

Проект холодильной установки холодильника мясокомбината производительностью 60т/см в городе Оренбурге содержит разработанную схему холодильной установки. Схема аммиачная насосно-циркуляционная с нижней подачей в приборы охлаждения.

В пояснительной записке выбран температурный режим работы, разработана планировка холодильника, компрессорного цеха и вспомогательных помещений. Рассчитаны толщина теплоизоляционного слоя ограждающей конструкции холодильника, теплопритоки в охлаждаемые помещения. Подобрано основное и вспомогательное холодильное оборудование.

В специальном разделе проведен анализ эффективности работы холодильной установки с различными типами конденсаторов.

Разработана схема автоматизации холодильной установки и подобрана защитно-коммутационная аппаратура для электроснабжения компрессорного цеха.

Произведен комплексный анализ потенциальных опасностей и вредностей в компрессорном цехе. Намечены общетехнические специальные и организационные мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда.

Выполнен расчет основных технико-экономических показателей проекта.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
1 Технико-экономическое обоснование проекта	7
2 Конструкторско-технологическая часть	10
2.1 Планировка холодильника	10
2.2 Выбор строительной конструкции здания и расчет толщины теплоизоляционного слоя ограждений	17
2.2.1 Покрытие охлаждаемых камер	17
2.2.2 Полы охлаждаемых помещений	19
2.2.3 Внутренние стены	20
2.2.4 Внутренние перегородки	20
2.3 Расчет теплопритоков	23
2.3.1 Определение расчетной тепловой нагрузки на камерное оборудование	23
2.3.2 Расчет теплопритоков через ограждающие конструкции	23
2.3.3 Теплопритоки от грузов при холодильной обработке	25
2.3.4 Теплопритоки при эксплуатации камер	27
2.4 Расчет нагрузки на компрессорное оборудование	34
2.4.1 Выбор расчетных режимов	34
2.4.2 Определение параметров конденсации	34
2.5 Расчет и подбор компрессоров	35
2.5.1 Расчет цикла на температуру кипения $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$	35
2.5.2 Расчет цикла на температуру кипения $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$	37
2.5.3 Расчет цикла на температуру кипения $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$	40
2.6 Подбор конденсаторов	43
2.7 Подбор камерных приборов охлаждения	44
2.8 Расчет и подбор ресиверов	46
2.8.1 Расчет и подбор циркуляционных ресиверов	46
2.8.2 Расчет и подбор линейного ресивера	48
2.8.3 Расчет и подбор дренажного ресивера	48
2.9 Подбор градирни	49
2.10 Подбор промсосудов	49
2.11 Подбор маслоотделителя, маслосборника и воздухоотделителя	50
2.12 Расчет и подбор водяных насосов	50
2.13 Расчет и подбор аммиачных насосов	51
2.14 Расчет трубопроводов	52
2.15 Описание схемы холодильной установки	53

Подпись и дата		Инв. № дубл.		Взам. инв. №		Подпись и дата		<i>AK3.00.00.000.ПЗ</i>		
Изм.	Лист	№ доким.	Подпись	Дата						
Изм. № подл.	Разраб.	Юрьев Э.С.			<i>Пояснительная записка</i>			Лит.	Лист	Листов
	Провер.	Бцянов О.Н.						3	109	
	Т.контр.	Бцянов О.Н.						<i>КемТИПП ХМз-01</i>		
	Н. Контр.	Иваненко О.В.								
	Зав. каф.	Усов А.В.								

материалов, возвращение к таким природным хладагентам, как CO₂, эволюция в области формы и компоновки внутренних ребер теплообменников [26].

Сегодня мировое сообщество проводит в жизнь Концепцию долгосрочного устойчивого развития, определяемого как «развитие, отвечающее потребностям настоящего, без ущерба последующим поколениям». В этой связи необходимо сделать парокомпрессионные машины и спиральные компрессоры (главенствующая роль которых прогнозируется на ближайшие 20 лет) более экологичными, надежными и безопасными, менее энергоемкими. Кроме того, необходимо обеспечить снижение потребления энергии до 50%, значительно уменьшить утечку хладагентов, на 50% улучшить показатели, характеризующие влияние оборудования на окружающую среду, сократить объем разовой заправки хладагентом на 30-50% [26].

					<i>AK3.00.00.000.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

2 КОНСТРУКТОРСКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Планировка холодильника

Холодильник мясокомбината состоит из следующих основных частей: главного корпуса, включающего охлаждаемый склад с теплоизолированными наружными ограждениями, блок служебных помещений и машинное отделение, примыкающие к одной из торцевых стен охлаждаемого склада, а также транспортные платформы, примыкающие к охлаждаемому складу с фронтальных сторон.

Принимаем одноэтажную планировку холодильника. Преимущества одноэтажного холодильника – высокий уровень механизации погрузочно–разгрузочных работ, позволяющих значительно уменьшить стоимость проведения грузовых работ. Использование сборных унифицированных железобетонных конструкций позволяет сократить время строительства [2, 8].

Наружные стены из железобетонных плит, с торца здания располагается машинное отделение, служебные и бытовые помещения, с северной стороны здания находится железнодорожная платформа, а с восточной автоплатформа. Размер сетки колонн 6 x12 м, ширина транспортного коридора составляет 6 м [2, 8].

Емкость холодильника $E_{хол}$, т, определяем по формуле [2]:

$$E_{хол} = 40 \cdot \sigma_{см}, \quad (2.1)$$

где $\sigma_{см}$ -сменная производительность, т/смену;

$$E_{хол} = 40 \cdot 60 = 2400$$

Суточное поступление в камеры замораживания $G_{сут}$, т/сут, определяем по формуле [2]:

$$G_{сут} = 50\% \cdot \sigma_{сут}, \quad (2.2)$$

$$G_{сут} = 50\% \cdot 120 = 60$$

Суточное поступление в камеры охлаждения $G_{сут}$, т/сут, определяем по формуле [2]:

$$G_{сут} = 100\% \cdot \sigma_{сут}, \quad (2.3)$$

$$G_{сут} = 100\% \cdot 120 = 120$$

Емкость камер хранения мороженого мяса $E_{хр}$, т, определяем по формуле [2]:

$$E_{хр} = 16 \cdot \sigma_{сут}, \quad (2.4)$$

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

AK3.00.00.000.ПЗ

$$Fc_{к.з} = \frac{M \cdot \tau}{(q_F \cdot 24)}, \quad (2.13)$$

где М - суточная производительность камер охлаждения или заморозки, т/сутки;

τ - продолжительность цикла холодильной обработки, ч.

$$Fc_{к.з} = \frac{60 \cdot 24}{(0,2 \cdot 24)} = 300$$

Число строительных прямоугольников камер заморозки определяется по формуле (2.10):

$$n_{к.з} = Fc_{к.з} / f, \quad (2.14)$$

$$n_{к.з} = 300 / 72 = 4,01$$

Принимаем 4 строительных прямоугольника.

Строительная площадь камер охлаждения, $Fc_{к.о}$ м², определяется по формуле

$$Fc_{к.о} = \frac{120 \cdot 16}{(0,2 \cdot 24)} = 400.$$

Число строительных прямоугольников камер охлаждения определяется по формуле (2.13):

$$n_{к.о} = Fc_{к.о} / f, \quad (2.15)$$

$$n_{к.о} = 400 / 72 = 5,55$$

Принимаем 6 строительных прямоугольников.

Требуемая площадь машинного отделения $F_{мо}$, м², определяем по формуле [8]

$$F_{мо} = 0,1 \cdot F_{охл}, \quad (2.16)$$

$$F_{мо} = 0,1 \cdot 4188 = 418,8.$$

Число строительных прямоугольников n, определяем по формуле:

$$n = 418,8 / 72 = 6.$$

Принимаем 6 строительных прямоугольников.

						Лист
					АКЗ.00.00.000.ПЗ	13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Требуемая площадь служебных помещений $F_{сл.}$, m^2 , определяем по формуле [8]:

$$F_{сл} = 0,15 \cdot F_{охл}, \quad (2.17)$$

$$F_{сл} = 0,15 \cdot 418,8 = 62,82.$$

Число строительных прямоугольников n , определяем по формуле:

$$n = 62,82 / 72 = 0,87$$

Принимаем 2 строительных прямоугольников.

Длину автомобильной платформы L_a , м, рассчитаем по формуле [2, 8]:

$$L_a = n_a \cdot b_a \cdot \psi_{пер} \cdot m \cdot \tau / 8, \quad (2.18)$$

где n_a – число автомашин, которые должны прибывать за сутки;

b_a – ширина кузова автомашины, м, $b_a = 4$ м;

$\psi_{пер}$ – доля от общего числа машин, прибывающих в течение первой смены, $\psi_{пер} = 0,8$;

m – коэффициент неравномерности прибытия автомобилей по отношению к их среднечасовому количеству, $m = 1,5$;

τ – время загрузки или разгрузки одного автомобиля, $\tau = 0,6$ ч.

Число автомашин, которые должны прибывать за сутки рассчитаем по формуле [2, 8];

$$n_a = G_a / (g_a \cdot \eta_{исп}), \quad (2.19)$$

где G_a – максимальное количество груза в сутки, перевозимого из холодильника, тонн;

g_a – грузоподъемность автомобиля, $g_a = 3$ т;

$\eta_{исп}$ – коэффициент использования грузоподъемности автомобиля, $\eta = 0,6$.

Максимальное количество груза в сутки, перевозимого из холодильника G_a , т, рассчитаем по формуле [2, 8]:

$$G_a = (G_{нос} + G_{вып}) \cdot 50\%, \quad (2.20)$$

$$G_{нос} = E_{хол} \cdot B \cdot m_{нос} / 365, \quad (2.21)$$

$$G_{вып} = E_{хол} \cdot B \cdot m_{вып} / 253, \quad (2.22)$$

где E – емкость холодильника, т;

B – оборачиваемость, $B = 10$;

$m_{вып}$ – коэффициент неравномерности выпуска груза, $m_{вып} = 1,5$;

$m_{нос}$ – коэффициент неравномерности поступления груза, $m_{нос} = 2$.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	AK3.00.00.000.ПЗ					

$$G_{\text{noc}} = 2400 \cdot 10 \cdot 2 / 365 = 131,51,$$

$$G_{\text{вып}} = 2400 \cdot 10 \cdot 1,5 / 253 = 142,29,$$

$$G_a = (131,51 + 142,29) \cdot 50\% = 136,9.$$

$$n_a = 136,9 / (3 \cdot 0,6) = 76$$

Принимаем $n_a = 76$ автомобилей в сутки.

$$L_a = 76 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 0,6 \cdot 1,5 / 8 = 27,36 \quad (2.23)$$

Принимаем длину автомобильной платформы $L_a = 48$ м.

Длину железнодорожной платформы $L_{\text{жд}}$, м, рассчитаем по формуле [2, 8]:

$$L_{\text{жд}} = \frac{n_{\text{ваг}} \cdot l_{\text{ваг}} \cdot m_{\text{ваг}}}{\Pi}, \quad (2.24)$$

где $n_{\text{ваг}}$ – число вагонов, которые должны прибывать за сутки;

$l_{\text{ваг}}$ – длина вагона, м, $l_{\text{ваг}} = 20$ м;

$m_{\text{ваг}}$ – коэффициент неравномерности подачи вагонов, $m = 1.5$;

Π – число подач вагонов в сутки, $\Pi = 2$.

Число вагонов $n_{\text{ваг}}$, шт., которые должны прибывать за сутки рассчитаем по формуле [2, 8]:

$$n_{\text{ваг}} = \frac{G_{\text{жд}}}{g_{\text{ваг}}}, \quad (2.25)$$

где $G_{\text{жд}}$ – максимальное количество груза в сутки, перевозимого из холодильника, тонн;

$g_{\text{ваг}}$ – грузоподъемность вагона, $g_{\text{ваг}} = 30$ тонн.

Максимальное количество груза в сутки, поступающего в холодильник по железной дороге $G_{\text{жд}}$, т, рассчитаем по формуле:

$$G_{\text{жд}} = (G_{\text{noc}} + G_{\text{вып}}) \cdot 50\%, \quad (2.26)$$

$$G_{\text{жд}} = (131,51 + 142,29) \cdot 50\% = 136,9.$$

$$n_{\text{ваг}} = \frac{136,9}{30} = 4,6$$

принимаем $n_{\text{ваг}} = 5$ вагонов в сутки.

$$L_{\text{жд}} = \frac{5 \cdot 20 \cdot 1,5}{2} = 75$$

Принимаем длину железнодорожной платформы такой, чтобы железнодорожная платформа могла вместить за один раз секцию, состоящую из пяти вагонов, то есть $L_{\text{жд}} = 78$ м.

						Лист
					АКЗ.00.00.000.ПЗ	15
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.2 Выбор строительной конструкции здания и расчет толщины теплоизоляционного слоя ограждений

Принимаем, что здание холодильника каркасного типа из унифицированных сборных железобетонных элементов; колонны сечением 400×400 мм, стропильные балки односкатные длиной 12 м и высотой 890 мм. Высота камер до низа балки 6 м. Покрытие бесчердачного типа. Кровельные плиты длиной 6 м и толщиной полки 220 мм [2, 9].

Принимаем, что все наружные стены здания выполнены из вертикальных железобетонных панелей с утеплителем из пенопласта полистирольного ПСБ-С.

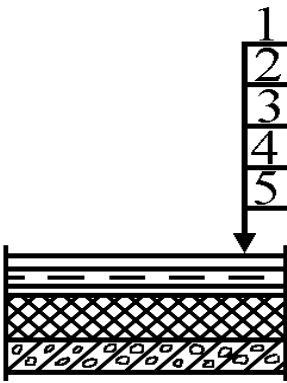
Для расчета толщины теплоизоляционного слоя ограждений необходимо знать температуру воздуха внутри камер, а для наружных стен еще и среднегодовую температуру наружного воздуха. Среднегодовую температуру наружного воздуха принимаем для г. Оренбурга равной 3,9°С [3].

Толщину теплоизоляционного слоя ограждения рассчитываем для всех камер.

Чем больше значение коэффициента теплопередачи k_0 ограждения, тем больше теплоты будет проникать в охлаждаемый объем холодильника. Это приводит к необходимости в более мощной а, следовательно, и более дорогой холодильной установке. Уменьшить теплоприток можно путем уменьшения значения k_0 , что достигается применением более эффективной теплоизоляции или увеличением ее толщины [2, 8].

2.2.1 Покрытие охлаждаемых камер

Таблица 2.1 - Состав покрытия охлаждаемых помещений [2]

	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	$\sum \frac{\delta}{\lambda}$, м ² ·К/Вт
	1	5 слоев гидроизола на битумной мастике	0,012	0,3	
2	Стяжка из бетона по металлической сетке	0,040	1,86		
3	Пароизоляция (слой пергамина)	0,001	0,15		
4	Теплоизоляция из пенопласта полистирольного ПСБ-С	Требуется определить	0,05		
5	Железобетонная плита покрытия	0,035	2,04		

В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию покрытия в камере заморозки. Требуемый коэффициент теплопередачи покрытия

$k_0^{mp}=0,19$ Вт/(м²·К). Коэффициент теплоотдачи для внутренней поверхности принимаем $\alpha_в=11$ Вт/(м²·К), $\alpha_н=23$ Вт/(м²·К),

Необходимую толщину теплоизоляционного слоя $\delta_{из}^{mp}$, м, рассчитаем по формуле [2]:

$$\delta_{из}^{mp} = \lambda_{из} \left(\frac{1}{k_0^{mp}} - \left(\frac{1}{\alpha_н} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right) \quad (2.27)$$

где $\lambda_{из}$ - коэффициент теплопроводности изоляционного слоя конструкции, Вт/(м·К);

k_0^{mp} - требуемый коэффициент теплопередачи, Вт/(м²·К);

$\alpha_н$ - коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения, Вт/(м²·К);

δ_i - толщина i-го слоя конструкции ограждения, м;

λ_i - коэффициент теплопроводности i-го слоя конструкции ограждения, Вт/(м·К);

$\alpha_в$ - коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения, Вт/(м²·К).

$$\delta_{из}^{mp} = 0,05 \left(\frac{1}{0,19} - \left(\frac{1}{23} + 0,079 + \frac{1}{11} \right) \right) = 0,252$$

Принимаем толщину изоляционного слоя 300 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой то определяем действительное значение коэффициента теплопередачи k_0^d , Вт/(м²·К), по формуле [2]:

$$k_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_н} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{из.д.}}{\lambda_{из.д.}}}, \quad (2.28)$$

$$k_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,079 + \frac{1}{11} \right) + \frac{0,3}{0,05}} = 0,161.$$

2.2.2 Полы охлаждаемых помещений

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Теплоизоляцию полов всех камер принимаем одинаковой. Состав пола показан в таблице 2.2. В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию пола в камерах хранения мороженных продуктов $t_g = -20^\circ\text{C}$.

Таблица 2.2 - Состав пола охлаждаемых помещений [2]

	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$,
					$\text{м}^2 \cdot \text{K} / \text{Втм}$
	1	Монолитное бетонное покрытие из тяжелого бетона	0,040	1,86	2,43
	2	Армобетонная стяжка	0,080	1,86	
	3	Пароизоляция (1 слой пергамина)	0,001	0,15	
	4	Плитная теплоизоляция (пенопласт полистирольный ПСБ-С)	Требуется определить	0,05	
	5	Цементно-песчаный раствор	0,025	0,98	
	6	Уплотненный песок	1,35	0,58	
	7	Бетонная подготовка с электронагревателями	-	-	

Требуемый коэффициент теплопередачи пола $k_0^{mp} = 0,22 \text{ Втм} / (\text{м}^2 \cdot \text{K})$.

Требуемую толщину изоляционного слоя $\delta_{уз}^{mp}$, м, рассчитаем по формуле:

$$\delta_{уз}^{mp} = 0,05 \left(\frac{1}{0,22} - \left(2,43 + \frac{1}{11} \right) \right) = 0,101,$$

Принимаем толщину изоляционного слоя 125 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой то определяем действительное значение коэффициента теплопередачи k_0^d , Вт/(м²·К), по формуле [2]:

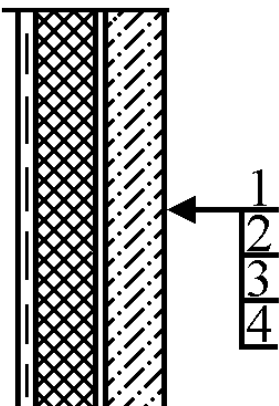
$$k_0^d = \frac{1}{\left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_6} \right) + \frac{\delta_{уз.д.}}{\lambda_{уз}}}, \quad (2.29)$$

$$k_0^o = \frac{1}{(2,43) + \frac{0,125}{0,05}} = 0,203.$$

2.2.3 Внутренние стены

Принимаем, что стены между охлаждаемыми помещениями и грузовым коридором выполнены из керамзитобетонных панелей 240 мм с теплоизоляцией из плит пенопласта полистирольного марки ПСБ-С. Состав внутренней стены показан в таблице 2.3.


Таблица 2.3 – Состав внутренней стеновой панели [2]

	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности λ , Вт/(м·К)	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² ·К/Вт
	1	Панель из керамзитобетона ($\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$)	0,240	0,47	
2	Пароизоляция (2 слоя гидроизола на битумной мастике)	0,004	0,30		
3	Теплоизоляция из пенопласта полистирольного ПСБ-С	Требуется определить	0,05		
4	Штукатурка сложным раствором по металлической сетке	0,020	0,98		

2.2.4 Внутренние перегородки

Принимаем, что все внутренние перегородки между камерами выполнены железобетонными толщиной 80 мм с теплоизоляционными плитами из пенопласта полистирольного марки ПСБ-С. Состав стены показан в таблице 2.5. Толщину теплоизоляционного слоя принимаем в зависимости от температур в камерах разделяемых перегородкой [2].

Таблица 2.5 – Состав внутренней перегородки [2]

	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² ·К/Вт

			водности λ , Вт/(м· К)	
1	Наружный слой из тяжелого бетона	0,080	1,86	0,0768
2	Пароизоляция (2 слоя гидроизола на битумной мастике)	0,004	0,30	
3	Теплоизоляция из пенопласта полистирольного ПСБ-С	Требуется определить	0,05	
4	Штукатурка сложным раствором по металлической сетке	0,020	0,98	

Результаты расчетов толщины теплоизоляции и коэффициентов теплопередачи ограждаемых конструкций сводим в таблицу 2.6.

Таблица 2.6 – Расчет теплоизоляции

ограждения	$t_{в},$ °С	$\alpha_{н},$ Вт/ (м ² К)	$\alpha_{в},$ Вт/ (м ² К)	$\sum \frac{\delta i}{\lambda i},$ м ² К/Вт	Толщина теплоизоля- ционного слоя, мм		Коэффициент теплопередачи, Вт/(м ² К)	
					$\delta_{из}^{mp}$	$\delta_{из}^{\partial}$	κ_o^{mp}	κ_o^{∂}
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Наружная стена камер хранения мороженных грузов	-20	23	8	0,108	213	225	0,22	0,209
Наружная стена камер хранения охлажденного мяса	-1	23	9	0,108	122	125	0,37	0,362
Наружная стена камер замораживания	-30	23	11	0,108	251	275	0,19	0,174
Внутренние стены камер хранения мороженных грузов	-20	8	8	0,543	188	200	0,22	0,208
Внутренние стены камер хранения охлажденного мяса	-1	8	9	0,543	96	100	0,37	0,359
Внутренние стены камер замораживания	-30	8	11	0,543	225	250	0,19	0,174
Внутренние стены камер охлаждения	-3	8	11	0,543	113	125	0,33	0,307
Перегородка между камерами	-20/ -20	8	8	0,090	69	75	0,58	0,543
Перегородка между камерами	-1/ -1	9	9	0,090	70	75	0,58	0,552
Перегородка между камерами	-30/ -30	11	11	0,090	73	75	0,58	0,564
Перегородка между камерами	-30/ -3	11	11	0,090	165	175	0,28	0,265
Полы камер заморозки и хранения мороженой продукции	-30; -20	-	11	2,43	101	125	0,22	0,203
Полы камер охлаждения и хранения	-1; -3	-	9	2,43	20	0	0,33	-
Покрытия камер хранения мороженных грузов	-20	23	8	0,079	224	225	0,22	0,212
Покрытия камер хранения охлажденного мяса	-1	23	9	0,079	123	125	0,37	0,366
Покрытия камер замораживания	-30	23	11	0,079	252	300	0,19	0,161
Покрытия камер охлаждения	-3	23	11	0,079	141	150	0,33	0,311

2.3 Расчет теплопритоков

2.3.1 Определение расчетной тепловой нагрузки на камерное оборудование

Для поддержания заданной температуры в охлаждаемом помещении необходимо, чтобы все теплопритоки, отводились камерным оборудованием - батареями и воздухоохладителями [2, 8].

При определении этой нагрузки учитывают следующие теплопритоки:

- через ограждающие конструкции помещения Q_1 ;
- от продуктов (грузов) или материалов при их холодильной обработке Q_2 ;
- с наружным воздухом при вентиляции помещений Q_3 ;
- от различных источников при эксплуатации камер Q_4 ;

Каждый из этих видов теплопритоков, как правило, непрерывно изменяется, причем их максимальные значения не совпадают по времени. Поэтому в практике дипломного проектирования пользуются методикой расчета, при которой все теплопритоки считаются постоянными во времени и приходящимися на летний период года [2].

Нагрузку на камерное оборудование $\sum Q$ (в кВт), определяем как сумму всех теплопритоков в данную камеру, так как камерное оборудование должно обеспечить отвод теплоты при самых неблагоприятных условиях по формуле [2]:

$$\sum Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4. \quad (2.30)$$

В холодильниках с большим числом камер полный расчет теплопритоков можно выполнить только для нескольких наиболее характерных камер, а для остальных камер теплопритоки можно рассчитывать по удельным нагрузкам, отнесенным на 1 м^2 пола, полученным в результате расчета характерных камер [2, 8].

Одновременно с балансом теплопритоков имеет место и баланс влагопоступлений в камеру и влагоотвода из нее в виде росы или снеговой шубы, выпадающих на теплопередающей поверхности приборов охлаждения [2, 8].

2.3.2 Расчет теплопритоков через ограждающие конструкции

Теплопритоки через ограждающие конструкции Q_1 определяют по формуле [2]:

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \quad (2.31)$$

где Q_{1m} - теплоприток через ограждающие конструкции, кВт;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		23

Q_{1c} - теплоприток от солнечной радиации, кВт.

При определении теплопритоков через внутренние ограждения может оказаться, что часть теплопритоков имеет отрицательный знак, то есть теплота из рассчитываемой камеры уходит в соседнюю камеру с более низкой температурой. Такие теплопритоки не учитывают [2, 8].

