

Выпускная квалификационная работа представляет собой проект холодильной установки рыбоперерабатывающего завода производительностью 40 т/см в городе Керчь.

В пояснительной записке приведено технико-экономическое обоснование проектных решений.

Произведен расчет и выполнена планировка холодильника, подобрано основное и вспомогательное холодильное оборудование на основании теплового расчета.

В специальной части рассмотрены способы холодильной обработки рыбопродуктов.

Разработана схема автоматизации холодильной установки, осуществлен подбор современных приборов контроля, регулирования, сигнализации и защиты.

В разделе электроснабжения предприятия рассчитаны и подобраны кабели для питания электродвигателей оборудования, подобрано защитно-коммутационное оборудование.

Произведен комплексный анализ потенциальных опасностей и вредностей в компрессорном цехе. Намечены общетехнические специальные и организационные мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, описаны противопожарные меры, принимаемые для безопасности компрессорного цеха, произведен расчет легкобрасываемых конструкций для предупреждения разрушения компрессорного цеха и прилегающих зданий при взрыве.

Произведен расчет технико-экономических показателей проекта.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	5
Раздел 1. Техничко-экономическое обоснование проекта.....	6
Раздел 2 Конструкторско-технологическая часть .....	8
2.1 Определение строительных конструкций холодильника .....	8
2.2 Выбор строительных конструкций здания и расче толщины теплоизоляционного слоя ограждения.....	12
2.3 Расчет теплопритоков .....	18
2.3.1 Определение теплопритоков через ограждающие конструкции в охлаждаемых помещениях.....	18
2.3.2 Теплоприток от грузов при холодильной обработке.....	22
2.3.3 Эксплуатационные теплопритоки .....	23
2.3.4 Теплоприток от вентиляции .....	25
2.4 Расчет и подбор холодильного оборудования .....	26
2.4.1 Расчет и подбор камерных приборов охлаждения .....	27
2.4.2 Расчет и подбор компрессоров .....	28
2.4.3 Расчет и подбор конденсаторов.....	33
2.4.4 Расчет и подбор градирни.....	33
2.4.5 Расчет и подбор водяных насосов .....	34
2.4.6 Подбор воздухоотделителя.....	34
2.4.7 Расчет и подбор циркуляционных ресиверов .....	34
2.4.8 Расчет и подбор линейного ресивера. ....	37
2.4.9 Расчет и подбор аммиачных насосов .....	37
2.4.10 Расчет и подбор маслоотделителя .....	38
2.4.11 Расчет и подбор маслосборника .....	39
2.4.12 Расчет и подбор трубопроводов .....	39
2.5 Описание схемы холодильной установки.....	40
Раздел 3 Способы холодильной обработки рыбопродуктов.....	43
3.1 Охлаждение рыбы .....	43
3.2 Подмораживание рыбы.....	48
3.3 Замораживание рыбы .....	49
3.4 Расчет и подбор скороморозильного аппарата.....	53
Раздел 4 Автоматизация холодильной установки .....	59
4.1 Обоснование выбора схемы автоматизации .....	59
4.2 Описание контролируемых параметров по элементам холодильной установки .....	60
4.3 Перечень приборов контроля .....	64
Раздел 5 Электроснабжение холодильной установки.....	69

					АКЗ.00.00.000.ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.	Главтских Ю.О.				Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.	Комарова Н.А.					3	105	
Т.контр.	Комарова Н.А.					КемТИПП гр. ХМз-01		
Н. Контр.	Иваненко О.В.							
Утверж.	Усов А.В.							

Раздел 6 Безопасность в производственных условиях.....	76
6.1 Условия труда.....	76
6.2 Идентификация вредностей и опасностей. Методы и средства защиты .....	80
6.3 Безопасность технологического процесса и оборудования .....	82
6.4 Чрезвычайные ситуации. Расчет площади легкобрасываемых конструкций.....	88
Раздел 7 Расчет технико-экономических показателей.....	92
7.1 Расчет годовой выработки холода.....	92
7.2 Расчет капитальных вложений .....	93
7.3 Расчет текущих годовых затрат.....	95
7.3.1 Расчет затрат на сырье и материалы .....	96
7.3.2 Расчет затрат на воду .....	97
7.3.3 Расчет затрат на электроэнергию .....	98
7.4 Расчет годового фонда заработной платы производственных рабочих компрессорного цеха .....	100
7.5 Расчет цеховых расходов .....	101
7.6 Расчет цеховой себестоимости холода .....	102
Заключение.....	103
Список литературы .....	104

## ВВЕДЕНИЕ

Искусственный холод применяют во многих отраслях народного хозяйства для получения температуры ниже температуры окружающей среды.

Холодильная техника в настоящее время представляет собой высокоразвитую отрасль промышленности, способную удовлетворить самые разнообразные требования, возникающие в связи с необходимостью отводить теплоту от различных объектов при температурах ниже температуры окружающей среды [1, 2].

Не менее 40% производимой продукции необходимо подвергать холодильной обработке в целях предотвращения ее порчи, а так же для хранения, транспортировки и реализации продукции [2].

Производство искусственного холода, т.е. достижение температур ниже температуры окружающей среды и осуществление различных технологических процессов, при этих температурах находят все расширяющееся применение во многих отраслях народного хозяйства. Холодильная техника оказалась нужной почти всем областям человеческой деятельности. Развитие некоторых отраслей нельзя представить без применения искусственного холода. В пищевой промышленности холод обеспечивает длительное сохранение высокого качества скоропортящихся продуктов; и именно из-за недостаточного использования холода в мире теряется в среднем 25% производственных пищевых продуктов. Широко применяется искусственный холод на различных видах транспорта, для перевозки пищевых продуктов, а также на судах рыболовного флота, в торговле пищевыми продуктами, а так же в других отраслях народного хозяйства [2].

Назначение холодильного предприятия - создание условий, обеспечивающих сохранность и высокое качество скоропортящейся продукции. Эта задача может быть решена созданием непрерывной холодильной цепи - комплекса технических средств, обеспечивающих непрерывное воздействие низких температур на скоропортящиеся продукты, начиная с момента их производства (или заготовки) до их потребления. Создание непрерывной холодильной цепи связано с использованием разнообразных холодильных предприятий - холодильников и организацией связи между ними. Одним из звеньев единой холодильной цепи являются холодильники рыбоперерабатывающих предприятий, предназначенные для первичной и глубокой холодильной обработки рыбопродуктов. Эти холодильники размещаются, как в рыбопромысловых районах, так и в непосредственной близости к местам потребления продукции [1, 2].

Задачей данного проекта является разработка холодильной установки рыбоперерабатывающего завода в городе Керчь производительностью 40 т/см.

									Лист
									1
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

## 1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

Керчь — город в восточном Крыму на берегу Керченского пролива, имеет статус города республиканского значения в Крымском федеральном округе. Население 148 932 человека на 2016 г [3].

Город Керчь расположен на восточном побережье Керченского полуострова. В центре города возвышается гора Митридат. Рельеф местности крупно- и мелкохолмистый, территорию пересекает множество балок и оврагов. Холмы имеют высоты от 40 до 100 м (гора Митридат – 91,4 м). На территории города находится самая восточная точка Крыма — мыс Фонарь [3].

Город вытянут вдоль побережья Керченского пролива на 42 км. Общая территория города составляет 108 км<sup>2</sup>. По территории Керчи протекают малые реки Мелек-Чесме, Керчав-Илгасы, Булганак, Джарджава, Московская, Баксу. В окрестностях Керчи встречаются грязевые вулканы и солёные озёра. Климат Керчи умеренно континентальный, близкий к субтропическому, с мягкой зимой и тёплым (часто знойным) летом. Почвы представлены, в основном, чернозёмами южными, солонцеватыми, в некоторых местах засоленными. Большое распространение имеют также каштановые и тёмно-каштановые почвы. К полезным ископаемым можно отнести наличие под Керчью железорудных месторождений, а также наличие залежей строительных глин, кварцевого песка, соли, известняка, нефти и газа [3].

Со второй половины XX века Керчь становится крупным судостроительным и металлолитейным центром. Одним из градообразующих предприятий в то время являлся Керченский металлургический завод им. Войкова. Завод построен более 100 лет назад для переработки железной руды, добываемой на Камыш-Бурунском железорудном комбинате. В настоящее время завод переименован в ОАО «Керченский металлургический комбинат», на территории которого находится ООО «Керченский стрелочный завод». Другим крупным предприятием является судостроительный завод «Залив», основанный в 1938 году. В советские годы завод занимался производством танкеров типа «Крым» и «Панамакс», и нефтяных платформ. В 1988 году на заводе «Залив» было сдано первое в мире ледокольно-транспортное судно с атомной энергетической установкой – лихтеровоз-контейнеровоз «Севморпуть». После распада СССР и перехода на рыночную экономику металлургическая и судостроительная промышленность города пережила период упадка. Камыш-Бурунский железорудный комбинат был остановлен и сейчас практически полностью разобран. Были остановлены и закрыты ряд других крупных предприятий города. Судостроительный завод «Залив» производит суда на экспорт для заказчиков из Норвегии, Греции, Нидерландов и ряда других стран. Завод ежегодно строит до 3-4 корпусов сухогрузов и контейнеровозов дедейтом до 8 тыс. тонн и ремонтирует до 35 судов различного класса. Также в городе расположены: завод стройматериалов, стеклотарный комбинат, ряд предприятий пищевой промышленности. Компании «Родос» и «Алгеал» занимаются выпуском пластиковой одноразовой посуды и упаковки [3].

									Лист
									6
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	AK3.00.00.000.ПЗ				

За последние несколько лет в городе реализованы либо находятся в стадии реализации ряд экономических проектов. В морском и торговом портах построены зерновые перевалочные терминалы. Компания «Альтком» реализует проект по строительству цементного завода мощностью до 4 млн т. клинкера в год. Для перевалки цемента планируется задействовать Камыш-Бурунский порт. В морском рыбном порту казахстанские инвесторы («АЕ Газ-терминал») закончили строительство терминала по перевалке до 1 миллиона тонн сжиженного газа в год. Совместно с российскими инвесторами реконструирована паромная переправа для перевозки товарных железнодорожных вагонов. После присоединения Крыма к России весной 2014 года, начался активный этап разработки транспортного перехода через Керченский пролив. В 2015 году начаты строительные работы по возведению моста через Керченский пролив, который соединит Крым и Краснодарский край [3].

На протяжении всей истории города важную роль в его жизни играл рыбный промысел. Предприятия «Керчьрыбпром» и «Югрыбпромразведка» имели большой океанический рыболовный флот. В 1980 году только объединение «Керчьрыбпром» добывало 380 тысяч тонн рыбы, имея в составе до 48 крупнотоннажных рыболовных и рыбоперерабатывающих судов. В настоящее время значительная часть населения Керчи занята работой на предприятиях рыбного хозяйства, наиболее крупным из которых является рыбоконсервный завод «Пролив» [3].

Исходя из изложенного, для данного региона целесообразно проектирование холодильной установки рыбоперерабатывающего завода производительностью 40 т/см. На рыбообработывающем предприятии предполагается охлаждать свежую рыбу, кулинарные изделия и другие виды готовой продукции до температуры в камере хранения 0°C. Рыбу можно охлаждать путем послойной пересыпки чешуйчатым льдом или предварительно охлажденной морской водой, или водоледяной смесью, для чего используются снеговальные аппараты, пневматически подающие мелко измельченный лед при помощи шланга [11, 12]. Свежая рыба замораживается в скороморозильных аппаратах при массовом ее поступлении во время лова, при температуре кипения хладагента в аппарате –40°C. В этом случае процесс замораживания происходит быстрее, а качество замороженного продукта повышается. После замораживания рыба направляется в камеры хранения с температурой –20 °C и относительной влажностью воздуха 95÷100%, что позволяет максимально продлить сроки хранения рыбы и снизить усушку [10, 11].

При проектировании холодильной установки необходимо стремиться выбрать качественное, недорогое оборудование, отвечающее технологическим параметрам и схеме холодильной установки. Следует отдавать предпочтение лидерам рынка холодильного оборудования.

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
						7
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## 2. КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Определение строительных конструкций холодильника

Необходимые расчеты и планировка холодильника рыбоперерабатывающего завода выполняются согласно методике, описанной в [1]. Принимаем, что здание холодильника каркасного типа, сетка колонн  $6 \times 12$  м. Расчет ведем исходя из двухсменной работы рыбозавода, тогда суточная производительность  $G_{сут} = 2 \cdot G_{см} = 2 \cdot 40 = 80$  т/сут.

