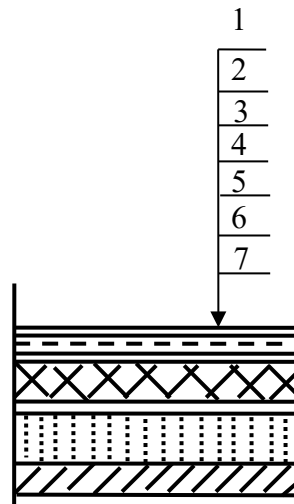
Приймаю товщину ізоляційного шару - 80 мм.

Дійсний коефіцієнт теплопередачі

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{бн}} + \frac{\delta_{из}}{\lambda_{из}}} = \frac{1}{\frac{1}{23} + 0,224 + \frac{1}{7} + \frac{0,80}{0,022}} = 0,247 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \text{ } ^{\circ}\text{К}}$$

					БКВ 04.012.003 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Розраховую товщину ізоляції для підлоги камер збереження замороженого м'яса



1. Монолітне бетонне покриття з важкого бетону.

$$\delta - 0,04 \text{ м. } \lambda - 1,86 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)} \quad R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,04}{1,86} = 0,022 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

2. Армобетонная стягування

$$\delta - 0,08 \text{ м. } \lambda - 1,86 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}. \quad R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,08}{1,86} = 0,043 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

3. Пароізоляція (1 шар пергаміну)

$$\delta - 0,001 \text{ м. } \lambda - 0,15 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}. \quad R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,001}{0,15} = 0,006 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

4. Керамзит

$$\delta - ? \text{ м. } \lambda - 0,15 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}.$$

5. Цементно-піщаний розчин

$$\delta - 0,025 \text{ м. } \lambda - 0,98 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}. \quad R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,025}{0,98} = 0,026 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

6. Ущільнений пісок

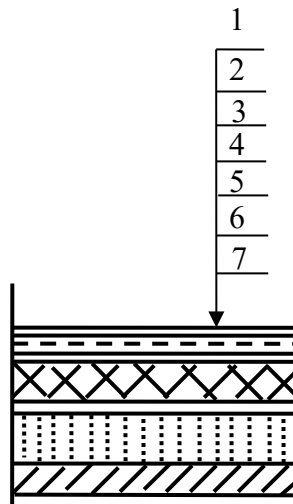
$$\delta - 1,35 \text{ м. } \lambda - 0,58 \text{ Вт/(м}^{\circ}\text{К)}. \quad R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1,35}{0,58} = 2,338 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

7. Бетонна підготовка з електронагрівачами

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,022 + 0,043 + 0,006 + 0,026 + 2,338 = 2,435 \frac{\text{м}^2 \text{К}}{\text{Вт}}$$

$$\delta_{uz} = \left[\frac{1}{K_{nc}} - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_{gn}} \right) \right] * \lambda_{uz} = \left[\frac{1}{0,23} - \left(\frac{1}{7} + 2,435 \right) \right] * 0,15 = 0,265 \text{ м}$$

Розраховую товщину ізоляції для підлоги камер збереження охолодженого м'яса



1. Монолітне бетонне покриття з важкого бетону.

δ - 0,04 м. λ - 1,86 Вт/(м *К)

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,04}{1,86} = 0,022 \frac{m^2 K}{Bm}$$

2. Армобетонная стягування

δ - 0,08 м. λ - 1,86 Вт/(м *К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,08}{1,86} = 0,043 \frac{m^2 K}{Bm}$$

3. Пароізоляція (1 шар пергаменту)

δ - 0,001 м. λ - 0,15 Вт/(м *К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,001}{0,15} = 0,006 \frac{m^2 K}{Bm}$$

4. Керамзит

δ - ? м. λ - 0,15 Вт/(м *К).

5. Цементно-піщаний розчин

δ - 0,025 м. λ - 0,98 Вт/(м *К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{0,025}{0,98} = 0,026 \frac{m^2 K}{Bm}$$

6. Ущільнений пісок

δ - 1,35 м. λ - 0,58 Вт/(м *К).

$$R = \frac{\delta}{\lambda} = \frac{1,35}{0,58} = 2,338 \frac{m^2 K}{Bm}$$

7. Бетонна підготовка з електронагрівачами

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,022 + 0,043 + 0,006 + 0,026 + 2,338 = 2,435 \frac{m^2 K}{Bm}$$

$$\delta_{из} = \left[\frac{1}{K_{нс}} - \left(\sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\alpha_i} + \frac{1}{\alpha_{вн}} \right) \right] * \lambda_{из} = \left[\frac{1}{0,34} - \left(\frac{1}{7} + 2,435 \right) \right] * 0,15 = 0,054 м$$

4 РОЗРАХУНОК ТЕПЛОПРИПЛИВІВ

Тепловий баланс охолоджуваного приміщення.

Рівняння теплового балансу:

$$Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 = Q_0 \quad (4.1)$$

де Q_1 - теплопритоки через обгороджування, Вт;
 Q_2 - теплопритоки від вантажів, Вт;
 Q_3 - теплопритоки від вентиляції Вт;
 Q_4 - експлуатаційні теплопритоки, Вт;
 Q_5 - теплопритоки від дихання продуктів рослинного походження Вт;

Теплоприпливи через обгороджування.

Тепло через обгороджування проникає в камеру унаслідок наявності різниці температур Q_{1T} і поглинання теплоти сонячної радіації Q_{1C} .

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1C} \quad (4.2)$$

Теплоприпливи унаслідок теплопередачі

$$Q_{1T} = k_o F (t_n - t_e) \quad (4.3)$$

де k_o - дійсний коефіцієнт теплопередачі обгороджування, визначений після прийняття товщини ізоляційного шару, Вт/(м²К);

F - теплопередаюча поверхня обгороджування, м²;

t_n - розрахункова зовнішня температура повітря, °С;

t_e - розрахункова температура повітря в камері, °С;

$$t_n = t_{cp.m.l.} \quad (4.4)$$

де $t_{cp.m.l.}$ - середньомісячна температура о 13 годині найжаркішого місяця для м. Вінниця $t_n = 33$ °С

					БКВ 04.012.004 ДП	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Теплоприпливи від сонячної радіації визначаємо по формулі:

$$Q_{1C} = k_a \cdot F \cdot \delta t_c \quad (4.5)$$

де δt_c - надлишкова різниця температур, викликана дією сонячної радіації.

для плоскої кривлі покритої гідроізолом $\delta t_c = 18,9 \text{ }^\circ\text{C}$

Теплоприпливи через стіни, що відокремлюють камеру від неохолоджувальних приміщень:

$$Q_{1T} = k_a \cdot F \cdot \delta t_a \quad (4.6)$$

де δt_a - розрахункова температурна різниця, $^\circ\text{C}$

$$\delta t_a = 0,7(t_n - t_k) \quad (4.7)$$

Теплоприпливи через підлогу

$$Q_{1T} = (k_{\text{усл}} \cdot F_{\text{зони}})(t_n - t_k) \quad (4.8)$$

де $k_{\text{онѐ}}$ - умовний коефіцієнт теплопередачі відповідної зони підлоги двометрової ширини, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

Для зон, розташованих від зовнішніх стін

на відстані до 2м - $k_{\text{онѐ}} = 0,47 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

від 2 до 4м - $k_{\text{онѐ}} = 0,23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

від 4 до 6м - $k_{\text{онѐ}} = 0,12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

для решти площі - $k_{\text{онѐ}} = 0,07 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

Теплоприпливи від вантажів

$$Q_2 = \frac{G * (h_1 - h_2) * \tau_u}{0,0864 * \tau_p} \quad (4.9)$$

де G - добовий вступ продукту, т/сут;
 $h_1 - h_2$ - різниця ентальпій, відповідна поч. і кінцевою Т, кДж/кг;
 τ - тривалість холодильної обробки, год. ; $\tau = 24$ години

Експлуатаційні теплоприпливи

Цей вид теплоприпливів виникає унаслідок наявності освітлення в камерах, перебування в них людей, роботи електродвигунів, відкриття дверей. Теплоприпливи слід визначати по кожному пункту окремо.

$$Q_4 = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV} \quad (4.10)$$

де Q_4^I - теплоприпливи від освітлення, Вт.
 Q_4^{II} - теплоприпливи від електродвигунів, Вт;
 Q_4^{III} - теплоприпливи від перебування людей, Вт;
 Q_4^{IV} - теплоприпливи при відкритті дверей, Вт.

Розрахунок теплоприпливів від електричного освітлення.

$$Q_4' = q_4' * j_{cv} * F_{стр} \quad (4.11)$$

де q_4' - питома норма напруги світильників загального освітлення
 j_{cv} - коефіцієнт одночасної роботи світильників
 $F_{стр}$ - будівельна площа охолоджуваного приміщення.

Розрахунок теплоприпливів від електричних двигунів.

$$Q_4'' = 1000 * j_{дв} * \sum N_{дв} \quad (4.12)$$

де $j_{дв}$ - коефіцієнт одночасності роботи електродвигунів.
 $\sum N_{дв}$ - сума потужностей електродвигунів.

$$\sum N_{дв} = 1,2 * (Q_1 + Q_2 + Q_3) * m \quad (4.13)$$

$(Q_1 + Q_2)$ - сума теплоприпливів для всіх камер, кВт.
 m - коефіцієнт обумовлений як відношення потужності ел.дв. до

					БКВ 04.012.004 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

холодопродуктивності.

Розрахунок теплоприпливів від працюючих людей.

$$Q_4''' = q_4''' * n \quad (4.14)$$

де

q_4''' - теплоприпливів однієї працюючої людини.

n - кількість людей.

$$q_4''' = 270 - 6 * t_{\kappa} \quad (4.15)$$

Розрахунок теплоприпливів від відкривання дверей.

$$Q_4^{IV} = F * B \quad (4.16)$$

де

F – будівельна площа камер (1 – 4), м²;

B - питомий приплив тепла від відкритих дверей, Вт/м².

					БКВ 04.012.004 ДП	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Камера № 1

Таблиця 4.1 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 1

Огородження	Орієнтація	K_O^D $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	F м ²	th °C	t _г °C	Δt °C	Q _{1T} Вт	Δtc °C	Q _{1C} Вт	Q ₁ Вт
Стіна	Схід	0,237	58	+24	-18	42	577,3	-	-	577,3
Стіна	Південь	0,232	42	+33	-18	51	495	-	-	495
Стіна	Захід	0,237	58	-4	-18	14	192,4	-	-	192,4
Стіна	Північ	0,227	42	+18	-18	36	343,2	-	-	343,2
Покриття	-	0,202	112	+33	-18	51	1154	18,9	428	1582
Підлога	-	0,23	112	+1	-18	19	489,1	-	-	489,1

Разом: Q₁ = 3679 Вт

Q₂ - Теплоприплив від продуктів при їх холодильній обробці

$$Q_{2PP} = \frac{G(h_1 - h_2)\tau}{0.0864\tau} = \frac{7,5(39,4 - 4,6)24}{24 \cdot 0.0864} = 3021 Вт$$

Q₄ – Експлуатаційні теплоприпливи від різних джерел

$$Q_4^I = q_4^I \cdot j_{OC} \cdot F_{cmp} = 3 \cdot 0,67 \cdot 108 = 217 Вт$$

$$Q_4^{II} = 1,2 \cdot (Q_1 + Q_2) \cdot m = 1,2 \cdot (3679 + 3021) \cdot 0,2 = 1608 Вт$$

$$q_4^{III} = 270 - 6 \cdot t_K = 270 - 6(-18) = 378 Вт$$

$$Q_4^{III} = q_4^{III} \cdot n = 378 \cdot 2 = 756 Вт$$

$$Q_4^{IV} = B \cdot F_{CTP} = 12 \cdot 108 = 1296 Вт$$

$$Q_4 = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV} = 217 + 1608 + 756 + 1296 = 3877 Вт$$

Таблиця 4.2 –Звідна таблиця теплоприпливів камери № 1

Q ₁ Вт	Q ₂ Вт	Q ₄ Вт	Q ₀ Вт
3679	3021	3877	10577

Камера № 2

Таблиця 4.3 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 2

Огородження	Орієнтація	K_o^D $\frac{Вт}{м^2 \cdot K}$	F м ²	tн °C	t _с °C	Δ t °C	Q _{1T} Вт	Δ t _с °C	Q _{1C} Вт	Q ₁ обіг Вт
Стіна	Схід	0,237	60	-18	-4	14	192,4	-	-	192,4
Стіна	Південь	0,232	44	+33	-4	37	377,7	-	-	377,7
Стіна	Захід	0,237	60	-4	-4	0	0	-	-	0
Стіна	Північ	0,237	44	+18	-4	22	229,4	-	-	229,4
Покриття	-	0,247	112	+33	-4	37	1024	18,9	523	1547
Підлога	-	0,23	112	+1	-4	5	129	-	-	129

Разом: $Q_1 = 2475,5 Вт$

Q2 - Теплоприплив від продуктів при їх холодильній обробці

$$Q_{2пр} = \frac{G(h_1 - h_2)\tau}{0.0864\tau} = \frac{10(98,8 - 66,3)24}{24 \cdot 0.0864} = 3761 Вт$$

Q4 – Експлуатаційні теплоприпливи від різних джерел

$$Q_4^I = q_4^I \cdot j_{oc} \cdot F_{cmp} = 3 \cdot 0,67 \cdot 108 = 217 Вт$$

$$Q_4^{II} = 1,2 \cdot (Q_1 + Q_2) \cdot m = 1,2 \cdot (2475,5 + 3761) \cdot 0,2 = 1496,5 Вт$$

$$q_4^{III} = 270 - 6 \cdot t_K = 270 - 6(-4) = 294 Вт$$

$$Q_4^{III} = q_4^{III} \cdot n = 294 \cdot 3 = 882 Вт$$

$$Q_4^{IV} = B \cdot F_{CTP} = 5 \cdot 108 = 540 Вт$$

$$Q_4 = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV} = 217 + 1496,7 + 882 + 540 = 3135,5 Вт$$

Таблиця 4.4 –Звідна таблиця теплоприпливів камери № 2

Q1 Вт	Q2Вт	Q4Вт	Q ₀ Вт
2475,5	3761	3135,5	9372

Камера № 3

Таблиця 4.5 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 3

Огородження	Орієнтація	K_O^D $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	F м ²	t _н °C	t _с °C	Δ t °C	Q ^{IT} Вт	Δ t _c °C	Q ^{IC} Вт	Q ^I общ Вт
Стіна	Схід	0,237	61	-4	-4	0	0	-	-	0
Стіна	Південь	0,232	45	+33	-4	37	386,2	-	-	386,2
Стіна	Захід	0,232	61	+33	-4	37	523,6	-	-	523,6
Стіна	Північ	0,237	45	+18	-4	22	234,6	-	-	234,6
Покриття	-	0,247	116	+33	-4	37	1060	18,9	541	1601
Підлога	-	0,23	116	+1	-4	5	133,4	-	-	133,4

Разом: Q₁ = 2878,8Вт

Q₂ - Теплоприплив від продуктів при їх холодильній обробці

$$Q_{2пр} = \frac{G(h_1 - h_2)\tau}{0.0864\tau} = \frac{10(98,8 - 66,3)24}{24 \cdot 0.0864} = 3761Вт$$

Q₄ – Експлуатаційні теплоприпливи від різних джерел

$$Q_4^I = q_4^I \cdot j_{OC} \cdot F_{cmp} = 3 \cdot 0,67 \cdot 108 = 217Вт$$

$$Q_4^{II} = 1,2 \cdot (Q_1 + Q_2) \cdot m = 1,2 \cdot (2878,8 + 3761) \cdot 0,2 = 1593,5Вт$$

$$q_4^{III} = 270 - 6 \cdot t_K = 270 - 6(-4) = 294Вт$$

$$Q_4^{III} = q_4^{III} \cdot n = 294 \cdot 3 = 882Вт$$

$$Q_4^{IV} = B \cdot F_{CTP} = 5 \cdot 108 = 540Вт$$

$$Q_4 = Q_4^I + Q_4^{III} + Q_4^{IV} = 217 + 1593,5 + 882 + 540 = 3232,5Вт$$

Таблиця 4.6 –Звідна таблиця теплоприпливів камери № 3

Q1 Вт	Q2Вт	Q4Вт	Q ₀ Вт
2878,8	3761	3232,5	9872,3

Камера № 4

Таблиця 4.7 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 4

Огородження	Орієнтація	K_o^I $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	F м ²	T _н °C	t _с °C	Δt °C	Q ₁₇ Вт	Δt _с °C	Q _{1с} Вт	Q _{обц} Вт
Стіна	Схід	0,237	61	-4	-4	0	0	-	-	0
Стіна	Південь	0,237	45	+18	-4	22	234,6	-	-	234,6
Стіна	Захід	0,232	61	+33	-4	37	523,6	-	-	523,6
Стіна	Північ	0,232	45	+33	-4	37	523,6	-	-	386,2
Покриття	-	0,247	116	+33	-4	37	1955	18,9	541	1601
Підлога	-	0,23	116	+1	-4	5	133,4	-	-	133,4

Разом: Q₁ = 2878,8Вт

Q2 - Теплоприплив від продуктів при їх холодильній обробці

$$Q_{2пп} = \frac{G(h_1 - h_2)\tau}{0.0864\tau} = \frac{10(98,8 - 66,3)24}{24 \cdot 0.0864} = 3761Вт$$

Q4 – Експлуатаційні теплоприпливи від різних джерел

$$Q_4^I = q_4^I \cdot j_{oc} \cdot F_{cmp} = 3 \cdot 0,67 \cdot 108 = 217Вт$$

$$Q_4^{II} = 1,2 \cdot (Q_1 + Q_2) \cdot m = 1,2 \cdot (2878,8 + 3761) \cdot 0,2 = 1593,5Вт$$

$$q_4^{III} = 270 - 6 \cdot t_K = 270 - 6 \cdot (-4) = 294Вт$$

$$Q_4^{III} = q_4^{III} \cdot n = 294 \cdot 3 = 882Вт$$

$$Q_4^{IV} = B \cdot F_{CTP} = 5 \cdot 108 = 540Вт$$

$$Q_4 = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV} = 217 + 1593,5 + 882 + 540 = 3232,5Вт$$

Таблиця 4.8 –Звідна таблиця теплоприпливів камери № 4

Q1 Вт	Q2Вт	Q4Вт	Q ₀ Вт
2878,8	3761	3232,5	9872,3

Камера № 5

Таблиця 4.9 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 5

Огородження	Орієнтація	K_O^D $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	F м ²	тн °C	t_6 °C	Δt °C	Q _{1T} Вт	Δt_c °C	Q _{1C} Вт	Q _{общ} Вт
Стіна	Схід	0,237	60	-4	-4	0	0	-	-	0
Стіна	Південь	0,237	44	+18	-4	22	229,4	-	-	229,4
Стіна	Захід	0,237	60	-4	-4	0	0	-	-	0
Стіна	Північ	0,232	44	+33	-4	48	377,7	-	-	377,7
Покриття	-	0,247	112	+33	-4	63	1024	18,9	523	1547
Підлога	-	0,23	112	+1	-4	63	129	-	-	129

Разом: $Q_1 = 2283,1 Вт$

Q2 - Теплоприплив від продуктів при їх холодильній обробці

$$Q_{2np} = \frac{G(h_1 - h_2)\tau}{0.0864\tau} = \frac{10(98,8 - 66,3)24}{24 * 0.0864} = 3761 Вт$$

Q4 – Експлуатаційні теплоприпливи від різних джерел

$$Q_4^I = q_4^I * j_{oc} * F_{cmp} = 3 * 0,67 * 108 = 217 Вт$$

$$Q_4^{II} = 1,2 * (Q_1 + Q_2) * m = 1,2 * (2283,1 + 3761) * 0,2 = 1450,5 Вт$$

$$q_4^{III} = 270 - 6 * t_K = 270 - 6 * (-4) = 294 Вт$$

$$Q_4^{III} = q_4^{III} * n = 294 * 3 = 882 Вт$$

$$Q_4^{IV} = B * F_{CTP} = 5 * 108 = 540 Вт$$

$$Q_4 = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV} = 217 + 1450,5 + 882 + 540 = 3089,5 Вт$$

Таблиця 4.10 –Звідна таблиця теплоприпливів камери № 5

Q1 Вт	Q2Вт	Q4Вт	Q ₀ Вт
2283,1	3761	3089,3	9133,6

Камера № 6

Таблиця 4.11 – Розрахунок теплоприпливів через огороження камери № 6

Огородження	Орієнтація	K_O^D $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$	F м ²	тн °C	t _в °C	Δ t °C	Q _{1T} Вт	Δ t _c °C	Q _{1C} Вт	Q _{общ} Вт
Стіна	Схід	0,237	60	+18	-4	22	306,2	-	-	306,2
Стіна	Південь	0,237	44	+18	-4	22	229,4	-	-	229,4
Стіна	Захід	0,237	60	-4	-4	0	0	-	-	0
Стіна	Північ	0,232	44	+33	-4	37	377,7	-	-	377,7
Покриття	-	0,247	112	+33	-4	37	1024	18,9	523	1547
Підлога	-	0,23	112	+1	-4	5	129	-	-	129

Разом: Q₁ = 2589,3Вт

Q2 - Теплоприплив від продуктів при їх холодильній обробці

$$Q_{2np} = \frac{G(h_1 - h_2)\tau}{0.0864\tau} = \frac{10(98,8 - 66,3)24}{24 * 0.0864} = 3761Вт$$

Q4 – Експлуатаційні теплоприпливи від різних джерел

$$Q_4^I = q_4^I * j_{oc} * F_{cmp} = 3 * 0,67 * 108 = 217Вт$$

$$Q_4^{II} = 1,2 * (Q_1 + Q_2) * m = 1,2 * (2589,3 + 3761) * 0,2 = 1524Вт$$

$$q_4^{III} = 270 - 6 * t_K = 270 - 6 * (-4) = 294Вт$$

$$Q_4^{III} = q_4^{III} * n = 294 * 3 = 882Вт$$

$$Q_4^{IV} = B * F_{CTP} = 5 * 108 = 540Вт$$

$$Q_4 = Q_4^I + Q_4^{II} + Q_4^{III} + Q_4^{IV} = 217 + 1524 + 882 + 540 = 3163Вт$$

Таблиця 4.12 –Звідна таблиця теплоприпливів камери № 6

Q1 Вт	Q2Вт	Q4Вт	Q ₀ Вт
2589,3	3761	3163	9513,3

Таблиця 4.13 –Звідна таблиця теплоприпливів камери збереження заморожених продуктів $t_{КАМ} = -18^{\circ}C$

№ Камери	$Q_{II} = Bm$	$Q_{KM} = Bm$
1	10577	
Σ		10577

Теплове навантаження компресорів

$$Q_{KM} = \frac{\varepsilon_y}{b_K} * Q_0 \quad (4.18)$$

$$Q_{KM}^{-18(XP)} = \frac{1,05}{0,9} * 10577 = 12,34 \kappa Bm$$

Теплове навантаження випарника

$$Q_{II1} = 1,15 * Q_0 \quad (4.19)$$

$$Q_{II1} = 1,15 * 10577 = 12,16 \kappa Bm$$

Таблиця 4.14 –Звідна таблиця теплоприпливів камер зберігання охолоджених продуктів $t_{КАМ} = -4^{\circ}C$

№ Камери	$Q_{II} = Bm$	$Q_{KM} = Bm$
2	9372	
3	9872,3	
4	9872,3	
5	9133,6	
6	9513,3	
Σ		47762,9

Теплове навантаження компресорів

$$Q_{KM}^{-4(XP)} = \frac{\varepsilon_y}{b_K} * Q_0 = \frac{1,05}{0,9} * 47762,9 = 55,72 \kappa Bm$$

Розрахунок необхідної поверхні приладів охолодження вестимемо по камері з найбільшими теплопритоками, в нашому випадку це камера №3.