Теплоприток через стены, перегородки, перекрытия или покрытия Q_{1T} (в кВт) рассчитаем по формуле [2]:

$$Q_{1m} = k_0^{\partial} \cdot F \cdot \Theta \cdot 10^{-3}, \quad (2.32)$$

где F - расчетная площадь поверхностей ограждения, м²;

Θ - расчетная разность температур между температурой воздуха с наружной стороны ограждения и температурой воздуха внутри охлаждаемого помещения (температурный напор), °С рассчитывается по формуле:

$$\Theta = t_n - t_e, \quad (2.33)$$

При расчете теплопритоков через внутренние ограждения, выходящие в неохлаждаемые помещения (коридоры, вестибюли, тамбуры) температурный напор θ принимают как часть расчетной разности температур для наружных стен согласно [2]:

- если эти помещения сообщаются с наружным воздухом

$$Q_{1m} = 0,7 \cdot k_0^{\partial} \cdot F \cdot \Theta \cdot 10^{-3}, \quad (2.34)$$

- если помещения не сообщаются с наружным воздухом

$$Q_{1m} = 0,6 \cdot k_0^{\partial} \cdot F \cdot \Theta \cdot 10^{-3}, \quad (2.35)$$

Теплоприток через пол, расположенный на грунте и имеющий обогревающие устройства Q_{1T} (в кВт), рассчитываем по формуле [2]:

$$Q_{1m} = k_0^{\partial} \cdot F (t_2 - t_e) \cdot 10^{-3}, \quad (2.36)$$

где k_0^{∂} - действительный коэффициент теплопередачи конструкции пола,
 $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$;

t_2 - средняя температура поверхности устройства для обогрева грунта
(при электрообогреве грунта принимают $t_2 = 1^{\circ}C$)

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		24

Теплоприток от солнечной радиации через наружные стены и покрытия холодильников Q_{1c} (в кВт) рассчитываем по формуле [2]:

$$Q_{1c} = k_0^d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \quad (2.37)$$

где F - площадь поверхности ограждения, облучаемой солнцем, m^2 ;

Δt_c - избыточная разность температур, характеризующая действие солнечной радиации в летнее время (принимается согласно [2]), $^{\circ}C$

Количество теплоты солнечной радиации зависит от зоны расположения холодильника (географической широты), характера поверхности и ориентации ее по сторонам горизонта [2, 8].

Для плоской кровли избыточная разность температур зависит только от тона окраски и не зависит от ориентации и широты. Для плоских кровель без окраски (темных) избыточную разность температур принимают равной $17,7^{\circ}C$, с раскраской светлых тонов $14,9^{\circ}C$ [2].

Размеры ограждений в плане и площадь камер принимаем по осям колонн, высоту стен на 1.2 м выше отметки низа строительной балки (то есть 7,2 м). Площадь дверного проема в камерах принимаем равной $6 m^2$. Значения коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций рассчитаны ранее. Для определения теплопритоков от солнечной радиации через стены, принимаем ориентацию здания холодильника железнодорожной платформой на север. Принимаем также, что кровля темная (то есть $\Delta t_c = 17,7^{\circ}C$).

Расчет теплопритоков выполняем по формулам и, для летнего периода. Для города Оренбурга расчетная летняя температура $t_n = +34^{\circ}C$.

Результаты расчетов теплопритоков через ограждающие конструкции заносим в таблицу 2.7.

2.3.3 Теплопритоки от грузов при холодильной обработке

При холодильной обработке продуктов (охлаждении, замораживании и домораживании) каждый килограмм продукта выделяет теплоту в количестве $q = \Delta i \frac{kJ}{kg}$. Кроме того, если происходит холодильная обработка продуктов в таре, то необходимо добавить теплоту, выделяющуюся при ее охлаждении [2, 8].

Теплоприток Q_{2np} , кВт, при охлаждении и домораживании продуктов в камерах хранения, рассчитываем по формуле [2]:

$$Q_{2np} = M_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \quad (2.38)$$

									Лист
									25
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

где M_{np} -суточное поступление продуктов, т/сут;

Δi - разность удельных энтальпий продуктов, соответствующих начальной и конечной температурам продукта, кДж/кг, значения которых принимают согласно [2]:

Суточное поступление продуктов M_{np} , т/сут, рассчитываем по формуле [2]:

$$M_{np} = a \cdot F \cdot h_{zp} \cdot \beta \cdot q_v, \quad (2.39)$$

где a - доля суточного поступления продуктов в камеры

F - площадь камеры, м²;

h_{zp} - грузовая высота камеры, м;

β - коэффициент использования строительной площади камеры;

q_v - норма нагрузки на 1 м³ грузового объема камеры, т/м³.

При этом предполагают, что продукты поступают в камеру равномерно в течение суток, и за 24 ч успевают охладиться до температуры в камере.

Теплоприток от продуктов Q_{2np} , кВт, при холодильной обработке в камерах охлаждения и замораживания периодического действия определяют по формуле [2]:

$$Q_{2np} = 1,3 \cdot M_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600}, \quad (2.40)$$

где 1,3 - коэффициент, учитывающий неравномерность тепловой нагрузки;

$\tau_{обр}$ - продолжительность холодильной обработки, ч/сут.

Теплоприток от тары Q_{2T} , кВт, действия определяют по формуле [2]:

$$Q_{2T} = M_T c_T (t_1 - t_2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \quad (2.41)$$

где M_T - суточное поступление тары, принимаемое пропорционально суточному поступлению продукта, т/сут;

c_T - удельная теплоемкость тары, кДж/(кг·К);

t_1, t_2 - начальная и конечная температуры тары соответственно (принимаются равными начальной и конечной температурам продукта), °С.

Удельную теплоемкость тары c_T , кДж/(кг·К), принимают в зависимости от ее материала: для деревянной и картонной тары $c_T = 2,3$, металлической $c_T = 0,5$, кДж/(кг).

Суммарный теплоприток от грузов и тары при холодильной обработке, рассчитаем по формуле [2]:

$$Q_2 = Q_{2_{гп}} + Q_{2_T} \quad (2.42)$$

Результаты расчетов теплопритоков от грузов заносим в таблицу 2.8.

2.3.4 Теплопритоки при эксплуатации камер

Эти теплопритоки возникают вследствие освещения камер, пребывания в них людей, работы электродвигателей и открывания дверей. Теплопритоки определяют от каждого источника тепловыделений отдельно.

Теплоприток от освещения q_1 , кВт, рассчитываем по формуле [2]:

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.43)$$

где A - теплота, выделяемая источниками освещения в единицу времени на 1 м² площади пола, $\frac{Вт}{м^2}$;

F - площадь камеры, м².

С учетом коэффициента одновременности включения можно принимать для складских помещений (камер хранения) $A = 2,3 \frac{Вт}{м^2}$, для камер холодильной обработки, экспедиций, загрузочно-разгрузочной $A = 4,7 \frac{Вт}{м^2}$.

Теплоприток от пребывания людей q_2 , кВт, рассчитываем по формуле [2]:

$$q_2 = 0,35 \cdot n, \quad (2.44)$$

где 0,35 - тепловыделение одного человека при тяжелой физической работе, кВт;

n - число людей, работающих в данном помещении.

Число людей, работающих в помещении, принимаем в зависимости от площади камеры: при площади камеры до 200 м² - 2 ÷ 3 человека; при площади камеры больше 200 м² 3 ÷ 4 человека [2, 9].

Теплоприток от работающих электродвигателей q_3 , кВт, при расположении электродвигателей в охлаждаемом помещении определяют по формуле [2]:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

$$q_3 = N_э, \quad (2.45)$$

где $N_э$ - суммарная мощность электродвигателей, кВт.

В предварительных расчетах мощность устанавливаемых электродвигателей можно ориентировочно принимать по данным приведенным в [2]:

- Камеры хранения 2 - 4
- Камеры охлаждения и универсальные 3 - 8
- Камеры замораживания 8 – 16

Чем больше, камера, тем больше мощность электродвигателей.

Теплоприток при открывании дверей q_4 , кВт, определяют по формуле [2]:

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.46)$$

где K - удельный приток теплоты от открывания дверей, $\frac{Вт}{м^2}$;
 F - площадь камеры, $м^2$.

Эксплуатационные теплопритоки определяются, как сумма теплопритоков Q_4 , кВт, отдельных видов по формуле [2]:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (2.47)$$

Результат расчетов теплопритоков при эксплуатации заносим в таблицу 2.9.

Получаемые значения $Q_{1об}$, $Q_{2об}$, $Q_{4об}$, заносим в сводную таблицу 2.10 теплопритоков и суммируем по температурам кипения.

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Таблица 2.7 - Теплопритоки через ограждающие конструкции

ограждения	k,Вт/м ² К	F,м ²	t _н ,°С	Θ,°С	Q _т ,кВт	t _с ,°С	Q _с ,кВт	Q _{об} ,кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
камера №1 охлаждения мяса								
перегородка в камеру№10	0,256	85,68	-30	-27	-0,61	0	-	-0,61
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
пол	0,07	72	1	4	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,311	72	34	37	0,828	17,7	0,396	1,224
итого:								1,924
камера №2 охлаждения мяса								
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
пол	0,07	72	1	4	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,311	72	34	37	0,828	17,7	0,396	1,224
итого:								1,924
камера №3 охлаждения мяса								
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
пол	0,07	72	1	4	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,311	72	34	37	0,828	17,7	0,396	1,224
итого:								1,924
камера №4 охлаждения мяса								
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
пол	0,07	72	1	4	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,311	72	34	37	0,828	17,7	0,396	1,224
итого:								1,924

камера №5 охлаждения мяса								
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
пол	0,07	72	1	4	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,311	72	34	37	0,828	17,7	0,396	1,224
итого:								1,924
камера №6 охлаждения мяса								
внутренняя стена в коридор	0,307	85,68	34	22,2	0,292	0	-	0,292
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
внутренняя стена в коридор	0,307	42,84	34	25,9	0,34	0	-	0,34
пол	0,07	72	1	4	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,311	72	34	37	0,828	17,7	0,396	1,224
итого:								2,216

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
камера №7 замораживания мяса								
наружная стена северная	0,174	85,68	34	64	0,477	0	-	0,477
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
пол	0,203	72	1	31	0,453	0	-	0,453
покрытие	0,161	72	34	64	0,742	17,7	0,205	0,947
итого:								2,545
камера №8 замораживания мяса								
внутренняя стена в коридор	0,174	85,68	34	44,8	0,668	0	-	0,668
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
через пол	0,203	72	1	31	0,453	0	-	0,453
через покрытие	0,161	72	34	64	0,742	17,7	0,205	0,947
итого:								2,736
камера №9 замораживания мяса								
внутренняя стена в коридор	0,174	85,68	34	44,8	0,668	0	-	0,668
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
пол	0,203	72	1	31	0,453	0	-	0,453
покрытие	0,161	72	34	64	0,742	17,7	0,205	0,947
итого:								2,736
камера №10 замораживания мяса								
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
внутренняя стена в коридор	0,174	42,84	34	44,8	0,334	0	-	0,334
перегородка в камеру №1	0,265	85,68	-3	27	0,613	0	-	0,613
пол	0,203	72	1	31	0,453	0	-	0,453
покрытие	0,161	72	34	64	0,742	17,7	0,205	0,947
итого:								2,681
камера №11 хранения охлажденного мяса								
внутренняя стена в коридор	0,359	85,68	34	24,5	0,754	0	-	0,754
внутренняя стена в коридор	0,359	85,68	34	21	0,646	0	-	0,646
внутренняя стена в коридор	0,359	342,72	34	24,5	2,584	0	-	2,584
пол	0,07	576	1	2	0,08	0	-	0,08
покрытие	0,366	576	34	35	7,379	17,7	3,731	11,11
итого:								15,174
камера №12 хранения охлажденного мяса								
наружная стена восточная	0,362	342,72	34	35	4,342	0	-	4,342
внутренняя стена в коридор	0,359	85,68	34	24,5	0,754	0	-	0,754
внутренняя стена в коридор	0,359	85,68	34	21	0,646	0	-	0,646
пол	0,07	576	1	2	0,08	0	-	0,08
покрытие	0,366	576	34	35	7,379	17,7	3,731	11,11
итого:								16,932

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
камера №13 хранения охлажденного мяса								
наружная стена северная	0,362	85,68	34	35	4,342	0	-	4,342
наружная стена восточная	0,362	85,68	34	35	4,342	0	-	4,342
внутренняя стена в коридор	0,359	85,68	34	24,5	0,754	0	-	0,754
пол	0,07	144	1	2	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,366	144	34	35	1,844	17,7	0,932	2,776
итого:								12,234
камера №14 хранения охлажденного мяса								
наружная стена северная	0,362	85,68	34	35	4,342	0	-	4,342
внутренняя стена в коридор	0,359	85,68	34	24,5	0,754	0	-	0,754
внутренняя стена в коридор	0,359	85,68	34	24,5	0,754	0	-	0,754
пол	0,07	144	1	2	0,02	0	-	0,02
покрытие	0,366	144	34	35	1,844	17,7	0,932	2,776
итого:								8,646
камера №15 хранения мороженого мяса								
наружная стена северная	0,209	171,36	34	54	1,933	0	-	1,933
внутренняя стена в коридор	0,208	171,36	34	37,8	1,347	0	-	1,347
внутренняя стена в коридор	0,208	85,68	34	37,8	0,674	0	-	0,674
внутренняя стена в коридор	0,208	85,68	34	37,8	0,674	0	-	0,674
пол	0,203	288	1	21	1,227	0	-	1,227
покрытие	0,212	288	34	54	3,297	17,7	1,08	4,377
итого:								10,232
камера №16 хранения мороженого мяса								
внутренняя стена в коридор	0,208	171,36	34	37,8	1,347	0	-	1,347
внутренняя стена в коридор	0,208	171,36	34	37,8	1,347	0	-	1,347
внутренняя стена в коридор	0,208	171,36	34	37,8	1,347	0	-	1,347
пол	0,203	576	1	21	2,455	0	-	2,455
покрытие	0,212	576	34	54	6,594	17,7	2,161	8,755
итого:								15,25
камера №17 хранения мороженого мяса								
внутренняя стена в коридор	0,208	171,36	34	37,8	1,347	0	-	1,347
внутренняя стена в коридор	0,208	171,36	34	37,8	1,347	0	-	1,347
внутренняя стена в коридор	0,208	171,36	34	32,4	1,155	0	-	1,155
пол	0,203	576	1	21	2,455	0	-	2,455
покрытие	0,212	576	34	54	6,594	17,7	2,161	8,755
итого:								15,05

Изм.

Лист

№ докум.

Подпись

Дата

Таблица 2.8 - Теплоприток от грузов

№ камеры	Fк, м ²	tв, °С	Vгр, м ³	qv, т/м ³	Суточное поступление грузов т/сут			Температура продукта, °С		Удельная энтальпия продукта, кДж/кг		Q2пр, кВт	Q2т, кВт	Q2об, кВт
					брутто	нетто	тара	t1	t2	i1	i2			
1	72	-3	333	0,35	20	20	-	35	4	345	246	34,38	-	34,38
2	72	-3	333	0,35	20	20	-	35	4	345	246	34,38	-	34,38
3	72	-3	333	0,35	20	20	-	35	4	345	246	34,38	-	34,38
4	72	-3	333	0,35	20	20	-	35	4	345	246	34,38	-	34,38
5	72	-3	333	0,35	20	20	-	35	4	345	246	34,38	-	34,38
6	72	-3	333	0,35	20	20	-	35	4	345	246	34,38	-	34,38
7	72	-30	375	0,35	15	15	-	35	-8	345	39,4	47,16	-	47,16
8	72	-30	375	0,35	15	15	-	35	-8	345	39,4	47,16	-	47,16
9	72	-30	375	0,35	15	15	-	35	-8	345	39,4	47,16	-	47,16
10	72	-30	375	0,35	15	15	-	35	-8	345	39,4	47,16	-	47,16
11	576	-1	2880	0,35	9,6	9,6	-	4	-1	246	186	6,67	-	6,67
12	576	-1	2880	0,35	9,6	9,6	-	4	-1	246	186	6,67	-	6,67
13	144	-1	428,5	0,35	11,56	9,6	1,92	4	-1	246	186	6,67	0,11	6,78
14	144	-1	428,5	0,35	11,56	9,6	1,92	4	-1	246	186	6,67	0,11	6,78
15	288	-20	1096	0,35	30,72	30,72	-	-8	-20	39,4	0	14,01	-	14,01
16	576	-20	2192	0,35	61,44	61,44	-	-8	-20	39,4	0	28,02	-	28,02
17	576	-20	2192	0,35	61,44	61,44	-	-8	-20	39,4	0	28,02	-	28,02

Таблица 2.9 – Теплопритоки при эксплуатации

№ камеры	F, м ²	A, Вт/м ²	n, человек	№э	K, Вт/м ²	q1, кВт	q2, кВт	q3, кВт	q4, кВт	Q4, кВт
Камера №1	72,0	4,7	2	5,0	12,0	0,34	0,70	5,00	0,86	6,90
Камера №2	72,0	4,7	2	5,0	12,0	0,34	0,70	5,00	0,86	6,90
Камера №3	72,0	4,7	2	5,0	12,0	0,34	0,70	5,00	0,86	6,90
Камера №4	72,0	4,7	2	5,0	12,0	0,34	0,70	5,00	0,86	6,90
Камера №5	72,0	4,7	2	5,0	12,0	0,34	0,70	5,00	0,86	6,90
Камера №6	72,0	4,7	2	5,0	12,0	0,34	0,70	5,00	0,86	6,90
Камера №7	72,0	4,7	2	8,0	15,0	0,34	0,70	8,00	1,08	10,12
Камера №8	72,0	4,7	2	8,0	15,0	0,34	0,70	8,00	1,08	10,12
Камера №9	72,0	4,7	2	8,0	15,0	0,34	0,70	8,00	1,08	10,12
Камера №10	72,0	4,7	2	8,0	15,0	0,34	0,70	8,00	1,08	10,12
Камера №11	576,0	2,3	4	3,0	12,0	1,32	1,40	3,00	6,91	12,64
Камера №12	576,0	2,3	4	3,0	12,0	1,32	1,40	3,00	6,91	12,64
Камера №13	144,0	2,3	3	3,0	15,0	0,33	1,05	3,00	2,16	6,54
Камера №14	144,0	2,3	3	3,0	15,0	0,33	1,05	3,00	2,16	6,54
Камера №15	288,0	2,3	3	4,0	8,0	0,66	1,05	4,00	2,30	8,02
Камера №16	576,0	2,3	4	4,0	8,0	1,32	1,40	4,00	4,61	11,33
Камера №17	576,0	2,3	4	4,0	8,0	1,32	1,40	4,00	4,61	11,33

Таблица 2.10 - Сводная таблица теплопритоков

№камеры	F, м ²	tв, °C	to, °C	Q1, кВт	Q2, кВт	Q4, кВт	Qоб, кВт
1	72	-3	-10	1,924	34,38	6,9	43,204
2	72	-3	-10	1,924	34,38	6,9	43,204
3	72	-3	-10	1,924	34,38	6,9	43,204
4	72	-3	-10	1,924	34,38	6,9	43,204
5	72	-3	-10	1,924	34,38	6,9	43,204
6	72	-3	-10	2,216	34,38	6,9	43,496
7	72	-30	-40	2,545	47,16	10,12	59,825
8	72	-30	-40	2,736	47,16	10,12	60,016
9	72	-30	-40	2,736	47,16	10,12	60,016
10	72	-30	-40	2,681	47,16	10,12	59,961
11	576	-1	-10	15,174	6,67	12,64	34,484
12	576	-1	-10	16,932	6,67	12,64	36,242
13	144	-1	-10	12,234	6,78	6,54	25,554
14	144	-1	-10	8,646	6,78	6,54	21,966
15	288	-20	-30	10,232	14,01	8,02	32,262
16	576	-20	-30	15,251	28,02	11,33	54,601
17	576	-20	-30	15,059	28,02	11,33	54,409

2.4 Расчет нагрузки на компрессорное оборудование

2.4.1 Выбор расчетных режимов

Расчетный режим холодильной установки характеризуется: температурой кипения t_0 , конденсации t_k , всасывания $t_{вс}$ и температурой переохлаждения жидкого хладагента $t_{п}$ перед регулирующим вентилем.

Температура кипения в установках с непосредственным охлаждением принимается на 10°C ниже, чем температура воздуха в камерах, следовательно: $t_{01} = -10^{\circ}\text{C}$, $t_{02} = -30^{\circ}\text{C}$, $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$.

Рассчитываем нагрузку на компрессоры:

$$\Sigma Q_{-40} = \Sigma Q_{1об} + \Sigma Q_{2об} + 0,7 \cdot \Sigma Q_{4об} \quad (2.48)$$

$$\Sigma Q_{-30} = \Sigma Q_{1об} + 0,6 \cdot \Sigma Q_{2об} + 0,7 \cdot \Sigma Q_{4об} \quad (2.49)$$

$$\Sigma Q_{-10} = \Sigma Q_{1об} + 0,6 \cdot \Sigma Q_{2об} + 0,7 \cdot \Sigma Q_{4об} \quad (2.50)$$

$$\Sigma Q_{-40} = 10,698 + 188,64 + 0,7 \cdot 40,48 = 227,67$$

$$\Sigma Q_{-30} = 40,542 + 0,6 \cdot 70,05 + 0,7 \cdot 30,68 = 104,05$$

$$\Sigma Q_{-10} = 64,822 + 0,6 \cdot 233,18 + 0,7 \cdot 79,76 = 260,56$$

Холодопроизводительность компрессоров с учетом коэффициента потерь холода, принятого по температурам кипения:

$$Q_{03(-40)} = 227,67 \cdot 1,1 = 250,44 \text{ кВт} \quad t_{03} = -40^{\circ}\text{C},$$

$$Q_{02(-30)} = 104,95 \cdot 1,07 = 111,33 \text{ кВт} \quad t_{02} = -30^{\circ}\text{C},$$

$$Q_{01(-10)} = 260,56 \cdot 1,05 = 273,59 \text{ кВт} \quad t_{01} = -10^{\circ}\text{C}.$$

2.4.2 Определение параметров конденсации.

Температура воды t_{w1} , $^{\circ}\text{C}$, входящей в конденсатор после градирни [2]:

$$t_{w1} = t' + \Delta t_w \left(\frac{1}{\eta} - 1 \right), \quad (2.51)$$

где $\Delta t_w = (4 \div 6)^{\circ}\text{C}$ - средний нагрев воды,

$t' = 23^{\circ}\text{C}$, температура смоченного термометра;

$\eta = 0,5$ коэффициент эффективности градирни,

$$t_{w1} = 23 + 5 \left(\frac{1}{0,5} - 1 \right) = 28$$

Температура воды t_{w2} , $^{\circ}\text{C}$ после конденсатора

$$t_{w2} = t_{w1} + \Delta t_w, \quad (2.52)$$

$$t_{w2} = 28 + 5 = 33$$

Температура конденсации t_k , $^{\circ}\text{C}$:

$$t_k = t_{w2} + (3 \div 6), \quad (2.53)$$

$$t_k = 33 + 3 = 36$$

Принимаем $t_k = 36^{\circ}\text{C}$

						Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.5 Расчет и подбор компрессоров

2.5.1 Расчет цикла на температуру кипения $t_o = -10$

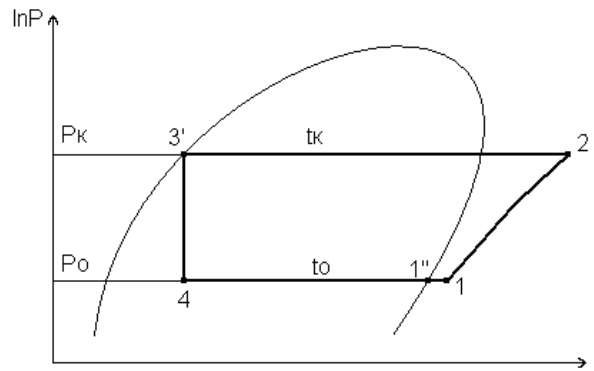


Рисунок 2.2 - Цикл одноступенчатой ХМ

Таблица 2.12 - Параметры узловых точек

	1''	1	2	3'	4
$t, ^\circ\text{C}$	-10	0	105	36	-10
$P, \text{МПа}$	0.3	0.3	1.4	1.4	0.3
$h, \text{кДж/кг}$	1675	1690	1907	583	583
$v, \text{м}^3$	0,40	0.41	0,13	-	-

Массовый расход циркулирующего хладагента $M_{(-10)}, \text{кг/с}$, который необходимо отводить от циркуляционного ресивера, определяем по формуле [2]:

$$M_{(-10)} = \frac{Q_{o(-10)}}{q_{o(-10)}}, \quad (2.54)$$

где $q_{o(-10)}$ – удельная холодопроизводительность, кДж/кг ,

$$q_{o(-10)} = (h_{1'} - h_4), \quad (2.55)$$

$$q_{o(-10)} = 1675 - 583 = 1092,$$

$$M_{(-10)} = \frac{273,59}{1092} = 0,25$$

Коэффициент подачи компрессора $\lambda_{(-10)}$: при $P_k/P_o = 1.4/0.3 = 4.7 \Rightarrow \lambda_{(-10)} = 0.8$.