Общая емкость камер холодильника  $E_x$ , т, определяется по формуле[1]:

$$E_x = 30 \cdot G_{сут}, \quad (2.1)$$

где  $G_{сут}$  – суточная производительность предприятия, т/сут.;  
30 – расчетное число смен.

$$E_x = 30 \cdot 80 = 2400.$$

Емкость камер хранения замороженных грузов  $E_{хр.мор.прод.}$ , т, определяется по формуле:

$$E_{хр.мор.прод.} = 0,6 \cdot E_x, \quad (2.2)$$

$$E_{хр.мор.прод.} = 0,6 \cdot 2400 = 1440.$$

Емкость камер хранения охлажденных грузов  $E_{хр.охл.прод.}$ , т, определяется по формуле:

$$E_{хр.охл.прод.} = 0,4 \cdot E_x, \quad (2.3)$$

$$E_{хр.охл.прод.} = 0,4 \cdot 2400 = 960.$$

Производительность камер (устройств) для замораживания  $G_{сут.зам}$ , т/сут, принимаем равной 1% от емкости камер хранения замороженной продукции.

$$G_{сут.хр.зам} = 0,01 \cdot E_{хр.мор.прод.}, \quad (2.4)$$

$$G_{сут.хр.зам} = 0,01 \cdot 1440 = 14,4.$$

									Лист
									8
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

Строительный объем камер хранения замороженных грузов  $V_{гр.мор}$ , м<sup>3</sup>, определяется по формуле [1]:

$$V_{гр.хр.мор.} = \frac{E_{хр.мор.прод.}}{q_v}, \quad (2.5)$$

$$V_{гр.мор.} = \frac{1440}{0,35} = 4114,$$

где  $q_v$  – норма нагрузки на 1 м<sup>3</sup> грузового объема камеры, т/м<sup>3</sup>,  
(принимаем  $q_v=0,35$  т/м<sup>3</sup>).

Грузовая площадь  $F_{гр}$ , м<sup>2</sup>, камер хранения замороженных грузов определяется по формуле [1]:

$$F_{гр} = V_{гр}/h_{гр}, \quad (2.6)$$

где  $h_{гр}$  – грузовая высота, м, (принимаем  $h_{гр}=5$ м при строительной высоте  $H_{стр}=6$  м).

$$F_{гр} = 4114/5 = 823.$$

Строительная площадь  $F_{стр}$ , м<sup>2</sup>, определяется по формуле [1]:

$$F_{стр} = F_{гр}/\beta, \quad (2.7)$$

где  $\beta$  – коэффициент использования строительной площади камеры  
(принимаем  $\beta = 0,8$ ).

$$F_{стр1} = 823/0,8=1029, \text{ м}^2.$$

Количество строительных прямоугольников определяем по формуле [1]:

$$n = \frac{F_{стр}}{f_{стр}}, \quad (2.8)$$

где  $F_{стр}$  – строительная площадь камер различного назначения, м<sup>2</sup>,  
 $f_{стр}$  – строительная площадь одного прямоугольника при принятой сетке колонн, м<sup>2</sup>,  $f_{стр}=72$  м<sup>2</sup>.

Количество строительных прямоугольников  $n$ :

$$n = \frac{1029}{72} = 14$$

Строительная площадь камер замораживания рыбы  $F_{стр.заморозка}$ , м<sup>2</sup>, определяется по формуле [1]:

									Лист
									9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	AK3.00.00.000.ПЗ				



$$F_{стр.заморозка} = \frac{G_{сут} \cdot \tau}{q_F \cdot 24}, \quad (2.9)$$

где  $\tau$  – продолжительность холодильной обработки, час, принимаем равной 24 часа,  
 $G_{сут}$  – суточная производительность камер (устройств) для замораживания рыбы, т/сут,  
 $q_F$  - норма нагрузки на 1 м<sup>2</sup> строительной площади камеры, т/м<sup>2</sup>, (принимаем  $q_F = 0,3$  т/м<sup>2</sup>).

$$F_{стр.мор.} = \frac{14,4 \cdot 24}{0,3 \cdot 24} = 48$$

Количество строительных прямоугольников  $n$ , шт, определяем по формуле (2.8):

$$n = \frac{48}{72} \approx 0,67$$

Принимаем  $n=1$ . Используем этот строительный прямоугольник при проектировании помещения под скороморозильный аппарат.

Строительный объем камер хранения охлажденных грузов, находим по формуле (2.5).

$$V_{гр} = 960/0,35 = 2743, \text{ м}^3.$$

Грузовая площадь определяется по формуле (2.6):

$$F_{гр} = 2743/5 = 549, \text{ м}^2.$$

Строительную площадь находим по формуле (2.7):

$$F_{стр} = 549/0,8 = 1285 \text{ м}^2.$$

Количество строительных прямоугольников по формуле (2.8):

$$n = 686/72 = 9,5$$

принимаем  $n = 10$ .

Определяем суточное поступление продукции  $G_{пост}$ , т/сут, по формуле [1, 2]:

$$G_{пост} = \frac{E_{хол} \cdot B}{365} \cdot m, \quad (2.10)$$

где  $B$  – коэффициент оборачиваемости;

										Лист
										10
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

$m$  – коэффициент неравномерности поступления продукции,  $m=2$ .

$$G_{\text{пост}} = \frac{2400 \cdot 10}{365} \cdot 2 = 131,5$$

Определяем суточный выпуск продукции  $G_{\text{вып}}$ , т/сут, по формуле:

$$G_{\text{вып}} = \frac{2400 \cdot 10}{253} \cdot 1 = 95$$

Определяем длину автомобильной платформы  $L_{\text{авт}}$ , м, по формуле [1, 2]:

$$L_{\text{авт}} = \frac{n_{\text{авт}} \cdot b \cdot m_{\text{авт}} \cdot \psi \cdot \tau}{8} \quad (2.11)$$

где  $n_{\text{авт}}$  – количество автомашин;  
 $b$  – ширина кузова автомобиля, м;  
 $\psi$  – доля от общего числа автомобилей, прибывающих в течение первой смены;  
 $\tau$  – время разгрузки или загрузки одного автомобиля, ч;  
 $m_{\text{авт}}$  – коэффициент неравномерности прибытия автомобилей.

Принимаем, что вся продукция будет поступать на холодильник и выпускаться из него автомобильным транспортом.

Количество автомобилей, которые будут прибывать на холодильник за сутки [1, 2]

$$n_{\text{авт}} = \frac{G_a}{g_{\text{авт}} \cdot \eta_{\text{исп}}}, \quad (2.12)$$

где  $G_a$  – суточное поступление и выпуск продукции автомобильным транспортом;  
 $g_{\text{авт}}$  – грузоподъемность машины;  
 $\eta_{\text{исп}}$  – коэффициент использования грузоподъемности машины.

$$n_{\text{авт}} = \frac{131,5 + 95}{3 \cdot 0,7} = 108$$

Длина автомобильной платформы:

$$L_{\text{авт}} = \frac{108 \cdot 4 \cdot 1 \cdot 0,75 \cdot 1,5}{8} = 60,7 \text{ м.}$$

принимаем  $L_{\text{авт}} = 60$  м.

									Лист
									11
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

## 2.2. Выбор строительной конструкции здания и расчет толщины теплоизоляционного слоя ограждений

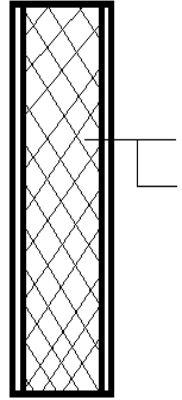
Принимаем, что здание холодильника - каркасного типа из сэндвич-панелей. В качестве колонны принимаем металлический двутавр сечением 300×300мм, в качестве балок принимаем такого же сечения специальный кровельный профиль двутавра длиной 12 м. Высота камер до низа балки 6м. Покрытие бесчердачного типа. Кровельные панели длиной 6м и толщиной полки 140 мм. Полы в камерах замороженной продукции с электрообогревом грунта, в камерах охлажденной продукции принимаем конструкцию аналогичной камерам замороженных продуктов, но без электрообогрева. Принимаем, что все стены здания, перегородки камер внутри холодильника, а также кровля будут выполнены из сэндвич-панелей конструкции компании «Профхолод» с высокоэффективным и пожаробезопасным теплоизоляционным материалом из пенополиуретана [1].

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. Керчь равной 11°C, и относительной влажностью 56% [4].

Наружные стены

Конструкция наружных стен представлена в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Конструкция стеновой сэндвич-панели

	№ слоя	Наименование материала	Толщина $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	$\sum(\delta_i/\lambda_i)$ , (м <sup>2</sup> ·°К)/Вт
	1	Лист холоднокатаной оцинкованной стали с покрытием «Поливинил иденфторид»	0,0005	-	0,035
2	Теплоизоляция пенополиуретан	Требуется определить			

В качестве расчетной конструкции наружных стен принимаем конструкцию стены в камере хранения замороженной продукции (камера №1)  $t_b = -20^\circ\text{C}$ . Требуемое сопротивление теплопередачи покрытия  $R=4,8$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) [1]. Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}^{тр}$ , м, рассчитаем по формуле [1]:

$$\delta_{из}^{тр} = \lambda_{из} \left( R - \left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_v} \right) \right) \quad (2.13)$$

									Лист
									12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

где  $\lambda_{из}$ - коэффициент теплопроводности изоляционного слоя конструкции, Вт/(м·К);  
 $R_{тр}$ - требуемый коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  
 $\alpha_n$ - коэффициент теплоотдачи с наружной (или более теплой) стороны ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К);  
 $\delta_i$ - толщина i-го слоя конструкции ограждения, м;  
 $\lambda_i$ - коэффициент теплопроводности i-го слоя конструкции ограждения, Вт/(м·К);  
 $\alpha_в$ - коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К):

$$\delta_{из}^{тр} = 0,035 \cdot \left( 4,8 - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,163$$

Принимаем толщину внешних стеновых сэндвич-панелей равной 200 мм [1] по всему периметру холодильника. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой, определяем действительное значение коэффициента теплопередачи по формуле:

$$k_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{\alpha_n} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) + \frac{\delta_{из.д.}}{\lambda_{из}}} \quad , \quad (2.14)$$

$$k_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,200}{0,035}} = 0,17 \quad ;$$

Расчет толщины теплоизоляции стен для других камер приведен в таблице 2.6.

#### Внутренние перегородки

Конструкция внутренних перегородок представлена в таблице 2.2.

В качестве расчетной конструкции внутренних перегородок принимаем конструкцию стен в камере хранения замороженной продукции (камера №1)  $t_в = -20^\circ\text{C}$ . Требуемое сопротивление теплопередачи покрытия  $R=1,7$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) [1]. Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}^{тр}$ , м, рассчитаем по формуле (2.13):

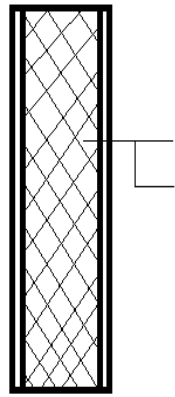
$$\delta_{из}^{тр} = 0,035 \cdot \left( 1,7 - \left( \frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,052$$

									Лист
									13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

Принимаем толщину внутренних стеновых сэндвич-панелей равной 60 мм из [1], по всему периметру холодильника. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой, определяем действительное значение коэффициента теплопередачи по формуле (2.14):

$$k_0^д = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,060}{0,035}} = 0,520$$

Таблица 2.2 - Конструкция внутренней стеновой сэндвич-панели

	№ слоя	Наименование материала	Толщина δ, м	Коэффициент теплопроводности λ, Вт/(м·°К)	$\frac{\sum(\delta_i/\lambda_i)}{\text{Вт}}$
	1	Лист холоднокатаной оцинкованной стали с покрытием «Поливинил иденфторид»	0,0005	-	0,035
2	Теплоизоляция пенополиуретан	Требуется определить			

Расчет толщины теплоизоляции перегородок для других камер приведен в таблице 2.6.

#### Внутренние стены

Состав стен между камерами и коридором приведен в таблице 2.3.