Теплове навантаження випарника

$$Q_{II3} = 1,15 * 9872,3 = 11,35 \kappa Bm$$

5 ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК І ПІДБІР КОМПРЕСОРІВ

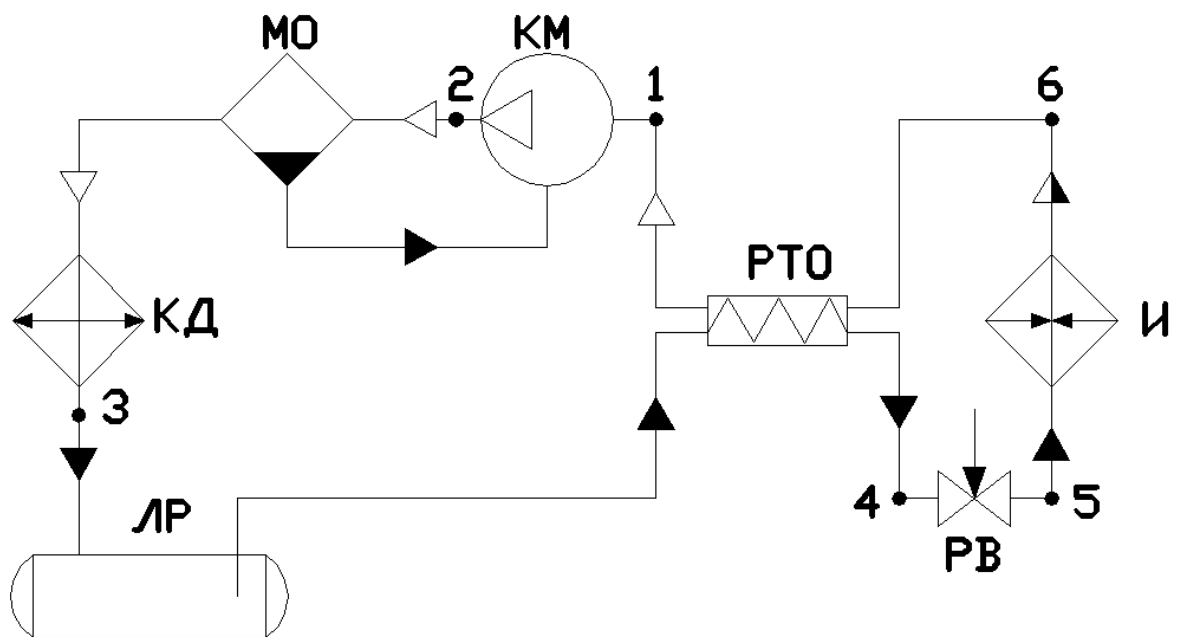


Рисунок 5.1 - Схема одноступінчатої фреонової холодильної установки

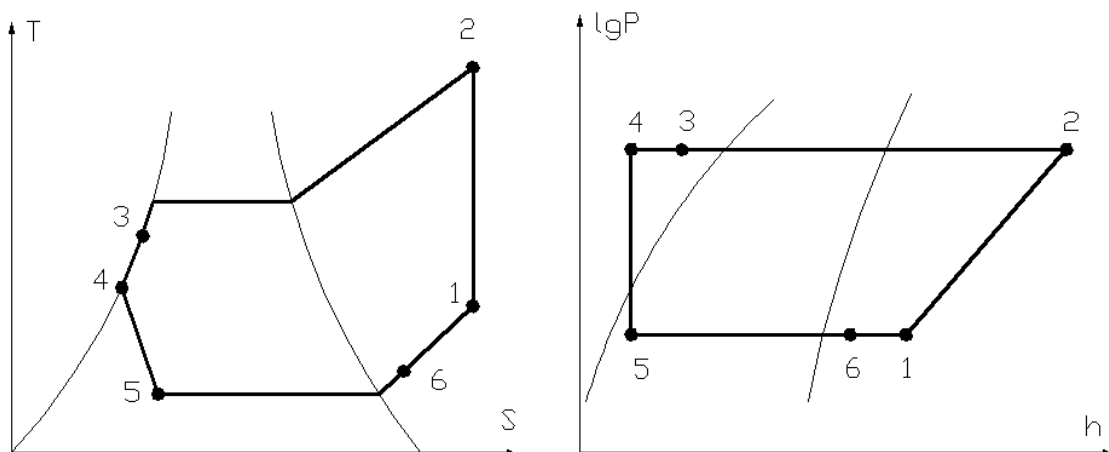


Рисунок 5.2 - Цикли одноступінчатої фреонової холодильної установки

R 507 A

$$t_K = 45^{\circ}\text{C}, P_K = 1,8 \text{ МПа}$$

$$t_3 = t_K - \Delta t_K = 45 - 5 = 40^{\circ}\text{C} \quad (5.1)$$

$$t_1 = t_3 - \Delta t_{HDP} = 40 - 20 = 20^{\circ}\text{C} \quad (5.2)$$

$$t_O = -30^{\circ}\text{C}, P_O = 0,21 \text{ МПа}$$

$$h_4 = h_3 + h_6 - h_1 = 378,2 + 250,1 - 389 = 228,1 \text{ кДж/кг} \quad (5.3)$$

Таблица 5.1 - Параметры холодильного агента для камеры с $t_{КАМ} = -18^{\circ}\text{C}$

№ точки	t, °C	P, МПа	V, м ³ /кг	i, кДж/кг
1	20	0,21	0,113	389
2	94,5	1,8	0,015	443,2
3	40	1,8	-	378,2
4	20	1,8	-	228,1
5	-30	0,21	-	228,1
6	-25	0,21	-	350,1

$$t_O = -15^{\circ}\text{C}, P_O = 0,21 \text{ МПа}$$

$$h_4 = h_3 + h_6 - h_1 = 252,1 + 361 - 384,1 = 229 \text{ кДж/кг}$$

Таблица 5.2 - Параметры холодильного агента для камер с $t_{КАМ} = -4^{\circ}\text{C}$

№ точки	t, °C	P, МПа	V, м ³ /кг	i, кДж/кг
1	20	0,4	0,055	384,1
2	90,1	1,8	0,014	425,8
3	40	1,8	-	252,1
4	21,2	1,8	-	229
5	-15	0,4	-	229
6	-10	0,4	-	361

1. Тепловий розрахунок і підбір компресорів для камери з $t_{KAM} = -18^{\circ}C$

$$Q_{KM}^{-18(XP)} = 12.34 \text{ кВт}$$

1. Питома масова холодопродуктивність.

$$q_0 = i_6 - i_5 = 350,1 - 228,1 = 122 \text{ кДж / кг} \quad (5.4)$$

2. Питома об'ємна холодопродуктивність

$$q_v = q_0 / v_1 = 122 / 0,194 = 1080 \text{ кДж / кг} \quad (5.5)$$

3. Витрата пари

$$M_A = Q_0 / q_0 = 12.34 / 122 = 0,1 \text{ кг / с} \quad (5.6)$$

4. Питоме тепло конденсації

$$q_K = i_2 - i_3 = 443,2 - 259,8 = 183,4 \text{ кДж / кг} \quad (5.7)$$

5. Тепловий потік в конденсаторі

$$Q_K = M_A * q_K = 0,1 * 183,4 = 18,5 \text{ кВт} \quad (5.8)$$

6. Питома адиабатна робота компресора

$$l = i_2 - i_1 = 443,2 - 389 = 54,2 \text{ кДж / кг} \quad (5.9)$$

7. Дійсна об'ємна продуктивність

$$V_d = M_A * v_1 = 0,1 * 0,113 = 0,0113 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (5.10)$$

8. Коефіцієнт подачі, що враховує вплив мертвого простору

$$\lambda_c = 1 - c * \left[\left(\frac{P_K}{P_o} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,015 * \left[\left(\frac{1,8}{0,21} \right)^{\frac{1}{1,05}} - 1 \right] = 0,9 \quad (5.11)$$

9. Коефіцієнт, що враховує об'ємні втрати

$$\lambda'_w = (T_o + \theta) / (\alpha * T_K + \beta * \theta) = (243 + 50) / (1,12 * 318 + 0,5 * 50) = 0,77 \quad (5.12)$$

10. Коефіцієнт подачі

$$\lambda = \lambda_c * \lambda'_w = 0,9 * 0,77 = 0,693 \quad (5.13)$$

11. Теоретичний об'єм, описаний поршнями

$$V_h = V_d / \lambda = 0,0113 / 0,693 = 0,0163 \text{ м}^3 / \text{с} \quad (5.14)$$

Підбираю поршневий компресор ВОСК HG5/830-4

$$V_h = 0,02 \text{ м}^3 / \text{с}$$

2. Тепловий розрахунок і підбір компресорів для камер з $t_{KAM} = -4^{\circ}C$

$$Q_{KM}^{-4} = 55,72 \text{ кВт}$$

1. Питома масова холодопродуктивність

					БКВ 04.012.005 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$q_0 = 361 - 229 = 132 \text{ кДж / кг}$$

2. Питома об'ємна холодопродуктивність

$$q_v = 132 / 0,055 = 2400 \text{ кДж / кг}$$

3. Витрата пари

$$M_{A(OXЛ)} = 55,72 / 132 = 0,422 \text{ кг / с}$$

4. Питоме тепло конденсації

$$q_K = 425,8 - 252,1 = 173,7 \text{ кДж / кг}$$

5. Тепловий потік в конденсаторі

$$Q_{K(OXЛ)} = 0,422 * 173,7 = 73,3 \text{ Вт}$$

6. Питома адиабатна робота компресора

$$l = 425,8 - 384,1 = 41,7 \text{ кДж / кг}$$

7. Дійсна об'ємна продуктивність

$$V_{D(OXЛ)} = 0,422 * 0,055 = 0,0232 \text{ м}^3 / \text{с}$$

8. Коефіцієнт подачі, що враховує вплив мертвого простору

$$\lambda_c = 1 - c * \left[\left(\frac{P_K}{P_O} \right)^{\frac{1}{m}} - 1 \right] = 1 - 0,015 * \left[\left(\frac{1,8}{0,4} \right)^{\frac{1}{1}} - 1 \right] = 0,9$$

9. Коефіцієнт, що враховує об'ємні втрати

$$\lambda'_w = (T_O + \theta) / (\alpha * T_K + \beta * \theta) = (258 + 50) / (1,12 * 318 + 0,5 * 50) = 0,78$$

10. Коефіцієнт подачі

$$\lambda = \lambda_c * \lambda'_w = 0,9 * 0,78 = 0,702$$

11. Теоретичний об'єм, описаний поршнями

$$V_{h(OXЛ)} = 0,0232 / 0,702 = 0,034 \text{ м}^3 / \text{с}$$

Підбираю поршневий компресор БОСК HG7/1620-4S

$$V_h = 0,039 \text{ м}^3 / \text{с}$$

					БКВ 04.012.005 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

6 РОЗРАХУНОК ПОВІТРООХОЛОДЖУВАЧА

6.1 Розрахунок повітроохолоджувача для камери з $t_{КАМ} = -18^{\circ}C$

При проведенні розрахунку приймаю наступні параметри:

теплове навантаження

для камери збереження замороженого м'яса

$$Q_0^{КАМ. №1} = 12,16 кВт$$

температура повітря в приміщенні, що охолоджує $t_k = -18^{\circ}C$;

відносна вологість повітря в камері $\varphi = 95\%$

робоче тіло R507A

Геометричні розміри ребристої труби повітроохолоджувача, виготовленого методом литва під тиском:

труба:

зовнішній діаметр $d_{TP} = 0,025 м$;

внутрішній діаметр $d_{BH} = 0,02 м$;

товщина стінки $\delta_T = 0,0025 м$

матеріал (сталь) $\lambda_T = 45 Вт / (м * K)$

ребро:

висота $h = 0,024 м$

товщина у вершини $\delta_{BP} = 0,0008 м$;

товщина в підстави $\delta_{OP} = 0,0012 м$;

крок $u = 0,012 м$;

матеріал (алюміній) $\lambda_p = 180 Вт / (м * K)$;

компоновка пучка труб шаховий пучок.

Товщина алюмінієвого чохла на зовнішній поверхні сталевій труби рівна $\delta = 1,5 мм$; тоді зовнішній діаметр з врахуванням алюмінієвого чохла буде рівний: $d_H = d_{TP} + 2 * \delta = 0,025 + 2 * 0,0015 = 0,028 м$ (6.1)

Приймаємо діаметр ребра:

$$D = d_H + 2 * h = 0,028 + 2 * 0,024 = 0,076 м; \quad (6.2)$$

Крок труб в пучку:

поперечний (впоперек потоку повітря):

$$S_1 = (D + 2 * \delta_H) + 0,003 м = (0,076 + 2 * 0,003) + 0,003 = 0,085 м; \quad (6.3)$$

подовжній (уздовж потоку повітря):

$$S_2 = S_1 = (D + 2 * \delta_H) + 0,002 м = (0,076 + 2 * 0,003) + 0,003 = 0,085 м. \quad (6.4)$$

діагональний:

$$S'_2 = \left[S_2^2 + (S_1 / 2)^2 \right]^{0,5} = \left[(0,085)^2 + (0,085 / 2)^2 \right]^{0,5} = 0,095 м. \quad (6.5)$$

6.1.1 Тепловий розрахунок

Кінцевою метою теплового розрахунку є визначення площі поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження і підтримувати необхідну температуру повітря в камері. Задаємося величиною підохолодження повітря в повітроохолоджувачі $\Delta t_B = 2^\circ \text{C}$.

Визначаємо температуру повітря на виході апарату:

$$t_2 = t_{\text{вих.в}} = t_k - \Delta t_B = -18 - 2 = -20^\circ \text{C}. \quad (6.6)$$

Визначаємо середню температуру повітря:

$$t_{\text{CP.B}} = 0,5 * (t_2 + t_k) = 0,5 * (-20 + -18) = -19^\circ \text{C}. \quad (6.7)$$

Приймаємо температуру кипіння фреону:

$$t_0 = t_{\text{CP.B}} - (10 \dots 15) = -19 - 11 = -30^\circ \text{C}. \quad (6.8)$$

Визначуваній температурний натиск:

$$\theta = t_{\text{CP.B}} - t_0 = -19 + 30 = 11^\circ \text{C}. \quad (6.9)$$

Вибираю теплофізичні властивості вологого повітря при визначальній температурі $t_{\text{CP.B}} = -19^\circ \text{C}$:

$\nu_B = 11,79 * 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості,

$\lambda_B = 2,28 * 10^{-2} \text{ Вт} / (\text{м} * \text{К})$ - коефіцієнт теплопровідності,

$\text{Pr}_B = 0,716$ - число Прандтля,

$\rho_B = 1,395 \text{ кг} / \text{м}^3$ - щільність,

$C_B = 1,009 \text{ кДж} / (\text{кг} * \text{К})$ - питома теплоємність сухого повітря

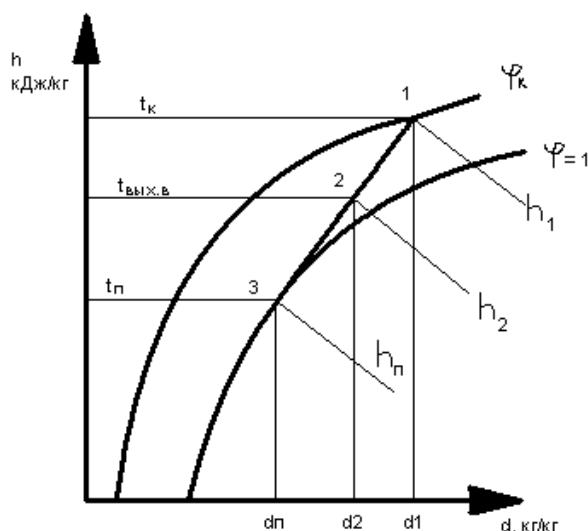


Рисунок 6.1 - Процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі в наступній послідовності: $1 \rightarrow П \rightarrow 2$ (см. рис)

Для цього задаємося середньою температурою поверхні повітроохолоджувача (інею) t_n з умови, що $t_0 < t_n < t_k$, використовуючи приблизне співвідношення :

$$t_n = t_k - (0,1 \div 0,8) * \theta = -18 - 0,4 * 11 = -22,4^\circ \text{C}. \quad (6.10)$$

По діаграмі $h-d$, с допомогою розрахункових залежностей, приведених нижче, визначаємо параметри повітря (h, d, t).

Таблиця 6.1 - Параметри повітря

№ точки	$t, ^\circ C$	$d \cdot 10^{-3}, \text{кг} / \text{кг}$	$h, \text{кДж} / \text{кг}$	$\varphi, \%$
1	-18	0,8	-16	90
2	-20	0,66	-18	94
3(п)	-22,4	0,5	-21	100

Грунтуючись на принципі подібності трикутників (см. мал), можна записати:

$$(d_1 - d''_{II}) / (t_1 - t_{II}) = (d_1 - d_2) / (t_1 - t_2) \quad (6.11)$$

Звідси невідоме значення вологосодержання повітря на виході апарату буде рівне:

$$\begin{aligned} d_2 &= d_1 - ((t_1 - t_2) * (d_1 - d''_{II}) / (t_1 - t_{II})) = \\ &= 0,8 * 10^{-3} - ((-18 + 20) * (0,8 * 10^{-3} - 0,5 * 10^{-3}) / (-18 + 22,4)) = 0,66 * 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}. \end{aligned} \quad (6.12)$$

Відносна вологість повітря, на виході з апарату буде рівна:

$$\varphi_2 = d_2 / d''_2 = 0,66 / 0,7 = 0,95 \quad (6.13)$$

де d''_{II} и d''_2 - відповідно, вологосодержание насиченого повітря при t_{II} и t_2 .

Ентальпію повітря в точках 1,2 і 3 при негативних значеннях температури поверхні апарату (інею) знаходимо по записам

$$h_1 = 1,0078 * t_1 + (2835 + 2,09 * t_1) * d_1 = 1,0078 * (-18) + (2835 + 2,09 * (-18)) * 0,8 * 10^{-3} = -16 \text{ кДж} / \text{кг}$$

$$h_2 = 1,0078 * (-20) + (2835 + 2,09 * (-20)) * 0,66 * 10^{-3} = -18 \text{ кДж} / \text{кг}$$

$$h_3 = 1,0078 * (-22,4) + (2835 + 2,09 * (-22,4)) * 0,5 * 10^{-3} = -21 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Переходимо до розрахунку геометричних характеристик теплопередаючого елементу.

Геометричні характеристики поверхні ребристого елементу вільного від інею

Площа зовнішньої поверхні ребра

$$\begin{aligned} F_p &= 0,5 * \pi * (D^2 - d_H^2) + \pi * D * \delta_{BP} = \\ &= 0,5 * 3,14 * ((0,076)^2 - (0,028)^2) + 3,14 * 0,076 * 0,0008 = 8,03 * 10^{-3} \text{ м}^2; \end{aligned} \quad (6.14)$$

Площа зовнішньої і поверхні труби між двома суміжними ребрами

$$F_T = \pi * d_H * (u - \delta_{OP}) = 3,14 * 0,028 * (0,012 - 0,0012) = 9,5 * 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (6.15)$$

Площа внутрішньої поверхні труби ребристого елементу

$$F_B = \pi * d_B * u = 3,14 * 0,02 * 0,012 = 7,5 * 10^{-4} \text{ м}^2 \quad (6.16)$$

Площа зовнішньої поверхні труби ребристого елементу

$$F_H = F_p + F_T = 8,03 * 10^{-3} + 9,5 * 10^{-4} = 8,98 * 10^{-3} \text{ м}^2 \quad (6.17)$$

Коефіцієнт β і міра обребрення теплообмінної поверхні φ

$$\beta = F_H / F_B = 8,98 * 10^{-3} / 7,5 * 10^{-4} = 12 \quad (6.18)$$

$$\varphi = F_H / (\pi * d_H * u) = 8,98 * 10^{-3} / (3,14 * 0,028 * 0,012) = 8,5 \quad (6.19)$$

Геометричні характеристики поверхні інею, що осів на ребристому елементі при товщині шаруючи $\delta_{HH} = 0,002 \text{ м}$.

Площа зовнішньої поверхні інею на ребрі рівна:

$$F_{PI} = 0,5 * \pi * ((D + 2 * \delta_{IH})^2 - (d_H + 2 * \delta_{IH})^2) + \pi * (D + 2 * \delta_{IH}) * (\delta_P + 2 * \delta_{IH}) =$$

$$= 0,5 * 3,14 * ((0,076 + 2 * 0,003)^2 - (0,028 + 2 * 0,003)^2) +$$

$$+ 3,14 * (0,076 + 2 * 0,003) * (0,0008 + 2 * 0,003) = 1,05 * 10^{-2} \text{ м}^2. \quad (6.20)$$

Зовнішня поверхня інею на трубці між двома суміжними ребрами має площу:

$$F_{TI} = \pi * (d_H + 2 * \delta_{IH}) * (u - (\delta_{OP} + 2 * \delta_{IH})) =$$

$$= 3,14 * (0,028 + 2 * 0,002) * (0,012 - (0,0012 + 2 * 0,002)) = 5,1 * 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (6.21)$$

Повна площа зовнішньої поверхні інею на ребристому елементі рівна:

$$F_{HI} = F_{PI} + F_{TI} = 0,0105 + 0,00051 = 1,1 * 10^{-2} \text{ м}^2 \quad (6.22)$$

Коефіцієнт обребрення поверхні β^{II} , покритої інеєм, рівний:

$$\beta^{II} = F_{HI} / F_B = 1,1 * 10^{-2} / 7,5 * 10^{-4} = 14,7 \quad (6.23)$$

Мінімальний живий перетин одного ребристого елементу, покритого шаром інею прийнятої величини, рівний:

$$f_{Ж} = u * (S_1 - d_H - 2 * \delta_{IH}) - 2 * h * (\delta_{CP,P} + 2 * \delta_{IH}) =$$

$$= 0,012 * (0,082 - 0,028 - 2 * 0,003) - 2 * 0,024 * (0,001 + 2 * 0,003) = 2,9 * 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (6.24)$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині повітроохолоджувача $\omega_B = 4 \text{ м/с}$.

Визначуваний режим руху повітря - число Рейнольдса

$$Re = (\omega_B * d_H) / \nu_B = (4 * 0,028) / 11,79 * 10^{-6} = 9500 \quad (6.25)$$

Число Нуссельта для труб, виготовлених методом литва під тиском :

$$Nu = (1 - n) * C_Z * C_S * \varphi^{-0,5} * Re^n = (1 - 0,7) * 0,95 * 1 * (8,5)^{-0,5} * 9500^{0,7} = 62,6 \quad (6.26)$$

$$\text{де } C_S = (S_1 - d_H) / (S_2 - d_H) = (0,082 - 0,028) / (0,082 - 0,028) = 1 \quad (6.27)$$

коефіцієнт, форми пучка

$C_z = 0,95$ - коефіцієнт, що враховує кількість рядів в пучку уздовж потоку

$$\text{повітря; } n = 0,61 * \varphi^{0,08} = 0,61 * (8,5)^{0,08} = 0,7 \quad (6.28)$$

$$m = S_2 + \varphi^{-0,48} = 0,085 + (8,5)^{-0,48} = 0,03 \quad (6.29)$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на стороні повітря рівний:

$$\alpha_K = \frac{Nu * \lambda_B}{d_H} = \frac{62,6 * 2,28 * 10^{-2}}{0,028} = 51 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}} \quad (6.30)$$

де d_H - визначальний розмір, м.