Требуемая производительность компрессора $V_{(-10)}, \text{м}^3/\text{с}$, определяется по формуле [2]:

$$V_{(-10)} = \frac{M_{(-10)} \cdot v_1}{\lambda_{(-10)}}, \quad (2.56)$$

$$V_{(-10)} = \frac{0.25 \cdot 0,41}{0.8} = 0,13$$

Для работы на температуру кипения $t_o = -10$ принимаем винтовой компрессорный агрегат SAB 128HF с объемной действительной производительностью $V_{KM} = 0.15$, м³/с [2].

Действительный массовый расход хладагента $M_{действ.(-10)}$, кг/с,

$$M_{действ.(-10)} = \frac{V_{KM} \cdot \lambda}{v_1}, \quad (2.57)$$

$$M_{действ.(-10)} = \frac{0,15 \cdot 0,8}{0,41} = 0,29$$

Теоретическая мощность компрессора $N_{T(-10)}$, кВт, [2]:

$$N_{T(-10)} = M_{действ.(-10)} \cdot (h_2 - h_1), \quad (2.58)$$

$$N_{T(-10)} = 0,29 \cdot (1907 - 1690) = 62,9$$

Индикаторная мощность компрессора $N_{i(-10)}$, кВт, [2]:

$$N_{i(-10)} = \frac{N_{T(-10)}}{\eta_i}, \quad (2.59)$$

где $\eta_i = 0.8$ – индикаторный КПД,

$$N_{i(-10)} = \frac{62,9}{0,8} = 78,6$$

Эффективная мощность $N_{e(-10)}$, кВт, [2]:

$$N_{e(-10)} = \frac{N_{i(-10)}}{\eta_{мех.}}, \quad (2.60)$$

где $\eta_{мех.} = 0.9$ – механический КПД,

$$N_{e(-10)} = \frac{78,6}{0,9} = 87,3$$

Тепловая нагрузка на конденсатор в теоретическом цикле $Q_{к.теор.(-10)}$, кВт, [2]:

$$Q_{к.теор.(-10)} = M_{действ.(-10)} \cdot (h_2 - h_3), \quad (2.61)$$

$$Q_{к.теор.(-10)} = 0,29 \cdot (1907 - 583) = 383,9$$

Действительная холодопроизводительность $Q_{од.(-10)}$, кВт, [2]:

$$Q_{од.(-10)} = M_{действ.(-10)} \cdot (h_1 - h_4), \quad (2.62)$$

$$Q_{од.(-10)} = 0,29 \cdot (1690 - 583) = 321,03$$

						Лист
						36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

2.5.2 Расчет цикла на температуру кипения $t_o = -30$

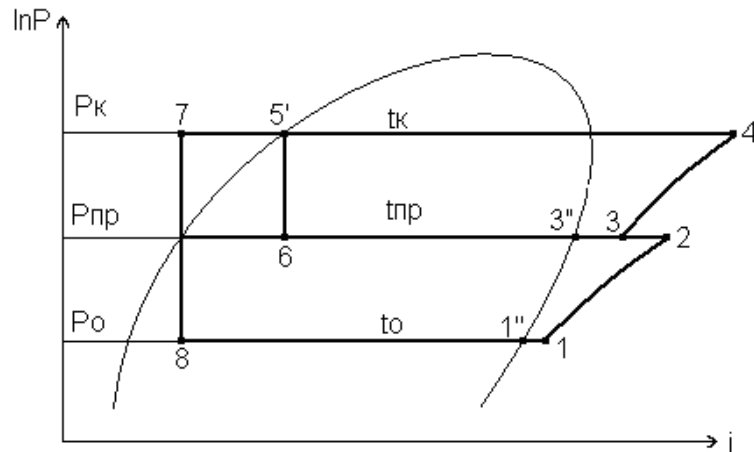


Рисунок 2.3 - Цикл двухступенчатой ПХМ

Таблица 2.13 - Параметры узловых точек

	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$h, \text{кДж/кг}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$
1''	-30	0,12	1637	0,9
1	-20	0,12	1668	0,95
2	60	0,41	1825	0,37
3''	2	0,41	1685	-
3	7	0,41	1700	0,31
4	100	1,4	1885	0,12
5'	36	1,4	583	-
6	2	0,41	583	-
7	5	1,4	430	-
8	-30	0,12	430	-

Массовый расход циркулирующего хладагента компрессора первой ступени $M_{(-30)км1}, \text{кг/с}$, [2, 9]:

$$M_{(-30)км1} = \frac{Q_{o(-30)}}{q_{o(-30)}}, \quad (2.63)$$

где $q_{o(-30)}$ – удельная холодопроизводительность кДж/кг

$$q_{o(-30)} = (h_{1''} - h_8), \quad (2.64)$$

$$q_{o(-30)} = 1637 - 430 = 1207,$$

$$M_{(-30)км1} = \frac{111,33}{1207} = 0,09$$

Требуемый расход хладагента $M_{(-30)км2}, \text{кг/с}$, в компрессоре высокого давления находим из теплового баланса промежуточного сосуда [2, 9]:

$$M_{(-30)км2} = M_{(-30)км1} \cdot \frac{(h_2 - h_7)}{(h_{3''} - h_6)}, \quad (2.65)$$

$$M_{(-30)км2} = 0,09 \cdot \frac{(1825 - 430)}{(1685 - 583)} = 0,11$$

Коэффициент подачи компрессоров первой и второй ступени сжатия $\lambda_{(-30)}$:

при $P_{\kappa}/P_{np} = 1,4/0,41 = 3,41$ $\lambda_{1(-30)} = 0,83$

при $P_{np}/P_o = 0,41/0,12 = 3,41$ $\lambda_{2(-30)} = 0,83$

Требуемая производительность компрессоров $V_{(-30)}, м^3/с$

$$V_{(-30)1км} = \frac{M_{(-30)км1} \cdot v_1}{\lambda_{1(-30)}}, \quad (2.66)$$

$$V_{(-30)2км} = \frac{M_{(-30)км2} \cdot v_3}{\lambda_{2(-30)}}, \quad (2.67)$$

$$V_{(-30)км1} = \frac{0,09 \cdot 0,95}{0,83} = 0,103,$$

$$V_{(-30)км2} = \frac{0,11 \cdot 0,31}{0,83} = 0,041$$

Для работы на температуру кипения $t_o = -30$ принимаем для ступени низкого давления винтовой компрессорный агрегат SAB 128HF с объемной действительной производительностью $V_{(-30)д.км1} = 0,126, м^3/с$, а для ступени высокого давления принимаем винтовой компрессорный агрегат SAB 128HM с объемной действительной производительностью $V_{(-30)д.км2} = 0,084, м^3/с$ [2].

Действительный массовый расход хладагента $M_{действ.(-30)}, кг/с$

$$M_{действ.(-30)км1} = \frac{V_{(-30)д.км1} \cdot \lambda_{1(-30)}}{v_1}, \quad (2.68)$$

$$M_{действ.(-30)км2} = \frac{V_{(-30)д.км2} \cdot \lambda_{2(-30)}}{v_3}, \quad (2.69)$$

$$M_{действ.(-30)км1} = \frac{0,126 \cdot 0,83}{0,95} = 0,11,$$

$$M_{действ.(-30)км2} = \frac{0,084 \cdot 0,83}{0,31} = 0,22$$

Теоретическая мощность компрессора $N_{T(-30)}, кВт$, определяется по формуле [2]:

$$N_{T(-30)км1} = M_{действ.(-30)км1} \cdot (h_2 - h_1), \quad (2.70)$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

$$N_{T(-30)кМ2} = M_{действ.(-30)кМ2} \cdot (h_4 - h_3), \quad (2.71)$$

$$N_{T(-30)кМ1} = 0,11 \cdot (1825 - 1668) = 17,27,$$

$$N_{T(-30)кМ2} = 0,22 \cdot (1885 - 1700) = 40,7,$$

Индикаторная мощность компрессора $N_{i(-30)}$, кВт :

$$N_{i(-30)кМ1} = \frac{N_{T(-30)кМ1}}{\eta_i}, \quad (2.72)$$

$$N_{i(-30)кМ2} = \frac{N_{T(-30)кМ2}}{\eta_i}, \quad (2.73)$$

где $\eta_i = 0.8$ – индикаторный КПД

$$N_{i(-30)кМ1} = \frac{17,27}{0,8} = 21,6,$$

$$N_{i(-30)кМ2} = \frac{40,7}{0,8} = 50,9$$

Эффективная мощность $N_{e(-30)}$, кВт :

$$N_{e(-30)кМ1} = \frac{N_{i(-30)кМ1}}{\eta_{мех.}}, \quad (2.74)$$

$$N_{e(-30)кМ2} = \frac{N_{i(-30)кМ2}}{\eta_{мех.}}, \quad (2.75)$$

где $\eta_{мех.} = 0.9$ – механический КПД.

$$N_{e(-30)кМ1} = \frac{21,6}{0,9} = 24,$$

$$N_{e(-30)кМ2} = \frac{50,9}{0,9} = 56,5$$

Тепловая нагрузка на конденсатор в теоретическом цикле $Q_{к.теор.(-30)}$, кВт :

$$Q_{к.теор.(-30)} = M_{действ.(-30)кМ2} \cdot (h_4 - h_5), \quad (2.76)$$

$$Q_{к.теор.(-30)} = 0,22 \cdot (1885 - 583) = 286,4$$

Действительная холодопроизводительность $Q_{од.(-30)}$, кВт :

$$Q_{од.(-30)} = M_{действ.(-30)кМ2} \cdot (h_1' - h_8), \quad (2.77)$$

$$Q_{од.(-30)} = 0,11 \cdot (1637 - 430) = 132,77$$

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

2.5.3 Расчет цикла на температуру кипения $t_o = -40$

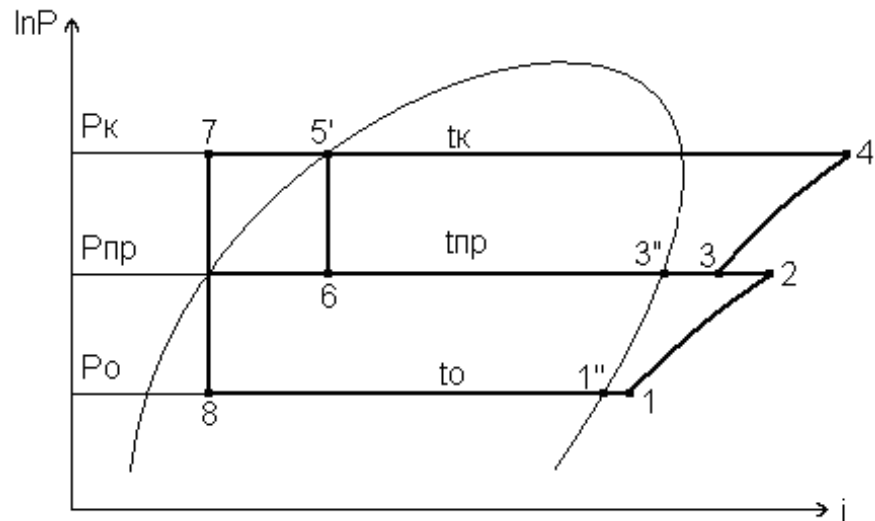


Рисунок 2.4 - Цикл двухступенчатой ПХМ

Таблица 2.14 - Параметры узловых точек

	$t, ^\circ\text{C}$	$P, \text{МПа}$	$h, \text{кДж/кг}$	$v, \text{м}^3/\text{кг}$
1''	-40	0,07	1625	1,5
1	-30	0,07	1650	1,6
2	68	0,31	1850	0,51
3''	-8	0,31	1670	-
3	-3	0,31	1680	0,40
4	110	1,4	1915	0,12
5'	36	1,4	583	-
6	-8	0,31	583	-
7	-5	1,4	390	-
8	-40	0,07	390	-

Массовый расход циркулирующего хладагента $M_{(-40)\text{кв1}}, \text{кг/с}$, который необходимо отводить от циркуляционного ресивера, по формуле (2.63):

$$M_{(-40)\text{кв1}} = \frac{Q_{o(-40)}}{q_{o(-40)}},$$

где $q_{o(-40)}$ – удельная холодопроизводительность кДж/кг, по формуле (2.64):

$$q_{o(-40)} = (h_7 - h_8),$$

$$q_{o(-40)} = 1625 - 390 = 1235,$$

$$M_{(-40)км1} = \frac{250,44}{1235} = 0,203$$

Требуемый суммарный расход хладагента $M_{(-40)км2}, кг/с$, в компрессоре высокого давления находим из теплового баланса протосуда, по формуле (2.65):

$$M_{(-40)км2} = M_{(-40)км1} \cdot \frac{(h_2 - h_7)}{(h_{3''} - h_6)},$$

$$M_{(-40)км2} = 0,203 \cdot \frac{(1850 - 390)}{(1670 - 583)} = 0,27$$

Коэффициент подачи компрессоров первой и второй степени сжатия $\lambda_{(-40)}$:

$$\text{при } P_k/P_{np} = 1.4/0.31 = 4,5 \quad \lambda_{1(-40)} = 0,81,$$

$$\text{при } P_{np}/P_o = 0.31/0.07 = 4,5 \quad \lambda_{2(-40)} = 0,81$$

Требуемая производительность компрессоров $V_{(-40)}, м^3/с$, по формуле (2.66):

$$V_{(-40)1км} = \frac{M_{(-40)км1} \cdot v_1}{\lambda_{1(-40)}},$$

$$V_{(-40)2км} = \frac{M_{(-40)км2} \cdot v_3}{\lambda_{2(-40)}},$$

$$V_{(-40)км1} = \frac{0,203 \cdot 1,6}{0,81} = 0,401,$$

$$V_{(-40)км2} = \frac{0,27 \cdot 0,40}{0,81} = 0,13$$

Для работы на температуру кипения $t_o = -40$ принимаем для ступени низкого давления винтовой компрессорный агрегат SAB 202SM с объемной действительной производительностью $V_{(-40)д.км1} = 0.41, м^3/с$, а для ступени высокого давления принимаем винтовой компрессорный агрегат SAB 128HF с объемной действительной производительностью $V_{(-40)д.км2} = 0.15, м^3/с$ [2].

Действительный массовый расход хладагента $M_{действ.(-40)}, кг/с$, по формуле (2.69):

$$M_{действ.(-40)км1} = \frac{V_{(-40)д.км1} \cdot \lambda_{1(-40)}}{v_1},$$

$$M_{действ.(-40)км2} = \frac{V_{(-40)д.км2} \cdot \lambda_{2(-40)}}{v_3},$$

$$M_{действ.(-40)км1} = \frac{0,41 \cdot 0,81}{1,6} = 0,207,$$

						Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M_{действ.(-40)кМ2} = \frac{0,15 \cdot 0,81}{0,40} = 0,303$$

Теоретическая мощность компрессора $N_{T(-40)}$, кВт, по формуле (2.71):

$$N_{T(-40)кМ1} = M_{действ.(-40)кМ1} \cdot (h_2 - h_1),$$

$$N_{T(-40)кМ2} = M_{действ.(-40)кМ2} \cdot (h_4 - h_3),$$

$$N_{T(-40)кМ1} = 0,207 \cdot (1850 - 1650) = 41,4,$$

$$N_{T(-40)кМ2} = 0,303 \cdot (1915 - 1680) = 71,2$$

Индикаторная мощность компрессора $N_{i(-40)}$, кВт, по формуле (2.73):

$$N_{i(-40)кМ1} = \frac{N_{T(-40)кМ1}}{\eta_i},$$

$$N_{i(-40)кМ2} = \frac{N_{T(-40)кМ2}}{\eta_i},$$

где $\eta_i = 0.8$ – индикаторный КПД,

$$N_{i(-40)кМ1} = \frac{41,4}{0,8} = 51,7,$$

$$N_{i(-40)кМ2} = \frac{71,2}{0,8} = 89$$

Эффективная мощность $N_{e(-40)}$, кВт, по формуле (2.74):

$$N_{e(-40)кМ1} = \frac{N_{i(-40)кМ1}}{\eta_{мех.}},$$

$$N_{e(-40)кМ2} = \frac{N_{i(-40)кМ2}}{\eta_{мех.}},$$

где $\eta_{мех.} = 0.9$ – механический КПД,

$$N_{e(-40)кМ1} = \frac{51,7}{0,9} = 57,4,$$

$$N_{e(-40)кМ2} = \frac{89}{0,9} = 98,8$$

Тепловая нагрузка на конденсатор в теоретическом цикле $Q_{к.теор(-40)}$, кВт, по формуле (2.76):

$$Q_{к.теор(-40)} = M_{действ.(-40)кМ2} \cdot (h_4 - h_5'),$$

$$Q_{к.теор(-40)} = 0,303 \cdot (915 - 583) = 403,6$$

Действительная холодопроизводительность $Q_{од(-40)}$, кВт, по формуле (2.77):

$$Q_{од(-40)} = M_{действ.кМ1} \cdot (h_1' - h_8),$$

$$Q_{од(-40)} = 0,207 \cdot (1625 - 390) = 255,6$$

									Лист
									42
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

2.6 Подбор конденсаторов

Действительная тепловая нагрузка на конденсатор $Q_{кд.}$, кВт :

$$Q_{кд.} = Q_{кд.(-10)} + Q_{кд.(-30)} + Q_{кд.(-40)}, \quad (2.78)$$

$$Q_{кд.} = 383,9 + 286,4 + 403,6 = 1073,9$$

Температурный напор Θ_M , °С :

$$\Theta_M = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\ln \frac{t_k - t_{w1}}{t_k - t_{w2}}}, \quad (2.79)$$

$$\Theta_M = \frac{33 - 28}{\ln \frac{36 - 28}{36 - 33}} = 5,1$$

Требуемая площадь теплопередающей поверхности F_B , м², [2]:

$$F_B = \frac{Q_{кд.}}{k \cdot \Theta_M}, \quad (2.80)$$

где $k = 0,8$ кВт/(м²·К) - коэффициент теплопередачи.

$$F_B = \frac{1073,9}{0,8 \cdot 5,1} = 263,2$$

Принимаем два кожухотрубных горизонтальных конденсатора марки АК-750 [2, 4] с площадью теплопередающей поверхности $F_{BH} = 155,5 \text{ м}^2$.

Таблица 2.15 - Характеристики конденсатора

Вместимость по аммиаку, м ³	D, мм	B, мм	H, мм	L, мм
0,92	720	818	1260	5600

Суммарная теплопередающая поверхность $F_{кд.}$, м²:

$$F_{кд.} = 2 \cdot 155,5 = 311$$

2.7 Подбор камерных приборов охлаждения

Расчет и подбор воздухоохлаждавателей.

Площадь теплопередающей поверхности воздухоохлаждавателя $F_{В.О.}, м^2$, [2]:

$$F_{В.О.} = \frac{Q_0}{k \cdot \Theta}, \quad (2.81)$$

где $\Theta = 7 \div 10, ^\circ C$ - температурный напор,

$k, Вт/(м^2 \cdot К)$ - коэффициент теплопередачи, для $t_0 = -10, ^\circ C$, $k = 15,17$.

$k, Вт/(м^2 \cdot К)$ - коэффициент теплопередачи, для $t_0 = -40, ^\circ C$, $k = 12$.

Действительная площадь теплопередающей поверхности воздухоохлаждавателя $F_{В.О.д.}, м^2$:

$$F_{В.О.д.} = n \cdot F_{В.О.}, \quad (2.82)$$

где n - количество воздухоохлаждавателей.

Результаты расчета сведены в таблицу 2.16.

Таблица 2.16 - Подбор воздухоохлаждавателей [2, 4]

№ камеры	$Q_0, кВт$	$F_{В.О.}, м^2$, расчетная	$F_{В.О.д.}, м^2$, действительная	$V_{В.О.}, м^3$, емкость	количество воздухо- охлаждавателей	марка
1	43,204	284,79	293,4	0,102	2	IAGHN 051 D/310
2	43,204	284,79	293,4	0,102	2	IAGHN 051 D/310
3	43,204	284,79	293,4	0,102	2	IAGHN 051 D/310
4	43,204	284,79	293,4	0,102	2	IAGHN 051 D/310
5	43,204	284,79	293,4	0,102	2	IAGHN 051 D/310
6	43,496	286,72	293,4	0,102	2	IAGHN 051 D/310
7	59,825	498,5	530,2	1,84	2	IAGHN 066 D/310
8	60,016	500,13	530,2	1,84	2	IAGHN 066 D/310
9	60,016	500,13	530,2	1,84	2	IAGHN 066 D/310
10	59,961	500,13	530,2	1,84	2	IAGHN 066 D/310
11	34,484	227,32	272	0,072	8	IAGHN 046 B/17
12	36,242	238,91	272	0,072	8	IAGHN 046 B/17
13	25,554	168,45	146,6	0,07	2	IAGHN 051 C/210
14	21,066	144,79	146,6	0,07	2	IAGHN 051 C/210

В камеру №15 устанавливаем батареи, характеристика которых взята из [2].

Принимаем батареи (2СК+4СС) - одна штука, (2СК+1СС) - две штуки.

Площадь теплообменной поверхности пристенных батарей (6 труб):

$$\sum F = 2 \cdot 17,5 + 4 \cdot 27 + 2 \cdot (2 \cdot 17,5 + 27) = 267 м^2,$$

Теплота, отводимая пристенной батареей:

$$Q_{прис} = 3,5 \cdot 267 \cdot 10 = 9345 \text{ Вт},$$

Площадь теплообменной поверхности потолочных батарей (6 труб), [2]:

$$F = (Q_{об} - Q_{прис}) / (k \cdot \Delta t) \quad (2.83)$$
$$F = (32262 - 9345) / (4,4 \cdot 10) = 520 \text{ м}^2.$$

Принимаем батареи (2СК+4СС) - четыре штуки

В камеру №16 устанавливаем батареи.

Принимаем батареи (2СК+4СС) - две штуки.

Площадь теплообменной поверхности пристенных батарей (6 труб).

$$\sum F = 2 \cdot (2 \cdot 17,5 + 4 \cdot 27) = 286 \text{ м}^2,$$

Теплота, отводимая пристенной батареей

$$Q_{прис} = 3,5 \cdot 286 \cdot 10 = 10010 \text{ Вт}.$$

Площадь теплообменной поверхности потолочных батарей (6 труб).

$$F = (54601 - 10010) / (4,4 \cdot 10) = 111013,4 \text{ м}^2.$$

Принимаем батареи (2СК+4СС) - восемь штук.

В камеру №17 устанавливаем батареи.

Принимаем батареи (2СК+4СС) - две штуки.

Площадь теплообменной поверхности пристенных батарей (6 труб).

$$\sum F = 2 \cdot (2 \cdot 17,5 + 4 \cdot 27) = 286 \text{ м}^2,$$

Теплота, отводимая пристенной батареей

$$Q_{прис} = 3,5 \cdot 286 \cdot 10 = 10010 \text{ Вт},$$

Площадь теплообменной поверхности потолочных батарей (6 труб).

$$F = (54405 - 10010) / (4,4 \cdot 10) = 1008,9 \text{ м}^2.$$

Принимаем батареи (2СК+4СС) - восемь штук. Техническая характеристика стандартных ореховых секций представлена в [2].

					Лист
					45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

2.8 Расчет и подбор ресиверов

2.8.1 Расчет и подбор циркуляционных ресиверов

Расчет и подбор циркуляционного ресивера на температуру кипения $t_o = -10,^{\circ} C$

Объем циркуляционного ресивера $V_{up.(-10)}, м^3$, [2]:

$$V_{up.(-10)} = k \cdot (V_{наг.т.п.} + 0.21(V_{в.о.} + V_{б.}) + 0.3 \cdot V_{вс.т.п.}), \quad (2.84)$$

где $k = 3$ - коэффициент запаса,

$V_{наг.т.п.}$ - объем нагнетательного трубопровода $м^3$,

$V_{в.о.}$ - объем всех воздухоохладителей работающих на температуру кипения $t_o = -10,^{\circ} C$, $м^3$,

$V_{б.}$ - объем всех батарей работающих на температуру кипения $t_o = -10,^{\circ} C$, $м^3$

$V_{вс.т.п.}$ - объем всасывающего трубопровода $м^3$.

$$V_{наг.т.п.} = 4\% \cdot V_{общ.(-10)},$$

$$V_{вс.т.п.} = 6\% \cdot V_{общ.(-10)}, \quad (2.85)$$

где $V_{общ.(-10)}$ - общий объем охлаждающих приборов, работающих на температуру кипения $t_o = -10,^{\circ} C$, $м^3$.

$$V_{общ.(-10)} = V_{в.о.} = 0,896,$$

$$V_{наг.т.п.} = 0.04 \cdot 0,896 = 0.036,$$

$$V_{вс.т.п.} = 0.06 \cdot 0,896 = 0.054,$$

$$V_{up.(-20)} = 3 \cdot (0.036 + 0.21 \cdot 0,896 + 0.3 \cdot 0.054) = 0,72$$

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ 1,25 [2].