В качестве расчетной конструкции внутренних стен принимаем конструкцию стен в камере хранения замороженной продукции (камера №1)  $t_{в} = -20^\circ\text{C}$  и коридором (коридор-экспедиция 10). Требуемое сопротивление теплопередачи покрытия  $R=4,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$  [1]. Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}$ , м, рассчитаем по формуле (2.13):

$$\delta_{из}^{тп} = 0,035 \cdot \left(4,3 - \left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right)\right) = 0,143$$

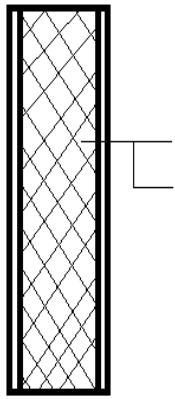
Принимаем толщину стеновых сэндвич-панелей равной 150 мм из [1]. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой, определяем действительное значение коэффициента теплопередачи по формуле (2.14):

$$k_0^д = \frac{1}{\left(\frac{1}{9} + \frac{1}{9}\right) + \frac{0,150}{0,035}} = 0,225$$

Расчет толщины теплоизоляции внутренних стен в коридор для других камер приведен в таблице 2.6.

										Лист
										14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

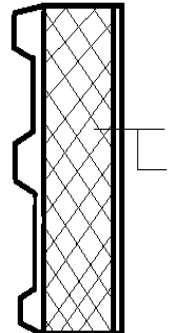
Таблица 2.3 - Конструкция стеновой сэндвич-панели

	№ слоя	Наименование материала	Толщина $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	$\frac{\sum(\delta i/\lambda i)}{(m^2 \cdot ^\circ K)}$ Вт
	1	Лист холоднокатаной оцинкованной стали с покрытием «Поливинил иденфторид»	0,0005	-	0
2	Теплоизоляция пенополиуретан	Требуется определить	0,035		

Кровельные покрытия камер

Конструкция кровельной сэндвич-панели представлена в таблице 2.4.

Таблица 2.4 - Конструкция кровельной сэндвич-панели

	№ слоя	Наименование материала	Толщина $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	$\frac{\sum(\delta i/\lambda i)}{(m^2 \cdot ^\circ K)}$ Вт
	1	Лист холоднокатаной оцинкованной стали с покрытием «Поливинил иденфторид»	0,0005	-	0
2	Теплоизоляция из пенополиуретана	Требуется определить	0,035		

В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию покрытия в камере хранения замороженной продукции (камера №1)  $t_{в} = -20^\circ\text{C}$ . Требуемое сопротивление теплопередачи покрытия  $R=5,1 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$  [1]. Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}$ , м, рассчитаем по формуле (2.13):

$$\delta_{из}^{тр} = 0,035 \cdot \left( 5,1 - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,173$$

Принимаем толщину кровельных сэндвич-панелей равной 150 мм из [1]. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой, определяем действительное значение коэффициента теплопередачи по формуле (2.14):

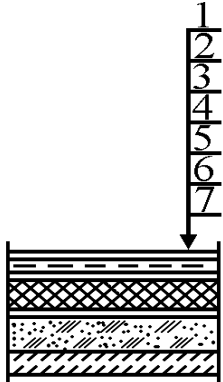
$$k_0^д = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,200}{0,035}} = 0,17$$

Полы охлаждаемых помещений

Теплоизоляцию полов всех камер принимаем из жестких пенополиуретановых плит «Регент». Состав пола приведен в таблице 2.5.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						15
АК3.00.00.000.ПЗ										

Таблица 2.5 - Состав пола охлаждаемых помещений [1]

	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ , м <sup>2</sup> ·К/Вт
	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 (пенополиуретан)	Требуется определить	0,041	
	5	Цементно-песчаный раствор	0,025	0,98	
	6	Уплотненный песок	1,35	0,58	
	7	Бетонная подготовка с электронагревателями	—	—	

В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию пола в камере хранения замороженной продукции (камера №1)  $t_{в} = -20^{\circ}\text{C}$ . Требуемое сопротивление теплопередачи покрытия  $R=5,5$  Вт/(м<sup>2</sup>·К) [1]. Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}$ , м, рассчитаем по формуле (2.13):

$$\delta_{из}^{мп} = 0,041 \cdot \left( 5,5 - \left( 2,43 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,118$$

Принимаем толщину теплоизоляции равной 125 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой, определяем действительное значение коэффициента теплопередачи по формуле (2.14):

$$k_0^д = \frac{1}{\left( 2,43 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,150}{0,041}} = 0,176$$

Расчет толщины теплоизоляции пола для других камер приведен в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Результаты расчетов толщины теплоизоляции и коэффициентов теплопередачи ограждаемых конструкций

№ кам	Наименование ограждения	Вид теплоизоляции	$t_{\text{кам}}, ^\circ\text{C}$	$\lambda_{\text{из}}, \text{Вт}/(\text{м}\cdot^\circ\text{K})$	$R_{\text{тр}}, (\text{м}^2\cdot^\circ\text{K})/\text{Вт}$	$\alpha_{\text{н}}, \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{K})$	$\alpha_{\text{вн}}, \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{K})$	$\delta_{\text{из}}, \text{м}$	$\delta_{\text{из.д}}, \text{м}$	$K_{\text{д}}, \text{Вт}/(\text{м}^2\cdot^\circ\text{K})$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	СНС	ППУ	-20	0,035	4,8	23	9	0,163	0,200	0,17
	СНЗ	ППУ	-20	0,035	4,8	23	9	0,163	0,200	0,17
	СВЮ	ППУ	-20	0,035	4,3	9	9	0,143	0,150	0,225
	СВВ	ППУ	-20	0,035	1,7	9	9	0,052	0,06	0,520
	покрытие	ППУ	-20	0,035	5,1	23	9	0,173	0,200	0,17
	Пол	Регент	-20	0,041	5,5	0	9	0,118	0,125	0,176
2	СНС	ППУ	-20	0,035	4,8	23	9	0,163	0,200	0,17
	СВЗ	ППУ	-20	0,035	1,7	9	9	0,052	0,06	0,520
	СВЮ	ППУ	-20	0,035	4,3	9	9	0,143	0,150	0,225
	СВВ	ППУ	-20	0,035	4,3	9	9	0,143	0,150	0,225
	покрытие	ППУ	-20	0,035	5,1	23	9	0,173	0,200	0,17
	Пол	Регент	-20	0,041	5,5	0	9	0,118	0,125	0,176
3	СВС	ППУ	0	0,035	2,4	9	9	0,076	0,080	0,399
	СНЗ	ППУ	0	0,035	3,3	23	9	0,110	0,120	0,28
	СНЮ	ППУ	0	0,035	3,3	23	9	0,110	0,120	0,28
	СВВ	ППУ	0	0,035	1,7	9	9	0,052	0,06	0,520
	покрытие	ППУ	0	0,035	3,4	23	9	0,113	0,120	0,28
	Пол	Регент	0	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	-
4	СВС	ППУ	0	0,035	2,4	9	9	0,076	0,080	0,399
	СВЗ	ППУ	0	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	0,520
	СНЮ	ППУ	0	0,035	3,3	23	9	0,110	0,120	0,28
	СВВ	ППУ	0	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	0,520
	покрытие	ППУ	0	0,035	3,4	23	9	0,113	0,120	0,28
	Пол	Регент	0	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	-
5	СВС	ППУ	5	0,035	2,15	9	9	0,067	0,080	0,399
	СВЗ	ППУ	5	0,035	2,2	9	9	0,068	0,080	0,399
	СВЮ	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	0,520
	СВВ	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	0,520
	покрытие	ППУ	5	0,035	3	23	9	0,099	0,100	0,332
	Пол	Регент	5	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	-
6	СВС	ППУ	5	0,035	2,15	9	9	0,067	0,080	
	СВЗ	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	
	СВЮ	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	
	СВВ	ППУ	5	0,035	2,15	9	9	0,067	0,080	
	покрытие	ППУ	5	0,035	3	23	9	0,099	0,100	
	Пол	Регент	5	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	
7	СВС	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	
	СВЗ	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,060	
	СНЮ	ППУ	5	0,035	2,8	23	9	0,093	0,100	
	СВВ	ППУ	5	0,035	2,15	9	9	0,067	0,080	
	покрытие	ППУ	5	0,035	3	23	9	0,099	0,100	
	Пол	Регент	5	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	



Продолжение таблицы 2.6

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8	СВС	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,06	0,520
	СВЗ	ППУ	5	0,035	2,2	9	9	0,068	0,080	0,399
	СНЮ	ППУ	5	0,035	2,8	23	9	0,093	0,100	0,332
	СВВ	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,06	0,520
	покрытие	ППУ	5	0,035	3	23	9	0,099	0,100	0,332
	Пол	Регент	5	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	-
9	СНС	ППУ	5	0,035	2,8	23	9	0,093	0,100	0,332
	СВЗ	ППУ	5	0,035	2,2	9	9	0,068	0,080	0,399
	СНЮ	ППУ	5	0,035	2,8	23	9	0,093	0,100	0,332
	СНВ	ППУ	5	0,035	2,8	23	9	0,093	0,100	0,332
	покрытие	ППУ	5	0,035	3	23	9	0,099	0,100	0,332
	Пол	Регент	5	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	-
10	СВС	ППУ	5	0,035	2,2	9	9	0,068	0,080	0,399
	СНЗ	ППУ	5	0,035	2,8	9	9	0,093	0,100	0,322
	СВЮ	ППУ	5	0,035	2,2	9	9	0,068	0,080	0,399
	СВВ	ППУ	5	0,035	1,7	9	9	0,052	0,06	0,520
	покрытие	ППУ	5	0,035	3	23	9	0,099	0,100	0,332
	Пол	Регент	5	0,041	2,8	0	9	0,0075	0,02	-

### 2.3. Расчет теплопритоков

Для поддержания заданной температуры в охлаждаемом помещении необходимо, чтобы все теплопритоки, отводились камерным оборудованием - воздухоохладителями. При определении этой нагрузки учитывают следующие теплопритоки:

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

#### 2.3.1 Определение теплопритоков через ограждающие конструкции в охлаждаемых помещениях

Теплопритоки через ограждающие конструкции  $Q_1$  определяют по формуле [1]:

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \quad (2.15)$$

где  $Q_{1m}$  - теплоприток через ограждающие конструкции, кВт;  
 $Q_{1c}$  - 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 учитываем по рекомендациям [1, 2].

При расчете площади поверхности стен и перегородок длину наружных и внутренних стен помещений определяем как расстояние между осями колонн, а высоту стен – как расстояние от уровня пола до верха покрытия. Площадь потолка и пола определяется как произведение длины камеры на ширину, которые измеряются между осями колонн.

Теплоприток через ограждающие конструкции рассчитываем по формуле [1]:

$$Q_{1m} = k_d \cdot F \cdot \theta \cdot 10^{-3} \quad (2.16)$$

где  $k_d$  - действительный коэффициент теплопередачи ограждения, определенный при расчете толщины изоляционного слоя, Вт/(м<sup>2</sup> К);  
 $F$  - расчетная площадь поверхностей ограждения, м<sup>2</sup>;  
 $\theta$  - расчетная разность температур между температурой наружного воздуха (или температурой с теплой стороны ограждения) и температурой воздуха в холодильной камере.

Температуру наружного воздуха принимаем равной расчетной летней температуре, определенной по рекомендациям [1] с учетом данных [4], для Керчи  $t_{нл}=36$  °С. При расчете теплопритоков через легкие ограждающие конструкции типа сэндвич-панелей, расчетное значение температуры наружного воздуха увеличиваем на 10 °С [2].

В качестве примера произведем расчет камеры хранения замороженной продукции №1.

Теплоприток через наружную западную стену, определяем по формуле (2.16):

$$Q_{1m} = 0,17 \cdot 168 \cdot (46 - (-20)) = 1,884 \text{ кВт.}$$

Теплоприток в камеру №2:

$$Q_{1m} = 0 \text{ кВт.}$$

Теплоприток через наружную северную стену определяем по формуле (2.16):

$$Q_{1m} = 0,17 \cdot 168 \cdot (46 - (-20)) = 1,884 \text{ кВт.}$$

										Лист
										19
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

Теплоприток в коридор:

$$Q_{1m} = 0,225 \cdot 168 \cdot (46 - (-20)) = 0,945 \text{ кВт.}$$

Теплоприток через кровельное покрытие:

$$Q_{1m} = 0,17 \cdot 576 \cdot (46 - (-20)) = 6,462 \text{ кВт.}$$

Теплоприток через обогреваем пол рассчитываем по формуле [1]:

$$Q_{1T} = k_d \cdot F \cdot (t_r - t_{\text{пм}}) \cdot 10^{-3}; \quad (2.17)$$

где  $k_d$  – действительный коэффициент теплопередачи конструкции пола, определенный при расчете толщины изоляционного слоя, Вт/(м<sup>2</sup> К);

$t_r$  – средняя температура поверхности устройства для обогрева грунта (при электрообогреве грунта принимают  $t_r = 1$  °С);

$$Q_{1m} = 0,176 \cdot 576 \cdot (1 - (-20)) = 2,128 \text{ кВт.}$$

Теплопритоки от солнечной радиации определяем по формуле [1]:

$$Q_{1c} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \quad (2.18)$$

где  $\Delta t_c$  - избыточная разность температур, характеризующая действие солнечной радиации в летнее время, °С.