Коефіцієнт вологи виділення за цих умов рівний:

$$\xi = 1 + \frac{(d_K'' * \varphi_K - d_{II}'') * (r - h_{II})}{C_B' * (t_K - t_{II})} =$$

$$= 1 + \frac{(1 * 10^{-3} * 0,9 - 0,6 * 10^{-3}) * (2835 + 46,8)}{0,98 * (-18 - (-22,4))} = 1,2 \quad (6.31)$$

де $r = 2835 \text{ кДж/кг}$ - питома теплота фазового переходу при $t_{II} < 0^\circ \text{C}$;

$d''_{II} = 0,6 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}$ - вологосодержание вологого повітря в пограничному шарі в поверхні інею при $t_{II} = -22,4^\circ \text{C}$ і відносною вологістю $\varphi = 1$;
 $h_{II} = 2,09 \cdot t_{II} = 2,09 \cdot (-22,4) = -46,8 \text{ кДж/кг}$ - ентальпія інею;
 $C'_B = 1,009 + 1,87 \cdot d_m = 1,009 + 1,87 \cdot (-17) \cdot 10^{-3} = 0,98 \text{ кДж/(кгК)}$ - питома теплоємність вологого повітря;
 $d_m = 0,5 \cdot (d_K + d_2) = 0,5 \cdot (-16 - 18) \cdot 10^{-3} = -17 \cdot 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}$ - вологосодержание повітря при визначальній температурі.
 Пріведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередаючого елементу з врахуванням термічного опору шару інею знайдемо як:

$$\alpha_{IP} = \left(\frac{1}{\alpha_K \cdot \xi} + \frac{\delta_{III}}{\lambda_{III}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{51 \cdot 1,2} + \frac{0,003}{0,2} \right)^{-1} = 32 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \quad (6.32)$$

де $\lambda_{III} = 0,2 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$ - коефіцієнт теплопровідності інею.

Коефіцієнт ефективності ребра знайдемо як:

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,61)}{0,61} = 0,88 \quad (6.33)$$

$$\text{де } mh' = \sqrt{\frac{2 \cdot \alpha_{IP}}{\delta_{CP.P} \cdot \lambda_P}} \cdot h' = \sqrt{\frac{2 \cdot 32}{0,001 \cdot 180}} \cdot 0,032 = 0,61 - \text{безрозмірний комплекс} \quad (6.34)$$

$\lambda_P = 180 \frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{К}}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ребра

$$h' = h \cdot \left(1 + 0,805 \cdot \log\left(\frac{D}{d_H}\right) \right) = 0,026 \cdot \left(1 + 0,805 \cdot \log\left(\frac{0,076}{0,028}\right) \right) = 0,032 \text{ м} - \quad (6.35)$$

умовна висота ребра.

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елементу

$$\begin{aligned} \alpha_{IP.H} &= \alpha_{IP} \cdot (F_P \cdot E \cdot \psi \cdot C_K + F_{TP}) / F_H = \\ &= 32 \cdot (8,03 \cdot 10^{-3} \cdot 0,88 \cdot 0,97 \cdot 1 + 9,5 \cdot 10^{-4}) / 8,98 \cdot 10^{-3} = 27,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}} \end{aligned} \quad (6.36)$$

де $\psi = 1 - 0,058 \cdot mh' = 1 - 0,058 \cdot 0,61 = 0,97$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра;

C_K - коефіцієнт враховує контактне термічне спротивлення між трубою і ребром. Для біметалічної литої поверхні він рівний $C_K = 1$.

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні фреону в трубах апарату

$$\alpha_O = (103,2 + 0,19 \cdot t_O) \cdot q_B^{0,25} = (103,2 + 0,19 \cdot (-30)) \cdot 3060^{0,25} = 725 \text{ Вт} / (\text{м}^2 \cdot \text{К}) \quad (6.38)$$

де q_B - щільність теплового потоку, отнесеного до внутрішньої поверхні труби

$$q_B = \alpha_K \cdot \xi \cdot (t_{CP.B} - t_{II}) \cdot \beta^H = 51 \cdot 1,2 \cdot (-19 - (-22,4)) \cdot 14,7 = 3060 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (6.39)$$

Коефіцієнт теплопередачі,отнесений до зовнішньої поверхні інею, рівний:

$$K_H^H = \left(\frac{1}{\alpha_{HP.H}} + \frac{\varphi * \delta_T}{\lambda_T} + \frac{\beta_H}{\alpha_O} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{27,8} + \frac{8,5 * 0,0025}{45} + \frac{14,7}{725} \right)^{-1} = 17,7 \frac{Bm}{m^2 * K} \quad (6.40)$$

віднесений до зовнішньої «сухої» поверхні інею, рівний:

$$K_H = K_H^H * \frac{\beta}{\beta^H} = 17,7 * \frac{12}{14,7} = 14,5 \frac{Bm}{m^2 * K} \quad (6.41)$$

Перевіряємо значення раніше прийнятої температури поверхні інею.

Розрахункова різниця температур повітря і поверхні інею рівна:

$$\Delta t_P = \frac{q_H}{\alpha_K * \xi} = \frac{195}{51 * 1,2} = 3,2^\circ C \quad (6.42)$$

де q_H - щільність теплового потоку, віднесеного до зовнішньої поверхні інею,

$$\text{рівна:} \quad q_H = K_H^H * (t_{CP.B} - t_O) = 17,7 * (-19 - (-30)) = 195 \frac{Bm}{m^2}. \quad (6.43)$$

Відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур рівна:

$$\delta = \left| \frac{\Delta t_P - \Delta t}{\Delta t_P} \right| * 100\% = \left| \frac{3,2 - 3,4}{3,2} \right| * 100\% = 6\% < 7\%, \quad (6.44)$$

де $\Delta t = t_{CP.B} - t_{II} = -19 - (-22,4) = 3,4^\circ C$ - прийнята різниця температур повітря і поверхні інею.

Знаходимо площу зовнішньої поверхні повітроохолоджувача

$$F = Q_0 / K * (t_k - t_0)$$

где Q_0 - теплоприток в камеру №1 $Q_0^{KAM. \text{№}1} = 12,16 \text{ кВт}$

$$F_{K1} = 12,16 * 10^{-3} / 14,5 * (-18 + 30) = 70 \text{ м}^2$$

Обираємо 2 повітроохолоджувача для камери №1 Alfa Laval BFBE 402 B7, характеристики занесено до таблиці 6.2

Таблиця 6.2 – Характеристики повітроохолоджувача

Площадь поверхности, м ²	39,7
Холодопроизводительность при $\Delta t = 10^\circ C$, кВт	7,18
Шаг ребер	7
Вентиляторы :	
-кол-во	2
-диаметр, мм	400
-частота вращения, об/с	16,2/21,67
-мощность, кВт	0,4
-расход воздуха, м ³ /с	2,1
Мощность электронагревателей, кВт	3

6.2 Розрахунок повітроохолоджувача для камери з $t_{КАМ} = -4^{\circ}C$

При проведенні розрахунку приймаю наступні параметри:
теплове навантаження
для камер збереження охолодженого м'яса

$$Q_0^{КАМ. \text{ №3}} = 11,35 \text{ кВт}$$

температура повітря в приміщенні, що охолоджує $t_k = -4^{\circ}C$;

відносна вологість повітря в камері $\varphi = 90\%$

робоче тіло R507A

Геометричні розміри ребристої труби повітроохолоджувача, виготовленого методом литва під тиском:

труба:

зовнішній діаметр $d_{TP} = 0,025 \text{ м}$;

внутрішній діаметр $d_{BH} = 0,02 \text{ м}$;

товщина стінки $\delta_T = 0,0025 \text{ м}$

матеріал (сталь) $\lambda_T = 45 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$

ребро:

висота $h = 0,024 \text{ м}$

товщина у вершини $\delta_{BP} = 0,0008 \text{ м}$;

товщина в підстави $\delta_{OP} = 0,0012 \text{ м}$;

крок $u = 0,012 \text{ м}$;

матеріал (алюміній) $\lambda_p = 180 \text{ Вт / (м} \cdot \text{К)}$;

компоновка пучка труб шаховий пучок.

Товщина алюмінієвого чохла на зовнішній поверхні сталевих труб рівна $\delta = 1,5 \text{ мм}$; тоді зовнішній діаметр з врахуванням алюмінієвого чохла буде рівний: $d_H = d_{TP} + 2 \cdot \delta = 0,025 + 2 \cdot 0,0015 = 0,028 \text{ м}$

Приймаємо діаметр ребра:

$$D = d_H + 2 \cdot h = 0,028 + 2 \cdot 0,024 = 0,076 \text{ м};$$

Крок труб в пучку:

поперечний (впоперек потоку повітря):

$$S_1 = (D + 2 \cdot \delta_H) + 0,003 \text{ м} = (0,076 + 2 \cdot 0,003) + 0,003 = 0,085 \text{ м};$$

подовжній (уздовж потоку повітря):

$$S_2 = S_1 = (D + 2 \cdot \delta_H) + 0,002 \text{ м} = (0,076 + 2 \cdot 0,003) + 0,003 = 0,085 \text{ м}.$$

діагональний:

$$S'_2 = \left[S_2^2 + (S_1 / 2)^2 \right]^{0,5} = \left[(0,085)^2 + (0,085 / 2)^2 \right]^{0,5} = 0,095 \text{ м}.$$

6.2.1 Тепловий розрахунок

Кінцевою метою теплового розрахунку є визначення площі поверхні повітроохолоджувача, яка повинна відводити задане теплове навантаження і підтримувати необхідну температуру повітря в камері.

Задаємося величиною підохолодження повітря в повітроохолоджувачі $\Delta t_B = 2^\circ C$.

Визначаємо температуру повітря на виході апарату:

$$t_2 = t_{\text{ВЫХ.В}} = t_k - \Delta t_B = -4 - 2 = -6^\circ C.$$

Визначаємо середню температуру повітря:

$$t_{\text{CP.B}} = 0,5 * (t_2 + t_k) = 0,5 * (-6 + (-4)) = -5^\circ C.$$

Приймаємо температуру кипіння фреону:

$$t_0 = t_{\text{CP.B}} - (10 \dots 15) = -5 - 10 = -15^\circ C.$$

Визначуваний температурний натиск:

$$\theta = t_{\text{CP.B}} - t_0 = -5 + 15 = 10^\circ C.$$

Вибираю теплофізичні властивості вологого повітря при визначальній температурі $t_{\text{CP.B}} = -5^\circ C$:

$\nu_B = 13,28 * 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості,

$\lambda_B = 2,44 * 10^{-2} \text{ Вт} / (\text{м} * \text{К})$ - коефіцієнт теплопровідності,

$\text{Pr}_B = 0,707$ - число Прандтля,

$\rho_B = 1,293 \text{ кг} / \text{м}^3$ - щільність,

$C_B = 1,005 \text{ кДж} / (\text{кг} * \text{К})$ - питома теплоємність сухого повітря

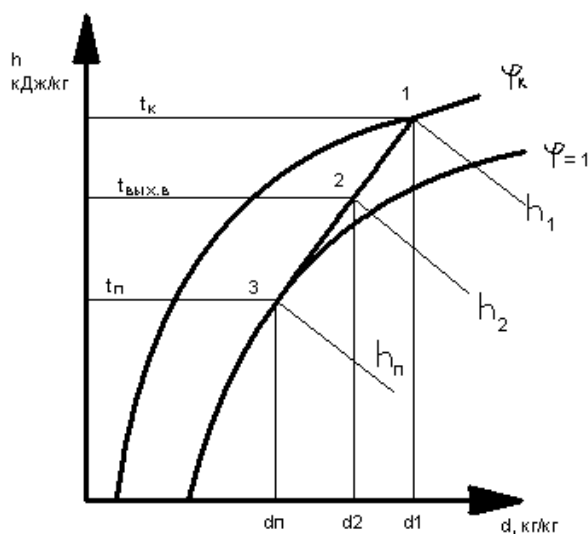


Рисунок 6.2 - Процес зміни стану повітря в повітроохолоджувачі в наступній послідовності: $1 \rightarrow П \rightarrow 2$ (см. рис)

Для цього задаємося середньою температурою поверхні повітроохолоджувача (інею) t_n з умови, що $t_0 < t_n < t_k$, використовуючи приблизне співвідношення:

$$t_n = t_k - (0,1 \div 0,8) * \theta = -4 - 0,4 * 10 = -8^\circ C.$$

По діаграмі $h-d$, з допомогою розрахункових залежностей, приведених нижче, визначаємо параметри повітря (h, d, t).

Таблиця 6.3 - Параметри повітря

№ точки	$t, ^\circ \text{C}$	$d \cdot 10^{-3}, \text{кг} / \text{кг}$	$h, \text{кДж} / \text{кг}$	$\varphi, \%$
1	-4	3,4	9,64	90
2	-6	3	6,47	94
3(п)	-8	2,6	2,9	100

Грунтуючись на принципі подібності трикутників (см.мал), можна записати:

$$(d_1 - d''_{II}) / (t_1 - t_{II}) = (d_1 - d_2) / (t_1 - t_2),$$

Звідси невідоме значення вмісту вологи повітря на виході апарату:

$$\begin{aligned} d_2 &= d_1 - ((t_1 - t_2) * (d_1 - d''_{II}) / (t_1 - t_{II})) = \\ &= 3,4 * 10^{-3} - ((-4 + 6) * (3,4 * 10^{-3} - 2,6 * 10^{-3}) / (-4 + 8)) = 3,04 * 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}. \end{aligned}$$

Відносна вологість повітря, на виході з апарату буде рівна:

$$\varphi_2 = d_2 / d_2'' = 3 / 3,2 = 0,94,$$

де d''_{II} и d_2'' - відповідно, вміст вологи насиченого повітря при t_{II} и t_2 .

Ентальпію повітря в точках 1,2 і 3 при негативних значеннях температури поверхні апарату (інею) знаходимо по залежностям

$$h_1 = 1,0078 * t_1 + (2835 + 2,09 * t_1) * d_1 = 1,0078 * (-4) + (2835 + 2,09 * (-4)) * 3,4 * 10^{-3} = 9,64 \text{ кДж} / \text{кг};$$

$$h_2 = 1,0078 * (-6) + (2835 + 2,09 * (-6)) * 3 * 10^{-3} = 6,47 \text{ кДж} / \text{кг}$$

$$h_3 = 1,0078 * (-8) + (2835 + 2,09 * (-8)) * 2,6 * 10^{-3} = 2,9 \text{ кДж} / \text{кг}$$

Переходимо до розрахунку геометричних характеристик теплопередаючого елемента.

Геометричні характеристики поверхні ребристого елемента вільного від інею

Площа зовнішньої поверхні ребра

$$\begin{aligned} F_p &= 0,5 * \pi * (D^2 - d_H^2) + \pi * D * \delta_{BP} = \\ &= 0,5 * 3,14 * ((0,076)^2 - (0,028)^2) + 3,14 * 0,076 * 0,0008 = 8,03 * 10^{-3} \text{ м}^2; \end{aligned}$$

Площа зовнішньої поверхні труби між двома суміжними ребрами

$$F_T = \pi * d_H * (u - \delta_{OP}) = 3,14 * 0,028 * (0,012 - 0,0012) = 9,5 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Площа внутрішньої поверхні труби ребристого елемента

$$F_B = \pi * d_B * u = 3,14 * 0,02 * 0,012 = 7,5 * 10^{-4} \text{ м}^2,$$

Площа зовнішньої поверхні труби ребристого елемента

$$F_H = F_p + F_T = 8,03 * 10^{-3} + 9,5 * 10^{-4} = 8,98 * 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт β і міра обребрення теплообмінної поверхні φ

$$\beta = F_H / F_B = 8,98 * 10^{-3} / 7,5 * 10^{-4} = 12,$$

$$\varphi = F_H / (\pi * d_H * u) = 8,98 * 10^{-3} / (3,14 * 0,028 * 0,012) = 8,5.$$

Геометричні характеристики поверхні інею, що осів на ребристому елементі при товщині шару інею $\delta_{III} = 0,002 \text{ м}$.

					БКВ 04.012.006 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Площа зовнішньої поверхні інею на ребрі рівна:

$$F_{PH} = 0,5 * \pi * ((D + 2 * \delta_{HH})^2 - (d_H + 2 * \delta_{HH})^2) + \pi * (D + 2 * \delta_{HH}) * (\delta_P + 2 * \delta_{HH}) =$$

$$= 0,5 * 3,14 * ((0,076 + 2 * 0,003)^2 - (0,028 + 2 * 0,003)^2) +$$

$$+ 3,14 * (0,076 + 2 * 0,003) * (0,0008 + 2 * 0,003) = 1,05 * 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Зовнішня поверхня інею на трубці між двома суміжними ребрами має площу:

$$F_{TH} = \pi * (d_H + 2 * \delta_{HH}) * (u - (\delta_{OP} + 2 * \delta_{HH})) =$$

$$= 3,14 * (0,028 + 2 * 0,002) * (0,012 - (0,0012 + 2 * 0,002)) = 5,1 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Повна площа зовнішньої поверхні інею на ребристому елементі рівна:

$$F_{HH} = F_{PH} + F_{TH} = 0,0105 + 0,00051 = 1,1 * 10^{-2} \text{ м}^2.$$

Коефіцієнт обребрення поверхні β^H , покритої інеєм, рівний:

$$\beta^H = F_{HH} / F_B = 1,1 * 10^{-2} / 7,5 * 10^{-4} = 14,7.$$

Мінімальний живий перетин одного ребристого елемента, покритого шаром інею прийнятої величини, рівний:

$$f_{Ж} = u * (S_1 - d_H - 2 * \delta_H) - 2 * h * (\delta_{CP,P} + 2 * \delta_H) =$$

$$= 0,012 * (0,082 - 0,028 - 2 * 0,003) - 2 * 0,024 * (0,001 + 2 * 0,003) = 2,9 * 10^{-4} \text{ м}^2.$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині повітроохолоджувача $\omega_B = 4 \text{ м/с}$.

Визначуваний режим руху повітря - число Рейнольдса

$$Re = (\omega_B * d_H) / \nu_B = (4 * 0,028) / 13,28 * 10^{-6} = 8434.$$

Число Нуссельта для труб, виготовлених методом литва під тиском :

$$Nu = (1 - n) * C_Z * C_S * \varphi^{-0,5} * Re^n = (1 - 0,7) * 0,95 * 1 * (8,5)^{-0,5} * 8434^{0,7} = 54,8,$$

де $C_S = (S_1 - d_H) / (S_2 - d_H) = (0,082 - 0,028) / (0,082 - 0,028) = 1$ - коефіцієнт, форми пучка

$C_z = 0,95$ - коефіцієнт, що враховує кількість рядів в пучку уздовж потоку

повітря; $n = 0,61 * \varphi^{0,08} = 0,61 * (8,5)^{0,08} = 0,7$,

$$m = S_2 + \varphi^{-0,48} = 0,085 + (8,5)^{-0,48} = 0,03.$$

Конвективний коефіцієнт тепловіддачі на стороні повітря рівний:

$$\alpha_K = \frac{Nu * \lambda_B}{d_H} = \frac{54,8 * 2,44 * 10^{-2}}{0,028} = 47,8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}},$$

де d_H - визначальний розмір, м.

Коефіцієнт вологи виділення за цих умов рівний:

$$\xi = 1 + \frac{(d_K'' * \varphi_K - d_H'') * (r - h_H)}{C_B' * (t_K - t_H)} =$$

$$= 1 + \frac{(3,5 * 10^{-3} * 0,9 - 2,6 * 10^{-3}) * (2835 + 9,2)}{1,02 * (-4 - (-8))} = 1,35$$

де $r = 2835 \text{ кДж/кг}$ - питома теплота фазового переходу при $t_H < 0^\circ \text{C}$;

$d_H'' = 3,27 * 10^{-3} \text{ кг} / \text{кг}$ - вологосодержание вологого повітря в пограничному шарі в поверхні інею при $t_H = -8^\circ \text{C}$ і відносною вологістю $\varphi = 1$;

$h_{II} = 2,09 * t_{II} = 2,09 * (-8) = -9,2$ кДж/кг – ентальпія інею;

$C'_B = 1,009 + 1,87 * d_m = 1,005 + 1,87 * 8,1 * 10^{-3} = 1,02$ кДж/(кгК) – питома

теплоємність вологого повітря;

$d_m = 0,5 * (d_K + d_2) = 0,5 * (9,64 + 6,47) * 10^{-3} = 8,1 * 10^{-3}$ кг / кг - влагосодержание повітря при визначальній температурі.

Приведений коефіцієнт тепловіддачі від повітря до зовнішньої поверхні теплопередаючого елементу з врахуванням термічного опору шару інею знайдемо як:

$$\alpha_{IP} = \left(\frac{1}{\alpha_K * \xi} + \frac{\delta_{III}}{\lambda_{III}} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{47,8 * 1,35} + \frac{0,003}{0,2} \right)^{-1} = 32,8 \frac{Bm}{m^2 * K},$$

де $\lambda_{III} = 0,2 Bm / (m * K)$ - коефіцієнт теплопровідності інею.

Коефіцієнт ефективності ребра знайдемо як:

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,61)}{0,61} = 0,88,$$

де $mh' = \sqrt{\frac{2 * \alpha_{IP}}{\delta_{CP.P} * \lambda_P}} * h' = \sqrt{\frac{2 * 32,8}{0,001 * 180}} * 0,032 = 0,61$ - безрозмірний комплекс,

$\lambda_P = 180 \frac{Bm}{m * K}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ребра

$h' = h * (1 + 0,805 * \log(\frac{D}{d_H})) = 0,026 * (1 + 0,805 * \log(\frac{0,076}{0,028})) = 0,032 m$ - умовна висота ребра.

Умовний коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні ребристого елементу

$$\alpha_{IP.H} = \alpha_{IP} * (F_P * E * \psi * C_K + F_{TP}) / F_H =$$
$$= 32,8 * (8,03 * 10^{-3} * 0,88 * 0,97 * 1 + 9,5 * 10^{-4}) / 8,98 * 10^{-3} = 28,5 \frac{Bm}{m^2 * K}$$

де $\psi = 1 - 0,058 * mh' = 1 - 0,058 * 0,61 = 0,97$ - коефіцієнт, що враховує нерівномірність тепловіддачі по висоті ребра;

C_K - коефіцієнт враховує контактне термічне соприотивление між трубою і ребром. Для біметалічної литої поверхні він рівний $C_K = 1$.

Коефіцієнт тепловіддачі при кипінні фреону в трубах апарату

$$\alpha_O = (103,2 + 0,19 * t_O) * q_B^{0,25} = (103,2 + 0,19 * (-15)) * 3225^{0,25} = 761 Bm / (m^2 * K)$$

де q_B - щільність теплового потоку, отнесеного до внутрішньої поверхні труби

$$q_B = \alpha_K * \xi * (t_{CP.B} - t_{II}) * \beta^{II} = 47,8 * 1,35 * (-5 - (-8)) * 14,7 = 3225 Bm / m^2$$

Коефіцієнт теплопередачі, отнесений до зовнішньої поверхні інею, рівний:

$$K_H^{II} = \left(\frac{1}{\alpha_{IP.H}} + \frac{\varphi * \delta_T}{\lambda_T} + \frac{\beta_{II}}{\alpha_O} \right)^{-1} = \left(\frac{1}{28,5} + \frac{8,5 * 0,0025}{45} + \frac{14,7}{761} \right)^{-1} = 18,25 \frac{Bm}{m^2 * K};$$

					БКВ 04.012.006 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

віднесений до зовнішньої «сухої» поверхні інею, рівний:

$$K_H = K_H'' * \frac{\beta}{\beta''} = 18,25 * \frac{12}{14,7} = 14,9 \frac{Bm}{m^2 * K}$$

Перевіряємо значення раніше прийнятої температури поверхні інею.