Таблица 2.17 - Характеристики циркуляционного ресивера [2]

$D \times S, мм$	$L, мм$	$V, м^3$
1020×8	2090	1,25

Расчет и подбор циркуляционного ресивера на температуру кипения $t_o = -30,^{\circ} C$

Объем циркуляционного ресивера $V_{up.(-30)}, \text{м}^3$, определяем по формуле (2.84). Общий объем $V_{общ.(-30)}, \text{м}^3$ охлаждающих приборов работающих на температуру кипения $t_o = -30,^\circ \text{C}$ определяем по таблице 2.16.

$$V_{общ.(-30)} = V_{б.} = 2,378$$

Объем нагнетательного трубопровода $V_{наг.т.п.} \text{м}^3$, определяем по формуле (2.85).

$$V_{наг.т.п.} = 0.04 \cdot 2,378 = 0.095$$

Объем всасывающего трубопровода $V_{вс.т.п.} \text{м}^3$, определяем по формуле (2.85).

$$V_{вс.т.п.} = 0.06 \cdot 2,378 = 0,143,$$

$$V_{up.(-30)} = 3 \cdot (0,095 + 0.21 \cdot 2,378 + 0.3 \cdot 0.143) = 1.9$$

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ 4,0 [2].

Таблица 2.18 - Характеристики циркуляционного ресивера [2]

D × S, мм	L, мм	V, м ³
1220 × 8	4020	4,0

Расчет и подбор циркуляционного ресивера на температуру кипения $t_o = -40,^\circ \text{C}$.

Объем циркуляционного ресивера $V_{up.(-40)}, \text{м}^3$, определяем по формуле (2.84). Общий объем $V_{общ.(-40)}, \text{м}^3$ охлаждающих приборов работающих на температуру кипения $t_o = -40,^\circ \text{C}$ определяем по таблице 2.16.

$$V_{общ.(-40)} = V_{в.о.} = 0,736$$

Объем нагнетательного трубопровода $V_{наг.т.п.} \text{м}^3$, определяем по формуле (2.85).

$$V_{наг.т.п.} = 0.04 \cdot 0,736 = 0.029$$

Объем всасывающего трубопровода $V_{вс.т.п.} \text{м}^3$, определяем по формуле (2.85).

$$V_{\text{с.м.л.}} = 0.06 \cdot 0,736 = 0,044,$$

$$V_{\text{пр.(-40)}} = 3 \cdot (0,029 + 0,21 \cdot 0,736 + 0,3 \cdot 0,044) = 0,58$$

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ 1,25[2].

Таблица 2.19 - Характеристики циркуляционного ресивера [2]

D × S, мм	L, мм	V, м ³
1020 × 8	2090	1,25

2.8.2 Расчет и подбор линейного ресивера

Объем линейного ресивера $V_{\text{л.р.}}, \text{м}^3$, [2]:

$$V_{\text{л.р.}} = 0.3 \cdot (\sum V), \quad (2.86)$$

$$V_{\text{л.р.}} = 0.3 \cdot (2,378 + 0,896 + 0,736) = 1,203$$

Принимаем один горизонтальный линейный ресивер РЛД 2 [2].

Таблица 2.20 - Характеристики линейного ресивера [2]

D × S, мм	L, мм	V, м ³
1020 × 8	2090	2,0

2.8.3 Расчет и подбор дренажного ресивера

Объем дренажного ресивера $V_{\text{др.р.}}, \text{м}^3$, [2]:

$$V_{\text{др.р.}} = 1.4 \cdot V_{\text{наиб.}}, \quad (2.87)$$

где $V_{\text{наиб.}}$ - объем испарительной системы наиболее аммиакоемкой камеры, м³.

$$V_{\text{др.р.}} = 1.4 \cdot 0,92 = 1,288$$

Принимаем один горизонтальный дренажный ресивера РЛД 2 [2].

Таблица 2.21 - Характеристики дренажного ресивера [2]

DxS	L, мм	V, м ³
1020x8	2090	2,0

2.9 Подбор градирни

Производительность градирни $Q_{гр.}$, кВт, [2]:

$$Q_{гр.} = Q_{кд.} + N_{i(-10)} + N_{i(-30)} + N_{i(-40)}, \quad (2.88)$$
$$Q_{гр.} = 1073 + 78,6 + 21,6 + 50,9 + 51,7 + 89 = 1365,7$$

Объемный расход охлаждающей воды $V_w, м^3/с$, [2]:

$$V_w = \frac{Q_{гр.}}{C_w \cdot \rho_w \cdot (t_{w2} - t_{w1})}, \quad (2.89)$$
$$V_w = \frac{1365,7}{4,19 \cdot 1000 \cdot (33 - 28)} = 0,065$$

Принимаем две вентиляторные градирни конструкции Град-170 [2, 5].

2.10 Подбор промежуточных сосудов

Расчет и подбор промежуточного сосуда на температуру кипения $t_o = -30, ^\circ C$, определяем по формуле [2]:

Диаметр промежуточного сосуда, D , м:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot M_2 \cdot V_{выс}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.90)$$
$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,084 \cdot 0,31)}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,26.$$

Принимаем промежуточный сосуд марки 40ПСз.

Расчет и подбор промежуточного сосуда на температуру кипения $t_o = -40, ^\circ C$, определяем по формуле (2.90).

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,15 \cdot 0,4)}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,39$$

Принимаем промежуточный сосуд марки 40ПСз [2].

Таблица 2.22 - Характеристика промежуточного сосуда [2]

$D \times S$, мм	Н, мм	В, мм	$V, м^3$
404 × 10	2390	1010	0,22

2.11 Подбор маслоотделителя, маслосборника и воздухоотделителя

Подбор маслоотделителя

Диаметр маслоотделителя $D_{м.о.}, м$, [2]:

$$D_{м.о.} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum M_{действ.} \cdot V_{наг.}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.91)$$

где $v_{наг}$ - удельный объем пара, нагнетаемого компрессорами, м³/кг;
 $[\omega] = 1 м/с$ - допустимая скорость витания паров.

$$D_{м.о.} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,29 \cdot 0,13 + 0,22 \cdot 0,12 + 0,303 \cdot 0,12)}{3,14 \cdot 1}} = 0,36$$

Принимаем маслоотделитель 150М [2].

Таблица 2.23 – Характеристика маслоотделителя [2]

$D \times S$, мм	H, мм	$V, м^3$
600 × 8	2650	0.78

Подбор маслосборника

В связи с повышенной вместимостью обусловленной необходимостью принятия масла из винтовых компрессоров, принимаем маслосборник 60МЗС.

Подбор воздухоотделителя

Для отвода воздуха из системы устанавливаем воздухоотделитель GP2 Gas/Air Purger производства фирмы York Refrigeration [2].

2.12 Расчет и подбор водяных насосов

Расчет и подбор насосов на градирню

Объемный расход охлаждающей воды V_w , м³/ч, определяем по формуле [2]:

$$V_w = \frac{Q_{гр.} \cdot 3600}{C_w \cdot \rho_w \cdot (t_{w2} - t_{w1})}, \quad (2.92)$$

$$V_w = \frac{1365,7 \cdot 3600}{4,19 \cdot 1000 \cdot (33 - 28)} = 234$$

Принимаем один водяной центробежный насос К200-150-250 [2, 6] с объемной подачей $V_w = 315, м^3/ч$. Предусмотрен один насос в резерв.

2.13 Расчет и подбор аммиачных насосов

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения $t_o = -10,^{\circ}C$.

Необходимая объемная подача аммиака $V_{NH_3}, м^3/ч$, определяем по формуле [2]:

$$V_{NH_3} = \frac{Q_o \cdot n \cdot 3600}{r_a \cdot \rho_a}, \quad (2.93)$$

где $n = 5$, кратность циркуляции при нижней подаче,

$r_a, кДж/кг$ - теплота парообразования аммиака,

$\rho_a, кг/м^3$ - плотность жидкого аммиака,

При температуре кипения $t_o = -10,^{\circ}C$ согласно [7]:

$$r_a = 1294, кДж/кг,$$

$$\rho_a = 652, кг/м^3.$$

$$V_{NH_3} = \frac{377,76 \cdot 5 \cdot 3600}{1294 \cdot 652} = 7,96.$$

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения $t_o = -30,^{\circ}C$.

Необходимая объемная подача аммиака $V_{NH_3}, м^3/ч$ определяем по формуле (2.93).

При температуре кипения $t_o = -30,^{\circ}C$ согласно [7]:

$$r_a = 1359, кДж/кг,$$

$$\rho_a = 677,8, кг/м^3.$$

$$V_{NH_3} = \frac{141,27 \cdot 5 \cdot 3600}{1359 \cdot 677,8} = 2,76.$$

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения $t_o = -40,^{\circ}C$.

Необходимая объемная подача аммиака $V_{NH_3}, м^3/ч$, определяем по формуле (2.93).

При температуре кипения $t_o = -40,^{\circ}C$ согласно [7]:

$$r_a = 1388,9, кДж/кг,$$

$$\rho_a = 690, кг/м^3.$$

$$V_{NH_3} = \frac{239,82 \cdot 5 \cdot 3600}{1388,9 \cdot 690} = 4,5.$$

Для $t_o = -10,^{\circ}C$ принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦГН-12,5/20 производительностью $V_{NH_3} = 12,5, м^3/ч$.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

Для $t_o = -30,^{\circ}C$ принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦГН-12,5/20 производительностью $V_{NH_3} = 12,5, м^3/ч$.

Для $t_o = -40,^{\circ}C$ принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦГН-12,5/20 производительностью $V_{NH_3} = 12,5, м^3/ч$ [2].

2.14 Расчет трубопроводов

Диаметр $d_n, м$, нагнетательного трубопровода определяем по формуле [2]:

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum M_{действ.} \cdot v_{наг.}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.94)$$

где $[\omega] = 25, м/с$ - скорость движения хладагента.

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,29 \cdot 0,13 + 0,22 \cdot 0,12 + 0,303 \cdot 0,12)}{3,14 \cdot 25}} = 0,072.$$

Принимаем стальную бесшовную трубу с условным проходом $d_y = 80 мм$.

Расчет и подбор всасывающего трубопровода для температуры кипения $t_o = -10,^{\circ}C$.

Диаметр $d_{вс.}, м$ всасывающего трубопровода определяем по формуле [2]:

$$d_{вс.} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{действ.} \cdot v_{всас.}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.95)$$

где $v_{всас.}$ - удельный объем всасываемого пара;

$[\omega] = 20, м/с$ - допустимая скорость всасывания хладагента.

$$d_{вс.} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,29 \cdot 0,41)}{3,14 \cdot 20}} = 0,087$$

Принимаем стальную бесшовную трубу с условным проходом $d_y = 10 мм$.

Расчет и подбор всасывающего трубопровода для температуры кипения $t_o = -30,^{\circ}C$.

Диаметр $d_{вс.}, м$, всасывающего трубопровода определяем по формуле (2.95).

$$d_{вс.} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,95 \cdot 0,11)}{3,14 \cdot 20}} = 0,082$$

Принимаем стальную бесшовную трубу с условным проходом $d_y = 100 мм$.

Расчет и подбор всасывающего трубопровода для температуры кипения $t_o = -40,^{\circ}C$.

Диаметр $d_{вс.}$, м, всасывающего трубопровода определяем по формуле (2.95).

$$d_{вс.} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,207 \cdot 1,6)}{3,14 \cdot 20}} = 0,145$$

Принимаем стальную бесшовную трубу с условным проходом $d_{у.} = 150 \text{ мм}$.

Расчет и подбор водяного трубопровода.

Диаметр $d_{[\omega]}$, м водяного трубопровода:

$$d_{[\omega]} = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.96)$$

где $[\omega] = 1,3 \text{ м/с}$ - допустимая скорость движения воды;
 V – расход воды, $\text{м}^3/\text{с}$.

$$d_{[\omega]} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,065}{3,14 \cdot 1,3}} = 0,22$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом $d_{у.} = 250 \text{ мм}$.

2.15 Описание схемы холодильной установки

Проектом предусмотрена насосно-циркуляционная схема с нижней подачей аммиака в приборы охлаждения, работающая на три температурных режима.

Первый режим: температура кипения $t_0 = -10^\circ\text{C}$. (одноступенчатое сжатие).
Второй режим: температура кипения $t_0 = -30^\circ\text{C}$. (двухступенчатое сжатие).
Третий режим: температура кипения $t_0 = -40^\circ\text{C}$. (двухступенчатое сжатие).

На первый температурный режим работает один винтовой компрессорный агрегат. В состав агрегата входят: маслоотделитель, маслоохладитель, щит автоматики. Подача холодильного агента к приборам охлаждения осуществляется из циркуляционного ресивера РЦЗ-1,25 насосом ЦГН-12,5/20.

На второй температурный режим работает один винтовой компрессорный агрегат на ступени низкого давления и один винтовой компрессорный агрегат на ступени высокого давления. В состав агрегатов входят: маслоотделитель, маслоохладитель, щит автоматики. Промежуточное охлаждение пара, выходящего из компрессора низкой ступени, осуществляется в промежуточном сосуде 40ПСз. Подача холодильного агента к приборам охлаждения осуществляется из циркуляционного ресивера РЦЗ-4 насосом ЦГН-12,5/20.

На третий температурный режим работает один винтовой компрессорный агрегат на ступени низкого давления и один винтовой компрессорный агрегат на ступени высокого давления. В состав агрегатов входят: маслоотделитель, маслоохладитель, щит автоматики. Промежуточное охлаждение пара, выходящего из компрессора низкой ступени, осуществляется в промежуточном сосуде 40ПСз. Подача холодильного агента к приборам охлаждения осуществляется из циркуляционного ресивера РЦЗ-1,25 насосом ЦГН-12,5/20.

										Лист
										53
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

В схему включены два водяных горизонтальных конденсатора марки АК-750 и один линейный ресивер РЛД-2. Оттайка осуществляется подачей горячих паров аммиака в приборы охлаждения, а для сбора жидкого хладагента предусмотрен дренажный ресивер РЛД-2. В машинном отделении установлен общий маслосборник для сбора масла из аппаратов холодильной установки.

Выпуск воздуха производится с помощью воздухоотделителя марки GP2 Gas/Air Purger.

Заполнение системы аммиаком

Зарядку системы аммиаком производят через коллектор регулирующей станции по трубопроводу через вентили. Баллоны присоединяются к вентилю стальной трубкой накидной гайкой. При зарядке прекращается питание циркуляционных ресиверов из линейного ресивера, и подача аммиака производится из баллонов. Для того чтобы из баллона выходила жидкость его кладут на деревянный лежак, вентилем вниз. Перемещение жидкости из баллонов наблюдают по обледенению трубки. Также предусмотрена заправка системы из железнодорожных и автомобильных цистерн. Перемещение жидкого аммиака из цистерн происходит за счет разности давлений. Давление быстро выравнивается и для дальнейших перемещений разность давлений должна поддерживаться работающим компрессором [8]

Удаление масла из системы

Выпуск осуществляется через маслосборник, для чего в маслосборнике понижается давление до давления всасывания путем подключения к циркуляционному ресиверу на $t_0 = -40^\circ C$. Затем закрывают этот вентиль, открывается соответствующий вентиль и масло перемещают из аппаратов в маслосборник [8].

Оттаивание снеговой шубы

На время оттайки закрывают подачу жидкого аммиака в камеры, путем закрытия вентиля на жидкостном коллекторе.

Открывают вентиль в дренажном ресивере, вследствие чего жидкий аммиак стекает в дренажный ресивер. Оставшийся аммиак в приборах охлаждения выдавливается горячими парами, путем подачи их из маслоотделителя. При этом открывается вентиль на оттаивательном коллекторе и закрывается на паровом.

При оттаивании охлаждающих приборов давление, показываемое манометром на оттаивательном коллекторе ОК, не должно превышать значение испытательного давления, установленного для данных охлаждающих приборов.

Процесс оттаивания заканчивается, когда теплопередающая поверхность охлаждающих приборов освобождается от инея. После оттаивания прекращают подачу горячего пара, и дренирование конденсата. Воздухоохладители камеры включают в режим охлаждения.

Собранный в дренажном ресивере хладагент выдерживается некоторое время для того, чтобы повысилась температура, и произошло расслоение хладагента и масла. Масло из дренажного ресивера удаляют в маслосборник. А оставшийся жидкий хладагент направляют в охлаждающие приборы [8].

									Лист
									54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

3. СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ: АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ С РАЗЛИЧНЫМИ ТИПАМИ КОНДЕНСАТОРОВ

Теплота конденсации хладагента холодильной установки должна быть передана окружающей среде. В качестве теплоотводящей среды могут быть выбраны вода или атмосферный воздух - самые доступные теплоприемники. Неоспоримым преимуществом водяного конденсатора является более интенсивная (примерно в 1000 раз по сравнению с воздухом) теплоотдача к воде и более значительная (почти в 3000 раз) объемная теплоемкость воды, обеспечивающая компактность теплообменных аппаратов и относительно малые затраты металла. Кроме того, температура воды в летнее время, как правило, ниже температуры воздуха в данной местности, и поэтому холодильная установка, имеющая конденсатор с водяным охлаждением, работает летом при более низкой температуре конденсации хладагента. Поэтому конденсаторы с водяным охлаждением нашли широкое применение в промышленных холодильных установках. Конденсаторы с воздушным охлаждением обычно применяют только в малых торговых и транспортных холодильных установках, т. е. там, где по ряду причин применение воды в качестве теплоотводящей среды исключено. При водяной системе охлажденная вода служит промежуточным теплоносителем, с помощью которого теплота, выделяемая при конденсации хладагента, отводится к окружающей среде. До настоящего времени наиболее широко применяют водяную систему охлаждения конденсаторов, обеспечивающую высокую интенсивность теплообмена при контакте воды с поверхностью и позволяющую использовать компактную теплообменную аппаратуру. Однако такая система охлаждения предусматривает применение водоохладителей для передачи теплоты от воды к воздуху. Испарительная система охлаждения конденсаторов является комбинацией водяной и воздушной систем охлаждения и представляет собой аппарат, в котором совмещены процессы охлаждения элементов конденсаторов водой и охлаждения этой воды воздухом. Система испарительного охлаждения конденсаторов менее эффективна, чем водяная из-за более низких значений коэффициентов теплоотдачи (от пленки воды к воздуху). Вместе с тем такая система охлаждения позволяет совместить собственно конденсатор и устройство для охлаждения воды в одном аппарате. Испарительные конденсаторы компактны, содержат небольшое количество воды в системе и требуют малого ее расхода. Например, с учетом испарения и уноса расход воды составляет не более 8 % от расхода воды в установке с конденсаторами водяного охлаждения такой же производительности. При температуре воздуха ниже 0 °С испарительный конденсатор может работать как воздушный без подачи воды. Использование испарительных конденсаторов позволяет экономить воду по сравнению с конденсаторами водяного охлаждения, получать относительно низкую температуру конденсации при сравнительно высокой температуре атмосферного воздуха. По экономическим показателям испарительные

конденсаторы имеют преимущество по отношению к конденсаторам другого вида охлаждения во всех климатических зонах, но особенно в зоне с жарким и сухим климатом [2, 8].

При проектировании холодильной установки был подобран водяной кожухотрубный конденсатор. В данном разделе ставится задача сравнить технико-экономические показатели всей установки и конденсатора в частности с аналогичной холодильной установкой с использованием испарительного конденсатора при неизменных параметрах работы: $t_{01} = -10\text{ }^\circ\text{C}$, $t_{02} = -30\text{ }^\circ\text{C}$, $t_{03} = -40\text{ }^\circ\text{C}$, $t_k = 36\text{ }^\circ\text{C}$.

Расчёт и подбор испарительного конденсатора

Подбор конденсатора ведём по площади теплопередающей поверхности. Требуемую площадь теплообмена F , м^2 , рассчитывают по формуле [2]:

$$F = \frac{k \sum Q_{ko}}{q_f}, \quad (3.1)$$

где $\sum Q_{ko}$ – суммарная тепловая нагрузка на конденсатор, кВт;

q_f – плотность теплового потока, $\text{кВт}/\text{м}^2$, определяется согласно [2].

k – поправочный коэффициент, $k=0,9$ [9].

Суммарная тепловая нагрузка на конденсатор определена по формуле (2.78) и составляет:

$$\sum Q_{kd} = 383,9 + 286,4 + 403,6 = 1073,9 \text{ кВт.}$$

Тепловой поток в испарительном конденсаторе зависит от режима работы, поэтому заводы – изготовители указывают в каталогах значение теплового потока при номинальном режиме. Перевести значение тепловой нагрузки на испарительный конденсатор из расчетных условий в номинальные можно по формуле [9]:

$$Q_{\text{кл.н}} = c \cdot \sum Q_{ko} \quad (3.2)$$

где c – коэффициент, учитывающий режим работы испарительного конденсатора, определяется согласно [9]:

$$c = 5,078 - 0,1818 \Delta t_k - 0,0945 t_k + 0,0012 \Delta t_k \cdot t_k + 0,0027 \Delta t_k^2 + 0,0007 t_k^2 \quad (3.3)$$

где t_k – температура конденсации, $^\circ\text{C}$,

Δt_k – разность температур $^\circ\text{C}$, $\Delta t_k = t_k - t'$.

При исходных параметрах: температура конденсации $t_k = 36\text{ }^\circ\text{C}$, температура смоченного термометра $t' = 23\text{ }^\circ\text{C}$, определяем значение разности температур

$\Delta t_k = 36 - 23 = 13 \text{ }^\circ\text{C}$ и плотность теплового потока в испарительном конденсаторе в справочной литературе [2], $qF = 2 \text{ кВт/м}^2$.

$$c = 5,078 - 0,1818 \cdot 13 - 0,0945 \cdot 36 + 0,0012 \cdot 13 \cdot 36 + 0,0027 \cdot 13^2 + 0,0007 \cdot 36^2 = 1,2377.$$

Следовательно, номинальный тепловой поток в испарительном конденсаторе

$$Q_{\text{кд.н}} = 1,2377 \cdot 1073,9 = 1329,17 \text{ кВт.}$$

Подбираем испарительный конденсатор марки МИК5-500-Н [2].

Требуемая площадь теплообменной поверхности F , м^2 , испарительного конденсатора:

$$F = \frac{0,9 \cdot 1073,9}{2} = 483,25$$

Техническая характеристика представлена в таблице 3.1.

Таблица 3.1 - Техническая характеристика испарительного конденсатора [2]

Марка	Площадь теплообменной поверхности, $F_k, \text{м}^2$	Номинальный тепловой поток, кВт	Расход воды, $\text{м}^3/\text{час}$	Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{час}$	Мощность электродвигателя, $N_{\text{дв.}}, \text{кВт}$	Размеры, мм Д×Ш×В
МИК5-500-Н	527,5	1368	140	90000	11	4820×2530×2600

Расчёт и подбор водяных насосов.

Объемную подачу водяных насосов определяем по количеству потребляемой воды конденсатором, взятому из таблицы 3.1. Подбираем для конденсатора три штатных насоса и один в резерв марки К 80-65-160 [2]. Техническая характеристика представлена в табл. 3.2.

Таблица 3.2 - Техническая характеристика водяного насоса [2]

Марка	Подача $V, \text{м}^3/\text{ч}$	Напор, м в.ст.	Частота вращения, мин^{-1}	Мощность электродвигателя, $N_{\text{дв.}}, \text{кВт}$	Размеры, мм Д×Ш×В
К 80-65-160	50	32	2900	7,5	1060×350×450

Подбор градирни и водяных насосов для системы охлаждения масла в винтовых маслозаполненных компрессорах.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		57

Тепловая нагрузка на градирню определяется исходя из суммы индикаторных мощностей компрессорных агрегатов [2]:

$$Q_{гр} = \sum N_i \quad (3.4)$$

$$Q_{гр} = 78,6 + 21,6 + 50,9 + 51,7 + 89 = 291,8 \text{ кВт}$$

Подбираем градирню ГРАД-50 [2, 5]. Тепловая нагрузка на градирню при номинальном режиме составляет $Q_{гр} = 300$ кВт. Гидравлическая нагрузка на градирню $V_w = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$, мощность двигателя 3 кВт. По объемному расходу воды на градирню подбираем два насоса марки К 65-50-125 и один резервный производительностью $25 \text{ м}^3/\text{ч}$, напор 20 м.в.ст., мощность двигателя 3 кВт.

Расчет годовой выработки холода

Исходными данными для определения годовой выработки холода является нагрузка на компрессоры по каждой температуре кипения, полученная при расчете теплопритоков.