Избыточная разность температур определяется по данным [1].

$$Q_{1c} = 0,17 \cdot 576 \cdot 14,9 \cdot 10^{-3} = 1,46$$

Результаты расчета теплопритока  $Q_1$  для других камер занесены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Результаты расчетов теплопритоков через ограждающие конструкции

№ кам.	Наименование ограждения	$K_d$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°К)	F, м <sup>2</sup>	$t_{\text{н}}$ , °С	$t_{\text{в}}$ , °С	$Q_{1T}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{1c}$ , кВт	$Q_1$ , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	СНЗ	0,17	168	46	-20	1,884	-	-	1,884
	СНС	0,17	168	46	-20	1,884	-	-	1,884
	СВЮ	0,225	168	5	-20	0,945	-	-	0,945
	СВВ	0,520	168	-20	-20	0	-	-	0
	Покрытие	0,17	576	46	-20	6,462	14,9	1,46	7,922
	Пол	0,176	576	1	-20	2,128	-	-	2,128

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	СНС	0,17	126	46	-20	1,413	-	-	1,413
	СВЗ	0,520	168	-20	-20	0	-	-	0
	СВЮ	0,225	126	5	-20	0,709	-	-	0,709
	СВВ	0,225	168	5	-20	0,945	-	-	0,945
	Покрытие	0,17	432	46	-20	4,847	14,9	1,094	5,941
	Пол	0,176	432	1	-20	1,597	-	-	1,597
3	СВС	0,399	126	5	0	0,251	-	-	0,251
	СНЗ	0,28	168	46	0	2,163	14,9	0,701	2,864
	СНЮ	0,28	126	46	0	1,622	-	-	1,622
	СВВ	0,520	168	0	0	0	-	-	0
	Покрытие	0,28	432	46	0	5,564	14,9	1,802	7,366
	Пол	-	432	46	0	0,593	-	-	0,593
4	СВС	0,399	84	5	0	0,168	-	-	0,168
	СВЗ	0,520	168	0	0	0	-	-	0
	СНЮ	0,28	84	46	0	1,082	-	-	1,082
	СВВ	0,399	168	5	0	0,335	-	-	0,335
	Покрытие	0,17	288	46	0	3,709	14,9	1,202	4,911
	Пол	-	288	46	0	0,260	-	-	0,260
5	СВС	0,399	42	5	5	0	-	-	0
	СВЗ	0,399	84	0	5	0,168	-	-	0,168
	СВЮ	0,520	42	5	5	0	-	-	0
	СВВ	0,520	84	5	5	0	-	-	0
	Покрытие	0,332	72	46	5	0,980	14,9	0,356	1,336
	Пол	0,332	72	46	5	0,056	-	-	0,056
6	СВС	0,399	42	5	5	0	-	-	0
	СВЗ	0,520	84	5	5	0	-	-	0
	СВЮ	0,520	42	5	5	0	-	-	0
	СВВ	0,399	84	5	5	0	-	-	0
	Покрытие	0,332	72	46	5	0,980	14,9	0,356	1,336
	Пол	0,332	72	46	5	0,056	-	-	0,056
7	СВС	0,520	42	5	5	0	-	-	0
	СВЗ	0,520	84	5	5	0	-	-	0
	СНЮ	0,332	42	46	5	0,571	-	-	0,571
	СВВ	0,399	84	5	5	0	-	-	0
	Покрытие	0,332	72	46	5	0,980	14,9	0,356	1,336
	Пол	0,332	72	46	5	0,056	-	-	0,056
8	СВС	0,520	42	5	5	0	-	-	0
	СВЗ	0,399	84	0	5	0,168	-	-	0,168
	СНЮ	0,332	42	46	5	0,571	-	-	0,571
	СВВ	0,520	84	5	5	0	-	-	0
	Покрытие	0,332	72	46	5	0,980	14,9	0,356	1,336
	Пол	0,332	72	46	5	0,056	-	-	0,056

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
9	СНС	0,332	42	46	5	0,571	-	-	0,571
	СВЗ	0,399	168	-20	5	-1,676	-	-	-1,676
	СНЮ	0,332	42	46	5	0,571	-	-	0,571
	СНВ	0,332	378	46	5	5,145	-	-	5,145
	Покрытие	0,332	324	46	5	4,410	14,9	1,352	5,762
	Пол	0,332	324	46	5	0,6	-	-	0,6
10	СВС	0,399	294	-20	5	-2,932	-	-	-2,932
	СНЗ	0,332	42	46	5	0,571	-	-	0,571
	СВЮ	0,399	294	0	5	-0,586	-	-	-0,586
	СВВ	0,520	42	5	5	0	-	-	0
	Покрытие	0,332	252	46	5	3,430	14,9	1,051	4,481
	Пол	0,332	252	46	5	0,160	-	-	0,160

### 2.3.2 Теплоприток от грузов при холодильной обработке

При холодильной обработке продуктов каждый килограмм продукта выделяет теплоту, кроме того теплоту выделяет тара, в которую упакован продукт. Принимаем, что продукты поступают в камеру равномерно в течение суток, а продукт за 24 часа успевает охладиться до температуры в камере. Начальные и конечные температуры продуктов принимаем по таблице удельных энтальпий продуктов [1]. Суточное поступление продуктов в камеры хранения составляет 8% вместимости камеры. Суточное поступление тары в камеры составляет 20% от поступления продукта в сутки [1]. В камерах продукция хранится в картонных коробках.

Расчет производим для камеры №1. Результаты расчетов для остальных камер заносим в таблицу 2.8

Теплоприток  $Q_{2пр}$ , кВт, при охлаждении продуктов в камерах хранения определяют по формуле:

$$Q_{2пр} = M_{пр} \cdot \Delta h \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \quad (2.19)$$

где  $M_{пр}$  – суточное поступление продуктов, т/сут;

$\Delta h$  – разность удельных энтальпий продуктов, соответствующих начальной и конечной температурам продукта, кДж/кг, принимаем согласно [1].

$$M_{пр} = 0,08 \cdot E_{км}; \quad (2.20)$$

отсюда следует, что

$$E_{км} = F_{км} \cdot h \cdot \beta \cdot q_v; \quad (2.21)$$

$$E_{км} = 576 \cdot 6 \cdot 0,8 \cdot 0,35 = 968, \text{ т};$$

$$M_{пр} = 0,08 \cdot 968 = 77,44 \text{ т/сут.}$$

									Лист
									22
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

Суточное поступление тары в камеры рассчитываем по формуле:

$$M_T = 0,2 \cdot M_{пр}; \quad (2.22)$$

$$M_T = 0,2 \cdot 77,44 = 15,49;$$

$$Q_{2пр} = 77,44 \cdot (24,4 - 0) \cdot 1000 / (24 \cdot 3600) = 21,87 \text{ кВт.}$$

Теплоприток от тары  $Q_{2Т}$ , кВт, определяют по формуле:

$$Q_{2Т} = M_T \cdot c_T \cdot (t_1 - t_2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \quad (2.23)$$

где  $M_T$  — суточное поступление тары, принимаемое пропорционально суточному поступлению продукта, т/сут;  
 $c_T$  — удельная теплоемкость тары, кДж/(кг К);  
 $t_1$  и  $t_2$  — начальная и конечная температуры тары (принимаются равными начальной и конечной температурам продукта), °С.

$$Q_{2m} = 15,49 \cdot 1,67 \cdot (-12 - (-20)) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} = 2,4 \text{ кВт.}$$

Результаты других притоков представлены в таблице 2.8

Таблица 2.8 – Теплопритоки от грузов

№ камер	$E_{к, т}$	$M_{пр, т/сут}$	$M_T, т/сут$	Температура продукта, °С		Удельная энтальпия продукта, кДж/кг		$Q_{2пр}, кВт$	$Q_{2Т}, кВт$	$Q_{2об}, кВт$
				$t_1$	$t_2$	$h_1$	$h_2$			
1	968	77,44	15,49	-12	-20	24,4	0	21,87	2,4	24,27
2	725,76	58,06	11,61	-12	-20	24,4	0	16,4	1,8	18,2
3	725,76	58,06	11,61	12	0	290	249	27,55	2,69	30,24
4	483,84	38,71	7,742	12	0	290	249	18,39	1,8	20,19

### 2.3.3 Эксплуатационные теплопритоки

Теплопритоки возникают вследствие освещения камер, пребывания в камерах людей, работы электродвигателей и открывание дверей [1]. Расчет производим для камеры №1. Расчеты для других камер сводим в таблицу 2.9.

Теплоприток от освещения рассчитываем по формуле [1]:

$$q_1 = q_{осв} \cdot F_{пол} \cdot \eta_{одн}; \quad (2.24)$$

где  $\eta_{\text{одн}}$  – коэффициент одновременности включения приборов, для камер хранения 0,5 – 0,7;  
 $F_{\text{пол}}$  – площадь пола;  
 $q_{\text{осв}}$  – коэффициент освещения на 1 м<sup>2</sup> (5 – 8) Вт/м<sup>2</sup>.

$$q_1 = 8 \cdot 576 \cdot 0,5 = 2,304 \text{ кВт.}$$

Теплоприток от электродвигателей воздухоохлаждителей рассчитываем по формуле [1]:

$$q_2 = N_{\text{дв}} \cdot \eta_{\text{одн}} ; \quad (2.25)$$

где  $N_{\text{дв}}$  – мощность двигателя, кВт ;  
 $\eta_{\text{одн}}$  – коэффициент одновременности включения приборов.

$$q_2 = 4 \cdot 0,9 = 3,6 \text{ кВт.}$$

Теплоприток от пребывания людей в камере

$$q_3 = 0,35 \cdot n ; \quad (2.26)$$

где 0,35 – тепловыделение одного человека;  
 $n$  – количество человек.

$$q_3 = 0,35 \cdot 3 = 1,05.$$

Теплоприток, возникающий при открывании дверей рассчитываем по формуле [1]:

$$q_4 = \beta \cdot q_{\text{дп}} \cdot F_{\text{дп}} \cdot (1 - \eta) \cdot 10^{-3} ; \quad (2.27)$$

где  $q_{\text{дп}}$  – плотность теплового потока;  
 $F_{\text{дп}}$  – площадь дверного проема;  
 $\beta$  - коэффициент, учитывающий длительность и частоту проведения грузовых операций.

$$q_4 = 0,15 \cdot 5,5 \cdot 12 \cdot (1 - 0,8) \cdot 10^{-3} = 1,98 \text{ кВт.}$$

Суммарные эксплуатационные теплопритоки определяются по формуле:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 ; \quad (2.28)$$

$$Q_4 = 2,304 + 3,6 + 1,05 + 1,98 = 8,934 \text{ кВт.}$$

									Лист
									24
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

Таблица 2.9 - Теплопритоки эксплуатационные

№ камеры	F, м <sup>2</sup>	q <sub>1</sub> , кВт	N <sub>э</sub> , кВт	q <sub>2</sub> , кВт	n, чел	q <sub>3</sub> , кВт	q <sub>4</sub> , кВт	Q <sub>4</sub> , кВт
1	576	2,304	4	3,6	3	1,05	1,98	8,934
2	432	1,728	4	3,6	3	1,05	0,99	7,368
3	432	1,728	5	4,5	3	1,05	0,198	7,476
4	288	1,152	5	4,5	3	1,05	0,198	6,9
5	72	0,288	5	4,5	3	1,05	0	5,838
6	72	0,288	5	4,5	3	1,05	0	5,838
7	72	0,288	5	4,5	3	1,05	0	5,838
8	72	0,288	5	4,5	3	1,05	0	5,838
9	324	1,296	4	3,6	3	1,05	7,3	13,246
10	252	1,008	4	3,6	3	1,05	0	5,658

### 2.3.4 Теплоприток от вентиляции охлаждаемых помещений

Вентиляция охлаждаемых помещений обуславливается необходимостью создания нормальных условий воздушной среды для людей, работающих в этих помещениях. Технологические нормы требуют вентиляции охлаждаемых помещений рыбозаводов (обычно с температурой 0 °С) для устранения запахов.

Теплоприток от вентиляции Q<sub>3</sub>, кВт, определяем по формуле [1]:

$$Q_3 = V \cdot a \cdot \rho_{\text{вм}} \cdot \Delta h / 24 \cdot 3600, \quad (2.29)$$

где V – строительный объем вентилируемого помещения,  
 а – кратность обмена воздуха в сутки (3-4),  
 Δh – разность энтальпий наружного воздуха и воздуха в камере.