Розрахункова різниця температур повітря і поверхні інею рівна:

$$\Delta t_p = \frac{q_H}{\alpha_K * \xi} = \frac{182,5}{47,8 * 1,35} = 3,64^\circ C,$$

де q_H - щільність теплового потоку, віднесеного до зовнішньої поверхні інею,

рівна: $q_H = K_H'' * (t_{CP.B} - t_O) = 18,25 * (-5 - (-15)) = 182,5 \frac{Bm}{m^2}.$

Відносна погрішність прийнятої і розрахункової різниці температур рівна:

$$\delta = \left| \frac{\Delta t_p - \Delta t}{\Delta t_p} \right| * 100\% = \left| \frac{3,74 - 3}{3,74} \right| * 100\% = 6,9\% < 7\%,$$

де $\Delta t = t_{CP.B} - t_{II} = -5 - (-8) = 3^\circ C$ - прийнята різниця температур повітря і поверхні інею.

Знаходимо площу зовнішньої поверхні повітроохолоджувача камери попереднього охолодження:

$$F = Q_0 / K * (t_k - t_0)$$

где Q_0 - теплоприток в камеру №3 $Q_0^{KAM. \text{ №3}} = 11,35 \text{ кВт}$

$$F_{к3} = 11,35 * 10^{-3} / 18,25 * (-4 + 15) = 56,5 \text{ м}^2$$

Обираємо 2 повітроохолоджувача для камери №3 Alfa Laval RL 55, характеристики занесено до таблиці 6.4

Таблиця 6.4 – Характеристики повітроохолоджувача

Площадь поверхности, м ²	29
Холодопроизводительность при $\Delta t = 10^\circ C$, кВт	5,94
Шаг ребер	5.5
Вентиляторы :	
-кол-во	2
-диаметр, мм	350
-частота вращения, об/с	16,2/21,67
-мощность, кВт	0,32
-расход воздуха, м ³ /с	1,3
Мощность электронагревателей, кВт	2,88

7 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОГО КОНДЕНСАТОРА

Вихідні дані:

Збереження охолодженого м'яса

$$t_{KAM} = -4^{\circ}C, Q_K = 73,3 \text{ кВт}$$

$t_n = 33^{\circ}C$ - розрахункова температура зовнішнього повітря

$\varphi_n = 60\%$ - відносна вологість зовнішнього повітря

R-507A холодильний агент

Зовнішній діаметр труби

$$d_n = 0,022 \text{ м}$$

Внутрішній діаметр труби

$$d_{вн} = 0,020 \text{ м}$$

Товщина ребра у вершини

$$\delta_v = 0,001 \text{ м}$$

Товщина ребра підстави

$$\delta_0 = 0,002 \text{ м}$$

Крок ребер

$$u = 0,005 \text{ м}$$

Висота ребра

$$h = 0,024 \text{ м}$$

Матеріал труб

мідь

Матеріал ребер

алюміній

Форма ребер

кругле ребро

Розташування труб в пучку

шахове

Крок труб по фронту повітря

$$S_1 = 0,082 \text{ м}$$

Крок труб по діагоналі

$$S_2' = 0,082 \text{ м}$$

Крок труб по ходу повітря

$$S_2 = \sqrt{(S_2')^2 - \left(\frac{S_1}{2}\right)^2} = 0,070 \text{ м} \quad (7.1)$$

Тоді діаметр труби в підстави ребер буде рівний

$$d_0 = d_n + 2\delta_0 = 0,022 + 0,003 = 0,025 \text{ м} \quad (7.2)$$

7.1 Тепловий розрахунок

Задаюся глибиною підігрівання повітря КВО $\Delta t_g = (4 \dots 8)^0 C$, тоді температура повітря на виході з апарату

$$t_g = t_n + \Delta t_g = 33 + 5 = 38^0 C \quad (7.3)$$

Температура конденсації

$$t_k = t_n + (10 \dots 14) = 33 + 12 = 45^0 C \quad (7.4)$$

Середньологарифмічна різниця температур в апараті

$$\theta_{\text{л}} = \frac{t_g - t_n}{\ln \frac{t_k - t_n}{t_k - t_g}} = \frac{38 - 33}{\ln \frac{45 - 33}{45 - 38}} = 9,27^0 C \quad (7.5)$$

Задаємося швидкістю повітря в живому перетині апарату $\omega_g = 9 \text{ м/с}$

Фізичні параметри повітря при температурі: $t_{cg} = 0,5 * (33 + 38) = 35,5^0 C$ (7.6)

$\nu = 16,56 * 10^{-6} \text{ м}^2 / \text{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості;

$C_p = 1,005 \text{ кДж} / (\text{кг} * K)$ - питома теплоємність;

$\lambda = 0,027 \text{ Вт} / (\text{м} * K)$ - коефіцієнт теплопровідності;

$\rho = 1,14 \text{ кг} / \text{м}^3$ - щільність;

$Pr = 0,7$ - число Прандтля.

Вихідне рівняння для розрахунку конвективного коефіцієнта тепловіддачі на стороні повітря вибираємо по параметром його застосовності. При поперечному обтіканні повітрям шахових пучків труб з круглими литими трапецієвидними ребрами воно має вигляд:

$$Nu = (1 - n) * C_z * C_s^m * \varphi^{-0,5} * Re^n = (1 - 0,72) * 0,9 * (1,27)^{0,31} * (19,6)^{-0,5} * 13587^{0,72} = 65,2 \quad (7.7)$$

Де $C_z = 0,9$ - коефіцієнт, що враховує кількість рядів труб уздовж потоку повітря

$$C_s = \frac{S_1 - d_0}{S_2 - d_0} = \frac{0,082 - 0,025}{0,07 - 0,025} = 1,27 \text{ - коефіцієнт форми пучка;} \quad (7.8)$$

$$\varphi = (F_p + F_{mp}) / F_0 = (7,6 * 10^{-3} + 0,24 * 10^{-3}) / 0,4 * 10^{-3} = 19,6 \text{ - міра обребрення;} \quad (7.9)$$

$F_{mp} = \pi * d_0 * (u_p - \delta_{op}) = 3,14 * 0,025 * (0,005 - 0,002) = 0,24 * 10^{-3} \text{ м}^2$ - площа зовнішньої поверхні труб між ребрами ; d_0 - діаметр труб підстава ребер, м;

$$F_p = 1,57 * (D_p^2 - d_0^2) + \pi * D_p * \delta_a = 1,57 * ((0,073)^2 - (0,025)^2) + 3,14 * 0,073 * 0,001 = 7,6 * 10^{-3} \text{ м}^2$$

- площа поверхні одного ребра ;

$F_0 = \pi * d_0 * u = 3,14 * 0,025 * 0,005 = 0,4 * 10^{-3} \text{ м}^2$ - площа зовнішньої поверхні труб з умовно знятим ребром на довжині крока ребер;

$$n = 0,61 * \varphi^{-0,08} = 0,61 * (19,6)^{-0,08} = 0,72; \quad m = S_2 + \varphi^{-0,48} = 0,07 + (19,6)^{-0,48} = 0,31 \quad (7.10)$$

$$Re = \frac{w_{\epsilon} * d_0}{\nu_{\epsilon}} = \frac{9 * 0,025}{16,56 * 10^{-6}} = 13587 \quad (7.11)$$

Конвективний коефіцієнт теплообміну

$$\alpha_k = Nu * \lambda / d_0 = (65,2 * 2,7 * 10^{-2}) / 0,025 = 70 \text{ Вт} / (\text{м}^2 * \text{К}) \quad (7.12)$$

Ефективність ребра без врахування поправки на трапецевидність

Коефіцієнт ефективності ребра

$$E = \frac{th(mh)}{mh} = \frac{th(0,75)}{0,75} = 0,64 \quad (7.13)$$

$$\text{де } mh' = \sqrt{\frac{2 * \alpha_k}{\delta_p * \lambda_p}} * h' = \sqrt{\frac{2 * 70}{0,0015 * 180}} * 0,033 = 0,75 - \text{безрозмірний комплекс} \quad (7.14)$$

$\lambda_D = 180 \frac{\hat{A} \delta}{i^2 * \hat{E}}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу ребра

$$h' = h * (1 + 0,35 * \ln(\frac{D_p}{d_0})) = 0,024 * (1 + 0,35 * \ln(\frac{0,073}{0,025})) = 0,033 \text{ м} - \text{умовна висота ребра.}$$

Приведений коефіцієнт тепловіддачі, віднесений до зовнішньої поверхні апарата

$$\alpha_{пр.н} = \alpha_k * (E * (F_p / F_H) + (F_{тр} / F_H)) = 70 * (0,64 * (7,6 * 10^{-3} / 7,84 * 10^{-3}) + (0,24 * 10^{-3} / 7,84 * 10^{-3})) = 45,6 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 * \text{К}} \quad (7.15)$$

де $F_H = F_p + F_{тр} = 7,6 * 10^{-3} + 0,24 * 10^{-3} = 7,84 * 10^{-3} \text{ м}^2$ - площа зовнішньої поверхні елемента обрешеної труби;

Щільність теплового потоку з боку повітря, віднесена до зовнішньої поверхні апарату

$$q_H = \theta_{\epsilon} / \left[\left(1 / \alpha_{пр} \right) + \left((\delta_{тр} / \lambda_{тр}) + (\delta_0 / \lambda_0) + (\delta_{\text{м}} / \lambda_{\text{м}}) \right) * (F_H / F_0) \right] = \theta_{\epsilon} / \left[\left(1 / 45,6 \right) + (0,001 / 400 + 0,0015 / 180 + 0,00005 / 0,12) * (7,84 * 10^{-3} / 0,4 * 10^{-3}) \right] = \theta_{\epsilon} / 0,03$$

де $\delta_{тр} / \lambda_{тр}$ - термічний опір самій труб $(\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$;

δ_0 / λ_0 - термічний опір шаруючи масла $(\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$;

$\delta_{\text{м}} / \lambda_{\text{м}}$ - термічний опір з боку повітря $(\text{м}^2 * \text{К}) / \text{Вт}$;

$\theta_{\epsilon} = t_w - t_{\text{св}}$ - температурний натиск на стороні повітря $^{\circ}\text{С}$,

t_w - температура поверхні апарату;

В розрахунок застосовуємо

$$\delta_m = 0,00005 \text{ м}, \lambda_m = 0,12 \text{ Вт} / (\text{м} * \text{К});$$

Коефіцієнт тепловіддачі з боку агента, що конденсується, віднесений у внутрішній поверхні труби

$$\alpha_0 = 1940 * \theta_0^{-0,167} * d_{BH}^{-0,25} = 1940 * \theta_0^{-0,167} * (0,02)^{-0,25} = 5158,7 * \theta_0^{-0,167} \text{ Вт} / (\text{м}^2 * \text{К}) \quad (7.16)$$

Де $\theta_0 = t_k - t_{wg}$ - температурний натиск на стороні х.а.

t_{wa} - температура внутрішньої поверхні труб апарату;

Щільність теплового потоку з боку агента, віднесена до зовнішньої поверхні апарату

$$q_H = \alpha_0 * (F_{en} / F_H) * \theta_0 = 5158,7 * (0,31 * 10^{-3} / 7,84 * 10^{-3}) * \theta_0^{0,833} = 204 * \theta_0^{0,833} \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.17)$$

Де $F_{en} = \pi * d_{en} * u = 3,14 * 0,02 * 0,005 = 0,31 * 10^{-3} \text{ м}^2$ - площа внутрішньої поверхні елементу труби довжині одного кроку ребер;

Будуємо графік залежності : $q_H = f(\theta_0)$;

1 ряд - $q_H = f(\theta_0)$; почало прямий від точки 0, а кінець прямої буде

$$q_H = \theta_0 / 0,03 = 9,27 / 0,03 = 309 \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.18)$$

2 ряд- $q_H = f(\theta_0)$ задаємося в межах зміни θ_0 і вважаючи початком координат кінцеве значення θ_0 ;

$$q_H = 204 * \theta_0^{0,833} \text{ Вт} / \text{м}^2 \quad (7.19)$$

$$1) q_H = 204 * \theta_0^{0,833} = 204 * (0,5)^{0,833} = 115 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

$$2) q_H = 204 * \theta_0^{0,833} = 204 * 1^{0,833} = 204 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

$$3) q_H = 204 * \theta_0^{0,833} = 204 * (1,5)^{0,833} = 286 \text{ Вт} / \text{м}^2$$

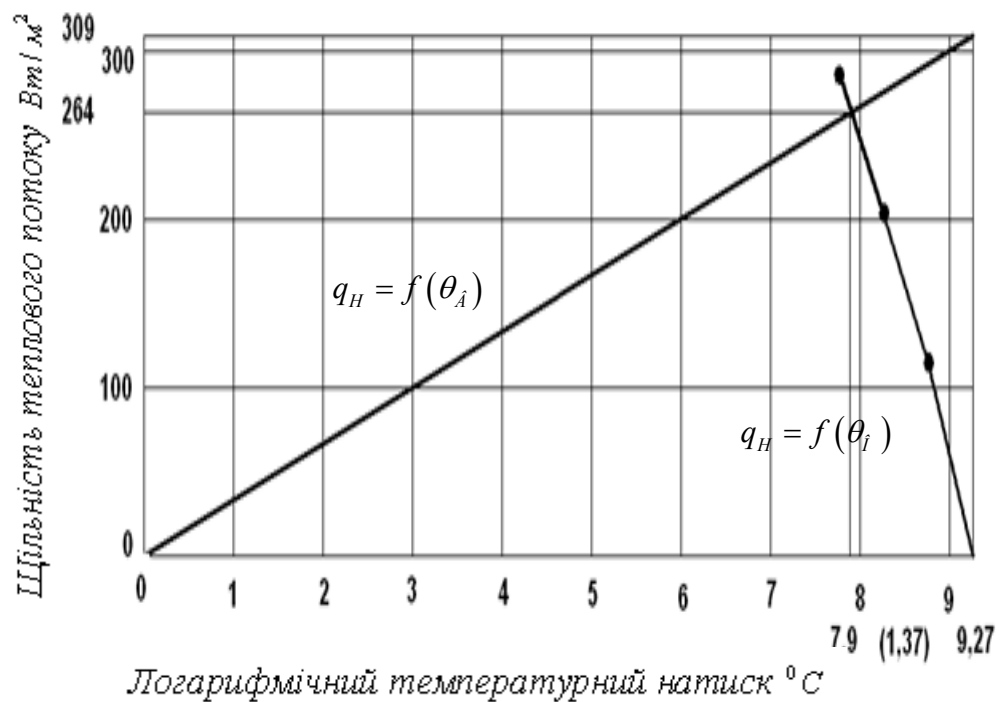


Рисунок 7.1 - Графіки залежностей $q_H = f(\theta_L)$

У точці пересічення графіків знаходимо дійсне значення щільності теплового потоку, віднесеної до зовнішньої поверхні $q_H = 264 W/m^2$ і температурні натиски з боку повітря $\theta_B = 7,9^{\circ}C$ і агента $\theta_0 = 1,37^{\circ}C$

7.2 Конструктивний розрахунок

Зовнішня поверхня КВО

$$F_{HK}^{3Б.ОХЛ.} = Q_K / q_H = 73,3 \cdot 10^3 / 264 = 277,6 m^2 \quad (7.20)$$

Витрата повітря через апарат

масовий:

$$G_B^{3Б.ОХЛ.} = \frac{Q_K}{C_p \cdot (t_B - t_H)} = \frac{73,3}{1,005 \cdot (38 - 33)} = 14,6 kg/s \quad (7.21)$$

об'ємний:

$$V_B^{3Б.ОХЛ.} = G_B / \rho = 14,6 / 1,14 = 12,8 m^3/s = 46105 m^3/h \quad (7.22)$$

Живий перетин КВО, що забезпечує набутого значення швидкості повітря

$$F_{ЖС}^{ЗБ.ОХЛ.} = V_B / \omega_B = 12,8 / 9 = 1,42 м^2 \quad (7.23)$$

Зовнішня поверхня одного погонного метра обребреної труби

$$F_{ПМ} = \pi * d_{Вн} * \beta = 3,14 * 0,02 * 25,3 = 1,59 м^2 \quad (7.24)$$

де
$$\beta = F_n / F_{вн} = 7,84 * 10^{-3} / 0,31 * 10^{-3} = 25,3 \quad (7.25)$$

Сумарна довжина труб в апараті:

$$\sum L^{ЗБ.ОХЛ.} = F_{HK} / F_{ПМ} = 277,6 / 1,59 = 174,6 м \quad (7.26)$$

Площа живого перетину одного ребристого елементу

$$F_{РЖ} = (S_1 * u) - (2h * \delta_p + d_0 * u) = (0,082 * 0,005) - (2 * 0,024 * 0,0015 + 0,025 * 0,005) = 0,0002 м^2$$

Число ребристих елементів у фронтальному перетині пучка труб апарату

$$n_{РЭ}^{ЗБ.ОХЛ.} = F_{ЖС} / F_{РЖ} = 1,42 / 0,0002 = 7100 шт \quad (7.27)$$

Сумарна довжина труб у фронтальному перетині пучка

$$\sum l_{\Phi}^{ЗБ.ОХЛ.} = u * n_{РЭ} = 0,005 * 7100 = 35,5 м \quad (7.28)$$

Площа вільного(фронтального) перетину апарату на вході повітря

$$S_{\Phi}^{ЗБ.ОХЛ.} = F_{ЖС} * S_1 * u / F_{РЖ} = 1,42 * 0,082 * 0,005 / 0,0002 = 2,91 м^2 \quad (7.29)$$

Орієнтовні геометричні розміри КВО

ширина

$$b^{ЗБ.ОХЛ.} = (S_{\Phi} / z)^{0,5} = (2,91 / 2)^{0,5} = 1,2 м \quad (7.30)$$

довжина

$$L^{ЗБ.ОХЛ.} = b * z = 1,2 * 2 = 2,4 м \quad (7.31)$$

					БКВ 04.012.007 ДП	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Число труб у фронтальному перетині пучка

$$n_{\phi}^{3Б.ОХЛ.} = b / S_1 = 1,2 / 0,082 = 14,6шт \quad (7.32)$$

Результат округлюємо до цілого значення тоді дійсна ширина і довжина теплообмінної секції апарату

$$b_{\mathcal{D}}^{3Б.ОХЛ.} = (n'_{\phi} * S_1) = (15 * 0,082) = 1,23м \quad (7.33)$$

$$L_{\mathcal{D}}^{3Б.ОХЛ.} = S_{\phi} / b_{\mathcal{D}} = 2,91 / 1,23 = 2,36м \quad (7.34)$$

Число труб уздовж потоку повітря

$$n_B^{3Б.ОХЛ.} = \sum L / \sum l_{\phi} = 174,6 / 35,5 = 4,91шт \quad (7.35)$$

Результат округлюємо до цілого значення $n_{\epsilon} = 5шт$,тогда розрахунковий параметри КВО

сумарна довжина труб:

$$\sum L_{\mathcal{D}}^{3Б.ОХЛ.} = L_{\mathcal{D}} * n'_{\phi} * n'_{\epsilon} = 2,36 * 15 * 5 = 177м^2 \quad (7.36)$$

площа зовнішньої поверхні:

$$F_{\mathcal{D}}^{3Б.ОХЛ.} = \sum L_{\mathcal{D}} * \pi * d_{BH} * \beta = 177 * 3,14 * 0,02 * 25,3 = 281,2м^2 \quad (7.37)$$

висота(глибина) секції:

$$h = S_2 * n'_B = 0,07 * 5 = 0,35м \quad (7.38)$$

Число труб уздовж потоку повинне знаходитися в межах значень, що рекомендуються $4 \leq n_B \leq 12$. $n'_{\epsilon} = 5шт$

7.3 Розрахунок аеродинамічного опору

Розрахунок аеродинамічного опору пучка труб з круглими ребрами :

Число Ейлера знайдемо з вираження:

$$Eu = 3,1 * n'_B * \sigma_1^{0,58} * \sigma_2^{0,3} * Re^{-n} = 3,1 * 5 * (3,28)^{0,58} * (2,8)^{0,3} * 13587^{-0,3} = 2,44 \quad (7.39)$$

					БКВ 04.012.007 ДП	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\text{де} \quad n = 0,22 * \varphi^{0,105} = 0,22 * (19,6)^{0,105} = 0,3 \quad (7.40)$$

$$\sigma_1 = S_1 / d_0 = 0,082 / 0,025 = 3,28 \quad (7.41)$$

$$\sigma_2 = S_2 / d_0 = 0,07 / 0,025 = 2,8 \quad (7.42)$$

Аеродинамічний опір пучка труб отримаємо так.

$$\Delta P = Eu * \omega^2 * \rho = 2,44 * 9^2 * 1,14 = 225 \text{Па} \quad (7.43)$$

Розрахункова потужність двигунів вентиляторів апарату

$$N_P^{ЗБ.ЗАМ.} = V_B * \Delta P / (\eta_B * \eta_d) = 12,8 * 225 / (0,76 * 0,96) = 3,95 \text{Вт} \quad (7.44)$$

Для камер збереження охолодженого м'яса обираємо повітряний конденсатор ACS902A (Alfa Laval), характеристики занесено до таблиці 7.1

Таблиця 7.1 – Характеристики повітряного конденсатора

Площадь поверхности, м ²	299,5
Мощность при $\Delta T_{\text{перегрева}} = 25 \text{K}$, кВт	98,3
Вентиляторы :	
-кол-во	2
-диаметр, мм	910
-частота вращения, об/с	1,65
-мощность, кВт	4
-расход воздуха, м ³ /с	13,47

8 РОЗРАХУНОК І ПІДБІР ІНШОГО ОБЛАДНАННЯ

Лінійний ресивер призначений для рівномірної подачі рідкого агента на пристрої, що дроселюють, і його зберігання у той час коли система не працює.

Лінійний ресивер для даної холодильної системи безпосереднього охолодження підбирається з розрахунку, що його об'єм складає не менше 60% об'єму повітроохолоджувачів. При цьому робоче заповнення ресивера складає 50%. Загальний внутрішній об'єм повітроохолоджувачів можна визначити виходячи з їх конструктивних характеристик і числа повітроохолоджувачів:

$$V_B = 0,25 \cdot \pi \cdot d_{BH}^2 \cdot \Sigma L \quad (8.3)$$

Відповідно до правил техніки безпеки розрахунковий об'єм також збільшується на 20%, оскільки його заповнення не повинне перевищувати 80% . Таким чином місткість лінійного ресивера можна визначити як:

$$V_L = (0,6 \cdot V_B / 0,5) \cdot 1,2 \quad (8.4)$$

Для камер збереження заморожених продуктів $t_{KAM} = -18^{\circ}C$

$$V_B = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,02)^2 \cdot 86,3 = 0,03 \text{ м}^3$$

$$V_L = (0,6 \cdot 0,03 / 0,5) \cdot 1,2 = 0,05 \text{ м}^3$$

Для камер збереження охолоджених продуктів $t_{KAM} = -4^{\circ}C$

$$V_B = 0,25 \cdot 3,14 \cdot (0,02)^2 \cdot 315,2 = 0,09 \text{ м}^3$$

$$V_L = (0,6 \cdot 0,09 / 0,5) \cdot 1,2 = 0,1 \text{ м}^3$$

По місткості підбираємо горизонтальний лінійний ресивер марки 0,1 РВ, місткістю 0,1 м³, який може використовуватись при робочому тиску до 1,8 МПа, в діапазоні температур від -15 до +47 °С. Обичайки ресивера зварні, запобіжні клапани мають умовний прохід 15мм.