Расчет суммарной рабочей холодопроизводительности компрессоров в стандартном режиме представлен в таблице 3.3

Расчет готовой выработки холода $Q_{год}$, тыс. ст. ккал, производим по формуле [12]:

$$Q_{год} = \sum Q_{0.ст} \cdot T \cdot \beta, \quad (3.5)$$

где $\sum Q_{0.ст}$ - суммарная рабочая холодопроизводительность компрессоров в стандартном режиме;

T- количество часов работы компрессора;

β -коэффициент использования рабочего времени, $\beta=0,82-0,92$ [2, 12].

Таблица 3.3 - Расчет общей потребности холода

Температура кипения, °С	Удельный вес холода по температурам кипения, кВт	Расход холода по температурам кипения, тыс. ккал/час	Коэффициент перевода в стандартные условия	Расход холода, тыс. ст. ккал/час
1	2	3	4	5
-40	250,44	215,18	2,9	624,02
-30	111,33	95,65	1,8	172,17
-10	273,59	235,07	0,78	183,35
Итого:				979,54

$$Q_{год} = 979,54 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,85 = 7293654,84$$

Расчет капитальных вложений

						Лист
						58
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Выбор стоимости оборудования ведется по прейскурантам цен и рекламным проспектам на холодильное оборудование [12]. Данные по затратам на приобретение оборудования сводим в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Затраты на приобретение оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Характеристика оборудования	Стоимость единицы оборуд-я, руб.	Общая стоимость, руб.	Количество, шт.
1	Компрессоры: SAB 128 HF	$Q_0 = 291,6 \text{ кВт}$ $N_0 = 92 \text{ кВт}$	1225650	3676950	3
	SAB 128 HM	$Q_0 = 185,8 \text{ кВт}$ $N_0 = 88 \text{ кВт}$	1179500	1179500	1
	SAB 202 SM	$Q_0 = 812,8 \text{ кВт}$ $N_0 = 160 \text{ кВт}$	1630240	1630240	1
2	Маслоотделитель: 150 М	$V = 0,402 \text{ м}^3$	104100	104100	1
3	Дренажный ресивер: РЛД-2	$V = 2 \text{ м}^3$	405500	405500	1
4	Циркуляционные ресиверы: РЦЗ-1,25	$V = 1,25 \text{ м}^3$	380200	760400	2
	РЦЗ-4,0	$V = 4 \text{ м}^3$	651300	651300	1
5	Линейный ресивер: РЛД-2	$V = 2 \text{ м}^3$	405500	405500	1
6	Промежуточные сосуды: 40ПСЗ	$V = 0,22 \text{ м}^3$	160360	320720	2
7	Водяные насосы: К 80-65-160	$V = 50 \text{ м}^3/\text{ч}$ $N_0 = 7,5 \text{ кВт}$	20700	82800	4
	К 65-50-125	$V = 25 \text{ м}^3/\text{ч}$ $N_0 = 7,5 \text{ кВт}$	14380	43140	3
8	Воздухоотделитель: GP2 Gas/Air Purger	$V = 0,0022 \text{ м}^3$	22600	22600	1
9	Маслосборник: 60МЗС	$V = 0,06 \text{ м}^3$	93560	93560	1
10	Воздухоохладители: IAGHN 051 D/310	$V = 30,3 \text{ м}^3$ $N_0 = 1,5 \text{ кВт}$	326100	3913200	12
	IAGHN 066 D/310	$V = 51,6 \text{ м}^3$ $N_0 = 2,28 \text{ кВт}$	541750	4334000	8
	IAGHN 046 B/17	$V = 34 \text{ м}^3$ $N_0 = 0,36 \text{ кВт}$	90960	1455360	16
	IAGHN 051 C/210	$V = 73,3 \text{ м}^3$ $N_0 = 1 \text{ кВт}$	178100	712400	4
11	Конденсатор испарительный МИК5-500-Н	$F = 527,5 \text{ м}^2$ $N_0 = 11 \text{ кВт}$	2125000	2125000	1
12	Аммиачные насосы: ЦГН-12,5/20	$V = 12,5 \text{ м}^3/\text{ч}$ $N_0 = 4 \text{ кВт}$	89440	536640	6
	Градирня ГРАД-50	$N_0 = 3 \text{ кВт}$	199080	199080	1
	Итого:			22452910	70

Стоимость приобретенного оборудования C , руб., рассчитывают по формуле [12]:

$$C = Ц \cdot n_i \cdot (1 + K_1 + K_2 + K_3), \quad (3.6)$$

где Ц - оптовая цена единицы оборудования, руб.;

n_i - количество оборудования i -го типа;

K_1 - коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, $K_1=0,05$ [6];

K_2 - коэффициент, учитывающий затраты на монтаж и наладку оборудования, $K_2=0,05$ [6];

K_3 - коэффициент, учитывающий затраты на строительные работы и устройство фундаментов оборудования, $K_3=0,05$ [12].

$$C = 22452910 \cdot (1 + 0,05 + 0,05 + 0,05) = 25820846,5.$$

Капитальные вложения в холодильное оборудование $K_{об}$, руб., определяем как сумму вложений по отдельным видам оборудования [12] по формуле:

$$K_{об} = C + K_{труб} + K_{кип} + K_{пр}, \quad (3.7)$$

где С - стоимость приобретённого оборудования, руб.;

$K_{труб}$ - капитальные вложения в трубопроводы (15÷20% от стоимости оборудования);

$K_{кип}$ - то же в КИП (20% от стоимости оборудования);

$K_{пр}$ - то же в прочее неучтенное оборудование (5% от стоимости оборудования).

$$K_{об} = 25820846,5 + 3873127 + 5164169,3 + 1291042,3 = 36149185,1.$$

Капитальные вложения в основные и оборотные средства компрессорного цеха $K_{тр}$, руб., определяем по формуле [12]:

$$K_{тр} = K_{об} + K_{соор} + K_{зд} + K_{инв} + K_{м} + K_{з}$$

где $K_{об}$ – капитальные затраты в холодильное оборудование, руб.;

$K_{соор}$ – капитальные затраты в сооружения (градирня), руб.;

$K_{зд}$ – капитальные затраты в здания, руб.;

$K_{инв}$ – капитальные затраты в инвентарь, руб., (2% от С);

$K_{м}$ – капитальные затраты в запасные материалы, руб., (2% от С);

$K_{з}$ – капитальные затраты на запасные части, руб., (2% от С).

Стоимость зданий производственного назначения (руб.) рассчитываем исходя из стоимости 1 м^2 производственной площади по формуле [12]:

$$K_{зд} = F \cdot Ц, \quad (3.8)$$

где F – площадь компрессорного цеха, м^2 ;

						Лист
						60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Ц – стоимость 1 м² производственного здания, руб.

$$K_{зд} = 216 \cdot 35000 = 7560000.$$

Капитальные вложения в сооружения равны стоимости градирни.

$$K_{соор} = 199080.$$

$$K_{тр} = 36149185,1 + 7560000 + 199080 + 516416,9 + 516416,9 + 516416,9 = 45457515,8$$

Удельные капитальные вложения $K_{уд}$, руб./тыс. ст. ккал, определяем по формуле [12]:

$$K_{уд} = K_{тр} / Q \quad (3.9)$$

$$K_{уд} = 45457515,8 / 7293654,84 = 6,2$$

Расчёт текущих годовых затрат эксплуатации холодильной установки

Определяем себестоимость выработки холода S , руб/год, по формуле [12]:

$$S = S_M + S_B + S_э + S_{зп} + S_{цех}^p,$$

где S_M - затраты на сырье, руб./год;
 S_B - затраты на воду, руб. /год;
 $S_э$ - затраты на электроэнергию, руб. /год;
 $S_{зп}$ - заработная плата производственных рабочих, руб. /год;
 $S_{цех}^p$ - цеховые расходы, связанные с обслуживанием компрессорного цеха, руб./год.

Расчет затрат на сырье и материалы

Годовая стоимость смазочного масла C_M , руб./год, определяем по формуле [12]:

$$C_M = M \cdot Ц, \quad (3.10)$$

где M - годовая потребность в смазочном масле, кг/год;

Ц – стоимость 1 кг смазочного масла (52,6 руб.).

Годовую потребность в смазочном масле M , кг/год, определяем по формуле [12]:

						Лист
						61
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$M = g_m \cdot T \cdot (1 - K_{MO}) \cdot K_r, \quad (3.11)$$

где g_m – величина уноса масла из компрессора, кг/час, для винтовых компрессоров принимаем $q_m = 0,12$ кг/ч;

T – число часов работы компрессора в год;

K_{MO} – коэффициент маслоотделения;

K_r – коэффициент рабочего времени.

$$M = 5 \cdot (0,12 \cdot 365 \cdot 24 \cdot (1 - 0,6) \cdot 0,85) = 1787,04;$$

Общая стоимость масла:

$$C_M = 1787,04 \cdot 52,6 = 93998,3$$

Годовая стоимость аммиака C_a , руб./год, определяем по формуле [12]:

$$C_a = \Sigma Q_o \cdot N \cdot Ц, \quad (3.12)$$

где $Ц$ – стоимость 1 кг аммиака, руб.;

N – годовой расход аммиака для пополнения системы на тыс. ст. ккал/час.

$$C_a = 979,54 \cdot 4,2 \cdot 18 = 74053,2$$

Затраты на сырье $S_{сыр}$, руб./год, определяем по формуле [12]:

$$S_{сыр} = C_M + C_a \quad (3.13)$$

$$S_{сыр} = 93998,3 + 74053,2 = 168051,5.$$

Расчет затрат на воду

Годовой расход воды, подаваемой на охлаждающие устройства G_B , м³/год, определяем по формуле [12]:

$$G_B = g_B \cdot Q_{год}, \quad (3.14)$$

где g_B – удельная норма расхода воды на тыс. ст. ккал/час;

$Q_{год}$ – годовая выработка холода, тыс. ст. ккал.

Расход воды на испарительный конденсатор ($g_B = 0,005$) составит:

$$G_B = 0,005 \cdot 7293654,84 = 36468,3$$

						Лист
						62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Расход воды на градирню ($g_B = 0,02$) составит:

$$G_B = 0,02 \cdot 7293654,84 = 145873,1$$

При обратном водоснабжении расход воды рассчитываем только на восполнение потерь на охлаждающих устройствах (1% от циркулирующей в системе).

Стоимость потребляемой воды C_B , руб./год, определяем по формуле [12]:

$$C_B = G_B \cdot Ц, \quad (3.15)$$

где $Ц$ – цена 1 м^3 воды, руб.

$$C_B = (36468,3 + 145873,1) \cdot 52 \cdot 0,01 = 94817,5 \text{ руб.}$$

Расчет затрат на электроэнергию

Годовой расход электроэнергии определяем по формуле [12]:

$$N_{\text{год}} = (N_i / \eta) \cdot (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot T), \quad (3.16)$$

где N_i – суммарная установленная мощность электродвигателей, кВт;

K_1 – коэффициент загрузки электродвигателей по времени работы холодильной машины;

K_2 – то же, по мощности холодильной машины;

K_3 – коэффициент, учитывающий потери энергии в сети;

η – КПД электродвигателя;

T – время работы электродвигателей (соответствует количеству часов работы компрессоров в год), час.

$$N_{\text{год}} = (647 / 0,9) \cdot (0,6 \cdot 0,7 \cdot 1,04 \cdot 8760) = 2750733,4$$

Стоимость потребляемой электрической энергии определяем по формуле [12]:

$$S_3 = N_{\text{год}} \cdot Ц_3, \quad (3.17)$$

где $Ц_3$ – тариф на электрическую энергию, руб./кВтч.

$$S_3 = 2750733,4 \cdot 4,27 = 11745631,6$$

Годовой фонд оплаты труда рабочих энергоцеха $\Phi_{\text{год}}$, руб./год, рассчитываем по формуле [12]:

$$\Phi_{\text{год}} = M \cdot 11 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot D_3, \quad (3.18)$$

						Лист
						63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

где М – месячный фонд заработной платы, руб.;

Д₁ – коэффициент, учитывающий размер дополнительной зарплаты на основные и дополнительные отпуска (Д₁=1,1);

Д₂ – коэффициент, учитывающий премии (Д₂=1,2);

Д₃ – районный коэффициент (Д₃=1,15).

Штат энергоцеха и расчет месячного фонда оплаты труда по энергоцеху приведен в таблице 3.5.

Таблица 3.5 - Месячный фонд оплаты труда по энергоцеху

Наименование должностей и категорий работников	Количество работников	Месячный оклад одного работника, руб.	Итого по каждой категории
Слесарь-монтер	1	18000	18000
Дежурный слесарь	2	15500	31000
Аккумуляторщик	2	15000	30000
Всего:	5	—	79000

Годовой фонд оплаты труда рабочих энергоцеха:

$$\Phi_{\text{год}} = 79000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 1319142.$$

Страховые взносы принимаются в размере 30,2% от годового фонда оплаты труда – 398380,9 руб.

Цеховые расходы по энергоцеху условно принимаем 10% от годового фонда оплаты труда – 131914,2 руб.

Калькуляция себестоимости 1 кВтч электрической энергии приведена в таблице 3.6.

Таблица 3.6 - Калькуляция себестоимости электроэнергии

Наименование статей	Сумма на все количество, руб.	Сумма на 1 кВтч, руб.
1 Потребляемая электроэнергия	11745631,6	4,27
2 Основная заработная плата	1319142	0,48
3 Страховые взносы	398380,9	0,145
4 Цеховые расходы	131914,2	0,048
Итого: Цеховая себестоимость	13595068,7	4,942

Расчет годового фонда заработной платы производственных рабочих компрессорного цеха.

Штат компрессорного цеха приведем в таблице 3.7.

Таблица 3.7 - Месячный фонд оплаты труда по компрессорному цеху

Наименование должностей и категорий работников	Количество работников	Месячный оклад одного работника, руб.	Итого по каждой категории
Машинист холодильной установки	4	20000	80000
Слесарь ремонтник	2	18000	36000
Всего:	6	—	116000

Годовой фонд оплаты труда производственных рабочих компрессорного цеха рассчитываем по формуле (3.18).

$$\Phi_{\text{год}} = 116000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 1936968$$

Страховые взносы составят 584964,3 руб./год.

По статье «Цеховые расходы», согласно [12] учитывается:

- годовой фонд оплаты труда цехового персонала.

Таблица 3.8 - Месячный фонд оплаты труда цехового персонала

Наименование должностей и категорий работников	Количество работников	Месячный оклад одного работника, руб.	Итого по каждой категории
Начальник цеха	1	26000	26000
Сменный механик	2	15500	31000
Уборщица	1	8000	8000
Всего:	4	—	65000

Годовой фонд оплаты труда цехового персонала рассчитываем по формуле (3.17).

$$\Phi_{\text{год}} = 65000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 1085370$$

- Страховые взносы составят 327781,7 руб.
- Амортизация основных производственных фондов (зданий - 2,5%, сооружений - 4,0%, оборудования - 10%):

$$\begin{aligned} A_{\text{зд}} &= 189000, \\ A_{\text{соор}} &= 7963,2, \\ A_{\text{об}} &= 3614918,5. \end{aligned}$$

- Текущий ремонт (5,5% от стоимости основных производственных фондов) – 2414954,6 руб.

- Содержание зданий, сооружений, оборудования и инвентаря (до 1,5% от стоимости основных производственных фондов) – 658624,0 руб.
- Прочие расходы (до 0,5% от суммы цеховых расходов) – 41493,1 руб.
- Расходы по охране труда (принимаются в размере 1000 руб. на человека) – 15000 руб.

Цеховые расходы определяем суммированием всех статей:

Цеховые расходы = 8355105,1 руб.

Расчет цеховой себестоимости холода.

Результаты расчетов сводятся в таблицу 3.9.

Таблица 3.9 - Калькуляция себестоимости холода

Наименование статей	Сумма	
	На всю выработку, руб.	На тыс. ст. ккал, руб.
1. Сырье и основные материалы	168051,5	0,023
2. Вода производственная	94817,5	0,013
3. Электроэнергия	13595068,7	1,864
4. Заработная плата производственных рабочих	1936968,0	0,266
5. Страховые взносы	584964,3	0,080
6. Цеховые расходы	8355105,1	1,146
Итого: Цеховая себестоимость	24734975,1	3,391

Таблица 3.10 – Сравнительный анализ технико-экономических показателей холодильной установки с испарительным конденсатором и с водяным конденсатором

Наименование статей	Сумма затрат для ХУ с водяным конденсатором		Сумма затрат для ХУ с испарительным конденсатором	
	На всю выработку, руб.	На тыс. ст. ккал, руб.	На всю выработку, руб.	На тыс. ст. ккал, руб.
1. Сырье и основные материалы	168051,5	0,023	168051,5	0,023
2. Вода производственная	75854,0	0,010	94817,5	0,013
3. Электроэнергия	13990823,0	1,918	13595068,7	1,864
4. Заработная плата производственных рабочих	1936968,0	0,266	1936968,0	0,266
5. Страховые взносы	584964,3	0,080	584964,3	0,080
6. Цеховые расходы	8923271,1	1,223	8355105,1	1,146
Итого: Цеховая себестоимость	25679934,9	3,521	24734975,1	3,391

Вывод. Сравнивая результаты данного расчета с результатами, полученными в разделе 7, можно утверждать, что использование испарительных конденсаторов позволяет сократить затраты на 944959,8 руб. в год. Значительную часть экономии материальных средств обеспечивает возможность не использовать водяные насосы в холодный период года.

Экономия при использовании испарительного конденсатора приходится на затраты на электроэнергию (в сумме 395757,3 руб.) и цеховые расходы (в сумме 568166,0 руб.).

Экономия по цеховым расходам сложилась за счет расходов на амортизацию, текущий ремонт, содержание оборудования. Эти расходы в свою очередь сократились за счет меньшей стоимости оборудования при использовании испарительного конденсатора. Сумма капитальных затрат выше при использовании водяного конденсатора на 4052060,9 руб. Удельные капитальные затраты при использовании водяного конденсатора составили 6,75 руб./тыс.ст.ккал., а при использовании испарительного конденсатора – 6,2 руб./тыс.ст.ккал.

Ввиду использования в холодильной схеме с испарительным конденсатором градирни для охлаждения масла в маслозаполненных винтовых компрессорах сумма затрат на восполнение потерь в системе обратного водоснабжения выше, чем в холодильной схеме с водяным конденсатором, поскольку водяной конденсатор и градирня имеют одну систему водоснабжения.

Таким образом, для экономии затрат на воду в холодильной схеме с испарительным конденсатором необходимо использовать другие варианты охлаждения масла в маслозаполненных винтовых компрессорах, например, сухие охладители – драйкулеры.

						Лист
						67
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

4 АВТОМАТИЗАЦИЯ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

В современной технике под автоматизацией понимают комплекс технических мероприятий, частично или полностью исключающих участие людей в том или ином технологическом процессе. Говоря об автоматизации холодильных машин и установок, обычно имеют в виду автоматизации их работы в период эксплуатации [10].

Автоматизацию холодильных машин и установок осуществляют в целях повышения их экономической эффективности и обеспечения безопасности работы людей. Повышение экономической эффективности достигается вследствие уменьшения эксплуатационных расходов и затрат на ремонт оборудования, а безопасность эксплуатации — применением автоматических устройств защищающих установки от работы в опасных режимах [10].

Различают две степени автоматизации — полную и частичную.

При частичной автоматизации устройства автоматики управляют только некоторыми технологическими операциями. Поэтому требуется непрерывное обслуживание и наблюдение со стороны технического персонала [10].

При полной автоматизации устройства автоматики полностью управляют основными процессами, что позволяет отказаться от непрерывного обслуживания. Обслуживание может быть периодическим (один раз в сутки, в неделю, и т. д.) или по необходимости с участием персонала [10].

4.1 Обоснование выбора схемы автоматизации

Холодильная установка обслуживает три температуры кипения:

$t_{01} = -10^{\circ}\text{C}$, $t_{02} = -30^{\circ}\text{C}$, $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$. На предприятии применяется насосно-циркуляционная схема с нижней подачей в приборы охлаждения. Для данной установки принимаем схему комплексной автоматизации. Это позволяет уменьшить число обслуживаемого персонала компрессорного цеха и снизить себестоимость выработки холода. Схему автоматизации рассмотрим на примере узла обвязки холодильного оборудования на $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$.

4.2 Описание контролируемых параметров холодильной установки

4.2.1 Автоматизация компрессорного агрегата

В схеме холодильной установки имеется два режима двухступенчатого сжатия, в которых применяются по два винтовых компрессорных агрегата и один режим одноступенчатого сжатия. На компрессорных агрегатах, работающих в режиме двухступенчатого сжатия, установлены следующие приборы в соответствии с назначением. Аварийная защита, предусматривающая аварийное отключение компрессора:

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		68

- При чрезмерном повышении давления нагнетания;
- При чрезмерном понижении давления всасывания;
- При превышении допустимой температуры нагнетания;
- При недостаточном протоке воды в охлаждающей системе компрессора;
- При недостаточном давлении масла в системе смазки компрессора.

В систему автоматической защиты компрессора подключены датчики предельно-допустимого уровня в циркуляционном ресивере.

Через систему управления компрессоров осуществляется пуск и остановка компрессоров по сигналам от датчиков температуры, установленных на стояках циркуляционных ресиверов.

Кроме того, необходимо предусматривать возможность регулирования производительности компрессора в зависимости от изменения температуры жидкого хладагента или воздуха в камерах и от изменения давления в газовом трубопроводе, регистрируемыми вышеописанными датчиками температуры. При работе компрессоров обязательно контролируются следующие параметры:

- Давление и температура хладагента на всасывании в компрессор (9, 15, 30, 36; 16, 37);
- Давление и температура на нагнетании компрессора (8, 14, 29, 35; 13, 17, 34, 38);
- Давление масла в системе смазки компрессора (10-11; 31-32).

Приборы, контролирующие указанные выше параметры, устанавливаются по месту (на приборном щите компрессора). Для обеспечения централизованного управления несколькими компрессорами и для облегчения крупных холодильных установок рекомендуется местные приборы дублировать датчиком с электрическим выходом, с целью вывода показаний на центральный щит управления. На центральный щит управления выводится также вся исполнительная, предупредительная и аварийная сигнализация, причем аварийная сигнализация на ряду со световой обязательно должна дублироваться звуковой.

4.2.2 Автоматизация циркуляционного ресивера

На циркуляционных ресиверах устанавливаются следующие приборы защиты:

- от превышения предельно допустимого уровня хладагента в ресивере предусмотрены два дублирующих друг друга реле уровня, включенные в схему автоматической защиты компрессора (аварийная сигнализация) (39, 40);
- от пониженного заполнения циркуляционного ресивера установлено реле уровня (предупредительная сигнализация) (41);
- реле уровня рабочего заполнения ресивера управляет закрытием и открытием электромагнитного вентиля, установленного на линии жидкого хладагента(42, 43).

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		69

4.2.3 Автоматизация дренажного и линейного ресиверов

На дренажном и линейном ресиверах устанавливаются датчики уровня, контролируемые верхний и нижний уровни заполнения сосуда (52, 53; 57, 58), а также приборы, показывающие давление (56, 60).

4.2.4 Автоматизация аммиачного циркуляционного насоса

Герметичные циркуляционные насосы имеют систему автономного охлаждения жидким аммиаком. Для безопасной работы насоса, охлаждающая рубашка насоса должна быть всегда заполнена жидким аммиаком. Это контролируется датчиком уровня (46), установленного на линии, соединяющей охлаждающую рубашку насоса с паровой частью ресивера. Для того чтобы жидкость из охлаждающей рубашки не перетекала в ресивер на линии, их соединяющей, за датчиком уровня устанавливают регулирующий вентиль или диафрагму. Для безопасной работы насоса необходимо, чтобы разность давлений жидкости на всасывании в насос и на нагнетании была не менее паспортной величины, что контролируется двухпозиционным реле давления (47-48). Значения этих давлений должны контролироваться с помощью показывающих приборов давления, установленных на соответствующих трубопроводах. При снижении уровня жидкости в охлаждающей рубашке насоса или понижении перепада давлений автоматически отключается насос и подается сигнал на аварийную сигнализацию. Включение насоса блокируется с системой пуска компрессора. Компрессор не может быть запущен до пуска насоса.

4.2.5 Автоматизация водяного насоса

Водяные насосы должны иметь защиту от срыва потока, что контролируется реле давления (50), датчики которого установлены на всасывающем и нагнетательном трубопроводах. На нагнетательном трубопроводе установлен датчик показывающего прибора давления (51).

4.2.6 Автоматизация водяного конденсатора

На водяном конденсаторе устанавливаются следующие приборы:

- реле протока (66), контролирующее расход воды идущей на охлаждение хладагента и управляющее пуском и остановкой электродвигателей компрессоров;
- приборы, показывающие давление, (65).

										Лист
										70
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

4.2.7 Автоматизация маслоотделителя и маслосборника

На маслоотделителе и маслосборнике устанавливаются только приборы показывающие давление (67, 68).