В качестве примера произведем расчет для камеры №5. Для других камер теплопритоки от вентиляции сведем в таблицу 2.10.

Теплоприток от вентиляции определяем по формуле (2.29):

$$Q_3 = 504 \cdot 3 \cdot 1,275 \cdot (137,11 - 18,76) / 24 \cdot 3600 = 2,641$$

Таблица 2.10 – Теплопритоки от вентиляции

№ камеры	V, м <sup>3</sup>	a, сут	h <sub>н</sub> , кДж/кг	h <sub>пм</sub> , кДж/кг	Q <sub>3</sub> , кВт
5,6,7,8	504	3	137,11	18,76	2,641
9	2268	3	137,11	18,76	11,883
10	1764	3	137,11	18,76	9,242

Полученные значения Q<sub>1об</sub>, Q<sub>2об</sub>, Q<sub>3об</sub>, Q<sub>4об</sub> заносим в сводную таблицу 2.11.



Таблица 2.11 – Сводная таблица теплопритоков

№ камеры	Наименование камеры	Q <sub>1об</sub> кВт	Q <sub>2об</sub> кВт	Q <sub>3об</sub> кВт	Q <sub>4об</sub> кВт	Q <sub>об</sub> кВт
1	Хранение мороженой рыбы (t=-20 <sup>0</sup> С)	14,763	24,27	-	8,934	47,967
2	Хранение мороженой рыбы (t=-20 <sup>0</sup> С)	10,605	18,2	-	7,368	36,173
3	Хранение охлажденной продукции (t=0 <sup>0</sup> С)	12,696	30,24	-	7,476	50,412
4	Хранение охлажденной продукции (t=0 <sup>0</sup> С)	6,756	20,19	-	6,9	33,846
5	Разгрузочная (t=5 <sup>0</sup> С)	1,56	-	2,641	5,838	10,039
6	Помещение для СМА (t=5 <sup>0</sup> С)	1,392	-	2,641	5,838	9,871
7	Накопительная (t=5 <sup>0</sup> С)	1,963	-	2,641	5,838	10,442
8	Ледогенераторная (t=5 <sup>0</sup> С)	2,131	-	2,641	5,838	10,61
9	Коридор-экспедиция (t=5 <sup>0</sup> С)	10,973	-	11,883	13,246	36,102
10	Коридор-экспедиция (t=5 <sup>0</sup> С)	1,694	-	9,242	5,658	16,594

## 2.4 Расчет и подбор холодильного оборудования

Тепловая нагрузка на компрессор складывается из всех видов теплопритоков по каждой температуре кипения, при централизованной системе холодоснабжения теплопритоки учитываются не полностью, а в зависимости от температурного режима [1].

Принимаем для камер хранения охлажденной продукции и вспомогательных технологических помещений  $t_{01} = -8^{\circ}\text{C}$ , для камер хранения замороженной рыбы температуру кипения хладагента  $t_{02} = -28^{\circ}\text{C}$ . Для холодоснабжения скороморозильного аппарата  $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$ .

Тепловая нагрузка на компрессор для  $t_{02} = -28^{\circ}\text{C}$  по рекомендациям [1]:

$$\Sigma Q^{\text{KM}}_{-28} = 0,8 \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,7 \Sigma Q_4, \quad (2.30)$$

$$\Sigma Q^{\text{KM}}_{-28} = 0,8 \cdot 25,368 + 42,47 + 0,7 \cdot 16,302 = 74,175 \text{ кВт};$$

Тепловая нагрузка на компрессор для  $t_{01} = -8^{\circ}\text{C}$  по рекомендациям [1]:

$$\Sigma Q^{\text{KM}}_{-8} = 0,6 \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + 0,5 \Sigma Q_4, \quad (2.31)$$

$$\Sigma Q^{\text{KM}}_{-8} = 0,6 \cdot 39,165 + 50,43 + 31,689 + 0,5 \cdot 56,632 = 133,934 \text{ кВт}.$$

Определяем расчетную холодопроизводительность по формуле [1]:

$$Q_{0p} = k \cdot Q_{\text{KM}}, \quad (2.32)$$

										Лист
										26
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

где  $k$  – коэффициент, учитывающий потери в трубопроводах и аппаратах холодильной установки [1];

$Q_{км}$  – нагрузка на компрессоры данной температуры кипения, кВт.

$$Q_{0p3}^{-40} = 1,1 \cdot 67,83 = 74,61 \text{ кВт},$$

$$Q_{0p2}^{-28} = 1,07 \cdot 74,175 = 79,37 \text{ кВт},$$

$$Q_{0p1}^{-8} = 1,05 \cdot 133,93 = 140,63 \text{ кВт}.$$

#### 2.4.1 Расчет и подбор камерных приборов охлаждения

Для всех камер холодильника в качестве приборов охлаждения применяем воздухоохладители. Воздухоохладители выбираем из расчета по одному на пролет камеры.

Подбор воздухоохладителей производим по тепловой нагрузке в охлаждаемые помещения (см. табл. 2.11) по каталогу [5]. Для подбора воздухоохладителя пользуемся формулой пересчета, приведенной на сайте Гюнтнер–ИЖ.

Формула пересчета нагрузки для выбора воздухоохладителя:

$$Q_{0н} = Q_0 / f, \quad (2.33)$$

где  $Q_0$  – нагрузка на камерное оборудование,  
 $f$  – коэффициент пересчета, взятый из графика [5].

Для камеры №1:

$$Q_{0н} = 47,967 / 0,83 = 57,79 \text{ кВт}.$$

Для этой и других камер результаты расчета и подбора воздухоохладителей, а также их техническая характеристика представлена в таблице 2.12.

Таблица 2.12 – Техническая характеристика воздухоохладителей [1, 5]

№ камеры	Марка воздухоохладителя	Длина факела вентилятора, м	Кол-во возд. шт.	Объем труб, л.	Требуемая площадь поверхности. м <sup>2</sup>
1	IAGHN 066D/110	23	4	32	86,9
2	IAGHN 066C/112	23	4	24	47,4
3	IAGHN 066C/110	24	4	65,2	24
4	IAGHN 051D/112	19	4	37,9	18
5	IADHN 046C/210	2x12	1	23	58,7
6	IADHN 046C/210	2x12	1	23	58,7
7	IADHN 046C/210	2x12	1	23	58,7
8	IADHN 046C/210	2x12	1	23	58,7
9	IADHN 051C/310	2x17	2	39	110,0
10	IADHN 051C/17	2x10	2	14	50,9

## 2.4.2 Расчет и подбор компрессоров

Для определения температуры конденсации хладагента определяем температуру по мокрому термометру  $t_{MT}$ . Она определяется по  $i-d$  диаграмме влажного воздуха,  $t_{MT} = 26^{\circ}\text{C}$ . Температура воды на входе в конденсатор [1]:

$$t_{w1} = t_{MT} + \Delta t_w \cdot (1/\eta - 1); \quad (2.34)$$

где  $t_{w1}$  - температура воды, выходящей из градирни (на входе в конденсатор);  
 $t_{MT}$  - температура по смоченному термометру;  
 $\Delta t_w$  - подохлаждение воды в градирне, принимаем  $= 4^{\circ}$ ;  
 $\eta$  - коэффициент эффективности градирни, принимаем  $= 0,5$ .

$$t_{w1} = 26 + 4 \cdot (1/0,5 - 1) = 30^{\circ}$$

Температура воды на выходе из конденсатора:

$$t_{w2} = t_{w1} + (3 - 5); \quad (2.35)$$

где  $t_{w2}$  - температура воды, поступающей на градирню (выходящей из конденсатора).

$$t_{w2} = 30 + 4 = 34^{\circ}.$$

Температура конденсации хладагента:

$$t_k = t_{w2} + (2 - 4); \quad (2.36)$$

$$t_k = 34 + 3 = 37^{\circ}.$$

Температура конденсации соответствует требованиям нормы, так как верхний предел температуры конденсации для аммиачных компрессоров составляет  $40^{\circ}$  [2].

Для холодоснабжения предприятия принимаем компаундную насосно-циркуляционную схему с параллельным сжатием и параллельным дросселированием хладагента на три температуры кипения. Цикл холодильной установки представлен на рис. 2.1 [1]. Параметры узловых точек цикла представлены в табл. 2.13.

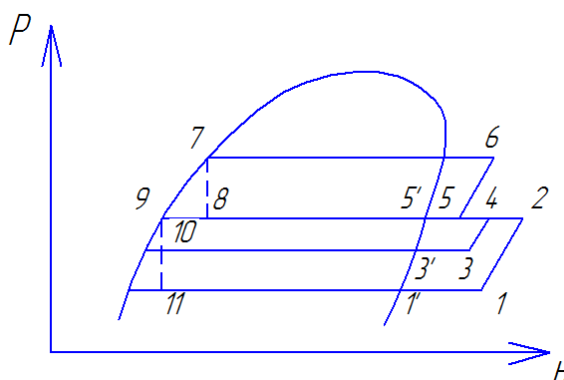


Рис. 2.1 - Цикл холодильной установки

									Лист
									28
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

Таблица 2.13 – Параметры узловых точек

№ точки	P, МПа	h, кДж/кг	t, °С	V, м <sup>3</sup> /кг
1	2	3	4	5
1'	0,075	1640	-40	1,58
1	0,075	1670	-30	1,62
2	0,33	1878	80	0,51
3'	0,14	1658	-28	0,85
3	0,14	1670	-23	0,87
4	0,33	1780	37	0,45
5'	0,33	1682	-8	0,37
5	0,33	1698	-3	0,39
6	1,4	1915	111	0,12
7	1,4	590	37	-
8	0,33	590	-8	0,065
9	0,33	395	-8	-
10	0,14	395	-28	0,06
11	0,075	395	-40	0,16

Массовый расход циркулирующего хладагента  $G_3$ , кг/с, на температуру кипения  $t_{03}=-40$  °С определяем по формуле [1]:

$$G_3 = Q_{03 \text{ уст}} / (h_{1'} - h_{11}); \quad (2.37)$$

$$G_3 = 74,61 / (1640 - 395) = 0,06 \text{ кг/с.}$$

Массовый расход циркулирующего хладагента  $G_2$ , кг/с, на температуру кипения  $t_{02}=-28$  °С определяем по формуле [1]:

$$G_2 = Q_{02 \text{ уст}} / (h_{3'} - h_{10}); \quad (2.38)$$

$$G_2 = 79,37 / (1658 - 395) = 0,063 \text{ кг/с.}$$

Массовый расход циркулирующего хладагента  $G_1$ , кг/с, на температуру кипения  $t_{01}=-8$  °С определяем по формуле [1]:

$$G_1 = (Q_{01 \text{ уст}} + G_2 \cdot (h_4 - h_9) + G_3 \cdot (h_2 - h_9)) / (h_{5'} - h_8), \quad (2.39)$$

$$G_1 = (140,63 + 0,063 \cdot (1780 - 395) + 0,06 \cdot (1878 - 395)) / (1682 - 590) = 0,29 \text{ кг/с.}$$

Для определения требуемой объемной производительности компрессоров находим коэффициент подачи компрессоров  $\lambda$ , определяя сначала степень сжатия компрессора, работающего на соответствующий температурный диапазон [13].

$$\pi_3 = \frac{P_{01}}{P_{03}} = \frac{0,33}{0,075} = 4,4 \quad (2.40)$$

отсюда  $\lambda_{3(-40)} = 0,78$

$$\pi_2 = \frac{P_{01}}{P_{02}} = \frac{0,33}{0,14} = 2,35 \quad (2.41)$$

отсюда  $\lambda_{2(-28)} = 0,85$

$$\pi_1 = \frac{P_K}{P_{01}} = \frac{1,4}{0,33} = 4,24 \quad (2.42)$$

отсюда  $\lambda_{1(-8)} = 0,78$

Теоретическая объемная производительность компрессора на  $t_{03} = -40^\circ\text{C}$  [1]:

$$V_{3p} = G_3 \cdot v_1 / \lambda; \quad (2.43)$$

$$V_{3p} = 0,06 \cdot 1,62 / 0,78 = 0,124 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Теоретическая объемная производительность компрессора на  $t_{03} = -28^\circ\text{C}$  [1]:

$$V_{2p} = G_2 \cdot v_3 / \lambda; \quad (2.44)$$

$$V_{2p} = 0,063 \cdot 0,87 / 0,85 = 0,064 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Теоретическая объемная производительность компрессора на  $t_{03} = -8^\circ\text{C}$  [1]:

$$V_{1p} = G_1 \cdot v_5 / \lambda; \quad (2.45)$$

$$V_{1p} = 0,29 \cdot 0,39 / 0,78 = 0,145 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По найденным теоретическим объемным производительностям подбираем компрессорные агрегаты: для  $t_{03} = -40^\circ\text{C}$  один агрегат марки SAB 151 S с объемной действительной производительностью  $V = 484 \text{ м}^3/\text{ч}$ , для  $t_{03} = -28^\circ\text{C}$  два агрегата марки SAB 110 SM с действительной объемной производительностью  $V = 140 \text{ м}^3/\text{ч}$  каждый, для  $t_{03} = -8^\circ\text{C}$  два агрегата марки SAB 120 L с действительной объемной производительностью  $V = 316 \text{ м}^3/\text{ч}$  каждый по данным [1].