Масловідділювачі призначені для відділення мастила, що відноситься з компресорів разом з холодильним агентом. Підбір масловідділювачів проводиться по діаметру нагнітального патрубку компресора. Вибираємо масловідділювач з водяним охолодженням типу МОВ-32М.

					БКВ 04.012.008 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

9 РОЗРАХУНОК ТРУБОПРОВОДІВ

Діаметр трубопроводів визначаємо по формулі:

$$d_{mp} = \sqrt{\frac{4 * M_A}{\pi * \rho * \omega}} \quad (9.1)$$

де M_A - масова витрата агенту, м³/с

ω - швидкість пари або рідини в трубопроводі, м/с

ρ – щільність агента за відповідних умов, кг/м³

Приймаємо швидкість у трубопроводах: всмоктуючих- $\omega = 10 \text{ м/с}$,
нагнітальних - $\omega = 15 \text{ м/с}$, рідинних- $\omega = 1 \text{ м/с}$.

Розраховуємо трубопроводі для камер збереження замороженого м'яса

Розраховуємо всмоктуючий трубопровід

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 * 0,1}{3,14 * 8,8 * 10}} = 0,038 \text{ м}$$

Приймаємо мідну трубу $d_v = 40 \text{ мм } \varnothing 45 * 2,5 \text{ мм}$

Розраховуємо нагнітальний трубопровід

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 * 0,1}{3,14 * 67 * 15}} = 0,01 \text{ м}$$

Приймаємо мідну трубу $d_v = 15 \text{ мм } \varnothing 20 * 2,5 \text{ мм}$

Розраховуємо трубопровід на зливі з конденсатора в ресивер:

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 * 0,1}{3,14 * 840 * 1}} = 0,01 \text{ м}$$

Приймаємо мідну трубу $d_v = 15 \text{ мм } \varnothing 20 * 2,5 \text{ мм}$

Розраховуємо трубопроводі для камер збереження охолодженого м'яса

Розраховуємо всмоктуючий трубопровід

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 * 0,422}{3,14 * 18,2 * 10}} = 0,053 \text{ м}$$

Приймаємо мідну трубу $d_v = 54 \text{ мм } \varnothing 58 * 2 \text{ мм}$

Розраховуємо нагнітальний трубопровід

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 * 0,422}{3,14 * 72 * 15}} = 0,026 \text{ м}$$

Приймаємо мідну трубу $d_v = 32 \text{ мм } \varnothing 40 * 4 \text{ мм}$

Розраховуємо трубопровід на зливі з конденсатора в ресивер:

$$d_{BH} = \sqrt{\frac{4 * 0,422}{3,14 * 840 * 1}} = 0,025 \text{ м}$$

Приймаємо мідну трубу $d_v = 25 \text{ мм } \varnothing 32 * 3,5 \text{ мм}$

					БКВ 04.012.009 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

10 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Метою даного проекту є споруда холодильника при Вінницькій птахофабриці місткістю 600 т у місті Вінниця. Відповідно до необхідних технологічних вимог і кліматичних умов загальне проектування підприємства було орієнтовано на зберігання в охолодженому м'яса, при температурі в п'яти камерах -4°C і одна камера -18°C для зберігання замороженого м'яса. Холодильник повинен забезпечувати населення міста Вінниця та окружні райони м'ясом.

У розділі економічних розрахунків і маркетингового аналізу представлені наступні пункти:

- маркетинговий аналіз товару, ринку;
- розрахунок капітальних вкладень;
- розрахунок річних експлуатаційних витрат;
- оцінка економічної ефективності;
- звідна таблиця техніко-економічних показників.

10.1 Маркетинговий аналіз проекту

Проведемо класифікаційну оцінку проекту по критеріях:

- клас: мультипроект;
- тип: комерційний;
- вигляд: інноваційний;
- тривалість: довгостроковий;
- рівень: регіональний.

Ситуація на ринку м'яса і м'ясопродуктів

- зменшення в усіх категоріях господарств поголів'я великої рогатої худоби при одночасному збільшенні поголів'я свиней та птиці станом на 01.01.2023 порівняно з аналогічною датою 2022 року: поголів'я ВРХ зменшилось на 3,2%, свиней – збільшилось на 9,3%, птиці – збільшилось на 7,3%;

					БКВ 04.012.010 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

- виробництво м'яса всіх видів у забійній вазі за попередніми даними у 2022 році порівняно з 2021 роком зменшилося на 0,1%, в т.ч. у сільгосп-підприємствах – зросло на 4,4%, у господарствах населення – зменшилось на 4,8%;

- за оперативними даними імпорт м'яса і м'ясопродуктів у перерахунку на м'ясо за 2022 рік склав близько 462 тис. тонн або на 18,7% менше ніж минулому році, експорт – близько 40 тис. тонн, або відповідно на 43,9% більше;

- індекс закупівельних цін на худобу і птицю за 2022 рік склав 94,4%, індекс цін виробників м'яса і м'ясопродуктів – 107,3%, споживчих цін по групі "М'ясо і м'ясопродукти" – 106,2%.

Виходячи із ресурсного наповнення внутрішнього ринку у 2022 році споживання м'яса на одну особу за попередніми даними Держкомстату склало 50,6 кг на рік, що на 10,7% більше ніж у 2014 році. За рахунок власного виробництва забезпечувалось близько 80% споживання, решта за рахунок імпортованої сировини.

За даними Держкомстату виробництво м'яса у забійній вазі всіма категоріями господарств у 2022 році склало 1905,9 тис. тонн, що на 0,3% менше ніж у 2021 році. Імпорт м'яса і м'ясопродуктів, за даними Держкомстату, за 2020 рік склав близько 569 тис. тонн в перерахунку на м'ясо (в 2,4 рази більше, ніж у 2019 році), експорт – близько 28 тис. тонн.

За попередніми даними у 2022 році виробництво м'яса зменшилось у порівнянні з минулим роком на 0,1% і склало 1904,6 тис. тонн в забійній вазі. Імпорт у 2020 році склав близько 462 тис. тонн, що на 18,7% менше ніж у 2022 році, експорт 39,9 тис. тонн (на 43,9% більше).

Поголів'я.

На 1 січня 2023 року порівняно з аналогічною датою попереднього року відмічалось зменшення чисельності поголів'я великої рогатої худоби в усіх категоріях господарств. Натомість спостерігалось збільшення поголів'я свиней та птиці, в основному за рахунок сільгосппідприємств.

					БКВ 04.012.010 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Співвідношення між вирощуванням та виробництвом худоби і птиці у сільгосппідприємствах за 12 місяців 2022 року склало 107,8% проти 102,6% за аналогічний період попереднього року, що є позитивною тенденцією та свідчить про нарощування поголів'я та збільшення його ваги.

За 2021 рік на переробку надійшло 1114,1 тис. тонн худоби і птиці в живій вазі (в тому числі худоба і птиця вирощена переробними підприємствами), що на 10,9% менше ніж за 2020 рік. В тому числі 294,8 тис тонн від сільськогосподарських підприємств (на 15,4% менше ніж за 2021 рік) та 658,7 тис. тонн худоби і птиці вирощених на потужностях переробних підприємств (на 2,1% більше). Зменшення загального надходження худоби і птиці на переробку безпосередньо від сільгосптоваровиробників, головним чином пояснюється відсутністю у I кварталі п. р. дотацій для виплати сільськогосподарським товаровиробникам за продані ними переробним підприємствам худобу і птицю, за рахунок сум ПДВ, що повинні сплачуватись до бюджету.

У 2022 році, порівняно із попереднім роком, спостерігалось зменшення виробництва продукції м'ясної промисловості на 12,2%. При цьому, мало місце збільшення виробництва лише м'яса та субпродуктів свійської птиці свіжих чи охолоджених – на 14,0% та морожених – на 6,2%, натомість випуск іншої продукції м'ясної промисловості був меншим ніж за аналогічний період 2014 року. Зокрема виробництво яловичини свіжої та охолодженої зменшилось на 29,0%, свинини свіжої та охолодженої – на 22,4%, виробів ковбасних – на 19,3%.

Цінова ситуація.

Закупівельні ціни. У 2022 році спостерігається певне зниження закупівельних цін на всі види м'яса порівняно із минулорічним рівнем цін. Проте це пов'язано не із зміною ринкових умов, а зі зміною режиму оподаткування ПДВ сільськогосподарських товаровиробників. Індекс закупівельних цін на худобу і птицю за січень -листопад 2021 року склав 94,4%, в тому числі: на ВРХ – 87,1%, на свиней – 88%, на птицю – 98,2%. У листопаді на ринку також

					БКВ 04.012.010 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

спостерігалось зниження закупівельних цін на всі види худоби та птиці. Так індекс цін на ВРХ склав 98,4%, на свиней – 94,4%, на птицю – 98,4%.

Протягом 2022 року спостерігалось підвищення роздрібних цін на всі види м'яса, яке продовжилось і у 2019 році. Так, за 2021 рік індекс споживчих цін на яловичину склав 101%, на свинину – 103,7%, на птицю – 105,7%. В грудні порівняно з листопадом спостерігалось незначне зниження цін на свинину та м'ясо птиці при незначному зростанні цін на яловичину – індекс споживчих цін на яловичину склав 100,5%, на свинину – 99,9%, на м'ясо птиці – 99,6%. Основними причинами зростання цін є зростання витрат переробників м'ясо-сировини. Індекс цін виробників м'яса і м'ясних продуктів за 2014 рік склав 107,3%, зокрема у грудні ц. р. порівняно з листопадом індекс цін виробників м'яса та м'ясопродуктів склав 100,4%.

Свинина закупається на особисті або позикові засоби фірми за готівковий розрахунок за низькими цінами, після обробки іде на реалізацію по оптовим цінам. Велике значення надається роботі з роздрібними магазинами, і широко застосовується особисте розвезення. Реклама середнього рівня, для залучення оптовиків і риночників.

На ринку свинини, більшого значення надається внутрішньому споживанню в країні, як і на багатьох інших ринках. Останнім часом починається етап розвитку цивілізованого бізнесу. За 2021 рік виробництво свинини збільшилось на 150 тис. тонн, що сприяло зменшенню імпортованого м'яса і підтримало вітчизняного виробника.

Аналіз вищевикладених даних за станом м'ясної промисловості на 2022 рік, дозволяє зробити вивід про доцільність проектування, споруди і введення в експлуатацію даного холодильника.

10.2 Економічні розрахунки

Метою цього розділу є техніко-економічна оцінка запропонованого до будівництва об'єкту і доказ економічної доцільності пропонованого варіанту.

					БКВ 04.012.010 ДП	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення в холодильний об'єкт (K_x):

$$K_x = K_{об} + K_{зд} + K_{соор} + K_{ком} \quad (10.1)$$

де $K_{об}$, $K_{зд}$, $K_{соор}$, $K_{ком}$ - капітальні вкладення, відповідно, в холодильне устаткування, будівлі, споруди, комунікації.

Розрахункову вартість устаткування складає вартість основного і іншого устаткування, яке приймаємо в розмірі 10% від вартості основного.

У сумарну вартість устаткування включаються також витрати на доставку, монтаж контрольно-вимірювальних приладів, які розраховуються в % від розрахункової вартості устаткування.

Капітальні вкладення в будівництво ($K_{зд}$) розраховуються по формулі:

$$K_{зд} = F \cdot \Pi_{зд} = 608 \cdot 6 \cdot 4400 = 16051200 \text{ грн} \quad (10.2)$$

де F - виробнича площа, m^2 ;

h - висота виробничого приміщення, м.

$\Pi_{зд}$ - середня вартість $1 m^3$ виробничого приміщення, $\Pi_{зд} = 4400 \text{ грн}/m^3$.

Вартість устаткування визначаємо за прейскурантом і зводимо в таблиці

Таблиця 10.1- Вартість обладнання

Найменування устаткування і його характеристика	Од. вим	Кіл.	Вартість обладнання (грн.)	Загальна Вартість обладнання
Компресорний агрегат ВОРК HG5/830-4	шт.	1	63700	63700
Компресорний агрегат ВОРК HG7/1620-4S	шт.	1	119576	119576
Конденсатор повітряний Alfa Laval ACS902A	шт.	1	147022	147022
Повітроохолоджувач Alfa Laval BFBE 402 B7	шт.	2	76339	152678
Повітроохолоджувач Alfa Laval RL 55	шт.	10	49648	496480
РАЗОМ (з урахуванням ПДВ 20%)			979456 грн.	
Вартість іншого обладнання 10%			97945 грн.	
Розрахункова вартість устаткування			1077401 грн.	
Витрати на упаковку, транспорт 10%			1185141 грн.	
Витрати на монтаж 15%			1239011 грн.	
Вартість будівельних робіт			16051200 грн.	

Вартість проектних робіт, 20% від вартості устаткування і будівельних робіт	3458042
УСЬОГО (зокрема ПДВ 20%)	20748253

Розрахунок собівартості виробництва холоду за рік.

Собівартість продукції на проектованому холодильнику розраховується методом калькулювання собівартості 1000 кДж холоду. Собівартість включає наступні статті витрат:

- 1) Витрати на допоміжні матеріали (холодильний агент, масло і ін.) (C_m).
- 2) Витрати на електроенергію, споживану холодильною установкою при виробництві холоду ($C_{эл}$).
- 3) Витрати по заробітній платі (основна й додаткова з відчисленнями) виробничих працівників ($C_{зп}$).
- 4) Амортизація холодильного устаткування й будинків (C_a).
- 5) Витрати на поточний ремонт устаткування й будинків ($C_{тр}$).
- 6) Інші цехові витрати (заробітна плата цехового персоналу з відрахуваннями, витрати на охорону праці й техніку безпеки, опалення, висвітлення, підтримка чистоти й ін.) ($C_{ц}$).

Визначимо виробництво холоду в умовних одиницях.

$$Q_{роб.} = Q_0 * k * t * n \quad (10.3)$$

де Q_0 - холодопродуктивність компресорів у робочих умовах, Вт;

t - час праці компресора за рік, сек;

n - кількість компресорів даного типу.

k - коефіцієнт, що враховують втрати в трубопроводах і апаратах, приймаємо при безпосереднім охолодженні залежно від температури кипіння холодильного агента – 1,03 .

$$Q_{роб.}^{ЗБ.ЗАМ.} = 12340 * 1,03 * 19440000 * 1 = 2,63 * 10^9 \text{ кДж / рік}$$

$$Q_{роб.}^{ЗБ.ОХОЛ.} = 55720 * 1,03 * 3600 * 24 * 240 * 1 = 11,9 * 10^9 \text{ кДж / рік}$$

					БКВ 04.012.010 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

Тоді, виробництво холоду на об'єкті за рік визначимо по формулі (стандартні умови):

$$Q_{ст} = Q_{роб} * k_n \quad (10.4)$$

де: k_n - коефіцієнт перекладу холодопродуктивності з робочих умов у стандартні, 0.76.

$$Q_{ст.}^{ЗБ.ЗАМ} = 2,63 * 10^9 * 0,76 = 2 * 10^9 \text{ кДж} / \text{рік}$$

$$Q_{роб.}^{ЗБ.ОХОЛ} = 11,9 * 10^8 * 0,76 = 9 * 10^8 \text{ кДж} / \text{рік}$$

Сумарне виробництво холоду за рік на об'єкті визначаємо за формулою:

$$\Sigma Q_{ст.} = Q_{ст.}^{ЗБ.ЗАМ.} + Q_{роб.}^{ЗБ.ОХЛ.} = (2 + 9) * 10^9 = 11 * 10^9 \text{ кДж} / \text{рік}$$

Визначимо витрати на матеріали:

Ємкість системи по агентіві $G_a=0.52$ т, визначуваний по графіку «Тим-часових норм» норму річної потреби в агентіві для системи з $t_0 = -15$ °C і автоматичним випуском повітря з системи: $N=10\%$.

Нормативну потребу в холодоагенті звітному періоді визначимо по формулі:

$$G_{фр.} = N * G_a / 100 \quad (10.5)$$

де $G_{фр}$ - річне поповнення системи холодоагентом , т.

$$G_{фр.} = 10 * 0,52 / 100 = 0,052 \text{ т}$$

Розрахунок вартості річного споживання холодоагенту:

$$G_{та} = C_{фр} * G_{фр} \quad (10.6)$$

де $C_{фр}$ – ціна холодильного агента за тонну.

$$G_{та} = 0,052 * 84000 = 4368 \text{ грн}$$

Річну потребу в мастильних матеріалах на заповнення віднесення можна визначити по формулі:

$$G_m = (g * z * t^2 / t') / 1000 \quad (10.7)$$

де g - витрата масла на один циліндр, 0,0002 кг;

z - сумарне число циліндрів всіх компресорів, 10 шт.;

t - річний час роботи компресора, 8760 годин ;

					БКВ 04.012.010 ДП	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

t^* - нормативний час, через яке масло повинне мінятися, годин (у середньому масло міняється раз у рік, тобто $t = 5400 - 2700$ годин).

$$G_m = (0,0002 * 10 * 8760^2 / 5400) / 1000 = 0,028 m / рік$$

Річні витрати на масло визначимо по формулі:

$$G_{m/p} = C_m \cdot G_m \quad (10.8)$$

де C_m - ціна за 1 т мастила (з урахуванням транспортних витрат), 240000грн.

$$G_{m/p} = 240000 * 0,028 = 6821 грн$$

Розрахунок загальної величини витрат на допоміжні матеріали виробляється в таблиці

Таблиця 10.2 -Витрати на допоміжні матеріали

Статті витрат	Вартість ,грн.
Поповнення системи холодильним агентом (R 507A)	4368
Мастила	6821
РАЗОМ:	11189
Інші невраховані витрати (0,5% від суми вище зарахованих статей)	559
УСЬОГО:	11748

Витрати на електроенергію для компресорної холодильної установки можна визначити по формулі:

$$\sum N_y = N_k + N_{n.o} + N_n \quad (10.9)$$

де $\sum N_y$ - установлена потужність холодильної установки (компресора, вентиляторів повітроохолоджувачів) кВт;

$$\sum N_y = 45 + 7 + 2 = 54 кВт$$

Річні витрати на електроенергію знаходимо за формулою:

$$C_{el} = \sum N_y * \eta_3 * \eta_6 * \eta_{дон} * T * C_{el} \quad (10.10)$$

де $\eta_z, \eta_e, \eta_{доп}$ - коефіцієнти завантаження електродвигуна по потужності, облік витрат електроенергії в електричних межах підприємства й витрат енергії на привод допоміжних механізмів холодильної системи, 0,85, 1,05, 1,1.

T - річний фонд часу роботи холодильної установки на підприємстві, година за рік (T = 5000 ... 8000)

$C_{ел}$ - вартість 1 кВт · г електроенергії, що споживається на підприємстві, 1,3грн./кВт · г

$$C_{ел} = 54 * 0,85 * 1,05 * 1,1 * 5000 * 1,3 = 344595 \text{ грн.}$$

Розрахунок фонду заробітної плати виробничого персоналу компресорного цеху.

$$Z_r = Z_m * 11 * 1,22 * 1,1 \quad (10.11)$$

де Z_m - прямий місячний фонд зарплати, грн.;

11 - кількість робочих місяців у році;

1,22 - коефіцієнт, що враховує розмір додаткової зарплати;

1,1 - коефіцієнт, що враховує розмір єдиних соціальних виплат.

Розрахунок чисельності обслуговуючого персоналу й фонду зарплати зведені в таблицю 10.3

Таблиця 10.3 - Чисельність обслуговуючого персоналу

Посада	К-ть чол.	Місячний фонд, грн.	Річний фонд, грн.
Начальник комп-го цеху	1	5000	73810
Машиніст 5-го розряду	2	3800	112191
Машиніст 4-го розряду	1	3200	47238
Слюсар 5-го розряду	1	2800	41334
Прибиральниця	1	2000	29524
Сумарно			304097

Річні амортизаційні відрахування розраховуються по формулі:

$$C_a = C_0 * H_{ao} = 1239011 * 0,15 + 16051200 * 0,05 = 984411 \text{ грн.} \quad (10.12)$$

де C_0 - вартість устаткування, грн.

H_{ao} - норма відрахування від вартості %, приймаємо відповідно 15% і 5%.

Розрахунок річних витрат на поточний ремонт устаткування виконуємо:

$$C_p = C_0 \cdot P_o = 16051200 \cdot 0,02 + 1239011 \cdot 0,05 = 383024 \text{ грн.} \quad (10.13)$$

де P_o - відсоток вартості будинку (2%) і устаткування (5%).

Інші цехові витрати приймаємо в розмірі 10 % від загальної суми витрат на експлуатацію:

$$C_u = 11748 + 344595 + 304097 + 1367435 = 2027875 \text{ грн.}$$

Приводимо це в таблицю

Таблиця 10.4 - Статті витрат

Стаття витрат	Сума, грн.
1. Матеріали	11748
2. Електроенергія	344595
3. Заробітна плата з нарахуваннями	304097
4. Амортизація і цехові витрати	1367435
РАЗОМ: (цехова собівартість)	2027875

Розрахунок собівартості одиниці холоду (у грн. за 1000 кДж) виконуємо по формулі:

$$C_{1000} = C / Q_{cm} = 2027875 / 11 \cdot 10^6 = 0,2 \text{ грн. / т.кДж} \quad (10.14)$$

10.3 Розрахунок річного економічного ефекту.

Величина економічного ефекту (прибутку) від холодильної обробки й зберігання визначаємо виходячи із закупівельної ціни продукції, витрат на зберігання і ціни реалізації після холодильної обробки по формулі:

$$П = Ц_p \cdot V \cdot (1 - \gamma) - (Ц_z \cdot V + C) \cdot \kappa_{II}, \text{ грн.} \quad (10.15)$$

де $П$ – прибуток (за рік), грн.;

$Ц_p$ - ціна реалізації (включено з ПДВ), свинина 45000-50000 грн./т;

$Ц_z$ - закупівельна ціна, свинина 33000-38000 грн./т;

C - сумарні річні витрати холодильного виробництва;

V - річний товарообіг холодильника, $V=600$ т;

γ - коефіцієнт урахування втрат продукції, складає 5 %;

k_n - коефіцієнт врахування зменшення прибутку в залежності від величини податку на прибуток (у разі коли податок на прибуток, приймаємо $k_n = 0,82$

$$\begin{aligned} \Pi = & (45000 \cdot 600 \cdot (1 - 0.05) + 50000 \cdot 100 \cdot (1 - 0.05)) - \\ & - ((30000 \cdot 600(1 - 0.05) + 35000 \cdot 100 \cdot (1 - 0.05))) \cdot 0.82 = 6\,543\,600 \text{ грн} \end{aligned}$$

Економічна ефективність (рентабельність) капітальних вкладень:

$$E = \Pi / K = 6543600 / 20748253 = 0,31 \quad (10.16)$$

де K - капітальні вкладення в холодильне виробництво, 20748253грн.

Строк окупності капітальних вкладень (T) визначається по формулі:

$$T = K / \Pi = 20748253 / 6543600 = 3,2 \text{ роки} \quad (10.17)$$

Вважається, що створення об'єкта ефективно в цілому, якщо:

$$E > E_n \quad T < T_n$$

де E_n - нормативний коефіцієнт економ, ефективності (0,15)

T_n – нормативний строк окупності капітальних вкладень (до 6;7 років).