4.2.8 Автоматизация градирни

На градирню устанавливаются следующие приборы:

- реле температуры (62), контролирующее температуру воды идущей на охлаждение винтовых агрегатов, в конденсатор и управляющее пуском и остановкой электродвигателя вентилятора градирни (61);

- реле уровня (63), контролирующее добавку свежей воды в градирню и управляющее закрытием и открытием электромагнитного вентиля, установленного на трубопроводе, свежей воды (64).

4.2.9 Автоматизация приборов охлаждения

Для поддержания требуемой температуры воздуха в помещении используется индивидуальное питание приборов охлаждения. В данной схеме подача жидкого хладагента в приборы охлаждения осуществляется с помощью электромагнитного вентиля по сигналам от установленных в помещениях датчиков температуры (70). Давление (температура) кипения поддерживается постоянной в циркуляционном ресивере.

4.2.10 Автоматизация промежуточных сосудов

Для контроля уровня заполнения промежуточного сосуда установлены реле уровня (18, 19, 20) и электромагнитный вентиль (21). Также для контроля давления установлен манометр (22).

4.3 Описание схемы автоматизации

Термореле (КР63) контролирует температуру воздуха в камерах, сигнал регулирования заполнения жидким хладагентом приборов охлаждения (позиция 70) через электромагнитный вентиль (позиция 71).

Термореле (КР81, КР77) контролирует температуру нагнетания, сигнал автоматической защиты (позиции 7, 13, 28, 34).

Реле низкого давления КР1А (позиции 8, 9, 30) контролирует давление всасывания, сигнал защиты при понижении давления всасывания ниже допустимого значения.

										Лист
										71
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Реле высокого давления КР5А, (позиция 29) контролирует давление нагнетания, сигнал защиты при чрезмерном повышении давления.

Реле давления ДЕМ105-02 контролирует давление нагнетания водяного насоса (позиция 50), сигнал защиты при понижении давления нагнетания.

Реле уровня РОС-501 регулирует уровень жидкого хладагента в циркуляционном ресивере (позиции 39, 40), сигнал защиты при достижении предельного уровня заполнения сосуда.

Регулятор уровня РМFL 80-1 управляемый поплавковым вентилем SV4 регулирует уровень жидкого хладагента в циркуляционном ресивере, путем закрытия или открытия электромагнитного вентиля (позиции 42, 43).

Реле уровня РОС-501 регулирует уровень заполнения жидким хладагентом линейного ресивера (позиции 57,58), сигнал защиты при достижении нижнего или верхнего уровней.

Реле уровня РОС-501 регулирует уровень заполнения жидким хладагентом дренажного ресивера (позиции 52, 53), сигнал защиты при достижении верхнего или нижнего уровней.

Регулятор уровня РМFL 80-1 управляемый поплавковым вентилем SV4 регулирует уровень заполнения жидким хладагентом промежуточного сосуда (позиции 20, 21)

Реле уровня РОС-501 регулирует уровень заполнения жидким хладагентом промежуточного сосуда (позиции 18, 19), сигнал защиты при достижении верхнего или нижнего уровней.

4.4 Перечень приборов контроля

Места установки приборов контроля, регулирования, защиты их марки характеристики и уровни установки сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Перечень приборов контроля

Поз.	Место установки	Наименование прибора	Характеристика	Уровень прибора или уровень установки
1	2	3	4	5
7	В системе смазки компрессора низкой ступени	Реле температуры КР 77	20÷60 °С	40 °С
10-11	В системе смазки компрессора низкой ступени	Реле разности давлений МР55А	-0,1÷1,2 МПа	0,1 МПа
8	Нагнетательный трубопровод компрессора низкой ступени	Реле низкого давления КР1А	-0,02÷0,75 МПа	0,37 МПа

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
9	Всасывающий трубопровод компрессора низкой ступени	Реле низкого давления КР1А	-0,02÷0,75 МПа	0,064 МПа
12	В системе охлаждения масла компрессора низкой ступени	Реле потока FQS-U30G	—	—
13	Нагнетательный трубопровод компрессора низкой ступени	Реле температуры КР 77	20÷60 °С	57 °С
14	Нагнетательный трубопровод компрессора низкой ступени	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак 0 - 4 МПа	—
15	Всасывающий трубопровод компрессора низкой ступени	Мановакууметр ТМВ-521 NH3	аммиак -0,1÷0,5 МПа	—
28	В системе смазки компрессора высокой ступени	Реле температуры КР 77	20÷60 °С	40 °С
31-32	В системе смазки компрессора высокой ступени	Реле разности давлений МР55А	-0,1÷1,2 МПа	0,1 МПа
29	Нагнетательный трубопровод компрессора высокой ступени	Реле высокого давления КР5А	0,8÷3,2 МПа	1,56 МПа
30	Всасывающий трубопровод компрессора высокой ступени	Реле низкого давления КР1А	-0,02÷0,75 МПа	0,26 МПа
33	В системе охлаждения масла компрессора высокой ступени	Реле потока FQS-U30G	—	—
34	Нагнетательный трубопровод компрессора высокой ступени	Реле температуры КР 81	80÷150 °С	105 °С
35	Нагнетательный трубопровод	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак 0 - 4 МПа	—
36	Всасывающий трубопровод	Мановакууметр ТМВ-521 NH3	аммиак -0,1÷0,5 МПа	—

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
52 53 55 54	Дренажный ресивер	РОС – 501 РОС – 501 SV1 PMFH 80-2	_____	верхний 80% нижний 20%
56	Дренажный ресивер	Мановакууметр ТМВ-521 NH3	аммиак -0,1÷0,5 МПа	_____
1	Стояк циркуляционного ресивера (-40°C)	Реле температуры КР63	-50÷-10 °С	-40 °С
39 40 41 43 42	На циркуляционном ресивере	РОС - 501 РОС - 501 РОС - 501 SV4 PMFL 80-4	-40°C	предельный 80% повышенный 7 0% рабочий 30%
46	На циркуляционном ресивере	Мановакууметр ТМВ-521 NH3	аммиак -0,1÷0,5 МПа	_____
47- 48	Аммиачные насосы	Реле разности давлений MP55A	-0,1÷1,2 МПа	0,15 МПа
46	Аммиачные насосы	Реле уровня РОС - 501	_____	рабочий 10%
67	Маслоотделитель	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак 0 - 4 МПа	_____
68	Маслосборник	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак 0 - 4 МПа	_____
58 57	Линейный ресивер	РОС - 501 РОС - 501	_____	верхний 80% нижний 20%
59	Уравнительная линия линейный ресивер конденсатор	Реле давления КР5А	0,8÷3,2 МПа	1,3 МПа
60	Линейный ресивер	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак, 0 - 4 МПа	_____
69	Регулирующая станция	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак 0 - 4 МПа	_____
50	Водяной насос	Реле давления ДЕМ 105 - 02	-0,09÷0,7 МПа	0,2МПа
51	Водяной насос	Манометр ДК 2029	0 - 2,5 МПа	_____
62	Градирня	Реле температуры ТАМ102-1-03	5÷35 °С	23 °С
63	Градирня	Реле уровня РОС - 501	_____	_____
18 19 20 21	Промсосуд	РОС - 501 РОС - 501 SV4 PMFL 80-4	_____	верхний 80% нижний 20% рабочий 50%
22	Промсосуд	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак 0 - 4 МПа	_____
66	Конденсатор	Реле протока FQS-U30G	_____	_____
65	Конденсатор	Манометр ТМ-621 NH3	аммиак, 0 - 4 МПа	-

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
70	В камере	Реле температуры КР63	-50÷-10 °С	-30 °С
72	В камере	Реле температуры ЕКС101	-60÷50 °С	-30 °С

Спецификация приборов и электроаппаратуры представлена в таблице 4.2.

Таблица 4.2 - Спецификация приборов и электроаппаратуры

Обозначение	Наименование	Кол-во	Примечание
SK2,3,4	Датчик-реле температуры КР77	3	
SK5	Датчик-реле температуры КР81	1	
SK1,7	Датчик-реле температуры КР63	2	
SK6	Датчик-реле температуры ТАМ102-1-03	1	
SK8	Контролер температуры ЕКС 101	1	
SP3,6,9	Датчик-реле разности давлений МР55А	3	
SP4,8	Датчик-реле давления КР5А	2	
SP1,2,5,	Датчик-реле давления КР1А	3	
SP7	Датчик давления ДЕМ 105 - 02	1	
SN 1,2,3	Датчик-реле протока FQS-U30G	3	
-	PMFL 80-4	2	
SL 3,7	SV4	2	
-	PMFH 80-2	1	
SL 14	SV1	1	
SL 1,2,4,5,6,8,9,10,11,12,13	Реле уровня РОС 501	11	
Pi1,3,4,7,9,10,11,12,13	Манометр ТМ-621 NH3	9	
Pi	Манометр ДК 2029	1	
Pi2,5,6,8	Мановакууметр ТМВ-521 NH3	4	
HL	Арматура сигнальная АС-220 с линзой зеленого цвета	8	
HL	То же с линзой красного цвета	40	
HL	То же с линзой желтого цвета	4	
KS1,2	Реле времени пневматическое РВП-72-3221-00У4	2	
NS1÷11	Пускатель нажимной вибростойкий ПНВ-3ОУ2	12	
HA-1	Звонок громкого боя МЗ-1	1	
HA-2	Сирена сигнальная ВСС-3	1	
SB	Кнопка исп.2, черная КЕ-011У3	2	
SB	То же красная	6	

5 ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ХОЛОДИЛЬНИКА

5.1. В составе холодильной установки имеется различное электрическое оборудование. После выбора и расчёта холодильного оборудования заполняется таблица 5.1.

Таблица 5.1 - Паспортные данные оборудования

Холодильное оборудование		Электродвигатель							
Наименование	Количество	Количество на ед. холодильного оборудования	Тип	Мощность	Напряжение	cosφ	КПД	Число оборотов об/мин	I _п /I _н
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Компрессор SAB 128 HF	3	1	АИР250М2	92	380	0,91	0,9	2960	7,3
Компрессор SAB 128 HM	1	1	АИР250М2	88	380	0,91	0,9	2960	7,3
Компрессор SAB 202 SM	1	1	АИР315S2	160	380	0,92	0,94	2960	7,0
Насос ЦГН-12,5/20	6	1	АИР100S2	4	380	0,88	0,85	2900	7,5
Насос K200-150-250	2	1	АИР180М2	30	380	0,9	0,91	2900	7,5
JAGHN 051 D/310	12	3	4E	0,5	380	0,72	0,7	1380	5,1
JAGHN 066 D/310	8	3	6E	0,76	380	0,69	0,7	870	5,3
JAGHN 046 B/17	16	1	4E	0,36	380	0,72	0,7	1400	5,1
JAGHN 051 C/210	4	2	4E	0,5	380	0,72	0,7	1380	5,1
Градирия ГРАД 170	2	1	АИР132М4	11	380	0,85	0,88	1000	7,2

5.2. Из плана предприятия выбирается длина кабеля от трансформаторной подстанции до распределительного щита в компрессорном цехе, и решаются вопросы по его прокладке. Длина кабеля равна 11,2 м.

Холодильная установка является потребителем второй категории, поэтому электроснабжение обычно осуществляется по двум кабелям напряжением 380 В [11].

5.3. Электрооборудование подключается по радиальной схеме. В этом случае питание подаётся в одну точку цеха (на распределительный щит, от которого питаются отдельные потребители). Из плана компрессорного цеха определяются длины кабелей, с помощью которых различное электрооборудование подсоединяется к распределительному щиту, и заносятся в таблицу 5.2 [11].

Таблица 5.2 – Результаты расчетов и выбор кабелей

№	Оборудование	Длина кабеля, м	Мощность двигателя	Расчётный ток, А	Выбранный кабель	Допустимый ток
1	2	3	4	5	6	7
1	Компрессор SAB 128 HF	7,3	92	170,67	ВВГ (4x70)	210
2	Компрессор SAB 128 HF	14,5	92	170,67	ВВГ (4x70)	210
3	Компрессор SAB 128 HF	12,1	92	170,67	ВВГ (4x70)	210
4	Компрессор SAB 128 HM	16,8	88	163,25	ВВГ (4x70)	170
5	Компрессор SAB 202 SM	9,7	160	281,1	ВВГ (4x185)	340
6	Насос ЦГН-12,5/20	15,8	4	8,12	ВВГ (4x2,5)	19
7	Насос ЦГН-12,5/20	16,5	4	8,12	ВВГ (4x2,5)	19
8	Насос ЦГН-12,5/20	18,1	4	8,12	ВВГ (4x2,5)	19
9	Насос ЦГН-12,5/20	18,8	4	8,12	ВВГ (4x2,5)	19
10	Насос ЦГН-12,5/20	20,8	4	8,12	ВВГ (4x2,5)	19
11	Насос ЦГН-12,5/20	21,5	4	8,12	ВВГ (4x2,5)	19
12	Град 170	21	11	22,34	ВВГ (4x16)	75
13	Град 170	21,5	11	22,34	ВВГ (4x16)	75
14	Насос K200-150-250	3	30	55,65	ВВГ (4x16)	75
15	Насос K200-150-250	4,75	30	55,65	ВВГ (4x16)	75
16	Воздухоохладители: JAGHN 051 D/310	96	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
17	JAGHN 051 D/310	102	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
18	JAGHN 051 D/310	102	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
19	JAGHN 051 D/310	108	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
20	JAGHN 051 D/310	108	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
21	JAGHN 051 D/310	114	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
22	JAGHN 051 D/310	114	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
23	JAGHN 051 D/310	120	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
24	JAGHN 051 D/310	120	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
25	JAGHN 051 D/310	126	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
26	JAGHN 051 D/310	126	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
27	JAGHN 051 D/310	132	0,5	4,52	ВВГ (4x2,5)	10
28	JAGHN 066 D/310	132	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
29	JAGHN 066 D/310	138	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
30	JAGHN 066 D/310	138	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
31	JAGHN 066 D/310	144	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
32	JAGHN 066 D/310	150	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
33	JAGHN 066 D/310	156	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
34	JAGHN 066 D/310	156	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
35	JAGHN 066 D/310	162	0,76	7,17	ВВГ (4x2,5)	10
36	JAGHN 046 B/17	27	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
3	JAGHN 046 B/17	33	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
38	JAGHN 046 B/17	39	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
39	JAGHN 046 B/17	45	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
40	JAGHN 046 B/17	51	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
41	JAGHN 046 B/17	57	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
42	JAGHN 046 B/17	63	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
43	JAGHN 046 B/17	69	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10

Продолжение таблицы 5.2

1	2	3	4	5	6	7
44	JAGHN 046 B/17	33	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
45	JAGHN 046 B/17	39	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
46	JAGHN 046 B/17	45	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
47	JAGHN 046 B/17	51	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
48	JAGHN 046 B/17	57	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
49	JAGHN 046 B/17	63	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
50	JAGHN 046 B/17	69	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
51	JAGHN 046 B/17	75	0,36	1,09	ВВГ (4x2,5)	10
52	JAGHN 051 C/210	81	0,5	3,01	ВВГ (4x2,5)	10
53	JAGHN 051 C/210	84	0,5	3,01	ВВГ (4x2,5)	10
54	JAGHN 051 C/210	93	0,5	3,01	ВВГ (4x2,5)	10
55	JAGHN 051 C/210	99	0,5	3,01	ВВГ (4x2,5)	10

5.4. Расчёт кабеля, соединяющего трансформаторную подстанцию и цех, осуществляют следующим образом. Поскольку обычно все электропотребители не работают одновременно, то определяется расчётная мощность [11]:

$$а) \text{ активная } P_p = K_c \sum P, \text{ кВт}, \quad (5.1)$$

$$б) \text{ реактивная } Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_p, \text{ кВАр}, \quad (5.2)$$

$$в) \text{ полная } S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2}, \text{ кВА}, \quad (5.3)$$

где K_c – коэффициент спроса, определяется по формуле

$$K_c = \frac{K_0 \cdot K_s}{\eta_{об} \cdot \eta_c}, \quad (5.4)$$

где K_0 – коэффициент одновременности, K_0 – колеблется в пределах $0,5 \div 1,0$;

K_s – коэффициент загрузки, $K_s = 0,7 \div 0,8$;

η_c – КПД сети, $\eta_c = 0,92 \div 0,7$;

$\operatorname{tg} \varphi_p$ – соответствует расчётному средневзвешенному коэффициенту мощности, определяется расчётный средневзвешенный $\cos \varphi_p$ затем по величине $\cos \varphi_p$ определяется $\operatorname{tg} \varphi_p$;

$$\cos \varphi_p = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \cdot \cos \varphi_i}{\sum_{i=1}^n P_i}, \quad (5.5)$$

$$\cos \varphi_p = 0,895,$$

следовательно $tg_p = 0,499$

Выполним расчёт для компрессора марки SAB 128 HF

$$K_c = \frac{0,8 \cdot 0,7}{0,9 \cdot 0,9} = 0,69,$$

$$P_p = 0,69 \cdot 92 = 63,48,$$

$$Q_p = 63,48 \cdot 0,499 = 31,68,$$

$$S_p = \sqrt{63,48^2 + 31,68^2} = 70,95.$$

Для остального оборудования расчёт аналогичен. Результаты расчётов сводятся в таблицу 5.3.

Таблица 5.3 – Результаты спроса расчетных мощностей

Электроприёмник	Количество	Устан. мощн. кВт	Расчётный коэф.		Расчетные нагрузки		
			K_c	$\cos \varphi$	P_p , кВт	Q_p , кВА	S_p , кВА
Компрессор SAB 128 HF	3	92	0,69	0,895	190,44	95,07	212,85
Компрессор SAB 128 HM	1	88	0,69	0,895	60,72	30,31	67,86
Компрессор SAB 202 SM	1	160	0,69	0,895	105,6	52,71	118,02
Насос ЦНГ-12,5/20	6	4	0,73	0,895	17,52	8,76	19,56
Насос K200-150-250	2	30	0,68	0,895	40,8	20,36	45,6
JAGHN 051 D/310	12	1,5	0,89	0,895	16,08	8,04	18
JAGHN 066 D/310	8	2,28	0,89	0,895	16,24	8,08	18,16
JAGHN 046 B/17	16	0,36	0,89	0,895	5,12	2,56	5,76
JAGHN 051 C/210	4	1	0,89	0,895	3,56	1,76	3,96
Градирня ГРАД 170	2	11	0,71	0,895	15,62	7,8	17,46
Итого:					471,7	235,45	527,23

По полной расчётной мощности подбираем два сухих трансформатора марки ТСЗ 600/10/0,4 кВА-ip44. Фирма производитель ООО «Электрофизика» г. Санкт-Петербург.

Достоинства сухих трансформаторов:

Отсутствие риска загрязнения окружающей среды, в том числе при утилизации и воспроизводстве меди обмоток; пожаробезопасность, обеспечиваемая использованием минимального количества трудносгораемых и не содержащих токсичных добавок изоляционных материалов; режим работы непрерывный, охлаждение естественное, перегрузки до 120% без ограничения времени [11].

5.5 Сечение кабеля, питающего распределительный щит, определяется из условия, что при выходе из строя одного, второй должен обеспечить питание всей нагрузки [11].

В этом случае расчётный линейный ток определяется по формуле [11]

$$I_p^* = \frac{S_p \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n}, \text{ А}, \quad (5.6)$$

По полученному значению J_p^* выбирается кабель.

$$I_p^* = \frac{527,23 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380} = 801,99$$

Выбираем два кабеля с допустимым током 880 А, типа ВВГ с сечением жил 240 мм².

5.6. При расчёте кабелей и проводов, питающих отдельные агрегаты холодильной установки, расчётный ток определяется по формуле [11]:

$$I_p = \frac{P_n \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n}. \quad (5.7)$$

Выполним расчёт для компрессора марки SAB 128 HF

$$I_p = \frac{92 \cdot 1000}{\sqrt{3} \cdot 380 \cdot 0,9 \cdot 0,91} = 170,67.$$

Выбираем один кабель с допустимым током 210 А, ВВГ(4/70).

Защитно-коммуникационная аппаратура выбирается по паспортным данным электродвигателей.

Расчетный ток максимальной защиты электродвигателя определяется по формуле [11]

$$I_{уст.м} = 1,3I_n, \quad (5.8)$$

где I_n — пусковой ток двигателя.

Расчетный ток тепловой защиты определяется по формуле [11]

$$I_{уст.т} = 1,25I_n. \quad (5.9)$$

где I_n — номинальный ток двигателя, А.

По результатам расчёта величин токов производится выбор аппаратуры и заполняется таблица 5.4 [11].

Выполним расчёт для компрессора марки SAB 128 HF.

						Лист
						80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$I_{уст.м} = 1,3 \cdot 1245,89 = 1619,66,$$

$$I_{уст.т} = 1,25 \cdot 170,67 = 213,34.$$

Таблица 5.4 – Расчет токов и выбор защитно-коммутационных аппаратов

Мощность электродвигате- ля, кВт	Ток электродви- гателя, А		Пускатель			Автомат				
	Номинал, А	Пуск, А	Тип	U _н	J _н	Тип	U _н	Токи, А		
								J _н	J _{уст.мах}	J _{уст.тепл}
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
92	170,67	1245,89	ПГУ	380	250	A3720	380	200	1619,66	213,34
92	170,67	1245,89	ПГУ	380	250	A3720	380	200	1619,66	213,34
92	170,67	1245,89	ПГУ	380	250	A3720	380	200	1619,66	213,34
88	163,25	1191,73	ПГУ	380	250	A3720	380	200	1549,25	204,06
160	281,1	1967,7	ПГУ	380	400	A3730	380	400	2558,01	351,38
4	8,12	60,9	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	79,17	10,15
4	8,12	60,9	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	79,17	10,15
4	8,12	60,9	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	79,17	10,15
4	8,12	60,9	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	79,17	10,15
4	8,12	60,9	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	79,17	10,15
4	8,12	60,9	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	79,17	10,15
30	55,65	417,38	ПМА	380	100	AE2050	380	100	542,59	69,56
30	55,65	417,38	ПМА	380	100	AE2050	380	100	542,59	69,56
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
1,5	4,52	23,05	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	29,97	5,65
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
2,28	7,17	38	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	49,4	8,96
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36

Продолжение таблицы 5.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
0,36	1,09	5,56	ПМА	380	10	ВАМУ14	380	14	7,23	1,36
1	3,01	15,35	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	19,96	3,76
1	1,36	15,35	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	19,96	3,76
1	1,36	15,35	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	19,96	3,76
1	1,36	15,35	ПМА	380	25	ВАМУ14	380	14	19,96	3,76
11	22,34	160,85	ПМА	380	25	АЕ2030	380	25	209,11	27,93
11	22,34	160,85	ПМА	380	25	АЕ2030	380	25	209,11	27,93

5.7. Для приема и распределения электроэнергии по цеху служат распределительные пункты или шкафы. Это металлический шкаф с запирающейся дверью. Внутри имеются три шины для подвода трехфазного напряжения, а внизу имеется четвертая нулевая шина [11].

Номинальный ток шкафа принимаем исходя из условия [11]:

$$I_{ш.н.} \geq I_p^* , \quad (5.10)$$

Принимаем четыре распределительных шкафа ЯРП11-341-32У3, номинальный ток каждого из которых 250 А.

Учёт потребляемой электроэнергии осуществляется с помощью электросчётчиков, устанавливаемых на трансформаторной подстанции.

6 БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

6.1 Условия труда. Идентификация вредностей и опасностей

Строительство компрессорного цеха на мясокомбинате осуществляется на основе требуемых строительных норм и правил, поэтому в данном пункте проведена проверка в соответствии с условиями труда. Компрессорный цех представляет собой одноэтажное здание. В качестве строительного материала используется железобетонные материалы и кирпич. Покрытие состоит из кровельных железобетонных плит, пароизоляции из пергамина, плитной теплоизоляции марки ПСБ-С, наружные стены состоят из железобетонных плит, пароизоляция - 5 слоев гидроизола на битумной мастике, плитная теплоизоляция марки ПСБ-С. Характеристики производственного здания приведены в таблице 6.1. Согласно ПУЭ-07 [14] установлены классы помещений по опасности поражения электрическим током и характеру окружающей среды, а по СП 2.2.1.1312-03 "Гигиенические требования к проектированию вновь строящихся и реконструируемых предприятий" [16] приняты площадь и объем помещений, приходящиеся на одного рабочего.

Предусмотрены санитарно-бытовые помещения, характеристика которых приведена в таблице 6.2, согласно СП 2.2.1.1312-03 они находятся в основном производственном корпусе.

Характеристика освещения для влажных помещений приведены в таблице 6.3, согласно СП 52.13330-2011 [17]. Город Оренбург относится ко 2 группе административного района согласно СП 52.13330-2011 [17].

Согласно Правил безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок для создания нормальных условий труда предусматривается система отопления в компрессорном цехе, которая должна поддерживать температуру воздуха в помещении 16°C с неработающим оборудованием.