Действительный массовый расход циркулирующего хладагента  $G_{д3}$ , кг/с, на температуру кипения  $t_{03} = -40^\circ\text{C}$  определяем по формуле [1]:

$$G_{д2} = \frac{V_{кв2} \cdot \lambda_2}{v_3} \quad (2.46)$$

$$G_{д3} = \frac{0,134 \cdot 0,78}{1,62} = 0,064$$

										Лист
										30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

Действительный массовый расход циркулирующего хладагента  $G_{д2}$ , кг/с, на температуру кипения  $t_{02}=-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяем по формуле [1]:

$$G_{д2} = \frac{V_{км2} \cdot \lambda_2}{v_3} \quad (2.47)$$

$$G_{д2} = \frac{0,078 \cdot 0,85}{0,87} = 0,076$$

Действительный массовый расход циркулирующего хладагента  $G_{д1}$ , кг/с, на температуру кипения  $t_{01}=-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяем по формуле [1]:

$$G_{д1} = \frac{V_{км1} \cdot \lambda_1}{v_5} \quad (2.48)$$

$$G_{д1} = \frac{0,175 \cdot 0,78}{0,39} = 0,35$$

Теоретическую мощность для  $t_{03}=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяем по формуле [1]:

$$N_{т3} = G_{д3} \cdot (h_2 - h_1); \quad (2.49)$$

$$N_{т3} = 0,064 \cdot (1878 - 1670) = 13,31 \text{ кВт.}$$

Теоретическую мощность для  $t_{02}=-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяем по формуле [1]:

$$N_{т2} = G_{д2} \cdot (h_4 - h_3); \quad (2.50)$$

$$N_{т2} = 0,076 \cdot (1780 - 1670) = 8,36 \text{ кВт.}$$

Теоретическую мощность для  $t_{01}=-8\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяем по формуле [1]:

$$N_{т1} = G_{д1} \cdot (h_6 - h_5); \quad (2.51)$$

$$N_{т1} = 0,35 \cdot (1915 - 1698) = 75,95 \text{ кВт.}$$

Индикаторная мощность для  $t_{03}=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$N_{i3} = N_{т3} / \eta_{i3}; \quad (2.52)$$

где  $\eta_{i3} = 0,82$  - индикаторный КПД.

$$N_{i3} = 13,31 / 0,82 = 16,23 \text{ кВт;}$$

Индикаторная мощность для  $t_{02}=-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$N_{i2} = N_{т2} / \eta_{i2}; \quad (2.53)$$

где  $\eta_{i2} = 0,8$  - индикаторный КПД.

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		31

$$N_{i2}=8,36/0,8=10,45 \text{ кВт};$$

Индикаторная мощность для  $t_{01}=-8^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$N_{i1}=N_{t1}/\eta_{i1}; \quad (2.54)$$

где  $\eta_{i1}=0,83$  - индикаторный КПД.

$$N_{i1}=75,95/0,83=91,5 \text{ кВт};$$

Эффективная мощность компрессора для  $t_{03}=-40^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$N_{e3} = N_{i(-40)}/\eta_{\text{мех}}, \quad (2.55)$$

где  $\eta_{\text{мех}} = 0,9$  – механический КПД.

$$N_{e3} = 16,23/0,9= 18 \text{ кВт}$$

Эффективная мощность компрессора для  $t_{02}=-28^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$N_{e2} = N_{i(-28)}/\eta_{\text{мех}}, \quad (2.56)$$

$$N_{e2} = 10,45/0,9= 11,6 \text{ кВт}$$

Эффективная мощность компрессора для  $t_{01}=-8^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$N_{e1} = N_{i(-8)}/\eta_{\text{мех}}, \quad (2.57)$$

$$N_{e1} = 91,5/0,9= 101,67, \text{ кВт}$$

Действительная холодопроизводительность компрессора для  $t_{03}=-40^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$Q_{0д3}=G_{д3}\cdot(h_1'-h_{11}); \quad (2.58)$$

$$Q_{0д3}=0,064\cdot(1640-395)=79,68 \text{ кВт}.$$

Действительная холодопроизводительность компрессора для  $t_{02}=-28^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

$$Q_{0д2}=G_{д2}\cdot(h_3'-h_{10}); \quad (2.59)$$

$$Q_{0д2}=0,076\cdot(1658-395)=95,99 \text{ кВт}.$$

Действительная холодопроизводительность компрессора для  $t_{01}=-8^{\circ}\text{C}$  определяется по формуле [1]:

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$Q_{0д1} = G_{д1} \cdot (h_5' - h_9); \quad (2.60)$$

$$Q_{0д1} = 0,35 \cdot (1682 - 590) = 382,2 \text{ кВт.}$$

### 2.4.3 Расчет и подбор конденсаторов

Определяем среднюю логарифмическую разность температур теплообменивающих сред по формуле [1]:

$$\Theta = (t_{w2} - t_{w1}) / \ln((t_k - t_{w1}) / (t_k - t_{w2})); \quad (2.61)$$

$$\Theta = (34 - 30) / \ln((37 - 30) / (37 - 34)) = 4,82$$

Необходимая площадь поверхности теплопередачи конденсатора определяем по формуле [1]:

$$F = Q_k / k \cdot \theta; \quad (2.62)$$

Тепловая нагрузка на конденсатор определяется по формуле [1]:

$$Q_{кд} = G_1 \cdot (h_6 - h_7); \quad (2.63)$$

$$Q_{кд} = 0,35 \cdot (1915 - 590) = 463,75 \text{ кВт.}$$

Следовательно, площадь теплообменной поверхности:

$$F = 463,75 / (0,8 \cdot 4,82) = 120,3 \text{ м}^2.$$

Принимаем два водяных горизонтальных кожухотрубных конденсатора марки АК 540 производства Гюнтнер-Иж [5]. Характеристика конденсаторов приведена в таблице 2.14.

Таблица 2.14 – Характеристика конденсаторов

Охлаждаемая поверхность	62 м <sup>2</sup>
Вместимость по аммиаку	0,427 м <sup>3</sup>
Габариты (длина, ширина, высота)	4400×630×950 мм

### 2.4.4 Расчет и подбор градирни

Подбор градирни производится по расчетному тепловому потоку, который находим по формуле:

$$Q_{гр} = \Sigma Q_{кд} + \Sigma N_i; \quad (2.59)$$

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
						33



$$Q_{гр}=463,75+16,23+10,45+91,5=581,93 \text{ кВт.}$$

По полученным данным принимаем градирню ГРАД–120 [1, 6]. Характеристика градирни приведена в таблице 2.15.

Таблица 2.15 – Техническая характеристика градирни

Наименование	Габаритные размеры
ГРАД - 120	3905x3397x1970

#### 2.4.5 Расчет и подбор водяных насосов

Подбор насосов осуществляется по нагрузке на градирню, по объемной подаче [1].

Расчет насосов для градирни определяем по формуле [1]:

$$V_{нв}=Q_{гр}/(\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w); \quad (2.60)$$

где  $\rho_w$ -плотность воды,  
 $c_w$ -теплоемкость воды,

$$V_{нв}=581,93/(1000 \cdot 4,19 \cdot 4)=0,035 \text{ м}^3/\text{с}=124,99 \text{ м}^3/\text{с}.$$

По полученным данным подбираем два насоса марки К 100-80-160 и один в резерв [1, 7]. Техническая характеристика приведена в таблице 2.16.

Таблица 2.16 – Техническая характеристика насоса

Марка насоса	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Мощность, кВт
К 100-80-160	100	32	15

#### 2.4.6 Подбор воздухоотделителя

Для отделения воздуха от аммиака выбираем отделитель воздуха PURGER производства фирмы GRASSO [1].

#### 2.4.7 Расчет и подбор циркуляционных ресиверов

Циркуляционные ресиверы выбираются в зависимости от емкости испарительной системы, вида подачи, рабочего заполнения ресивера. Затем ресиверы, выполняющие функцию отделителя жидкости, проверяют на возможность выполнения этой функции [1, 2].

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		34

Ёмкость ресивера  $V_{РЦ}$ , м<sup>3</sup>, при нижней подаче в приборы охлаждения определяется по формуле [1]:

$$V_{РЦ}=3 \cdot [V_{НТ}+0,21 \cdot V_{ВО}+0,3 \cdot V_{ВТ}]; \quad (2.61)$$

где  $V_{ВО}$  – геометрическая емкость воздухоохлаждителей, м<sup>3</sup>;  
 $V_{НТ}$  – внутренний объем нагнетательного трубопровода насоса, м<sup>3</sup>, определяем по формуле [1]:

$$V_{НТ}=0,04 \cdot V_{ВО}; \quad (2.62)$$

$V_{ВТ}$  – вместимость всасывающего трубопровода насоса, м<sup>3</sup>, определяем по формуле [1]:

$$V_{ВТ}=0,06 \cdot V_{ВО}; \quad (2.63)$$

для  $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$

$$V_{НТ}=0,04 \cdot 0,305=0,0122 \text{ м}^3,$$

$$V_{ВТ}=0,06 \cdot 0,305=0,0183 \text{ м}^3,$$

$$V_{РЦ}=3 \cdot [0,0122+0,21 \cdot 0,305+0,3 \cdot 0,0183]=0,245 \text{ м}^3$$

По полученным данным подбираем горизонтальный циркуляционно-защитный ресивер РЦЗ–1,25 [1]. Техническая характеристика приведена в таблице 2.17. Скорость движения пара в ресивере  $w_{П}$ , м/с, не должна превышать допустимое значение  $w_{д}$ , м/с, которое равно для горизонтальных ресиверов [1]:

$$w_{д.г.}=2 \cdot w_{о.к.} \cdot l_p/D_p; \quad (2.64)$$

где  $w_{о.к.}$  – скорость осаждения капель хладагента, [ $w_{о.к.}=0,5$  м/с];  
 $l_p$  – расстояние между патрубками ресивера, м;  
 $D_p$  – внутренний диаметр ресивера, м.

Для аммиачных холодильных установок  $w_{д.г.}=1$  м/с.

Скорость движения пара в ресивере  $w_{П}$ , м/с, определяем по формуле [1]:

$$w_{П} = V_{П}/S_P; \quad (2.65)$$

где  $V_{П}$  – объемный расход пара через ресивер, м<sup>3</sup>, определяемый по зависимости [1]:

$$V_{П}=G_{д} \cdot v''_{вс}; \quad (2.66)$$

где  $G_{д}$  – действительная массовая подача компрессоров всасывающих пар из этого ресивера, кг/с;  
 $v''_{вс}$  – удельный объем сухого насыщенного пара при температуре кипения, м<sup>3</sup>/кг;  
 $S_P$  – площадь сечения аппарата, по которому движется пар, м<sup>2</sup>.