Основні техніко-економічні показники, певні в процесі проектування, зводяться в таблицю

Таблиця 10.5 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показник	Проект
Місткість одночасного зберігання, т	600
Холодопродуктивність, кВт.	68,06
Кількість компресорів, шт.	2
Установлена потужність, кВт.	54
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	7
Собівартість 1000 кДж холоду, грн.	0,2
Капітальні вкладення, грн.	20748253
Експлуатаційні витрати, грн./рік.	2027785
Прибуток, грн./рік.	6543600
Термін окупності капітальних вкладень, рік.	3.2
Рентабельність	0,31

Висновок

На підприємстві буде встановлено сучасне устаткування, що дозволяє підтримувати заданий температурно-вологовий режим і зберігати продукт довгий час без втрати якості. Собівартість 1000 кДж холоду складає 0.2 грн, що є хорошим показником конкурентоспроможності підприємства з погляду питання енергозбереження. Термін окупності складає 3.2 року, що добре співвідноситься з нормативним показником до 6-7 років, і дозволить задовго до серйозного зносу устаткування отримати значний прибуток від підприємства.

Результати проведеного повного техніко-економічного аналізу проєктованого холодильника показують, що дане підприємство є рентабельним і прибутковим в умовах сучасної ринкової економіки.

					БКВ 04.012.010 ДП	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11 ОХОРОНА ПРАЦІ

Повністю безпечних і шкідливих виробництв не існує. Завдання охорони праці - звести до мінімальної вірогідності ураження або захворювання, що працює з одночасним забезпеченням комфорту, при максимальній продуктивності праці. Реальні виробничі умови характеризуються, як правило, наявністю деяких небезпечних і шкідливих виробничих чинників.

Холодоагент R507a не токсичний і не спалахує у всьому діапазоні температур експлуатації. Проте при попаданні повітря в систему і стискуванні можуть утворюватися пальні суміші. R507a розкладається під впливом полум'я з утворенням отруйних і дратівливих з'єднань, таких, як фтористий водень.

Із-за значного потенціалу глобального потепління GWP рекомендується застосовувати R507a в герметичних холодильних системах.

R507a широко використовують у всьому світі як основну заміну R12 для холодильного устаткування, що працює в низкотемпературному діапазоні. Його застосовують в побутових холодильниках, торгівельному холодильному низкотемпературному устаткуванні, промислових установках, системах кондиціювання повітря в будівлях і промислових приміщеннях, а також на холодильному транспорті.

Проектування і експлуатація даної птахофабрики регламентуються «Будівельними нормами і правилами», «Правилами пристрою електроустановок», а також «Типовими правилами пожежної безпеки для промислових підприємств. Дане виробництво відноситься до категорії Б (клас вибухонебезпеки В-1б) - вибухопожежне виробництво, в якому використовуються горючі гази, нижня межа займання яких вище 10%, а також рідини з температурою спалаху вище 28 °С або нагріті до температури спалаху і вище.

Проекти холодильних установок розробляються з врахуванням забезпечення раціональних технічних рішень, умов для безпечної експлуатації холодильного устаткування і задовольняють положенням СНіП, що діють.

Холодильне устаткування і трубопроводи розташовані в такому машинному відділенні, в якому можна виробити їх монтаж із забезпеченням висоти для проходу 2,2 м, - від відмітки підлоги до виступаючих частин устаткування (трубопроводів, арматури і ін.).

Забороняється розташовувати в одному приміщенні з холодильною установкою пристрої з відкритим полум'ям або з температурою поверхонь більше 300°C, а також вибухонебезпечне устаткування.

Забороняється розташовувати холодильні установки на сходових майданчиках, під сходами, в коридорах.

Двері машинних відділень, а також охолоджуваних приміщень (холодильних камер) відкриваються у бік виходу.

Ширина проходів в машинному відділенні:

головний прохід і прохід від електрощита до виступаючих частин машини (у там числі до обгороджувань і фундаменту колон) - становить 1,5 м; між виступаючими частинами машин - 1 м;

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

між гладкою стіною і машиною - 0,8м.

Допускається встановлювати холодильне устаткування стороною, що не вимагає обслуговування, в стінах без наявності проходів.

Розміщення холодильного устаткування забезпечує зручність і безпеку обслуговування. Одинична, рідко використовувана арматура, розташована на висоті не більше 3 м., обслуговується з переносних сходів і драбин.

Майданчики, переходи і сходи, що вмонтовані в машинному відділенні, захищені поручнями заввишки 1 м, забезпеченими знизу суцільним металевим зашиванням заввишки 15см.

Рівні і майданчики сходів виготовлені з рифленої листової або круглої сталі. Ширина сходів 60 см, відстань між рівнями по висоті - 20 см, ширина рівнів-12см.

Всі рухомі частини машини, а також машини, апарати і трубопроводи в місцях, де вони можуть піддаватися ударам, захищені.

Фундаменти під компресори (агрегати) відокремлені від фундаментів стін або колон будівлі машинного відділення. При установці агрегатів на перекриттях передбачені заходи, що знижують можливість передачі вібрації на будівельні конструкції відповідно до нормативних документів, що діють.

У схемі трубопроводів передбачена можливість відсмоктування холодоагенту з будь-яких апаратів, судин, повітроохолоджувачів і батарей.

Щоб уникнути пошкодження вантажами або підйомно-транспортними засобами труб з хладоном, їх прокладка в холодильних камерах зроблена уздовж стін, перегородок і проходів без пересічення вантажного об'єму камер.

Технологічні трубопроводи, що проходять через приміщення машинного відділення і не пов'язані з роботою холодильної установки, не мають в межах цього приміщення роз'ємних з'єднань (фланців, замкової арматури і т.д.).

Трубопроводи неагрегатованих фреонових установок мають наступне пізнавальне забарвлення;

всмоктуючі-синю;

нагнітальні-червону;

рідинні-сріблясту;

водяні-зелену.

Напрямок руху хладону, вказується стрілками, нанесеними чорною фарбою.

При постійному обслуговуванні холодильної установки персоналом наявність природного освітлення в машинному відділенні обов'язково.

У машинних відділеннях передбачене робоче і аварійне (від незалежного джерела) освітлення. Аварійне освітлення автоматично включається при відключенні основного джерела освітлення. Для освітлення при огляді, ремонті, чищенню і тому подібне застосовуються переносні ручні світильники з мікрозахисту IP 54 із запобіжною сіткою напругою не більше 42 В. Для приміщень з періодично обслуговуваними автоматизованими фреоновими установками аварійне освітлення не обов'язкове.

Машинне відділення забезпечене опалюванням і вентиляцією відповідно до вимог СН 245-71 і Сніп II-33-75*. Температура в машинних і апаратних

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		71

відділеннях підтримується на рівні не нижче 16°C при непрацюючому устаткуванні.

Припливна і витяжна (вона ж аварійна) вентиляція в машинних відділеннях примусові з кратністю повітрообміну:

припливна - 3,

витяжна (аварійна)-4 в годину.

Видалення повітря здійснюється поблизу холодильних агрегатів з нижньої зони приміщення згідно СНіП II-33-75*, при цьому 2/3 загального об'єму повітря видаляється з нижньої частини зони і 1/3 - з верхньої зони. Так як в нас використовується повітряний конденсатор (при установці його в приміщенні) він забезпечений обдуванням зовнішнім повітрям в кількості, що забезпечує робочий режим машини.

Забороняється об'єднувати між собою фреонові трубопроводи агрегатованих холодильних установок заводського постачання (за винятком трубопроводів, що сполучають машини з дренажним ресивером, і аварійного викиду хладону).

Технічний огляд апаратів (посудин) фреонових установок, що підлягають дії "Правил пристрою і безпечної експлуатації судин, що працюють під тиском", але не реєстрованих в органах Держміськтехнагляду, повинен проводитися підприємством - власником посудин до пуску в роботу, періодично в процесі експлуатації і достроково. Випробування апаратів (посудин) тиском може бути або гідравлічним (із заповненням судини для фреонових холодильних машин маслом), або пневматичним на такий же пробний тиск сухим інертним газом (азотом або вуглекислотою) або сухим повітрям з точкою роси не більш мінус 40°C (випробування водою забороняється).
П р и м і т к а. Допускається випробування на міцність проводити холодоагентом в апаратах, де можливе створення необхідного тиску агенту шляхом наприклад, прокачування підігрітої води або іншого теплоносія через випробуваний апарат.

При технічному огляді до пуску в роботу випробування знов встановленого апарату (посудини) дозволяється не проводити, якщо з моменту проведення такого випробування на заводі - виробнику пройшло менше 12 міс, посудина не отримала пошкоджень при транспортуванні до місця установки і монтаж його вироблявся без вживання зварки або паяння елементів, що працюють під тиском.

Якщо термін консервації, встановлений заводом-виробником, більше 12 міс, то в холодильних агрегатах, що поставляються заповненими маслом і газом-консервантом і що зберегли надлишковий тиск до пуску в роботу, при технічному огляді (в межах терміну складської консервації до трьох років) вирішується випробування на міцність апаратів не проводити. Їх слід піддати зовнішньому і в доступних місцях внутрішньому огляду з подальшим випробуванням на щільність разом з системою змонтованих трубопроводів.

Апарати (посудини) піддаються достроковому технічному огляду: після реконструкції і ремонту із застосуванням зварки і паяння частин, що працюють під тиском;

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
						72
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

після бездіяльності в не законсервованому стані (без надлишкового тиску хладону або азоту) більш одного року;

якщо такий огляд необхідний по розсуду особи, що здійснює нагляд або відповідального за їх справний стан і безпечну дію.

Результати технічного огляду апарату (посудини), дозвіл на пуск в роботу з вказівкою терміну наступного технічного огляду записуються в книгу обліку і огляду посудин, а також в паспорт посудини особою, що проводила даний технічний огляд.

Тиск при випробуванні слід піднімати поступово з оглядом апаратів (посудин) досягши 0,3 і 0,6 пробного тиску з припиненням підйому тиску на час огляду. Після цього тиск піднімається до пробного і під цим тиском апарат (посудина) повинен знаходитися протягом 5 хв, після чого тиск поступово знижується до розрахункового, при якому оглядається апарати (посудини) з контролем щільності його швів і роз'ємних з'єднань.

Апарат (посудина) визнається таким, що витримав випробування, якщо: у нім не виявиться ознак розриву;

не будуть відмічена течя і потіння в зварних швах, а при пневматичному випробуванні-пропуск газу;

не будуть відмічені видимі залишкові деформації після випробувань.

Система трубопроводів після монтажу має бути ретельно продута і випробувана на міцність і щільність пробним тиском сухого повітря або інертного газу з точкою роси не більш мінус 40°C окремо по сторонах високого і низького тиску. Випробування проводяться при відключених компресорах, приладах контролю і автоматики, а також апаратах, якщо випробування апаратів на міцність не входить в об'єм технічного огляду, до пуску в роботу. Під пробним тиском система трубопроводів (або окремі її ділянки) повинна знаходитися не менше 5 хв.

Після випробувань на міцність система трубопроводів і апаратів (посудин) випробовується на щільність (герметичність) тиском сухого повітря або інертного газу окремо по сторонах високого і низького тиску і витримкою під тиском протягом 18 год. із записом тиску через кожну годину. Протягом перших 6 год. тиск може мінятися унаслідок вирівнювання температур внутрішнього і оточуючого середовищ. Протягом подальших 12 год. тиск не повинен мінятися за умови постійності температури навколишнього повітря, інакше має бути вироблений перерахунок. Випробування на щільність повинне проводитися до ізоляції трубопроводів і апаратів.

Пневматичне випробування апаратів (посудин) і системи трубопроводів пробним тиском проводиться з дотриманням наступних заходів безпеки:

вентиль на наповнювальному трубопроводі від джерела тиску і манометри мають бути виведені за межі охоронної зони. Знаходитися кому-небудь в цій зоні в період нагнітання повітря або інертного газу і при витримці пробного тиску забороняється;

на випробовуваному апараті (посудині) або системі трубопроводів є не

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

менше одного запобіжного клапана, відрегульованого на відкриття при тиску, що перевищує відповідний пробний тиск не більш, ніж на 0,1 Мпа (1 кгс/см²)

При проведенні випробувань системи трубопроводів і апаратів (посудин) на щільність з визначенням падіння тиску на час випробування охоронну зону не встановлюють.

При пневматичному випробуванні для створення тиску в системі забороняється використовувати фреоновий компресор.

Після закінчення пневматичного випробування проводиться вакуумування системи трубопроводів і апаратів (посудин) з метою їх осушення при температурі навколишнього повітря не менш е15°C.

Після досягнення залишкового тиску від 0,6 до 1,0 кПа (від 5 до 8 мм рт. ст.) рекомендується продовжити вакуумування протягом 18 год., після чого випробувати систему на вакуум. При випробуванні система повинна залишатися під вакуумом протягом 18 год. із записом тиску через кожну годину

Протягом перших 6 год. допускається підвищення тиску не більш, ніж на 0,5 кПа (4 мм рт. ст.). У останній час тиск може змінюватися лише на величину, відповідну зміні температури навколишнього повітря.

Після заповнення установки хладоном проводиться додаткова перевірка щільності всіх з'єднань системи за допомогою втечешукача.

На кожному апараті (посудині) є нанесений фарбою на видному місці або на спеціальній табличці:

реєстраційний номер;

дозволений тиск;

дата (місяць і рік) проведеного і наступного технічного випробовування.

Запобіжний клапан компресора запобігає підвищення різниці тиску нагнітання і всмоктування понад встановлене значення і захищає механізм руху від перевантаження, перепускаючи пару з порожнини нагнітання в порожнину всмоктування.

Запобіжний клапан апарату запобігає підвищення тиску понад допустиме значення і захищає апарат і трубопроводи, автоматично скидаючи пару холодагента безпосередньо в атмосферу або через проміжний трубопровід в посудину з нижчим тиском.

Справність запобіжних клапанів апаратів перевіряють не рідше за один раз в 6 міс. Після перевірки і регулювання клапани пломбують із складанням акту.

Мінімальна площа перетину запобіжного клапана:

$$F_{\text{кл}} = \frac{G_p}{\mu \cdot B \cdot \sqrt{2 \cdot \rho_{\text{ср}} \cdot (P_1 - P_2)}}, \text{м}^2, \quad (11.1)$$

де: G_p – масова витрата холодильного агента, кг/с; $G_p = 0,52$ кг/с;

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		74

$\mu = 0,75$ – коефіцієнт витрати пари для даної конструкції клапана (визначений виготовленням клапана експериментально і записаний в паспорт клапана);

$\rho_{\text{ср}}$ – щільність середовища при тиску p_1 ; $\rho_{\text{ср}} = 117,25 \text{ кг/м}^3$;

p_1, p_2 – відповідно максимальний абсолютний тиск перед клапаном і за клапаном, $p_1 = 2,1 \text{ МПа}$; $p_2 = 1,6 \text{ МПа}$;

B – коефіцієнт, що враховує фізико - хімічні властивості речовини при робочих параметрах:

$$B = 1,59 \sqrt{\frac{k}{k+1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k-1}}}; \quad (11.2)$$

$$B = 1,59 \sqrt{\frac{1,29}{1,2+1} \cdot \left(\frac{2}{1,2+1}\right)^{\frac{1}{1,2-1}}} = 0,852;$$

k – показник адіабати, $k = 1,2$;

$$F_{\text{кл}} = \frac{0,52}{0,75 \cdot 0,852 \cdot \sqrt{2 \cdot 117,25 \cdot (2,1 - 1,6) \cdot 10^5}} = 2,37 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2. \quad (11.3)$$

Визначимо мінімальний діаметр прохідного перетину сідла клапана:

$$d_{\text{кл}} = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2,37 \cdot 10^{-4}}{3,14}} = 0,02 \text{ м}. \quad (11.4)$$

Фреони володіють вельми високою текучістю. Вони здатні проникати через щонайменші нещільності навіть крізь дрібні пори металу. Обслуговуючий персонал не може виявити витік фреону безпосередньо за допомогою органів чуття (як для аміаку), оскільки фреони, при атмосферному тиску є безбарвним газом з дуже слабким запахом, який починає відчуватися лише при вмісті фреону в повітрі більше 20-30% за об'ємом.

Витік фреону приводить до порушення технологічного режиму споживачів холоду, неблагоприємно позначається на температурному режимі роботи холодильної машини, викликає перегрів обмотки електродвигуна герметичного компресора і вихід його з ладу.

Розглянемо методи визначення витіку фреонів.

1. Обмилення місць з'єднань елементів холодильної установки. В разі витіку фреону з'являються зростаючі міхури. Щоб піна довше не висихала, в мильний розчин додають гліцерин.

2. Визначення великого витіку агента по масляному витіку в місці розгерметизації (у установках, що використовують фреони і масла з хорошою взаємною розчинністю).

3. Визначення витіку за допомогою галоїдних ламп (найпоширеніший

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		75

метод). Принцип дії галоїдних ламп заснований на тому, що продукти розкладання фреону у присутності розжареної міді забарвлюють безбарвне полум'я пальника і збільшують висоту факела. Висока чутливість галоїдних ламп реалізується повною мірою, якщо витік визначається в добре провітреному приміщенні. Залежно від вживаного палива існує декілька типів галоїдних ламп: спиртні, пропанові, бензинові, ацетиленові, найбільш чутливі при роботі на пропан-бутані.

Судини, ресивери повинні мати справні візуальні показники рівня рідини, які повинні застосовуватися плоске (рефлекторне) скло. Показники рівня мають бути обладнані замковими пристосуваннями для їх відключення в разі поломки скла.

Манометри (мановакууметри) комплектовані заводським постачанням є встановлені на кожному компресорі для спостереження за робочим тиском всмоктування, нагнітання, в системі мастила і в картері. Манометри (мановакууметри) встановлені на апаратах, судинах, технологічному устаткуванні з безпосереднім охолодженням, фреонових насосах, а також на розподільних пристроях (рідинних, всмоктуючих, відтаюванні), сполучених трубопроводами з устаткуванням холодильних камер, і на загальних всмоктуючих і нагнітальних трубопроводах, до яких паралельно приєднано декілька компресорів.

Манометр вибирається з такою шкалою, щоб межа виміру робочого тиску знаходилася в другій третині шкали. Між манометром і апаратом (посудиною) встановлений трьохходовий кран або штуцер із замковим органом для під'єднування другого манометра. За наявності можливості перевірити манометр у встановлені терміни, знявши його з посудини, установка трьохходового крану або замінюючого його пристрою не обов'язкова.

Манометри мають клас не нижче 2,5 (ГОСТ 8625-77) і встановлюються так, щоб їх свідчення були виразно видні. Циферблат розташований у вертикальній площині або з нахилом вперед до 30 градусів. Манометр має червону межу по діленню, відповідному дозволеному робочому тиску в судині.

Всі встановлені манометри опломбовані або мають клеймо перевірки. Перевірка манометрів проводиться щорік, а також кожного разу після проведеного ремонту манометра.

Не рідше за один раз в 6 міс. підприємством виробляється додаткова перевірка робочих манометрів контрольним манометром із записом результатів в журнал контрольних перевірок. За відсутності контрольного манометра допускається виробляти додаткову перевірку перевіреним робочим манометром.

Манометр не допускається до застосування у випадках, коли відсутня пломба або клеймо, прострочений термін перевірки, стрілка манометра при його виключенні не повертається на нульову відмітку шкали, розбито скло або є інші пошкодження, які можуть відбитися на правильності його свідчень.

Посудини що містять рідкий холодоагент, апарати і технологічне устаткування з безпосереднім охолодженням мають справні пружинні запобіжні

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		76

клапани або плавкі пробки.

До обслуговування холодильних систем допускаються особи не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд і що мають документ про закінчення спеціального учбового закладу або курсів. До самостійного обслуговування холодильних систем допущені працівники лише після проходження під керівництвом досвідного наставника стажування протягом одного місяця і відповідної перевірки знань.

Виконання робіт в машинних і апаратних відділеннях, а також в холодильних камерах і інших приміщеннях, де є холодильне устаткування, працівниками, не пов'язаними з обслуговуванням холодильної системи і експлуатацією холодильних камер (ремонт, теплоізоляція, фарбування, устаткування і труб і ін.), виробляється після відповідного інструктажу і під спостереженням працівника, відповідального за експлуатацію холодильної системи.

Особи, допущені до технічного обслуговування конкретної системи, окрім загальнотеоретичних знань і вимог Правил безпечної експлуатації холодильної установки, повинні знати:

- пристрій, правила обслуговування і принцип роботи холодильної системи, включаючи систему трубопроводів;
- порядок виконання робіт по пуску, зупинці холодильної системи і її елементів, регулюванню режиму їх роботи (відповідно до інструкцій організації виробника по обслуговуванню встановленого устаткування);
- нормальний режим роботи холодильної системи;
- правила заповнення хладагентом, маслом і холодоносієм;
- порядок ведення експлуатаційного журналу холодильної системи;
- правила користування засобами індивідуального захисту;
- правила охорони праці і надання долікарської допомоги, у тому числі при ураженні електрострумом.

Періодична перевірка знань обслуговуючого персоналу правил, нормативних документів по технічному обслуговуванню холодильної системи і охорони праці, а також практичних дій проводиться не рідше за 1 раз в рік комісією, що складається з фахівців з холодильної техніки і охорони праці. Склад комісії затверджується працедавцем.

У входів в охолоджувані приміщення (коридор, естакада) вивішені інструкції по охороні праці при проведенні робіт в цих приміщеннях і захисті пристроїв, що охолоджують, і трубопроводів від пошкоджень. Проходи поблизу холодильного устаткування завжди вільні, а підлоги проходів - в справному стані.

Куріння в машинних відділеннях, а також в інших приміщеннях, де встановлено холодильне устаткування, забороняється. Зварка і паяння при ремонті машин, агрегатів, апаратів, трубопроводів холодильних систем, що діють, застосовуються під спостереженням старшого технічного персоналу і за наявності письмового дозволу працівника, відповідального в організації за справний стан, правильну і безпечну експлуатацію холодильних систем.

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		77

Холодильні системи є забезпечені первинними засобами пожежогасінні відповідно до норм, що діють. Розміщення і зберігання в приміщеннях холодильних установок сторонніх предметів не допускається.

Перед початком роботи з устаткуванням в закритих приміщеннях переконаються в тому, що розвантажувальні колектори запобіжних клапанів і спускові вентиля виведені за межі приміщення і відключені від всіх повітрозабірників, сполучених з будівлею. Перевіряють, чи добре вентилюється приміщення. При необхідності для розсіювання пари хладагентів можна скористатися допоміжними вентиляційними системами (наприклад, повітродувками або вентиляторами). Перш ніж увійти до закритих приміщень, перевіряють його на наявність кисню. Для випробування на наявність кисню не можна користуватися монітором наявності витоків, оскільки з його допомогою не можна встановити, чи досить в приміщенні кисню для життєдіяльності. Для контролю за наявністю кисню у виробничих приміщеннях мають бути передбачені спеціальні прилади.

Первинну заправку або дозаправку холодильної системи хладагентом (хладоном) в умовах експлуатації рекомендується виконувати по рідкій фазі хладагента, якщо інше не передбачене організацією-изготовителем. При дозаправці використовують капілярну трубку або інший пристрій, що забезпечує дроселювання рідини, для запобігання можливості попадання рідкого холодоагенту у всмоктууючу порожнину компресора.