Параметры микроклимата должны соответствовать требованиям СанПиН 2.2.4.548-96 [19]. Компрессорный цех отапливается от котельной, которая находится на территории предприятия и работает на газе. В качестве теплоносителя выступает вода с температурой на входе в здание 120-130°C. Отопительные приборы – гладкотрубные радиаторы. Значения параметров микроклимата сведены в таблицу 6.4 для категории средней тяжести труда Па.

Бытовые помещения должны быть оборудованы отдельной от машинного отделения системой вентиляции.

Для исключения аварийной ситуации и поддержание концентрации аммиака при нормальной работе:

- в компрессорном цехе должны быть системы постоянного действия приточно-вытяжной рабочей вентиляции;
- вытяжка воздуха предусматривается из верхней и нижней зоны.

Бытовые помещения оборудованы отдельной от машинного отделения системой вентиляции.

Кратность воздухообмена предусматривает:

- приток по расчету, не менее 2 раза в час;

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						83

- вытяжка по расчету, не менее 3 раза в час;
- аварийная по расчету, не менее 8 раз в час.

Важное значение имеет правильно организованное освещение производственных помещений. Естественное освещение осуществляется через боковые оконные проемы. В качестве источников искусственного освещения приняты светильники тип НСО-200 для ламп накаливания и для люминесцентных ламп типа ПВЛ-2х40.

Таблица 6.1 - Характеристика помещений

Цех, отделение		Компрессорный цех	Помещение КИП
Место расположения		Примыкает к холодильнику, отделен от него железобетонной стеной	Находится в непосредственной близости с компрессорным цехом отделен кирпичной кладкой
Тип здания и этажность		Каркасное, железобетонное здание, одноэтажное	
Строительные размеры цеха		Длина — 12, ширина — 24, высота — 6	
Площадь и объем производственного помещения на 1 рабочего	м ²	Норма	4,5
		Факт	12
	м ³	Норма	25
		Факт	44
Периодичность уборки производственных помещений		Раз в сутки	Раз в сутки
Класс помещений по характеристике окружающей среды		Влажное $\varphi \leq 75\%$	Влажное $\varphi \leq 75\%$
Класс помещений по опасности поражен. эл. током		Особо опасное	Особо опасное

Таблица 6.2 - Номенклатура и оборудование санитарных помещений

Цех, отделение	Количество работающих в максим. смену		Группа производственного процесса	Санитарно-бытовые помещения			Санитарно-технические устройства		
	женщина	мужчина		Наименование	Площадь, м ²		Наименование	Количество	
					Факт	Норма		Факт	Норма
Компрессорный цех и наименование КИП	1	7	1 б	Гардеробная (кабинка)	0,3	0,16	Душ	1	1
				Санитарный узел	4	3	Умывальник	1	1
				Душевая с умывальником	0,9	0,81	Напольные чаши	1	1

Таблица 6.3 - Освещение производственных помещений

Цех	Группа административного района	Разряд и подразряд зрительных работ	Искусственное освещение				Коэффициент естественного освещения		Окраска помещений		
			Освещение, лк		Коэффициенты		естественное освещение	совмещенное освещение			
			при системе комбинир. освещ.	при системе общего освещения	Р	Кп, %	при боковом	при боковом	стены	потолок	пол
Компрессорный	II	VIIIб	-	75	-	-	0,3	0,2	белые	теплые	Коричневый
Кабинет начальника	II	Vб	-	200	40	20	1	0,6	белые	белые	Коричневый

На приборах контроля норма искусственного освещения должна быть 300 лк.

Таблица 6.4 - Параметры микроклимата зданий

Цех	рабочие места: П — постоянные, Н — непостоянные	Период года	категория работ по тяжести	Температура, °С					Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
				оптимальная	допустимая				оптимальное	допускается на	оптимальная	допускается на
					верхняя граница	нижняя граница						
					На рабочих местах							
П	Н	П	Н	П	Н	П	Н					
КЦ	П	Теплый	IIа	20-22	22,1-27	28	18-19,9	17	40-60	15-75	0,2	0,1-0,4
	Н	Холодный	IIа	19-21	21,1-23	24	17-18,9	16	40-60	15-75	0,2	0,1-0,3

Таблица 6.5 – Системы вентиляции в производственных помещениях

Помещение, цех, отделение	Основные выделяющиеся вредности	Система вентиляции		
		Вытяжная	Приточная	
			В холодный период года	В теплый период года
Компрессорный	NH_3	Механическая, отсос из всех зон не менее 3 объемов в час	Не менее 2 объемов в час	Не менее 2 объемов в час

6.2 Идентификация вредности и опасностей. Методы и средства защиты

В качестве холодильного агента в проектируемой холодильной установке используется аммиак, который является опасным веществом для человека и согласно ГОСТ 12.1.005-88 относится к 4 классу опасности. Согласно ГОСТ 6221-90 аммиак является газом с удушливым резким запахом и относится к взрывоопасным веществам с НКПВ=15% и ВКПВ=28%.

С целью получения разработки мероприятий по созданию безопасных условий труда проводим комплексный анализ идентификации холодильной установки.

К обслуживанию аммиачных холодильных машин и установок допускаются лица не моложе 18 лет, прошедшие медицинское обследование и имеющие документы об окончании специального учебного заведения или курсов и имеющие соответствующие документы, и группу допуска. В проектируемой холодильной установке в качестве холодильного агента используется аммиак, все свойства которого неблагоприятно воздействуют на организм человека и образуют повышенную опасность.

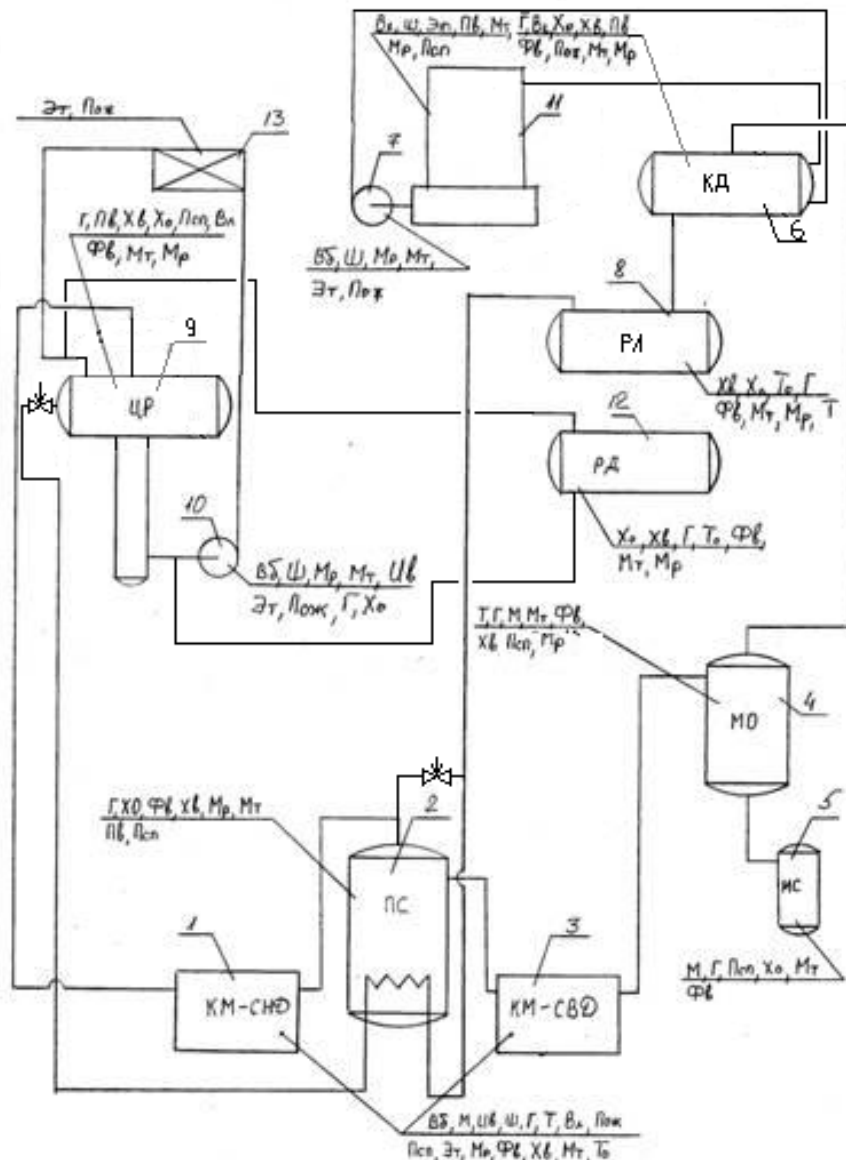
Организация обучения безопасности труда осуществляется согласно ГОСТ 12.0.004-90 [9] и предусматривает своевременное проведение инструктажей.

В месте постоянного пребывания дежурной смены машинисты должны иметь суточный журнал установленного образца, инструкции по безопасному обслуживанию холодильной установки, охлаждающих устройств, КИП, годовые и месячные графики проведения планово-предупредительных ремонтных работ, а также план локализации аварийной ситуации.

Принципиальная схема холодильной установки приведена на рисунке 6.1.

Выявленные вредности заносим в таблицу 6.5 согласно ГОСТ 12.0.003-91 «Вредные и опасные производственные факторы. Классификация» [6].

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						86



- 1 – компрессор ступени низкого давления; 2 – промсосуд; 3 – компрессор ступени высокого давления; 4 – маслоотделитель; 5 – маслосборник; 6 – конденсатор; 7 – водяной насос; 8 – линейный ресивер; 9 – циркуляционно-защитный ресивер; 10 – аммиачный насос; 11 – градирня; 12 – дренажный ресивер; 13 – приборы охлаждения.

Рисунок 6.1 - Технологическая схема производственного процесса получения холода

Условные обозначения:

- 1 - Вредности: Вл - влаговыделения, Т - тепловыделения, Г - газовыделения, Ш - шум, Вб - вибрации, М - масловыделение.
 2 - Локальные: Эт - электротравмы, Хв - химические ожоги, Пв - падение с высоты, Мт - механические травмы, Псп - падение на скользком полу.
 3 - Опасности: Хв - химический взрыв, Фв - физический взрыв, Пож - пожар, Ив - инициатор взрыва, Мр - механические разрушения, Ст - статическое электричество.

Таблица 6.6 - Вредные факторы и средства защиты

Цех	Оборудование	Наименование вредных факторов	ПДК, мг/м ³ ПДУ класс опасности	Действие на организм	Индивидуальные средства защиты
1	2	3	4	5	6
Компр. цех	ЛР	Г, М	20мг/м ³ , 4	Удушение, нарушение кожных покровов	Противогаз ПП с коробкой марки КД, печати
	Компрессор SAB	Ш, Вб, Г, И, Т, М, Вл.	ПС-75 92 дБ при f = 80 Гц T ≤ 45°C 20мг/м ³ 100 Вт/м ² ≥ 75%	Ухудшение слуха, тепловой дискомфорт, термический ожог, влажность кожных покровов	Противошумовые вкладыши, виброизолирующая обувь, противогаз ПП с коробкой КД, резиновые перчатки
	Циркул. ресивер РЦЗ, промсосуд	Г, Т	20мг/м ³ , 4	Удушение, термический ожог	Противогаз типа ПП с коробкой марки КД, СИЗ
	Конденсатор АК-750	Г	20мг/м ³ , 4	Удушение	тоже
	ВО, батареи	Г	20мг/м ³ , 4	Удушение	тоже
	МЗС, МО	Г, Т	20мг/м ³ T ≤ 45°C, 4	Удушение	Противогаз типа ПП с коробкой КД, резиновые перчатки
	Аммиачный насос	Г, Ш, Вб	20мг/ м ³ , 4	Удушение	Противогаз типа ПП с коробкой КД, СИЗ наушники из ультрофонового волокна, виброизолирующая обувь
наружные сооружения	Град-170	Вл, Ш	≥ 75% ,ПС-75	влажность кожных покровов, Ухудшение слуха	Рабочая одежда из водоотталкивающего материала

Из таблицы 6.6 можно заключить, что значительными вредными факторами являются: Г, Ш, Вб.

6.3 Безопасность технологического оборудования и технологического процесса

Безопасность эксплуатации технологического оборудования должна быть выполнена в соответствии с ГОСТ 12.2.003-75 [7], а технологический процесс по ГОСТ 12.3.002-90 [8] должен быть безопасным при монтаже, ремонте и эксплуатации.

На проектируемом предприятии в качестве холодильного агента применяем аммиак – R717.

Аммиак бесцветен и обладает характерным раздражающим запахом (нашатырного спирта). При атмосферном давлении и температуре выше 33,4°С аммиак находится в газообразном состоянии. Он относится к сжиженным газам и промышленностью выпускается в жидком виде. При испарении жидкого аммиака в атмосферу температура его может понижаться до –67°С.

Требования к качеству жидкого аммиака установлены ГОСТ 6221-90Е. Газообразный аммиак относится к горючим газам ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ [3]. Выявление вредных потенциальных факторов проводится в соответствии с ГОСТ 12.3.003-91 ССБТ.

В таблице 6.6 приведены результаты идентификации опасных производственных факторов процесса получения холода. Видно, что значительными опасностями локального характера является Хо, Эт, Мт. Основными авариями являются Хв, Фв, Мр, Пож.

Таблица 6.7 - Основные факторы и средства защиты

Наименование оборудования	Опасности		Контрольно-измерительные приборы	Способы и средства защиты
	Локальные	аварии взрыва		
Циркуляционный ресивер	Хо, То, Мт	Хв, Фв, Мр	Манометр, реле уровня, газоанализатор	Фв – предохранительный клапан, испытания на прочность; Хо-противогаз КД, АСВ – аппарат сжатого воздуха, рабочая и аварийная вентиляция, газоанализатор; Псп — уборка помещения; Пож - АСПТ – автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения, аварийная сигнализация, Эт – изолированный инструмент, резиновые перчатки, коврики, предупреждающий плакат, защитные ограждения, защитное заземление; Мр- наличие слабого звена в кинематической цепи; Мт-защитные ограждения; Пв- защитные ограждения; То-защитные ограждения, теплоизоляция; Сэ-защитное заземление, антистатическая обувь
Компрессорный агрегат	Мт, Эт, Псп, Хо, То	Мр, Хо, Пож, Сэ	Обратные клапаны, манометр, термометры, мегомметр	
Линейный ресивер	Псп, Мт, Хо,	Хв, Фв, Мр, Пож	Манометр, указатели уровня, газоанализатор	
Конденсатор	Хо, То, Пв, Мт	Хв, Фв, Пож	манометр, газоанализатортермометр	
Водяной насос	Эт, Мт	Мр, Пож, Сэ	манометр, реле разности давлений	
Маслосборник, маслоотделитель	Хо, Псп, Мт	Хв, Фв, Мр	Манометр, газоанализатор, термометры	
Аммиачный насос	Эт, Мт, Хо	Мр, Пож	Манометр, термометры	
Воздухоохладитель	Хо, Пв, Мт, Эт	Мр, Хв, Пож	Датчик температуры, газоанализатор	

Свойства аммиака приведены ниже:

— смесь паров аммиака с воздухом при объеме их содержания от 15% (НКПВ) до 28% (ВНПВ) является взрывоопасной;

с увеличением температуры пределы содержания аммиака во взрывоопасной смеси рассматриваются и при температуре 100°С они лежат в интервале 14,5-29,5% аммиака;

— наибольшее давление взрыва аммиачно-воздушной смеси составляет около 0,45 МПа (4,5 кгс/см²);

— при объемном содержании аммиака в воздухе свыше 11% и наличии открытого пламени механического горения;

— температура воспламенения равна 650°С;

— теплота сгорания – 18631,26 кДж/кг;

— максимальная энергия сжигания –680 мДж.

Для исключения Хв применяются следующие меры. Все сосуды, работающие под давлением, проходят испытания на прочность, при этом избыточное давление должно быть:

на стороне всасывания 1,0 МПа

на стороне нагнетания 1,5 МПа

Разовый контроль концентрации аммиака до взрывоопасных значений осуществляет механик или начальник цеха, а имеющиеся сигнализаторы должны подавать предупредительный и аварийные сигналы. Сигнализаторы при достижении 50% кроме звуковых и световых сигналов должны включать аварийную вентиляцию и отключать электроэнергию в компрессорном цехе.

Поскольку в качестве источника взрыва могут быть: открытое пламя, электрооборудование, разряды атмосферного электричества, то для исключения инициаторов взрыва необходимо исключать открытое пламя, а электрооборудование применяется с допустимым уровнем взрывозащиты в соответствии с требованиями ПУЭ-07. Курить разрешается в строго отведенных местах, огневые работы проводятся в дневное время (за исключением аварийных случаев).

Характеристика основного положения электрооборудования компрессорного цеха приведена в таблице 6.7 согласно ПУЭ-07.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					90

Таблица 6.8 - Характеристика используемого оборудования

Цех	класс взрывоопасности	оборудование светильники	класс взрывоопасности	уровень взрывозащиты	вид взрывозащиты	марки повка взрывозащиты	степень защиты от внешних воздействий
КЦ	2	светильники					IP-54
	2	анализаторные приборы, приборы КИП	IIA-T1	2	d	2Exd IAT1	IP-54
	2	пристенные светильники	—	2	d	2Exd IAT1	IP-54
		электродвигатель вытяжной и аварийной сигнализации	—	1	d	1Exd IAT1	IP-54
		электродвигатели компрессоров, водяных насосов	—	1	i	2Exi IAT6	IP-54
		вентилятор градирни	—	1	d	1Exd IAT1	IP-54

Выполнение ряда технических способов защиты человека, исключая случайное прикосновение к токоведущим частям, позволит защитить его от поражения. К числу таких способов относятся защитные ограждения, безопасное расположение токоведущих частей, защитное отключение оборудования, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

Используется защитное заземление, применение пониженного напряжения, изоляция токоведущих частей, контроль изоляции, средства защиты, предохранительные приспособления. В особо опасных помещениях должно применяться напряжение 12 В для ручных переносных ламп.

Над каждым видом оборудования должны быть вывешены инструкции по безопасной эксплуатации, которые пересматриваются один раз в три года начальником цеха или мастером.

Электрооборудование в компрессорном цехе подлежит заземлению, сопротивление заземляющего контура должно быть ≤ 4 Ом, согласно ПУЭ-07 и в особо опасных помещениях должно проверяться 2 раза в год. При обследовании электрического оборудования должно использоваться СИЗ от поражения электрическим током. В производственных помещениях предусматривается применение огнетушителей, противопожарное водоснабжение, автоматические системы пожаротушения.

С учетом категории помещения по взрывоопасности НПБ 105- 03 [25] и класса пожара выбраны средства пожаротушения, которые сведены в таблицу 6.9.

Таблица 6.9 - Характеристика средств пожаротушения

Цех	горючие вещества	степень огнестойкости	категория помещения по пожаровзрывоопасности	класс пожара	первичные средства пожаротушения	автоматические средства пожаротушения	меры и средства пожарозащиты
1	2	3	4	5	6	7	8
Компрессорный	NH_3	II	A	C	ОП-10 -1	Спринклерная система пожаротушения	испытание на прочность: $R_{наг}=1,5\text{МПа}$ $R_{вс}=1,4\text{Па}$, внутренний осмотр
Камеры $t = -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t = -3\text{ }^{\circ}\text{C}$ $t = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$	NH_3	II	B4 B4 Д	C C C	ОП-5М-4 ОП-5М-6 ОП-5М-4		Герметичность, испытание на прочность Разовый осмотр индикатором утечки, сигнализаторы Выполнение конструкций из негорящих материалов

В случае прорыва аммиака в результате нарушения герметичности трубопроводов, а также компрессоров, обязательно предусматривается эвакуация обслуживающего персонала из данного помещения. Для этого помещение машинного отделения должны иметь два выхода, максимально удаленных друг от друга, из которых один должен выходить наружу. Общая длина пути не более 18 метров. Двери машинного отделения должны открываться в сторону выхода. Они не должны выходить непосредственно в производственные помещения или связанные с ними коридоры.

Для исключения поражения объекта от атмосферного электричества предусматривается молниезащита, требования к которой изложены в [24] и принимаются для защиты компрессорного цеха по 2 категории в виде одиночного молниеотвода.

Согласно ГОСТ 12.0.004-90 все работающие должны проходить соответствующие виды инструктажей с записью в журнале прохождения инструктажей и в личной карточке прохождения обучения на предприятии.

Для ликвидации возможного пожара на территории при 1 га (1 пожар) предусмотрено наличие пожарных гидрантов с указанием места их расположения на здании.

Предусмотрена противопожарная сигнализация, совмещенная с отключением холодильной установки.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					92

В случае возникновения пожара для его локализации организована добровольная пожарная дружина из числа работающих, прошедших инструктаж. Для локализации образовавшегося при выбросе газового облака аммиака и защиты окружающей среды предусмотрена водяная завеса. Снаружи холодильной камеры, в случае нахождения человека в камере, на них должно быть табло «Человек в камере», а внутри должна быть расположена кнопка вызова. При выходе из цеха предусматривается хранение противогазов на весь состав работающих.

6.4 Чрезвычайные ситуации. Расчет площади легкобрасываемых конструкций

Так как в компрессорном цехе возможен взрыв, то необходимо предусмотреть защиту несущих конструкций от разрушения.

В качестве ЛСК следует, как правило, использовать остекление окон. При недостаточной площади остекления в качестве ЛСК допускается использовать открывающиеся наружу, распашные двери, ворота, а также конструкции стеновых панелей и плит покрытий из стальных, алюминиевых и асбестовых листов и эффективного утепления.

При использовании панелей стен, плит, покрытий, распашных ворот и дверей в качестве ЛСК их крепление к каркасу здания или конструкции запорных устройств (для ворот и дверей) должны обеспечить сбрасывание указанных конструкций при давлении не превышающим 2 кПа в молнии взрыва.

Площадь ЛСК должна определяться расчетом исходя из допустимого избыточного давления взрыва, но не менее допустимых величин - 0,05 м² помещений категорий А.

Общую площадь остекления оконного листового стекла в окнах следует определять по формуле

$$S = K^{cm} \cdot V_n, \text{ м}^2, \quad (6.1)$$

где K^{cm} — расчетная площадь ЛСК на 1 м³ объема помещения, м²/м³

V_n — объем помещения, определяемый в пределах внутренних поверхностей ограждающих конструкций (без вычета объемов оборудования и несущих конструкций - колонн, балок, прогонов и т.д.), м³.

Расчетная площадь легкобрасываемых элементов наружных ограждающих конструкций на 1 м³ объема помещения следует определять

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					93

$$K^{cm} = \frac{0,0032 \cdot \Gamma \cdot \mathcal{E}_p \cdot \sqrt{\mathcal{E}_p - 1} (P_p + P_0)}{\sqrt{P_p^{cm}} \cdot \sqrt[3]{P_p^{cm} \cdot V_n}}, \text{ м}^2/\text{м}^3, \quad (6.2)$$

где Γ — нормальная скорость горения взрывной смеси, для NH_3
 $\Gamma = 0,1$ м/с,

\mathcal{E}_p — расчетная степень расширения продуктов горения, для для NH_3
 $\mathcal{E}_p = 7,35$,

P_p^{cm} — расчетное давление взрыва, разрушающее листовое оконное стекло, кгс/м²,

P_p^{cm} — атмосферное давление, равное 10^4 кгс/м².

Расчетная степень расширения продуктов горения определяется по формуле

$$\mathcal{E}_p = \mathcal{E} \cdot a + 1 = 7,35 \cdot 0,58 + 1 = 5,263, \quad (6.3)$$

где \mathcal{E} — максимальная степень расширения продуктов горения,
 a — коэффициент заполнения объема помещения взрывоопасной смесью, принимается в зависимости от содержания взрывоопасной смеси в объеме помещения V и максимальной степени расширения продуктов горения \mathcal{E} .

Содержание взрываваемой смеси определяется

$$\beta = \frac{B \cdot 100}{V_n}, \% \quad (6.4)$$

$$\beta = 172,7 \cdot 100 / 1724 = 9,94\%$$

где B — объем взрывоопасной смеси, м³

V_n — объем помещения, м³

$$V_n = 12 \cdot 24 \cdot 6 = 1728 \text{ м}^3$$

Объем взрывоопасной смеси

$$B = G / C \text{ м}^3 \quad (6.5)$$

$$B = 26646,1 / 154,3 = 172,7 \text{ м}^3,$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		94

где C — стехиометрическая концентрация взрывоопасной смеси, г/м^3 ,
 $C = 154,3 \text{ г/м}^3$,
 G — количество поступившего в помещение газообразного горючего вещества, г.

Наиболее аммиакоемкие сосуды в машинном отделении аммиачных ХУ - циркуляционные ресиверы, как показывает анализ причин прорыва и утечек NH_3 , наиболее опасная аварийная ситуация может возникнуть из-за обрыва фланца всасывающего патрубка аммиачного насоса, что ведет за собой значительные поступления в помещение паров аммиака.