										Лист
										35
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

$$S_p = \pi \cdot D_p / 8. \quad (2.67)$$

$$w_{\Pi} = \frac{0,064 \cdot 1,58 \cdot 8}{3,14 \cdot 1,02^2} = 0,25 < 1.$$

для  $t_0 = -28 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$V_{HT} = 0,04 \cdot 0,240 = 0,009 \text{ м}^3,$$

$$V_{BT} = 0,06 \cdot 0,240 = 0,0134 \text{ м}^3,$$

$$V_{PC} = 3 \cdot [0,009 + 0,21 \cdot 0,240 + 0,3 \cdot 0,0134] = 0,190 \text{ м}^3$$

По полученным данным подбираем горизонтальный циркуляционно-защитный ресивер PCЗ–1,25 [1]. Техническая характеристика приведена в таблице 2.17. Проверку ресивера по скорости витания пара хладагента проводим по формулам (2.64-2.67).

$$w_{\Pi} = \frac{0,076 \cdot 0,078 \cdot 8}{3,14 \cdot 1,02^2} = 0,14 < 1.$$

для  $t_0 = -8 \text{ }^{\circ}\text{C}$

$$V_{HT} = 0,04 \cdot 0,313 = 0,019 \text{ м}^3,$$

$$V_{BT} = 0,06 \cdot 0,313 = 0,013 \text{ м}^3,$$

$$V_{PC} = 3 \cdot [0,013 + 0,21 \cdot 0,313 + 0,3 \cdot 0,019] = 0,253 \text{ м}^3$$

По полученным данным подбираем горизонтальный компаундный циркуляционный ресивер РКЦ–1,25. Проверку ресивера по скорости витания пара хладагента проводим по формулам (2.64-2.67).

$$w_{\Pi} = \frac{0,35 \cdot 0,37 \cdot 8}{3,14 \cdot 1,02^2} = 0,32 < 1.$$

Таблица 2.17 – Техническая характеристика ресиверов

Марка	Вместимость, м <sup>3</sup>	l <sub>p</sub> , мм	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
РКЦ – 1,25	1,25	850	1020x2200	1200
PCЗ – 1,25	1,25	830	1020x2090	940

## 2.4.8 Расчет и подбор линейного ресивера

Линейный ресивер служит для сбора жидкого аммиака после конденсатора. Поэтому линейный ресивер должен вмещать в себя весь аммиак системы [1, 2].

Определяем емкость линейного ресивера  $V_{\text{ЛР}}$ , м<sup>3</sup>, по формуле [1]:

$$V_{\text{ЛР}} = 0,3 \cdot \Sigma V_{\text{ВО}}, \quad (2.68)$$

$$V_{\text{ЛР}} = 0,3 \cdot (0,313 + 0,24 + 0,305) = 0,429 \text{ м}^3$$

По полученным данным подбираем линейный ресивер РЛД–1,25 [1]. Техническая характеристика приведена в таблице 2.19.

Таблица 2.19 – Техническая характеристика линейного ресивера

Марка	Вместимость, м <sup>3</sup>	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
РЛД – 1,25	1,25	1020x2100	940

## 2.4.9 Расчет и подбор аммиачных насосов

Подбор насосов осуществляем по объемной подаче и напору. На каждую температуру кипения подбираем два насоса: один рабочий и один резервный по рекомендациям [1].

Определяем объемную подачу насоса  $V$ , м<sup>3</sup>/с, по формуле [1]:

$$V = \frac{Q \cdot V_{\text{ж}} \cdot n}{r}, \quad (2.69)$$

где  $Q$  - тепловая нагрузка на камеры, кВт;

$n$  - кратность циркуляции жидкого хладагента;

$V_{\text{ж}}$  - удельный объем жидкого хладагента, м<sup>3</sup>/кг;

$r$  - удельная теплота парообразования, кДж/кг.

для  $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$ :

$$V = \frac{93,5 \cdot 6 \cdot 1,449 \cdot 10^{-3}}{1388,9} = 0,0006 \text{ м}^3 / \text{с} = 2,2 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По полученным данным подбираем насосы ЦНГМ 10/10 (1 резервный) по каталогу [7]. Техническая характеристика приведена в таблице 2.18.

для  $t_0 = -28^{\circ}\text{C}$ :

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

$$V = \frac{84,14 \cdot 6 \cdot 1,481 \cdot 10^{-3}}{1353,5} = 0,0006 \text{ м}^3 / \text{с} = 2,2 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По полученным данным подбираем насосы ЦНГМ 10/10 (1 резервный).

для  $t_0 = -8^{\circ}\text{C}$

$$V = \frac{177,92 \cdot 6 \cdot 1,540 \cdot 10^{-3}}{1289,3} = 0,0013 \text{ м}^3 / \text{с} = 4,68 \text{ м}^3 / \text{ч}.$$

По полученным данным подбираем насосы ЦНГМ 10/10 (1 резервный).

Таблица 2.18 – Технические характеристики аммиачных насосов [7]

Марка	Подача, м <sup>3</sup> /ч	Напор, м	Габаритные размеры	Масса
ЦНГМ 10/10	10	10	655x340x360	73

#### 2.4.10 Расчет и подбор маслоотделителя

Для улавливания масла, уносимого из компрессора, подберем маслоотделитель. Подбор ведем по диаметру аппарата, м определяем по формуле [1]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot G_{d(-8)} \cdot v_n}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.70)$$

где  $G_{d(-10)}$ —действительный массовый;

$\omega$  — скорость движения аммиака по нагнетательной магистрали;

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,35 \cdot 0,12)}{3,14 \cdot 1}} = 0,23 \text{ м}$$

По полученным данным подбираем аммиачный маслоотделитель циклонного типа 50МА. Техническая характеристика приведена в таблице 2.20.

Таблица 2.20 – Техническая характеристика маслоотделителя [1]

Марка	Вместимость, м <sup>3</sup>	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
50МА	0,043	273x1335	98

## 2.4.11 Расчет и подбор маслосборника

В связи с повышенной вместимостью обусловленной необходимостью принятия масла из винтовых компрессоров, принимаем маслосборник 60МЗС [1].

## 2.4.12 Расчет диаметра трубопроводов

Определение диаметра трубопровода, м, осуществляем по формуле [1]:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot w}} \quad (2.71)$$

где  $V$  - расход аммиака, м<sup>3</sup>/с,

$w$  - скорость движения хладагента в сечении, м/с, принимаем согласно [1]

Диаметр  $d_{н.,М}$  нагнетательного трубопровода для температуры кипения  $t_o = -40,^{\circ}C$ :

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,134}{3,14 \cdot 25}} = 0,082$$

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

Диаметр  $d_{вс.,М}$  всасывающего трубопровода для температуры кипения  $t_o = -40,^{\circ}C$ :

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,134}{3,14 \cdot 20}} = 0,111$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 125$  мм

Диаметр  $d_{вс.,М}$ , всасывающего трубопровода для температуры кипения  $t_o = -28,^{\circ}C$ :

$$d_{вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,078}{3,14 \cdot 20}} = 0,07$$

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

Диаметр  $d_{н.,М}$ , нагнетательного трубопровода для температуры кипения  $t_o = -28,^{\circ}C$ .

									Лист
									39
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АКЗ.00.00.000.ПЗ				

$$d_{нз} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,078}{3,14 \cdot 25}} \equiv 0,063$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y=70$  мм.

Диаметр  $d_{вс., М}$ , всасывающего трубопровода для температуры кипения  $t_o = -8, ^\circ C$ .

$$d_{вс} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,175}{3,14 \cdot 20}} \equiv 0,105$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y=125$  мм.

Диаметр  $d_{н., М}$ , нагнетательного трубопровода для температуры кипения  $t_o = -8, ^\circ C$ .

$$d_{нз} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,175}{3,14 \cdot 25}} \equiv 0,094$$

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

## 2.5 Описание схемы холодильной установки

Использование компаундной схемы позволяет реализовать цикл многоступенчатого сжатия без использования промежуточных сосудов, так как поддержание промежуточного давления осуществляется в компаундном ресивере, следовательно, уменьшается количество емкостных аппаратов, используемых в системе [1, 2].

Пар аммиака из компаундного ресивера с давлением, соответствующим температуре кипения  $t_{o1} = -8, ^\circ C$  всасывается компрессорами, сжимается ими до давления конденсации и нагнетается в водяные конденсаторы. В конденсаторах происходит отвод теплоты от хладагента, аммиак конденсируется. Жидкий хладагент сливается в линейный ресивер. Из линейного ресивера жидкий хладагент подается в компаундный ресивер, при этом дросселируется, проходя через регулирующей вентиль, до давления соответствующего температуре кипения  $t_{o1} = -8, ^\circ C$ . Из компаундного ресивера жидкий хладагент насосами подается в воздухоохладители, где жидкий аммиак кипит. Образовавшийся пар хладагента поступает обратно в компаундный ресивер. Так как компаундный ресивер выполняет функцию промежуточного сосуда из него же идет подача жидкого аммиака на две температуры кипения низкотемпературных диапазонов работы холодильной установки:  $t_{o3} = -40, ^\circ C$  и  $t_{o2} = -28, ^\circ C$ . Жидкий аммиак из компаундного ресивера подается в циркуляционные ресиверы, соответственно, дросселируется до требуемых давлений кипения. Из циркуляционного ресивера

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
						40
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

жидкий хладагент подается в воздухоохладители, где кипит за счет отвода теплоты из охлаждаемого помещения. Образовавшийся в результате парогазодинамическая смесь хладагента направляется обратно в циркуляционный ресивер, откуда пар аммиака отсасывается компрессорами, сжимаясь до промежуточного давления. Пар из компрессоров поступает в нагнетательный коллектор, и попадает в компаундный ресивер. Пар аммиака, нагнетаемый в компаундный ресивер, барбатирует через уровень жидкого хладагента, охлаждается, при этом насыщается жидкостью. Поэтому все ресиверы системы обладают функцией отделителя жидкости. Далее пар отсасывается соответствующими компрессорами.

Заправка системы маслом осуществляется вручную через вентили, установленные на агрегатах. Компрессорные агрегаты, установленные в машинном отделении, имеют собственные системы смазки, каждая из которых включает насос, маслоотделитель, маслоохладитель, фильтры для очистки масла и необходимую регулируемую арматуру. Для подогрева масла перед пуском компрессоров после длительной стоянки в маслоблорниках установлены электронагреватели.

Выпуск воздуха из системы.

Для удаления воздуха и других неконденсирующихся газов из системы применяется автоматический отделитель неконденсирующихся газов "Purger" фирмы Grasso. Место отбора аммиачно-воздушной смеси - трубопровод слива аммиака из конденсаторов в линейный ресивер.

Система аварийного сброса аммиака.

Сосуды и аппараты оснащаются двумя предохранительными клапанами с переключающим устройством, что позволяет одному из клапанов быть постоянно включенным в работу. Предохранительные клапаны соединены аварийным сбрасывающим трубопроводом. В случае срабатывания одного из предохранительных клапанов выпуск паров аммиака в атмосферу из аварийного трубопровода будет выполнен через трубу, выведенную на три метра выше конька крыши наиболее высокого здания в радиусе 50 метров [2].

Оттаивание воздухоохладителей в камерах хранения замороженной рыбы осуществляется горячими парами аммиака в автоматическом режиме в соответствии с рекомендациями, предложенными фирмой Данфосс [9]. При оттаивании приборов охлаждения закрывается соленоидный вентиль на подаче жидкого хладагента, вентиляторы воздухоохладителей продолжают работать в течение 120-600 секунд в зависимости от размера испарителя. После остановки вентиляторов постепенно закрывается соленоидный вентиль (с пневмоуправлением) на линии отсоса паров из испарителя, после чего требуется еще некоторое время (порядка 10-20 секунд) для того, чтобы оставшийся жидкий хладагент внутри опустился на дно воздухоохладителя без парообразования. Затем открывается сервоприводный вентиль на линии подачи горячего пара от маслоохладителя для проведения процесса оттайки. В цикле оттаивания сконденсировавшийся горячий пар хладагента подается из воздухоохладителя на сторону низкого давления. Подача конденсата регулируется поплавковым вентилем высокого давления SV1 или SV3,

					AK3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41







Температура наружного воздуха, °С
От 1 до 5
От 5 до 10
От 10 до 15
От 15 до 20
Свыше 20

Расход льда на пересыпку рыбы в ящиках, % массы рыбы-сырца
30
40
50
75
100

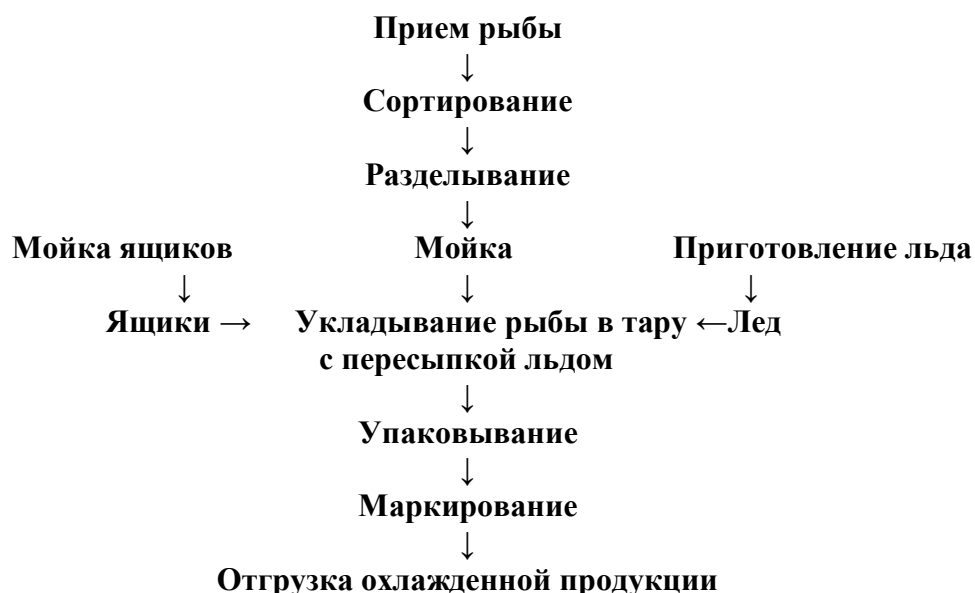


Рис. 3.1. Технологическая схема охлаждения рыбы в ящиках

Термоизолированные контейнеры при использовании льда применяют только в районах с холодным климатом вследствие замедленного теплообмена. В жарком климате термоизолированные контейнеры не обеспечивают длительное сохранение рыбы, так как из-за медленного снижения температуры начинается интенсивное развитие микрофлоры [10].