Перед заповненням холодильної системи агентом слід упевнитися в тому, що в балоні міститься відповідний холодильний агент. Перевірка проводиться по величині тиску пари хладагента при температурі балона, рівній температурі навколишнього повітря. Перед перевіркою балон повинен знаходитися в даному приміщенні не менше 6 годин. Залежність тиску хладагента від температури навколишнього повітря перевіряється по таблиці насиченої пари.

Приміщення розподілюючих пристроїв(РП) підприємства (організації), що примикає до приміщень, належним стороннім організаціями і що має устаткування, що знаходиться під напругою, не сполучається з ними і має окремий вихід, що закривається. Кабельні канали РП закриваються знімними негорючими плитами і містяться в чистоті.

Струмоведучі частини пускорегулюючих і захисних апаратів є захищені від випадкових дотиків. У спеціальних приміщеннях (електромашинних, щитових, станцій управління і т. д.) допускається відкрита (без захисних кожухів) установка апаратів.

В чергового персоналу або особи, відповідальної за електрогосподарство, наявний запас плавких комбінованих вставок. Використання некаліброваних плавких вставок забороняється. Плавкі вставки повинні строго відповідати даному типові запобіжників.

На зовнішніх дверях РП вказуються їх найменування. Всі дроти, шини, кабелі, контрольні затиски і запобіжники маркуються по єдиній системі (ізованими білками, написом або гравіюванням на корпусі або на щитку над

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		78

або під затисками і запобіжниками) . На запобіжниках і запобіжних витках, крім того, вказується номінальний струм плавкої вставки. Панелі РП забарвлюються в світлі тони, на них виконуються чіткі написи, які вказують призначення окремих ланцюгів, приводів. На дверях РП вивішуються застережливі плакати відповідно до вимог правил техніки безпеки. Такі написи є на лицьовій і оборотній сторонах панелей.

На всіх ключах, кнопках і рукоятках управління є написи, що вказують операцію, для якої вони призначені (“Включити”, “Відключити”, “Збавити”, “Додати” і ін.) . На сигнальних лампах і інших сигнальних апаратах присутні написи, які вказують характер сигналу (“Вкл.”, “Викл.”, “Перегрів” і ін.).

Огляд і очищення розподільних пристроїв, щитів, складок, щитків від пилу і забруднення проводиться 1 раз в 3 міс.

Заземляючі пристрої електроустановок споживачів відповідають вимогам, що діють. Заземляючі пристрої забезпечують безпеку людей і захист електроустановок, а також експлуатаційні режими роботи. Для тієї частини електроустаткування, яка може виявитися під напругою унаслідок порушення ізоляції, є забезпечений надійний контакт із заземляючим пристроєм, або із заземленими конструкціями, на яких воно встановлене.

Приєднання заземляючих провідників до заземлення, заземляючого контуру і до конструкцій, що заземляються, виконане зваркою, а до корпусів апаратів, машин і опорам повітряних ліній електропередачі - зваркою або надійним болтовим з'єднанням і задовольняти вимогам ГОСТ 10434-82*.

Відкрито прокладені заземляючі провідники мають помітне забарвлення відповідно до вимог ГОСТ.

Використання землі як фазний або нульовий дріт в електроустановках напругою до 1000 В забороняється.

Тимчасові переносні заземлення, вживані для заземлення струмоведучих частин ремонтної частини електроустановки, що складаються з провідників для закорочення фаз і провідників для приєднання до заземляючого пристрою, виконане з неізольованих гнучких мідних багатожильних проводів, що мають перетин, відповідний вимогам термічної стійкості при коротких замиканнях.

Для визначення технічного стану заземляючого пристрою періодично проводяться ;

- а)зовнішній огляд видимої частини заземляючого пристрою
- б) огляд з перевіркою ланцюга між заземленням і елементами (відсутність обривів і незадовільних контактів в проводі, що сполучає апарат із заземляючим пристроєм), що заземляються, а також перевірка пробивних запобіжників трансформаторів;
- в)вимір опору заземляючого пристрою;
- г)перевірка ланцюга фаза-нуль;
- д)перевірка надійності з'єднань природних заземлень;

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		79

е) вибірковий розтин ґрунту для огляду елементів заземлюючого пристрою, що знаходяться в землі;

є) вимір питомого опору ґрунту для опор ліній електропередачі напругою вище 1000 В.

Зовнішній огляд заземлюючого пристрою проводиться на місці з оглядом електроустаткування РУ, трансформаторних підстанцій і розподільних пунктів, а також цехових і інших електроустановок.

Про огляди, виявлені несправності і прийняті заходи мають бути зроблені відповідні записи в журналі огляду заземлюючих пристроїв або оперативному журналі.

На кожен заземлюючий пристрій, що знаходиться в експлуатації, є паспорт, що містить схему заземлення, основні технічні дані, дані про результати перевірки стану заземлюючого пристрою, про характер ремонтів і зміни, внесені до даного пристрою.

Захисне заземлення - навмисне електричне з'єднання із землею або її еквівалентом металевих неструмоведучих частин, які можуть виявитися під напругою.

Проведемо розрахунок захисного заземлення.
Розрахункове значення питомого опору ґрунту:

$$\rho_{\text{гр}} = \rho_{\text{р}} \cdot \psi, \text{ Ом} \cdot \text{м}, \quad (11.5)$$

де: $\rho_{\text{р}}$ – питомий опір Ом/м; $\rho_{\text{р}} = 30 \text{ Ом} \cdot \text{м}$ – для чорнозему;

ψ – кліматичний коефіцієнт, $\psi = 1,5 \text{ Ом} \cdot \text{м}$;

$$\rho_{\text{гр}} = 30 \cdot 1,5 = 45 \text{ Ом} \cdot \text{м};$$

Приймаємо електроди сталеві вертикальні трубні: діаметр стрижня $d = 0,04 \text{ м}$, довжина стрижня $l = 3 \text{ м}$, відстань між стрижнями $l' = 6 \text{ м}$.

Відстань від середини стрижня до рівня землі:

$$t = \frac{1}{2} + t_3, \text{ м} \quad (11.6)$$

де: t_3 – відстань від вершини стрижня до рівня землі, м. приймаємо:

$$t_3 = 0,5 \text{ м}.$$

$$t = \frac{3}{2} + 0,5 = 2 \text{ м}.$$

Розраховуємо опір одного вертикального заземлення:

$$R_0 = \frac{\rho_{\text{гр}}}{2 \cdot \pi \cdot l} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot l}{d} \right) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4t+1}{4t-1} \right) \right], \text{ Ом}. \quad (11.7)$$

$$R_0 = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \left[\ln \left(\frac{2 \cdot 3}{0,04} \right) + \frac{1}{2} \ln \left(\frac{4 \cdot 2 + 1}{4 \cdot 2 - 1} \right) \right] = 12,27, \text{ Ом}.$$

Мінімальна кількість заземлювачів:

$$n = \frac{R_0}{R_{тр}}, \text{ шт}, \quad (11.8)$$

де: $R_{тр}$ – необхідний опір, Ом; $R_{тр} = 4$ Ом;

$$n = \frac{12,27}{4} = 3,07 \text{ шт.}$$

Приймаємо $n = 4$ шт.

Відношення відстані між стрижнями до довжини стрижня:

$$\frac{l'}{l} = \frac{6}{3} = 2.$$

Опір системи вертикальних стрижньових заземлювачів:

$$R_{сз} = \frac{R_0}{n \cdot \eta_b}, \quad (11.9)$$

де: $\eta = 0,85$ – коефіцієнт використання вертикальних стрижньових заземлювачів;

$$R_{сз} = \frac{12,27}{4 \cdot 0,91} = 3,37 \text{ Ом.}$$

Загальна довжина сполучної смуги (контурне заземлення):

$$L_{п} = l' \cdot (n-1) = 6 \cdot (4-1) = 18 \text{ м.} \quad (11.10)$$

Визначимо опір розтікання струму сполучної смуги:

$$R_{п} = \frac{\rho_{тр}}{2 \cdot \pi \cdot \eta_r \cdot L_{п}} \cdot \ln \frac{L_{п}^2}{d \cdot t_3}, \text{ Ом}, \quad (11.11)$$

де: d – зовнішній діаметр труби, м; $d = b \cdot 0,5 = 0,05 \cdot 0,5 = 0,03$ м;

$$R_{п} = \frac{45}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,94 \cdot 18} \cdot \ln \frac{18^2}{0,03 \cdot 0,5} = 4,23 \text{ Ом.}$$

Загальний опір системи заземлення:

$$R_c = \frac{R_{п} \cdot R_{сз}}{R_{п} + R_{сз}}, \text{ Ом} \quad (11.12)$$

$$R_c = \frac{4,23 \cdot 3,37}{4,23 + 3,37} = 1,89 \text{ Ом} \leq 4 \text{ Ом.}$$

$R_c \leq 4$ Ом, що говорить про правильність розрахунку заземлення.

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пожежі на холодильних підприємствах представляють велику небезпеку для тих, хто працює і може заподіяти величезний матеріальний збиток. Питання забезпечення пожежної безпеки виробничих будівель і споруд мають велике значення і регламентуються спеціальними державними постановами і рішеннями.

Пожежна безпека забезпечена заходами пожежної профілактики і активного пожежного захисту. Поняття пожежної профілактики включає комплекс заходів, необхідних для запобігання виникненню пожежі або зменшення його наслідків. Під активним пожежним захистом розуміються заходи, що забезпечують успішну боротьбу з виникаючими пожежами або вибухонебезпечною ситуацією.

Як вже було вказано вище, дане виробництво по вибухопожежній і пожежній небезпеці відноситься до категорії Б (вибухопожежнебезпечні).

Для захисту будівель і споруд від поширення пожежі на весь об'єкт (при його виникненні) передбачають протипожежні перешкоди. До таких перешкод відноситься протипожежні стіни, перегородки, перекриття, зони, тамбури шлюзи і ін. Всі конструкції виконуються з негорючих матеріалів (гіпсові або гіпсоволокнисті плити при вмісті органічної маси 8% (по масі)).

Використання автоматичних засобів виявлення пожеж є одним з основних умов забезпечення пожежної безпеки в на даному підприємстві, оскільки дозволяє оповістити черговий персонал про пожежу і місце його виникнення.

В компресорному цеху присутні сповіщувачі пожежі ручної дії, призначені для видачі дискретного сигналу при натисненні відповідної пускової кнопки, і автоматичної дії для видачі дискретного сигналу досягши заданого значення фізичного параметра (температури, спектру світлового випромінювання, диму і ін.).

Для гасіння пожежі, в основному застосовують вогнегасники. При гасінні пожеж піною широко застосовують генератори високократної піни ГВП і хімічні вогнегасники ОХП-10.

Генератори ГВП мають декілька розмірів: ГВП-200, ГВП-600, ГВП-2000. Відрізняються вони один від одного геометричними розмірами і продуктивністю (від 200 до 2000 л/с).

Вогнегасник ОХП-10 хімічний, пінний (модель 10). Забороняється застосовувати цей тип вогнегасників при гасінні електроустановок, що горять, оскільки піна, що утворюється, електропровідна.

Вуглекислотні вогнегасники застосовують при гасінні пожеж: у електроустановках, що знаходяться під напругою до 1000 В,

Порошкові вогнегасники застосовують при гасінні загорянь на легкових і вантажних машинах.

Пожежне водоймище, призначене для запасу води, розраховується по формулі:

$$V = \frac{g \cdot k \cdot \tau \cdot n}{1000} \cdot 3600, \text{ м}^3, \quad (11.13)$$

					БКВ 04.012.011 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		82

де: k - коефіцієнт запасу, приймається $k = 1,1 \dots 1,2$;
 n – кількість пожеж, шт;
 g – витрата води на 1 м^2 приміщення;
 τ – час пожежогасіння.

$$V = \frac{10 \cdot 1,2 \cdot 2 \cdot 1}{1000} \cdot 3600 = 86,4 \text{ м}^3.$$

Машинні і апаратні відділення фреонових холодильних установок обладнані системами приточно - витяжною механічною вентиляцією з кратністю повітрообміну в годину, не менше 3 для припливу і 4 для витягу.

Система вентиляції може служити для подачі (припливу) або видалення (витягу) повітря з приміщення або для того і іншого (приточно-витяжною). Вона також може бути загальнообмінною або місцевою.

Розрахуємо повітрообмін в приміщенні за годину:

$$L = k \cdot V, \text{ м}^3/\text{час}, \quad (11.14)$$

де: k – кратність вентиляції або повітрообміну:

- приплив $k_{\text{прит}} = 3$;
- витяг, це і аварійна вентиляція $k_{\text{вит}} = 4$;
- V – об'єм приміщення, м^3 ;

$$V = A \cdot B \cdot H = 12 \cdot 9 \cdot 3 = 216 \text{ м}^3. \quad (11.15)$$

Продуктивність припливної вентиляції:

$$L_{\text{прит}} = k_{\text{прит}} \cdot V, \text{ м}^3/\text{час}; \quad (11.16)$$

$$L_{\text{прит}} = 3 \cdot 216 = 648 \text{ м}^3/\text{час};$$

Продуктивність витяжної (аварійної) вентиляції:

$$L_{\text{вит}} = k_{\text{вит}} \cdot V, \text{ м}^3/\text{час}; \quad (11.17)$$

$$L_{\text{вит}} = 4 \cdot 216 = 864 \text{ м}^3/\text{час};$$

Розрахунок потужності електродвигуна системи вентиляції:

$$N = \frac{k \cdot L \cdot \Delta H \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot \eta_{\text{вен}} \cdot \eta_{\text{пер}}}, \text{ кВт} \quad (11.18)$$

Для припливної вентиляції:

$$N = \frac{1,5 \cdot 648 \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 0,13 \text{ кВт};$$

Для витяжної (аварійної) вентиляції:

$$N = \frac{1,5 \cdot 864 \cdot 300 \cdot 10^{-6}}{3,6 \cdot 0,7 \cdot 0,9} = 0,17 \text{ кВт};$$

При освітленні виробничих приміщень використовують природне освітлення, що створюється світлом неба (прямим і відбитим), штучне, здійснюване електричними лампами, і поєднане, при якому в світлий час доби недостатнє по нормах природне освітлення доповнюється штучним.

Проведемо розрахунок освітлення машинного відділення методом світлового потоку. При цьому вибираємо: джерело світла - лампи люмінесцентні;

систему освітлення - загальне освітлення; тип світильника – ПВЛ;

розміри приміщення: довжина $A = 12$ м, ширина $B = 9$ м, висота $H = 3$ м.

Приймаємо:

$$L/H_p = 1,5$$

де: L – відстань між центрами світильників, м;

H_p – висота світильників над робочою поверхнею, м.

Визначимо висоту світильників над робочою поверхнею:

$$H_p = H - (H_1 + H_2), \text{ м,} \quad (11.19)$$

де: H_1 – висота робочої поверхні, м; $H_1 = 0,8$ м;

H_2 – відстань від світильника до стелі м; $H_2 = 0,2$ м;

$$H_p = 3 - (0,8 + 0,2) = 2 \text{ м.}$$

Визначимо відстань між центрами світильників. З рівняння

$L/H_p = 1,5$, знаходимо, що:

$$L = 1,5 \cdot 2 = 3 \text{ м.}$$

Кількість світильників:

$$n = \frac{A \cdot B}{L^2} = \frac{12 \cdot 9}{3^2} = 12 \quad (11.20)$$

Приймаємо $n = 12$ шт.

Вдихання пари холодоагента R507a у великих концентраціях може викликати тимчасове притуплення діяльності центральної нервової системи, що супроводжується сонливістю, летаргією і слабкістю. До інших можливих ефектів можна віднести запаморочення, приємне відчуття сп'яніння, а також втрату координації рухів. Тривале вдихання пари хладагента може викликати порушення серцебиття, втрату свідомості, а вдихання дуже великих доз може навіть привести до смертельного результату.

Людину що відчула будь-який з первинних симптомів, необхідно швидко вивести на свіже повітря і забезпечити йому спокій і нерухомість. При зупинці дихання необхідно зробити штучне дихання. Якщо дихання утруднене, дати кисень і викликати лікаря. Такі симптоми можуть виявлятися при дії самих різних концентрацій, а тому при появі будь-якого з цих симптомів слід як найшвидше покинути виробниче приміщення, навіть якщо у інших працівників, що знаходяться поруч, ці симптоми не виявляються.

При великому викиді холодоагенту пари можуть концентруватися в поверхні підлоги або на низькорозташованих ділянках і витіснити кисень, що є там, що викликає асфіксію. У випадку, якщо виллється велика кількість рідкого холодоагенту або станеться значний витік, необхідно надіти відповідні засоби індивідуального захисту. При роботі в закритих приміщеннях, наприклад, в підвалах, де могли скупчитися пари хладагента, слід користуватися автономними дихальними апаратами або респіраторами із зовнішньою подачею повітря. Перед входом необхідно перевірити всі виробничі приміщення на наявність кисню за допомогою відповідного контрольного устаткування. Коли перший працівник входить в приміщення, другою повинен залишатися зовні, і між ними має бути протягнутий рятувальний леєр.

Для забезпечення циркуляції повітря на рівні підлоги і в будь-яких підвальних і розташованих низько приміщеннях можна скористатися повітрорудувками або вентиляцією.

Не слід розраховувати на них для оцінки безпеки виробничих приміщень, призначених для персоналу. Єдино надійними способами служать регулярні перевірки на витік і моніторинг якості повітря.

Свідоме вдихання пари холодоагента може привести до смерті.

Попадання агента на шкіру і в очі. При кімнатній температурі пари фреону R 507a не надають серйозної дії на шкіру або очі. Якщо існує небезпека попадання рідких хладагентів на шкіру, потрібно обов'язково носити захисний одяг, у тому числі з довгими рукавами, і рукавички. Серед засобів індивідуального захисту в персоналу мають бути захисні окуляри і лицьовий щиток для захисту очей.

В разі попадання в очі рідкого хладагента їх слід рясно промити водою, а потім звернутися за медичною допомогою. Попадання на шкіру або в очі рідкого хладагента приводить до їх різкого охолодження, викликаючи обмороження. Якщо на працівника виплеснувся рідкий агент, необхідно зразу зняти весь одяг, на який попав холодильний агент, щоб уникнути обширного обмороження. Промити уражену ділянку теплою водою (не холодною і не гарячою). Не слід накладати пов'язки або використовувати мазі. Необхідно якомога швидше звернутися за медичною допомогою.

12 ЦИВІЛЬНИЙ ЗАХИСТ

Тема: Система контролю і захисту від виникнення аварій і передаварійних ситуацій в холодильних установках

1. Основні положення

Аварія - небезпечна подія техногенного характеру, що може спричинити або спричинила загибель людей або створює на об'єкті чи окремій території загрозу життю та здоров'ю людей і призводить до руйнування будівель, споруд, обладнання і транспортних засобів, порушення виробничого або транспортного процесу чи завдає шкоди довкіллю.

Передаварійна ситуація – це ситуація яка передуює аварійній і не завдала серйозної шкоди, але якщо не усунути її наслідки то може призвести до аварійної.

Система контролю і захисту - це система заходів і пристроїв призначена для виявлення і попередження аварійних і передаварійних ситуацій.

Дії працівників при аварійних ситуаціях на холодильних установках регламентує типова інструкція.

Типова інструкція, по діях працівників при аварійних ситуаціях на холодильних установках, встановлює порядок дії працівників при аварійних ситуаціях, а також вимоги до складання, узгодження і затвердження інструкції в організаціях, що експлуатують хімічно небезпечні виробничі об'єкти (холодильні установки), на яких можливі аварії, що супроводжуються викидами вибухонебезпечних сумішей, вибухами в апаратурі, виробничих приміщеннях і зовнішніх установках, які можуть привести до руйнування будівель, споруд, технічних пристроїв, поразення людей, негативної дії на навколишнє середовище.

Інструкція розробляється з метою:

- визначення можливих сценаріїв виникнення аварійної ситуації і її розвитку;
- визначення готовності організації до локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на аміачно-холодильних установках;
- планування дій виробничого персоналу і аварійно-рятувальних служб (формувань) по локалізації і ліквідації аварійних ситуацій на відповідних стадіях їх розвитку;

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
						86
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розробки заходів, спрямованих на підвищення протиаварійного захисту і зниження масштабів наслідків аварій;

- виявлення достатності прийнятих заходів по попередженню аварійних ситуацій на аміачно-холодильних установках.

Інструкція є додатком до плану ліквідації аварійних ситуацій в організації (на об'єкті). Розробка інструкції може виконуватися самостійно (працівниками організації) або із залученням фахівців, що мають досвід розробки декларацій промислової безпеки небезпечних виробничих об'єктів.

Відповідальність за якість розробки, своєчасність перегляду, внесення змін і доповнень до інструкції покладається на керівника організації.

У такій інструкції визначаються і дії оператора в аварійних ситуаціях. Нижче будуть описані основні правила, положення, ситуації і дії персоналу в передаварійних і аварійних ситуаціях.

2.Перелік можливих аварій і інцидентів

Аварії та інциденти - це ситуації, при яких необхідно аварійно зупинити холодильну установку. Вони поділяються:

- аварії такі, як вибух, пожежа, викид, вилив фреону;
- інциденти такі, як порушення параметрів технологічного процесу, розгерметизація устаткування з викидом фреону, відключення електроенергії, припинення подачі холодоагента, повітря;
- відключення електроенергії і освітлення, припинення роботи вентиляції;
- порушення технологічного процесу або режиму роботи компресорів, судин, що працюють під тиском, агрегатів, апаратів, комунікацій, загоряння від грозових розрядів і вторинних проявів блискавки та інші, які можуть привести до аварій.

3.Противоаварійний автоматичний захист

Повинен відповідати вимогам діючих Правил, нормативно - технічній документації, проектам, регламентам і забезпечувати задану точність підтримки технологічних параметрів, надійність і безпеку експлуатації холодильних систем.

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
						87
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Фреонові компресори повинні бути оснащені засобами ПАЗ (протиаварійний автоматичний захист), які спрацьовують по наступних параметрах:

- по гранично допустимому значенню тиску нагнітання;
- по гранично допустимій температурі нагнітання;
- по гранично допустимій низькій різниці тиску в системі змащування;
- по верхньому гранично допустимому рівню рідкого фреону в апараті або посудині, з якої відсмоктуються пари фреону;
- по верхньому гранично допустимому рівню рідкого фреону в проміжній посудині (між ступенями компресора).

Значення гранично допустимих параметрів визначаються розробником проекту за даними наукового - дослідницьких організацій, характеристиками засобів контролю, вимірювання і управління, документації заводів - виготівників устаткування.

У холодильних системах, обладнаних двома і більш компресорами, обслуговуваними декілька випарних систем, слід передбачати пристрої, що забезпечують зупинку всіх компресорів при спрацьовуванні захисних реле рівня рідини в посудині (апараті) будь-якої системи.

4. Прилади захисту устаткування холодильної установки

На устаткуванні холодильної установки повинні бути передбачені прилади захисту, завдання яких полягає в:

- сигналізації диспетчерові і персоналу про передаварійну і аварійну ситуацію;
- своєчасному відключенні компресорів які досягли критичних параметрів і інших агрегатів;
- введенні резервного устаткування при відмові головного (насосів, вентиляторів і так далі).

Нижче приведені встановлювані прилади і деякі правила відносно них:

- а) у системах охолодження з холодоносієм (розсіл, вода і ін.) повинні бути передбачені прилади, що відключають компресори при припиненні

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
						88
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

руху холодоносія через кожухотрубні випарники або при пониженні в них температури кипіння фреону до меж, ведучих до замерзання холодоносія.