При этой ситуации из ресивера в машинное отделение поступает m жидкого аммиака

$$m = V_{\text{ц}} \cdot K_{\text{з}} \cdot \rho_{\text{ж}} \cdot 10^3, \text{ Г} \quad (6.6)$$

$$m = 1,5 \cdot 0,7 \cdot 652 \cdot 10^3 = 684600 \text{ Г}$$

где $V_{\text{ц}}$ — объем линейного ресивера, м^3
 $K_{\text{з}}$ — коэффициент максимального заполнения линейного ресивера, принимаем $K_{\text{з}} = 0,7$,
 $\rho_{\text{ж}}$ — плотность жидкого аммиака, $\rho_{\text{ж}} = 652 \text{ кг/м}^3$.

С учетом дросселирования жидкого NH_3 , работы вентиляции и негерметичности помещения, в помещение поступает G газообразного NH_3 , образующего взрывоопасную смесь

$$G = \frac{m \cdot x}{K_{\text{а}} \cdot K_{\text{н}}}, \text{ Г} \quad (6.7)$$

$$G = \frac{684600 \cdot 0,195}{1,67 \cdot 3} = 26646,1, \text{ Г}$$

где x — коэффициент дросселирования, выбирается в зависимости от температуры кипения по термодинамической диаграмме,
 $K_{\text{а}}$ — коэффициент учета работы аварийной вентиляции,
 $K_{\text{н}}$ — коэффициент учитывающий негерметичность помещения и не адиабатичность процесса горения, $K = 3$.
 Коэффициент учета работы аварийной вентиляции

$$K_{\text{а}} = K \cdot \tau + 1 \quad (6.8)$$

где K — кратность воздухообмена, создаваемого аварийной вентиляцией, c^{-1} . Для машинных отделений аммиачных ХУ кратность аварийной вентиляции принимается равной $8/3600 c^{-1}$,
 τ — продолжительность поступления горячего газа в объем помещения, с, $\tau = 300 c$.

$$K_a = \frac{8 \cdot 300}{3600} + 1 = 1,67$$

Расчетное давление взрыва, разрушающее двойное оконное стекло, определяется независимо от расположения стекла в пространстве (вертикальное, горизонтальное, наклонное) по формуле

$$P_p^{cm} = P^{cm} \cdot Y \quad \text{кгс/м}^2 \quad (6.9)$$

где P^{cm} — давление взрыва, разрушающее листовое стекло при двойном остеклении и соотношении сторон листа $1 \div 1$, кгс/м²,
 Y — коэффициент условий работы остекления, зависящий от соотношений сторон листа стекла, $1 \div 1$, $Y = 1$

$$P_p^{cm} = 110 \cdot 1 = 110 \quad \text{кгс/м}^2$$

$$K^{cm} = \frac{0,0032 \cdot 0,1 \cdot 5,263 \cdot \sqrt{5,263 - 1} \cdot (110 + 10^4)}{\sqrt{110} \cdot \sqrt[3]{110 \cdot 1728}} = 0,058 \quad \text{м}^2/\text{м}^3.$$

Следовательно, общая площадь остекления окон компрессорного цеха:

$$S = K^{cm} \cdot V_n = 0,058 \cdot 1728 = 100,22 \quad \text{м}^2$$

Таким образом, в разделе «Безопасность в производственных условиях» определены условия труда, установлены классы помещений по характеру окружающей среды и опасности поражения электрическим током, проведен анализ потенциальных опасностей и вредностей холодильной установки, приведены меры электробезопасности и взрывобезопасности, произведен расчет площади легкобрасываемых конструкций. Расчетная площадь легкобрасываемых конструкций при взрыве составила $0,058 \text{ м}^2/\text{м}^3$, что больше нормативной $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^3$, таким образом, при недостаточной площади остекления, согласно СНиП 31-03-2001, в качестве ЛСК для данного помещения необходимо предусмотреть увеличение оконных проемов и расширение дверных проходов.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						96

7 РАСЧЕТ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

7.1 Расчет годовой выработки холода

Расчет суммарной рабочей холодопроизводительности компрессоров в стандартном режиме представлен в таблице 7.1

Таблица 7.1 - Расчет общей потребности холода

Температура кипения, °С	Часовая холодопроизводительность по температурам кипения, кВт	Расчетная выработка холода, тыс. ккал/час	Коэффициент перевода в стандартные условия	Расход холода, тыс. ст. ккал/час
1	2	3	4	5
-40	250,44	215,18	2,9	624,02
-30	111,33	95,65	1,8	172,17
-10	273,59	235,07	0,78	183,35
Итого:				979,54

Определяем годовую выработку холода [17]:

$$Q_{год} = \sum Q_{0cm} \cdot T \cdot \beta \quad (7.1)$$

где $\sum Q_{0cm}$ — суммарная рабочая холодопроизводительность компрессоров в стандартном режиме;
 T — количество часов работы компрессора;
 β — коэффициент использования рабочего времени.

$$Q_{год} = 979,54 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,85 = 7293654,84$$

					Лист
					97
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

7.2 Расчет капитальных вложений

Данные по затратам на приобретение оборудования сводим в таблицу
7.2

Таблица 7.2 - Затраты на приобретение оборудования

№ п/п	Наименование оборудования	Характеристика оборудования	Стоимость единицы оборудования, руб.	Общая стоимость, руб.	Количество, шт.
1	Компрессоры: SAB 128 HF	$Q_0 = 291,6 \text{ кВт}$ $N_3 = 92 \text{ кВт}$	1225650	3676950	3
	SAB 128 HM	$Q_0 = 185,8 \text{ кВт}$ $N_3 = 88 \text{ кВт}$	1179500	1179500	1
	SAB 202 SM	$Q_0 = 812,8 \text{ кВт}$ $N_3 = 160 \text{ кВт}$	1630240	1630240	1
2	Маслоотделитель: 150 М	$V = 0,402 \text{ м}^3$	104100	104100	1
3	Дренажный ресивер: РЛД-2	$V = 2 \text{ м}^3$	405500	405500	1
4	Циркуляционные ресиверы: РЦЗ-1,25	$V = 1,25 \text{ м}^3$	380200	760400	2
	РЦЗ-4	$V = 4 \text{ м}^3$	651300	651300	1
5	Линейный ресивер: РЛД-2	$V = 2 \text{ м}^3$	405500	405500	1
6	Промежуточные сосуды: 40ПСз	$V = 0,22 \text{ м}^3$	160360	320720	2
7	Водяные насосы: К200-150-250	$V = 315 \text{ м}^3/\text{ч}$ $N_3 = 30 \text{ кВт}$	78670	157340	2
8	Воздухоотделитель: GP2 Gas/Air Purger	$V = 0,0022 \text{ м}^3$	22600	22600	1
9	Маслосборник: 60МЗС	$V = 0,06 \text{ м}^3$	93560	93560	1
10	Воздухоохладители: IAGHN 051 D/310	$V = 30,3 \text{ м}^3$ $N_3 = 1,5 \text{ кВт}$	326100	3913200	12
	IAGHN 066 D/310	$V = 51,6 \text{ м}^3$ $N_3 = 2,28 \text{ кВт}$	541750	4334000	8
	IAGHN 046 B/17	$V = 34 \text{ м}^3$ $N_3 = 0,36 \text{ кВт}$	90960	1455360	16
	IAGHN 051 C/210	$V = 73,3 \text{ м}^3$ $N_3 = 1 \text{ кВт}$	178100	712400	4
11	Конденсатор кожухотрубный АК-750	$F = 155,5 \text{ м}^2$	1890360	3780720	2
12	Аммиачные насосы: ЦГН-12,5/20	$V = 8 \text{ м}^3/\text{ч}$ $N_3 = 2,8 \text{ кВт}$	88145	528870	6
13	Градирия: «Град 170»	$F = 985 \text{ м}^2$ $N_3 = 11 \text{ кВт}$	580000	1160000	2
	Итого без стоимости градирни:			24132260	67

Определяем капитальные вложения в основные и оборотные средства [17]:

$$K_{mp} = K_{об} + K_{coop} + K_{зд} + K_{инв} + K_3 + K_m, \text{ руб.} \quad (7.2)$$

где K_{mp} — требуемые капитальные вложения, руб.;
 $K_{об}$ — то же в холодильное оборудование, руб.;
 K_{coop} — то же в сооружения (градирня), руб.;
 $K_{зд}$ — то же в здания, руб.;
 $K_{инв}$ — то же в инвентарь, руб.;
 K_3 — то же в запасные части, руб.;
 K_m — то же в запасные материалы, руб.

Определяем стоимость приобретенного оборудования [17]:

$$C = Ц \cdot n_i \cdot (1 + K_1 + K_2 + K_3), \text{ руб.} \quad (7.3)$$

где $Ц$ — оптовая цена единицы оборудования, руб.;
 n_i — количество оборудования i -го типа;
 K_1 — коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы, $K_1=0,05$;
 K_2 — коэффициент, учитывающий затраты на монтаж и наладку оборудования, $K_2=0,05$;
 K_3 — коэффициент, учитывающий затраты на строительные работы и устройство фундаментов оборудования, $K_3=0,05$.

$$C = 24132260 \cdot (1 + 0,05 + 0,05 + 0,05) = 27752099$$

Определяем капитальные вложения в холодильное оборудование $K_{об}$ как сумму вложений по отдельным видам оборудования [17]:

$$K_{об} = C + K_{труб} + K_{куп} + K_{пр}, \quad (7.4)$$

где C - стоимость приобретённого оборудования, руб.;
 $K_{труб}$ - капитальные вложения в трубопроводы (15÷20% от стоимости оборудования), руб.;

$$K_{труб} = 27752099 \cdot 0,15 = 4162814,9$$

$K_{куп}$ — то же в КИП (20% от стоимости оборудования), руб.;

$$K_{куп} = 27752099 \cdot 0,2 = 5550419,8$$

						Лист
						99
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

K_{np} — то же в прочее неучтенное оборудование (5% от стоимости оборудования), руб.

$$K_{np} = 27752099 \cdot 0,05 = 1387605$$

$$K_{об} = 27752099 + 4162814,9 + 5550419,8 + 1387605 = 38852938,7$$

Определяем стоимость зданий производственного назначения исходя из себестоимости 1 м^3 , [17]:

$$K_{зд} = F \cdot Ц, \text{ руб.} \quad (7.5)$$

где F — площадь компрессорного цеха, м^2 ;
 $Ц$ — стоимость 1 м^2 производственного здания, руб.

$$K_{зд} = 216 \cdot 35000 = 75600000$$

Капитальные вложения в запасные материалы, инвентарь и запасные части принимаем равным 2-3% от стоимости оборудования.

$$K_{инв} = 27752099 \cdot 0,02 = 555042$$

$$K_{м} = 27752099 \cdot 0,02 = 555042$$

$$K_{з.} = 27752099 \cdot 0,02 = 555042$$

Капитальные вложения в сооружения равны стоимости градирни.

$$K_{соор} = 1160000 \text{ руб.}$$

$$K_{мп} = 38852938,7 + 7560000 + 555042 \cdot 3 + 1160000 = 49238064,7$$

Определяем удельные капитальные вложения [17]:

$$K_{уд} = \frac{K_{мп}}{Q_{год}}, \text{ руб./ тыс.ст.ккал} \quad (7.6)$$

$$K_{уд} = \frac{49238064,7}{7293654,84} = 6,75$$

						Лист
						100
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

7.3 Расчёт текущих годовых затрат

Определяем себестоимость выработки холода, [17]:

$$S = S_m + S_e + S_э + S_{зн} + S_{цех}^p, \text{ руб./год} \quad (7.7)$$

где S_m — затраты на сырье, руб./год;
 S_B — затраты на воду, руб./год;
 $S_э$ — затраты на электроэнергию, руб./год;
 $S_{зн}$ — заработная плата производственных рабочих, руб./год;
 $S_{цех}^p$ — цеховые расходы, связанные с обслуживанием компрессорного цеха, руб./год.

7.4 Расчет затрат на сырье и материалы

Определяем годовую потребность в смазочном масле, [17]:

$$M = q_m \cdot T \cdot (1 - K_{мо}) \cdot K_p, \text{ кг/год} \quad (7.8)$$

где q_m — величина уноса масла из компрессора, кг/час; для винтовых компрессоров принимаем $q_m = 0,12$ кг/ч
 T — число часов работы компрессора в год;
 $K_{мо}$ — коэффициент маслоотделения, показывающий, какая доля масла отделяется в маслоотделителях, подвергается регенерации и снова используется для смазки компрессоров (зависит от типа маслоотделителя $K_{мо}=0,6$).
 K_p — коэффициент рабочего времени $K_p=0,85$

$$M = 5 \cdot 0,12 \cdot 24 \cdot 365 \cdot (1 - 0,6) \cdot 0,85 = 1787,04,$$

Определяем годовую стоимость смазочного масла, [17]:

$$C_m = M \cdot Ц, \text{ руб./год} \quad (7.9)$$

где M — годовая потребность в смазочном масле, кг/год;
 $Ц$ — стоимость 1 кг смазочного масла, руб.; $Ц=58,26$ руб.

$$C_m = 1787,04 \cdot 58,26 = 939983$$

Определяем годовую стоимость аммиака, [17]:

									Лист
									101
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$C_a = \sum_{i=1}^n Q_{0cm} \cdot N \cdot Ц \quad (7.10)$$

где $\sum_{i=1}^n Q_{0cm}$ — суммарная рабочая холодопроизводительность компрессоров в стандартном режиме, тыс. ст. ккал/час;
 N — годовой расход аммиака для пополнения системы на тыс. ст. ккал/час; N=4,2 кг.
 Ц — стоимость 1 кг аммиака, руб.; Ц=18 руб.

$$C_a = 979,54 \cdot 4,2 \cdot 18 = 74053,2$$

Определяем затраты на сырье [17]:

$$S_m = C_m + C_a, \text{ руб./год} \quad (7.11)$$

$$S_m = 93998,3 + 74053,2 = 168051,5$$

7.5 Расчет затрат на воду

Годовой расход свежей воды на градирню, $G_в$, м³/год, определяется по формуле:

$$G_в = Q_{год} \cdot q_в, \quad (7.12)$$

где $q_в$ — удельная норма расхода воды на тыс. ст. ккал/ч, (принимая для градирни $q_в=0,02$ м³);
 $Q_{год}$ — годовая холодопроизводительность компрессоров в стандартном режиме, тыс. ст. ккал.

$$G_в = 7293654,84 \cdot 0,02 = 145873,1$$

При расчете стоимости потребляемой воды берем 1% от годового расхода на пополнение системы.

Стоимость потребляемой воды $C_в$, руб./год, определяется по формуле:

$$C_в = G_в \cdot Ц \cdot 0,01, \quad (7.13)$$

где Ц — стоимость 1 м³ воды, руб./м³, Ц = 52 руб./м³.

						Лист
						102
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$C_e = 145873,1 \cdot 52 \cdot 0,01 = 75854$$

7.6 Расчет затрат на электроэнергию

Определяем годовой расход электроэнергии по формуле [17]:

$$N_{год} = \frac{N_i}{\eta} \cdot (K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot T), \quad (7.14)$$

где N_i — суммарная установленная мощность электродвигателей
 выбранного холодильного оборудования, кВт;
 K_1 — коэффициент загрузки электродвигателей по времени работы
 холодильной машины (принимается $K_1=0,7$);
 K_2 — коэффициент загрузки электродвигателей по мощности
 холодильной машины (принимается $K_2=0,7$);
 K_3 — коэффициент, учитывающий потери электроэнергии в сети
 (принимается $K_3=1,05$);
 T — время работы электродвигателей, час,
 η — коэффициент полезного действия электродвигателей (0,9)

$$N_{год} = \left(\frac{92 \cdot 3 + 88 + 160 + 30 \cdot 2 + 1,5 \cdot 12 + 2,28 \cdot 8 + 0,36 \cdot 16 + 1 \cdot 4 + 2,8 \cdot 6 + 11 \cdot 2}{0,9} \right) \cdot 0,6 \cdot 0,7 \cdot 1,04 \cdot 24 \cdot 365 = 2843416,6$$

Определяем стоимость электроэнергии, [17]:

$$S_{э/э} = N_{год} \cdot Ц_э \quad (7.15)$$

где $Ц_э$ — стоимость кВт/ч потреблённой электроэнергии, руб.
 $Ц_э = 4,27$ руб.

$$S_{э/э} = 2843416,6 \cdot 4,27 = 12141388,9$$

Определяем годовой фонд оплаты труда рабочих энергоцеха, [17]:

$$\Phi_{год} = M \cdot 11 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot D_3, \text{ руб./год} \quad (7.16)$$

где M — месячный фонд заработной платы, руб.,

						Лист
						103
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

D_1 — коэффициент, учитывающий размер дополнительной зарплаты на основные и дополнительные отпуска, $D_1=1,1$,

D_2 — коэффициент, учитывающий премии, $D_2=1,2$,

D_3 — районный коэффициент (для г. Оренбурга, $D_3=1,15$)

$$\Phi_{год} = 79000 \cdot 1,1 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 1319142 \text{ руб./год}$$

Штат энергоцеха приведен в таблице 7.3

Таблица 7.3 - Месячный фонд оплаты труда по энергоцеху

Наименование должностей и категорий работников	Количество работников	Месячный оклад одного работника, руб.	Итого по каждой категории
Слесарь - монтер	1	18000	18000
Дежурный слесарь	2	15500	31000
Аккумуляторщик	2	15000	30000
Всего	5		79000

Определяем страховые взносы в размере 30,2% от годового фонда оплаты труда:

$$\Phi_{соц} = 1319142 \cdot 0,302 = 398380,9 \text{ руб./год}$$

Определяем цеховые расходы по энергоцеху в размере 10% от годового фонда заработной платы производственных рабочих

$$\Phi_{ц} = 1319142 \cdot 0,1 = 131914,2 \text{ руб./год}$$

Калькуляция себестоимости 1кВт/ч электроэнергии приведена в таблице 7.4.

Таблица 7.4 - Калькуляция себестоимости электроэнергии

Наименование статей	Сумма на все количество, руб.	Сумма на 1 кВт, руб.
1. Потребляемая электроэнергия	12141388,9	4,27
2. Основная заработная плата	1319142	0,464
3. Страховые взносы	398380,9	0,14
4. Цеховые расходы	131914,2	0,046
Итого: Цеховая себестоимость	13990826	4,92

7.7 Расчет годового фонда заработной платы производственных рабочих компрессорного цеха

Штат компрессорного цеха приведен в таблице 7.5.

Таблица 7.5 – Месячный фонд оплаты труда по компрессорному цеху

Наименование должностей и категорий работников	Количество работников	Месячный оклад одного работника, руб.	Итого по каждой категории
Машинист холодильной установки	4	20000	80000
Слесарь ремонтник	2	18000	36000
Всего:	6	—	116000

Годовой фонд оплаты труда производственных рабочих компрессорного цеха рассчитываем по формуле (7.16).

$$\Phi_{год} = 116000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 1936968$$

Страховые взносы составят:

$$\Phi_{соц} = 1936968 \cdot 0,302 = 584964,3 \text{ руб./год.}$$

7.8 Расчет цеховых расходов

Таблица 7.6 - Месячный фонд оплаты труда цехового персонала

Наименование должностей и категорий работников	Количество работников	Месячный оклад одного работника, руб.	Итого по каждой категории
Начальник цеха	1	26000	26000
Сменный механик	2	15500	31000
Уборщица	1	8000	8000
Всего:	4	—	65000

Годовой фонд оплаты труда цехового персонала рассчитываем по формуле (7.16).

$$\Phi_{год} = 65000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1,15 = 1085370$$

Страховые взносы составят:

$$\Phi_{соц} = 1085370 \cdot 0,302 = 327781,7 \text{ руб./год.}$$

Амортизация основных производственных фондов (зданий - 2,5%, сооружений - 4%, оборудования - 10%);

$$A = 0,025 \cdot 7560000 + 0,04 \cdot 1160000 + 0,1 \cdot 38852938,7 = 4120693,9$$

Текущий ремонт (5,5 % от стоимости основных производственных фондов);

$$P = 0,055 \cdot (38852938,7 + 7560000 + 1160000) = 2616511,6$$

Содержание зданий, сооружений, оборудования и инвентаря (до 1,5% от стоимости основных производственных фондов);

$$C = 0,015 \cdot (38852938,7 + 7560000 + 1160000) = 713594,1$$

Прочие расходы (до 0,5% от суммы цеховых расходов);

$$PP = 0,005 \cdot (1085370 + 327781,7 + 4120693,9 + 2616511,6 + 713594,1) = 44319,8$$

Расходы по охране труда принимаются в размере 1000 руб. на человека.

$$S_{опр} = 1000 \cdot 15 = 15000$$

Цеховые расходы определяют суммированием всех статей.

$$S_{цех}^P = 1085370 + 327781,7 + 4120693,9 + 2616511,6 + 713594,1 + 15000 + 44319,8 = 8923271,1$$

7.9 Расчет цеховой себестоимости холода

Расчёт себестоимости холода производится путем деления годовых затрат по каждой статье на годовую холодопроизводительность цеха. Результаты расчетов сведены в таблицу 7.7.

										Лист
										106
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проделанной работы произведено оптимальное размещение камер термообработки и хранения различных продуктов.

В проекте использовано современное оборудование, что позволяет автоматизировать холодильную установку и создавать благоприятные условия работы обслуживающего персонала.

Для отвода теплоты конденсации выбраны горизонтальные кожухотрубные конденсаторы.

В камерах хранения охлажденных продуктов, камерах заморозки и камерах охлаждения установлены воздухоохладители, что обуславливает более равномерное распределение температуры воздуха в камере, высокое значение коэффициента теплоотдачи от продуктов к воздуху при их термической обработке, малую аммиакоёмкость системы. Это повышает безопасность эксплуатации холодильной установки. Для снижения усушки неупакованных мясных туш в камерах хранения мороженого мяса подобраны батареи.

В специальной части выполнен анализ эффективности работы холодильной установки с различными типами конденсаторов.

Разработана схема автоматизации холодильной установки и подобрана защитно-коммутационная аппаратура для электроснабжения компрессорного цеха.

Произведен комплексный анализ потенциальных опасностей и вредностей в компрессорном цехе. Намечены общетехнические специальные и организационные мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда.

Экономическая оценка принятых в проекте технических решений представлена расчетом технико-экономических показателей проекта.

Проект холодильной установки холодильника мясокомбината производительностью 60 т/смену в городе Оренбурге выполнен в соответствии с современными требованиями по проектированию производственных холодильников.

						Лист
						108
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интернет сайт: <http://ru.wikipedia.org>. Оренбург и Оренбургская область.
2. Комарова Н.А. Холодильные установки. Основы проектирования: Учебное пособие. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – 2-е изд., перераб. и доп.-Кемерово, 2012. – 368 с.
3. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».
4. Интернет сайт: <http://www.guentner.ru>.
5. Интернет сайт: <http://www.bemspb.ru>.
6. Интернет сайт: <http://www.mos-nasos.ru>.
7. Богданов С.Н., Бурцев С.И., Иванов О.П., Куприянова А.В. Холодильная техника. Кондиционирование воздуха. Свойства веществ: Справ./ Под ред. С.Н. Богданова. 4-е изд., перераб. и доп. – СПб.: СПбГАХИПТ, 1999. – 320 с.
8. Курылев Е.С., и др. Холодильные установки / Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. – СПб.: Политехника, 2004. – 576 с.
9. Практикум по холодильным установкам: учебное пособие / Бараненко А.В., Калюнов В.С., Румянцев Ю.Д. - 2-е изд. - СПб.: Профессия, 2012. – 304 с.
10. Регулирование и автоматизация холодильных и криогенных установок и систем кондиционирования воздуха и их безопасность: курс лекций / В.М. Столетов; Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. - Кемерово, 2008. - 108 с.
11. Комарова Н.А., Усов А.В, Иваненко О.В., Михайлов Ю.П. Выполнение и защита выпускной квалификационной работы. – Кемерово: КемТИПП, 2011. – 102 с.
12. Кирюхина А.Н. Выполнение экономической части дипломного проекта. – Кемерово: КемТИПП, 2009. – 32 с.
13. Иванов Ю.И., Михайлов Ю.П., Ракитянская С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие -/ Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – Кемерово, 2004 – 236 с.
14. ПУЭ–07 «Правила устройства электроустановок».
15. СанПиН 2.1.2.2564-09 «Безопасность обслуживания оборудования».
16. СП 2.2.1.1312–03 «Санитарно-эпидемиологические правила».
17. СП 52.13330-2011 «Естественное и искусственное освещение».
18. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
19. СанПиН 2.2.4.548-96
20. ГОСТ 12.3.002-90 «Процессы производственные. Общие требования безопасности».
21. ГОСТ 6221-90 «Аммиак жидкий технический. Технические условия»
22. ГОСТ 12.03.003-91 ССБТ “Опасные и вредные производственные факторы. Классификация”
23. СНиП 21-01 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»
24. РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений»
25. НПБ 105-2003 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности»
26. Интернет сайт: <http://www.holodinfo.ru>.

					<i>AK3.00.00.000.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		109