б) на кожному компресорі або агрегаті, що має водяне охолодження, повинні бути передбачені прилади, що відключають компресори за відсутності потоку води або зниженні тиску води нижче встановленої межі. На трубопроводах подачі води повинні бути встановлені електромагнітні клапани, що припиняють подачу води при зупинці компресора.

в) пуск і робота компресорів з несправними або вимкненими приладами захисної автоматики забороняється.

г) при спрацьовуванні приладів ПАЗ повинна автоматично включатися світлозвукова сигналізація, виключення якої повинне бути ручним.

д) кожна з перерахованих нижче посудин (апаратів) холодильної системи повинна мати захист по рівню рідкого фреону:

1) блок випарника (кожухотрубного або панельного) – два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори що досягли верхнього гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією;

2) циркуляційний ресивер (що суміщає функції віддільника рідини), проміжна судина: два реле рівня, що здубльовані, що відключають компресори які досягли верхнього гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією; реле для попереджувальної сигналізації про небезпечне підвищення рівня фреону;

3) віддільник рідини: два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори у разі перевищення в цій посудині гранично допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією;

4) захисний ресивер (що суміщає функції віддільника рідини): два реле рівня, що здубльовані, відключають компресори які досягли граничного допустимого рівня фреону, з передаварійною сигналізацією; реле для попереджувальної сигналізації про небезпечне підвищення рівня фреону; реле для попереджувальної сигналізації про мінімальний рівень фреону;

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		89

5) ресивери лінійний і дренажний: реле для попереджувальної сигналізації про досягнення максимального рівня фреону.

Досягши перерахованих вище рівнів рідкого фреону в судинах і апаратах повинна автоматично включатися світлова сигналізація, яка повинна бути забезпечена лампами наступних кольорів:

- червоний – сигнал про гранично допустимий рівень (передаварійна сигналізація);

- жовтий – сигнал про небезпечне підвищення верхнього рівня (попереджувальна сигналізація).

Світлові сигнали про досягнення рівня рідкого фреону повинні одночасно супроводжуватися звуковим сигналом, виключення якого повинне бути ручним.

5. Основні причини аварійної зупинки компресора і аварійних ситуацій

Несправності, які можуть привести до аварійної зупинки компресора і аварійної ситуації:

а) Апарат (посудина) повинен бути виведений з роботи у випадку:

1) підвищення тиску в посудині вище дозволеного, не дивлячись на дотримання всіх вимог, вказаних в інструкції;

2) несправності запобіжних клапанів;

3) виявлення в основних елементах посудини тріщин, опуклостей, значного потоншення стінок, пропусків або протікання в зварних швах, течі в з'єднаннях;

4) виникнення пожежі, що безпосередньо загрожує посудині під тиском;

5) несправності манометра і неможливості визначити тиск по інших приладах;

6) несправності кріпильних деталей кришок і люків;

7) несправності показчика рівня рідини;

8) несправності передбачених проектом контрольно - вимірювальних приладів і засобів автоматики;

9) витoku фреону з системи, підключеної до даного апарату.

б) насос повинен бути негайно зупинений, якщо:

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		90

1) впав тиск нагнітання або зменшилася різниця тиску нагнітання і всмоктування (за відсутності або відмові приладів автоматики);

2) з'явилися витоки фреону через нещільність агрегату;

3) виявлені несправності манометрів, зворотних клапанів, засобів автоматики.

в) при появі стуку в компресорі і інших шумів невластивих нормальній роботі компресора.

г) при спрацьовуванні приладів ПАЗ.

6. Вимоги до систем контролю рівня загазованості і сповіщення про аварійні витоки фреону

Найбільш серйозною аварійною ситуацією є витік фреону, який може привести до отруєння персоналу, тому цій проблемі приділяється багато уваги.

Вимоги до систем контролю рівня загазованості і сповіщення про аварійні витоки фреону:

а) Система контролю рівня загазованості і сповіщення про аварійні витоки фреону (далі - система контролю рівня загазованості) повинна забезпечувати контроль над рівнем загазованості із-за можливих витоків фреону в приміщеннях і на території об'єкту.

б) При використанні технологічних блоків I і II категорій вибухонебезпеки:

в) Система контролю рівня загазованості повинна забезпечувати в автоматичному режимі збір і обробку інформації про концентрацію фреону в повітрі у місцях установки датчиків сигналізаторів концентрації пари фреону в об'ємі, достатньому для формування відповідних управляючих дій.

г) Система контролю рівня загазованості при виникненні аварії, пов'язаної з витокі фреону, в автоматичному режимі повинна включати технічні пристрої, задіяні в системі локалізації і ліквідації наслідків аварії, засоби сповіщення про аварію і відключати устаткування холодительної установки, функціонування якого може привести до зростання масштабів і наслідків аварії.

д) Структура системи контролю рівня загазованості повинна бути двоконтурною і дворівневою.

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
						91
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішній контур повинен забезпечувати контроль за рівнем загазованості на території холодильної установки з видачею даних для прогнозування розповсюдження зони хімічного зараження за територію об'єкту і контроль за аварійними витоками фреону з устаткування холодильної установки, що знаходиться поза приміщеннями.

Внутрішній контур повинен забезпечувати контроль за рівнем загазованості і аварійними витоками фреону в приміщеннях.

Зовнішній і внутрішній контури системи контролю рівня загазованості повинні мати два рівні контролю концентрації фреону в повітрі:

- I рівень. Гранично допустима концентрація (ГДКр.з);
- II рівень. Аварійний витік фреону - концентрація фреону у місцях установки датчиків досягла величини, рівної 25 ГДКр.з

е) Система повинна бути обладнана автоматичними засобами, що дозволяють контролювати рівень загазованості на промисловому майданчику (I рівень зовнішнього контура контролю) і прогнозувати розповсюдження зони хімічного зараження за територію об'єкту. Таке оснащення повинне бути обґрунтоване оцінкою можливих наслідків аварії, підтвердженої відповідними розрахунками.

ж) Для фреонових холодильних установок, що мають в своєму складі технологічні блоки III категорії вибухонебезпеки.

з) Допускається установка сигналізаторів концентрації пари фреону, що спрацьовують при заданих значеннях концентрацій. Об'єм інформації від встановлених сигналізаторів повинен бути достатнім для формування відповідних дій, що управляють.

и) Система контролю рівня загазованості при перевищенні заданої величини концентрації фреону повинна забезпечувати автоматичне виконання наступних дій:

1) включення в приміщенні управління (приміщення обслуговуючого персоналу) попереджувальної світлової і звукової сигналізації і загальнообмінної вентиляції в машинному, апаратному і конденсаторному відділеннях

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
						92
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони цих приміщень величини, рівною ГДКр.з; включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Перевищення рівня ГДК" і аварійній вентиляції при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони приміщення (машинного, апаратного і конденсаторного відділень) величини, рівної 3 ГДКр.з; повернення всіх систем в початковий стан при зниженні поточного значення концентрації нижче рівня 3ГДКр.з і ГДКр.з без відключення загально-обмінної вентиляції;

2) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони у місць установки датчиків, розташованих поблизу технологічних блоків на відкритому майданчику, величини, рівною ГДКр.з; включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Перевищення рівня ГДК" і системи сповіщення на об'єкті при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони у місцях установки датчиків величини, рівної 3 ГДКр.з; повернення всіх систем в початковий стан при зниженні поточного значення концентрації нижче рівня ГДКр.з;

3) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія" при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони приміщень розподпрстроїв величини, рівною ГДКр.з, з одночасним включенням аварійної вентиляції цих приміщень; автоматичне

відключення подачі рідкого фреону в приміщення розподпристроїв при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочої зони величини, рівної 3 ГДКр.з;

4) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія" при перевищенні концентрації фреону в повітрі робочих зон холодильних камер і приміщень інших споживачів холоду величини ГДКр.з; відключення подачі фреону в контрольовані приміщення при перевищенні в них концентрації фреону величини, рівної 3 ГДКр.з. При цьому в приміщеннях виробничих цехів з технологічним устаткуванням, що містить

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		93

фреони, повинна включатися витяжна вентиляція;

5) включення в приміщенні управління попереджувальної світлової і звукової сигналізації "Аварія", технічних засобів системи локалізації аварії, системи сповіщення на об'єкті, відключення ам'ячного устаткування при перевищенні концентрації фреону у місцях установки датчиків в приміщеннях машинного, апаратного і конденсаторних відділень величини, 25 ГДКр.з;

б) включення в приміщенні управління світлової і звукової сигналізації "Аварія", технічних засобів системи локалізації аварії, системи сповіщення на об'єкті, відключення фреонового устаткування при перевищенні концентрації фреону у місцях установки датчиків поблизу технологічних блоків і устаткування, розташованого на відкритому майданчику, величини, рівної 25 ГДКр.з.

к) Система повинна забезпечувати оперативне попередження в приміщенні управління про конкретне місце аварії, що відбулася, і включення необхідних технічних засобів локалізації наслідків аварії.

л) Система контролю рівня загазованості по забезпеченню надійності електропостачання відноситься до електроприймачів I категорії відповідно до ПУЕ. За відсутності на об'єкті другого незалежного джерела електропостачання необхідно використовувати станції автоматичного резервного живлення, забезпечені акумуляторними батареями.

7. Дії оператора в аварійній ситуації

Всі параметри холодильної установки відображаються на моніторі оператора. Досягнувши параметра передаварійного значення, на екрані спрацює додаткова сигналізація застерігаючи про це. У такій ситуації холодильна установка не буде зупинена, оператор виходячи з отриманих даних, сам вирішить чи можна вирішити проблему без зупинки процесу або зупинити і повідомити про несправність відповідній службі і керівництву.

При отриманні повідомлення про аварійну ситуацію або аварію диспетчер зобов'язаний:

- оповістити територіальні органи МНС, Проматомнадзор, місцевий виконавський і розпорядливий орган;

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		94

- уточнити характер аварійної ситуації або аварії, можливих наслідків і зробити запис в журналі;

- визначити напрям вітру, зону можливого ураження, місце розміщення командного пункту і місце збору тих, що працюють організації, які попереджені про необхідність покинути небезпечну зону;

- повідомити посадових осіб за списком, вказавши місце розташування командного пункту;

- викликати "швидку медичну допомогу";

- оповістити персонал інших цехів, яким загрожує можливість поразки фреоном, про необхідність покинути робочі місця і вийти на місце збору, визначене їм;

- викликати членів добровільної пожежної дружини, що є на зміні;

- до прибуття керівника ліквідації аварії прийняти заходи по виставленню постів для обмеження доступу людей і транспортних засобів в небезпечну зону;

- з'ясувати (за чисельністю), чи всі працівники попереджених цехів вийшли з небезпечної зони;

- з'ясувати хід ведення аварійно-рятувальних робіт.

Висновок:

У даному розділі були описані основні вимоги по захисту холодильного устаткування від аварій і передаварійних ситуацій, які можуть заподіяти збиток людям і навколишньому середовищу, а також розглянуто систему контролю і захисту від аварійних і перед аварійних ситуацій. Для запобігання збитку потрібно слідувати вимогам що пред'являються до протиаварійних автоматичних захистів.

					БКВ 04.012.012 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		95

13 АВТОМАТИЗАЦІЯ ХОЛОДИЛЬНОЇ УСТАНОВКИ

Технологічні вимоги на автоматизацію

Система автоматизації може виконувати різні функції контролю, сигналізації, захисту, регулювання і управління. Автоматизація холодильних установок здійснюється для підвищення безпеки і економічності їх роботи. Підвищення економічної ефективності роботи установки досягають за рахунок зменшення штату обслуговуючого персоналу, у зв'язку з тим, що частина його функцій передається автоматичним пристроям. Проте автоматизація вимагає капітальних витрат, тому рівень автоматизації вибирають в результаті техніко-економічного аналізу. У зв'язку з цим, установку можна автоматизувати частково, комплексно, повністю.

Автоматичний контроль забезпечує дистанційне вимірювання параметрів. Автоматична сигналізація сповіщає світловим або звуковим сигналом про те, що параметри досягли якихось заданих величин, включилися в роботу ті або інші елементи.

Сигналізація підрозділяється на технологічну, попереджувальну або аварійну.

Технологічна - дає інформацію про роботу елементів установки, про наявність напруги в електричних ланцюгах.

Попереджувальна сигналізація інформує обслуговуючий персонал про те, що величина контролюючого апарату наближається до гранично допустимою. Таку інформацію передбачають на лінійних ресиверах.

Аварійна сигналізація сповіщає про те, що спрацював автоматичний захист. При включенні аварійної сигналізації подаються світловий і звуковий сигнал.

Автоматичне регулювання забезпечує підтримка параметрів в заданих межах або їх зміна по заданому закону шляхом контролю параметра і дії на об'єкт автоматизації з метою зміни величини параметра в потрібному напрямі.

Системи автоматичного регулювання і управління виконують найбільш важливу функцію, оскільки дозволяють здійснити виробничий процес без обслуговуючого персоналу. Основне завдання регулювання - підтримка в певних межах параметрів холодильної установки. Число параметрів, що підлягають регулюванню повинно бути мінімальним, що спрощує схему.

Система автоматизації повинна виконувати наступні функції:

- регулювання заданих параметрів (температура повітря в камерах, температура кипіння).
- регулювання тиску конденсації.

					БКВ 04.012.013 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		96

- контроль і регулювання подачі рідкого холодильного агента у випарну систему (шляхом підтримки заданого рівня або перегріву на виході з випарника).
- підтримка і контроль заданого рівня в проміжних судинах, в баках, в циркуляційних і лінійних ресиверах.
- захист компресорів від небезпечних (аварійних) режимів:

- 1) попадання рідини у всмоктуючі трубопроводи, що може привести до гідравлічного удару в циліндрах компресорів;
- 2) підвищення тиску нагнітання (більше 1,48 МПа по манометру); пониження тиску на всмоктуванні (нижче за тиск, відповідний температурі кипіння на 10 °С нижче робочої);
- 3) підвищення температури нагнітання (більше 150 °С);
- 4) порушення роботи системи мастила (різниця між тиском масла на виході з масляного насоса і тиском агента в картері не повинна бути менше 0,2 МПа);

Реле низького тиску РД-1 -01А і реле високого тиску РД-2-01А - повністю відповідають вимогам, які повинні дотримуватись в даній холодильній машині (пилезахищене ПІ, водозахищене В1, виконане ОМ, категорія 5). Тиск відповідає установці приладу, відлічуваній за шкалою.

Діапазон настройки РД-1 -01 А: -0,07 - 0,4 МПа (тиск прямого спрацьовування) і 0,04-0,25 МПа (зони повернення); максимально допустимий тиск 2,5 МПа.

Діапазон настройки РД-2 -01 А: -0,07 - 0,4 МПа (тиск прямого спрацьовування) і 0,04 МПа (зони повернення); максимально допустимий тиск 2,2 МПа.

Здвоєне реле тиску РКС-1 -01А (пилезахищене ПІ, водозахищене В1, виконане ОМ, категорія 5). Даний прилад не має пристосування для регулювання зони повернення: вона визначається характеристиками механізму і перемикача.

Діапазон настройки РКС-1-01 А: 0,02-0,25 МПа (різниці тиску прямого спрацьовування) і 0,05 МПа (зони повернення); максимально допустимий тиск 2,2 МПа.

Датчик реле температури ТСМ-100 - його показники відповідають всім вимогам роботи холодильної установки. Володіє досить високою чутливістю. Межа вимірювань -50 до +150 °С; довжина занурювальної частини 120 - 2000 мм; інерційність не більше 40 с.

Реле температури ТР-2А-06ТМ і такого типу досить часто застосовуються

					БКВ 04.012.013 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		97

в холодильних установках. Основні технічні дані ТР-2А-06ТМ: температури спрацьовування 55 - 85 °С, зона повернення 3 °С, довжина капіляра 1,5; 2,5; 4 м.

Вживані в холодильній техніці реле рівня найчастіше виконуються на основі первинних електричних перетворювачів і електронних підсилювачів. Найбільш поширені поплавкові індуктивні перетворювачі такі як реле рівня ПРУ - 5М.

Технічна характеристика ПРУ - 5М: максимальний тиск робочого середовища 2,1 МПа; робочий діапазон температур робочого середовища -50 - +50 °С; зона повернення 35 ± 1 5 мм; похибка спрацьовування щодо номінального рівня ± 5 мм.

Система захисту холодильних установок (САЗ)

В процесі холодильних машин і установок із-за відмов окремих вузлів або агрегатів, а також із-за порушень в системах енерго - і водопостачання можуть виникати небезпечні режими: підвищення тиску і температури, рівня рідини в окремих апаратах або вузлах машин, припинення змашування механізмів, що труться, відсутність води, що охолоджує, і так далі. Якщо не будуть прийняті своєчасні заходи, можуть бути пошкоджені або зруйновані компресори, теплообмінні апарати і інші елементи установки. При цьому виникає серйозна небезпека для життя і здоров'я обслуговуючого персоналу.

Захист холодильних машин і установок включає цілий комплекс технічних і організаційних заходів, що забезпечують безпечну їх експлуатацію.

Основною вимогою до САЗ є висока надійність, яка досягається застосуванням високо надійних реле захисту і елементів електричних схем, резервування реле і інших елементів захисту в особливо відповідальних випадках, зменшенням числа елементів, що послідовно включаються в САЗ, використанням найбільш безпечних варіантів електричних схем, організацією профілактичних перевірок і ремонтів в процесі експлуатації.

Система автоматизованого управління (САУ)

САУ виконує найбільшу кількість функцій в процесах автоматичного управління холодильною установкою. Це - «серце» всього автоматичного контуру. У САУ поступають сигнали від САЗ, а також і від інших датчиків використовуваних в технологічній схемі. САУ по сигналу від САЗ вимикає

					БКВ 04.012.013 ДП	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		98

компресор, змінює холодопродуктивність компресора тим або іншим способом. Також САУ блокує пуск установки у випадку якщо необхідні умови для пуску не виконані: напруга живлячої мережі вийшла за допустимі межі температура мастила в картері компресора нижче заданої температури і так далі.

САУ сприймає різні сигнали від приладів, обробляє їх і якщо необхідно то перетворює в інших, а потім формує вихідний сигнал для відповідних виконавчих механізмів.

Опис холодильної установки.

ХУ складається з одноступінчатої фреоновієї установки на базі компресорного агрегату Bock заводської зборки і однієї камери з системою охолодження безпосереднього кипіння.

Холодильний агент перекачується по системі поршневым компресором з регульованою продуктивністю (холодопродуктивність регулюється способом зміни частоти струму споживаного електродвигуном компресора).

На нагнітальному патрубку компресора встановлений масловідділювач. Конденсатор повітряний з пропорційним регулюванням тиску конденсації (способом зміни витрати повітря, що проходить, через КД за рахунок зміни частоти обертання вентилятора).

Опис роботи установки: компресори всмоктують пари холодильного агента з приладів охолодження. Стислі пари проходять через масловідділювач, потім нагнітаються в конденсатор. З конденсатора рідина зливається в лінійний ресивер, звідки рівномірно подається до приладів охолодження камер. На лінії відсмоктування пари з випарника встановлений регенеративний теплообмінник, що забезпечує сухий хід компресора.

Регулювання температури в охолоджуваному об'єкті.

Регулювання температури в камерах здійснюється за допомогою терморегулюючого вентиля: 22а —>22б, 23а —>23б.

По сигналу датчика температури в камерах регулюється включення-відключення вентиляторів повітроохолоджувача:

TE(19а) —>19 - > САУ - > NS(пм3) ,NS(пм4), - > 11, 12

Регулювання продуктивності компресорів

					БКВ 04.012.013 ДП	Арк.
						99
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Регулювання холодопродуктивності компресора проводиться по сигналу датчика тиску 1а, встановленого на всмоктуючому трубопроводі. САУ перетворить вхідний сигнал і формує дію, що управляє, для регулятора частоти. При зміні частоти змінюється робочий об'єм компресора, внаслідок цього змінюється кількість всмоктуваної пари в компресор (тобто його продуктивність).

Коло: $P_{вс} -> 1 -> 1a -> 1б -> САЗ -> САУ -> пм 1 -> 8$.

Регулювання тиску конденсації здійснюється за допомогою зміни витрати повітря, що охолоджує, через конденсатор. Для цього використовують регулятор частоти струму, що живить електродвигун вентилятора. При збільшенні тиску конденсації регулятор збільшує частоту, що приводить до збільшення частоти обертання вентилятора і збільшення витрати повітря через конденсатор і навпаки.

Коло: $P_{к} -> 14 -> 14a -> САУ -> NS(пм2) -> 10$.

Система автоматичного захисту (САЗ).

Компресор:

Захист по тиску всмоктування:

$1 -> 1a -> 1б -> САЗ -> САУ -> NS(пм1) -> 8 -> вимикання компресора$.

Захист по тиску нагнітання:

$2 -> 2a -> 2б -> САЗ -> САУ -> NS(пм1) -> 8 -> вимикання компресора$.

Захист по температурі нагнітання:

$3 -> 3a -> 3б -> САЗ -> САУ -> NS(пм 1) -> 8 -> вимикання компресора$.

Захист КМ від роботи без мастила здійснюється за допомогою мастилорівнепідтримувачів, які з'єднані з картером компресора.

Коло: $7a -> 7б -> 7 -> САЗ -> САУ -> NS(пм1) -> 8 -> вимикання компресора$.

Захист компресорів від перегріву обмоток електродвигунів здійснюється за допомогою САЗ по сигналу датчика температури.

Коло: $9 -> САЗ -> САУ -> NS(пм1) -> 8 -> вимикання компресора$.

Таблиця 13.1 - Вибір пристроїв і приладів автоматики

Позиція	Найменування	Призначення	Тип
1б, 2б	Реле тиску	Захист КМ. від підвищеного тиску нагнітання і зниженого тиску	Д220А 13
9а	Реле теплове	Захист КМ. від перегріву обмоток його ел. дв. Розраховано на підвищення робочого струму до	БК 2500
7	Реле рівня	Підтримка заданих рівнів в апаратах	ПРУ - 5М
3б	Реле температури	Контроль температури кінця стикування	ТР - ОМ5 - 09
Трв1 Трв2	Регулюючі вентилі	Регулювання температури в охолоджуваному об'ємі.	ТРВ
Пм1 - Пм4	Магнітні пускачі	Включення і виключення виконавчих механізмів	-
СА3	Система автоматичного захисту	Автоматичний захист холодильної машини від аварійних режимів	
КУ	Кнопка управління	Включення і виключення холодної установки.	

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Свердлов Г.З., Явнель Б.К. "Курсовое и дипломное проектирование."
2. Чумак И.Г., Никулынина Д.Г. Холодильные установки проектирование., Выща школа, 1988
3. Курылев, Герасимов "Примеры и расчеты холодильных установок."
4. С.Н. Богданов, О.П. Иванов, А.В. Куприянова Холодильная техника. Свойства веществ. Справочник. Л.: Машиностроение, 1976 и 1985.
5. Данилова "Сборник задач по процессам теплообмена в пищевой и холодильной промышленности."
6. Н.Н. Кошкин Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Л.: Машиностроение, 1976.
7. И.А. Самойлов, В.Г. Игнатьев Охрана труда при обслуживании холодильных установок. М.: Агропромиздат, 1989.
8. Ужанский В. С. Автоматизация холодильных машин и установок, М,: Легкая и пищевая промышленность, 1982.
9. Лясковский А. В. Методические указания к выполнению раздела Автоматизация криогенных машин и установок, ОГАХ, 1993.
10. Методические указания по расчету экономической эффективности строительства, реконструкции холодильных предприятий в курсовом и дипломном проектировании., ОГАХ, 1999.
11. Атаманюк В.Г. Гражданская оборона