Продолжительность охлаждения рыбы льдом зависит в основном от ее толщины, дозировки льда и степени его дробления, температуры воздуха. Начальная температура рыбы в меньшей степени влияет на продолжительность ее охлаждения. Увеличение дозировки льда до определенного предела значительно ускоряет процесс охлаждения. Так, по данным [11] при количестве льда к массе рыбы 25, 50, 75 и 100 % рыба, имеющая начальную температуру 20 °С, охладилась до 5°С соответственно за 236, 110, 68 и 63 минуты.

Технологическая схема охлаждения рыбы в трюме судна приведена на рис. 3.2 [11]. Принятую на борт судна рыбу немедленно сортируют по видам, размерам и качеству и сразу же опускают в трюм, распределяя соответствующим образом по отсекам. В трюм или заранее подготовленные площадки в чердаках трюма насыпают слой мелкодробленого льда толщиной 10÷15 см. В зависимости от условий перевозки рыбы толщина слоя льда может быть несколько уменьшена или увеличена. На лед ровным слоем укладывают рыбу (или сетки с рыбой, принятые с добывающих судов) и равномерно



в морской воде некоторых видов рыб приведены в табл. 3.1 [12].

Таблица 3.1. - Режим охлаждения и сроки хранения в морской воде некоторых видов рыб

Рыба	Температура морской воды, °С	Продолжительность охлаждения, мин.	Срок хранения рыбы (без видимых изменений), сут.	Соотношение рыбы и воды
Салака	0	25	1,0	1:2, 1:3
	-1	12	2,0	-  -
	-3	7	2,0	-  -
	-5	5	2,0	-  -
Сельдь	-6	5	2,0	1:2, 1:3
Кета	-1÷0,5	120÷150	2,0	1:2, 1:3
Горбуша	-1÷0,5	90÷120	2,0	1:2, 1:3
Теска	1÷2	-	3,5	1:2
Морской окунь	1÷2	-	3,5	1:2
Хек	1÷2	-	3,5	1:2
Сардина	-2	-	0,5÷1	3,5÷8
	-4	-	1,0÷3,0	3,5÷8
Ставрида, скумбрия	0	-	1,7	1:1
Тунец	1÷2	5÷14 ч	7	-

По данным [11, 12] охлаждение рыбы охлажденной морской или пресной водой имеет ряд преимуществ, например, более быстрое снижение температуры рыбы, экономичность процесса при охлаждении, транспортных операциях и выгрузке в конечных пунктах транспортирования. Наиболее существенные недостатки – набухание мяса промысловых объектов и его просаливание при использовании охлажденной морской воды. Отрицательное влияние охлажденной воды уменьшается с понижением температуры, но оно достаточно выражено даже при близкриоскопических температурах. Вследствие этого продолжительность хранения улова в охлажденной воде ограничена несколькими сутками, иногда часами и зависит от технoхимических особенностей объектов: проницаемости их кожного покрова, консистенции мяса, размеров и др. Особенно быстро отрицательное влияние охлажденной воды проявляется при хранении мелкой пелагической рыбы, ракообразных и моллюсков. Более рационально охлаждение водой и хранение во льду или в сухом холодном помещении. Охлаждение рыбы в жидкой среде производится погружением или орошением. На промысловых судах рыбу сразу после вылова погружают в специальных корзинах в бак с циркулирующей охлаждающей средой. Хорошие результаты дает добавление в холодную воду льда (соотношение рыбы, воды и льда соответственно 2:1:1). Охлаждение может проводиться и орошением холодным рассолом на конвейере, где рыба по мере продвижения орошается через форсунки или другие устройства. Установка для охлаждения рыбы методом орошения представлена на рис. 3.3 [11, 12]. Установка для охлаждения рыбы представляет собой оросительную систему: в нижней части трюма на высоте 0,4-0,5 м установлен решетчатый настил,



по мнению авторов, отличается высокими показателями качества и экономичностью по сравнению с другими [10].

Продолжительность охлаждения в холодной воде, как показали опытные данные, зависит от размеров рыбы, температуры воды, скорости ее циркуляции, конструкции охладителя и составляет от нескольких минут до 3 ч и более. Для охлаждения морской воды используют жидкий азот, который, кроме того, применяют вместе со льдом для охлаждения и хранения упакованной и неупакованной рыбы. В первом случае жидкий азот впрыскивают в морскую воду для ее охлаждения до 0...-2 °С, после чего загружают рыбу. По мере отепления воды впрыскивание жидкого азота повторяют. При транспортировании грузовой объем может охлаждаться жидким азотом путем периодического впрыскивания его в кузов авторефрижератора. Еще более эффективным является применение жидкого азота в комбинации со льдом. В результате применения жидкого азота для охлаждения значительно увеличиваются последующие сроки хранения рыбы (в два-три раза) [10].

Охлаждение рыбы под вакуумом основано на частичном испарении воды с ее поверхности при понижении давления (не ниже 400 Па), что существенно сокращает продолжительность охлаждения при незначительных потерях массы продукта. Копченую рыбу, некоторые виды рыбных полуфабрикатов и продуктов кулинарии, для которых нежелателен контакт с водой или льдом, охлаждают в воздушной среде. Применение при этом диоксида углерода или жидкого азота интенсифицирует процесс и существенно улучшает качество продукта [10].

### 3.2. Подмораживание рыбы

Подмораживание это охлаждение тканей рыбного сырья до температуры ниже криоскопической, но не ниже минус 3°С. При этом продукты хранятся при температуре, близкой к криоскопической, т.е. при температуре на 1—2 °С ниже начала замерзания соков, содержащихся в продуктах [11]. По данным [11, 12] подмораживание позволяет увеличить срок хранения рыбы до 20-25 сут в результате замедления ферментативных и микробиологических процессов в рыбе при пониженных температурах. Кроме увеличения сроков хранения подмораживание позволяет транспортировать рыбу безо льда и тем самым значительно увеличить грузоподъемность изотермического транспорта. Вместе с тем подмораживание связано с превращением значительного количества воды, содержащейся в рыбе, в лед, что в свою очередь приводит к увеличению концентрации тканевого сока и изменению рН среды в кислую сторону. Все эти факторы крайне неблагоприятно воздействуют на микроорганизмы. По своим физическим свойствам рыба, подмороженная до температуры -1÷-2°С, близка к охлажденной, а рыба, подмороженная до температуры -3°С, напоминает мороженую.

Согласно литературным данным, в процессе подмораживания рыба приобретает механическую прочность, в подмороженном слое происходит значительная аккумуляция холода. Нарушается микроструктура тканей,

					АК3.00.00.000.ПЗ	лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48













Тогда  $q_{cp}$  равно

$$q_{cp} = 18864 \cdot 10^3 / (2 \cdot 1,2 \cdot 6895) = 1456 \text{ Вт/м}^2.$$

отсюда находим:

$$\alpha = 1,76 \cdot 1456^{0,7} = 289 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

При этих условиях продолжительность замораживания блока:

$$t = (262 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 0,06 / (-1+40) \cdot 2) \cdot (0,06 / 4 \cdot 1,14 + 1/289) = 3359 \text{ с}.$$

Найденная расчетом и принятая продолжительность замораживания блока совпадает плохо, поэтому расчет следует продолжить.

Принимаем новую продолжительность замораживания  $t = 4320 \text{ с}$ .

Тогда по аналогии:

$$q_{cp} = 18864 \cdot 10^3 / (2 \cdot 1,2 \cdot 4320) = 1819 \text{ Вт/м}^2.$$

отсюда находим:

$$\alpha = 1,76 \cdot 1819^{0,7} = 336 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}.$$

При этих условиях продолжительность замораживания блока:

$$t = (262 \cdot 10^3 \cdot 10^3 \cdot 0,06 / (-1+40) \cdot 2) \cdot (0,06 / 4 \cdot 1,14 + 1/289) = 3358 \text{ с}.$$

Найденная расчетом и принятая продолжительность замораживания блока совпадает лучше, чем при первом случае.

Так как между блоками замораживания продукта и площадью поверхности противня могут находиться воздушные прослойки, которые увеличивают термическое сопротивление теплоотдачи и удлиняют продолжительность замораживания, действительное продолжительность замораживания блока рассчитываем по формуле:

$$t_d = t / \eta \tag{3.5}$$

где  $\eta$  - коэффициент, учитывающий тепловой контакт.

$$t_d = 3358 / 0,85 = 3950 \text{ сек}.$$

Продолжительность цикла замораживания блока находим из зависимости:

$$t_{ц} = t + t_{з.в.}, \tag{3.6}$$

					AK3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		54

где  $t_{з.в}$  – продолжительность загрузки и выгрузки.

$$t_{ц} = 3950 + 789 = 4739 \text{ сек.}$$

Принимаем, что аппарат работает в 2 смены, число циклов работы аппарата составит:

$$n_{ц} = 16 \cdot 3600 / 4739 = 12$$

Количество морозильных плит в аппарате находим по формуле:

$$z = G \cdot T / g_{\text{пл}} \cdot n_{ц} \cdot n_{\text{пл}}, \quad (3.7)$$
$$z = 50 \cdot 16 / 12 \cdot 12 \cdot 6 = 9,25 \text{ шт.}$$

принимаем  $z = 10$  шт.

Теплоприток в плиточном аппарате периодического действия находим по формуле:

$$Q_0 = Q_1 + Q_2 + Q_2' + Q_2'', \quad (3.8)$$

где  $Q_1$ ,  $Q_2$ ,  $Q_2'$ ,  $Q_2''$  – теплопритоки через ограждения аппарата, от замораживаемого продукта, от металла плит при их охлаждении, от металла противня соответственно.

Теплоприток через ограждения аппарата определяем по формуле:

$$Q_1 = k \cdot F \cdot \Delta t, \quad (3.9)$$

где  $k$  – коэффициент теплопередачи,

$$Q_1 = 0,46 \cdot (2 \cdot 2,2 \cdot 1,39 + 2 \cdot 2,2 \cdot 2,55 + 2 \cdot 1,39 \cdot 2,55) \cdot (5 - (-40)) = 505,6 \text{ Вт.}$$

Теплоприток от замораживаемого продукта определяем по формуле:

$$Q_2 = G' \cdot q_з, \quad (3.10)$$

где  $G'$  – производительность скороморозильного аппарата, кг/с.

При двухсменной работе аппарата

$$G' = \frac{14,4 \cdot 1000}{16 \cdot 3600} = 0,25 \text{ кг/с.}$$

$$Q_2 = 0,25 \cdot 262000 = 65500 \text{ Вт.}$$

					АК3.00.00.000.ПЗ	лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		55

Теплоприток от металла плит при их охлаждении определяем по формуле:

$$Q_2' = G_{пл} \cdot c_{пл} \cdot z_{пл} \cdot (t_{пл} - t_0) / t_{ц}, \quad (3.11)$$

где  $G_{пл}$  – масса одной плиты, ( $G_{пл} = 42$  кг);  
 $c_{пл}$  – удельная теплоемкость металла ( $c_{пл} = 880$  Дж/(кг·К));  
 $t_{пл}$  – температура плиты перед охлаждением, ( $-30^0$  С);

$$Q_2' = 42 \cdot 880 \cdot 10 \cdot (-30 + 40) / 4739 = 780 \text{ Вт.}$$

Теплоприток от металла противней определяем по формуле:

$$Q_2'' = G_{пр} \cdot c_{пр} \cdot z_{пр} \cdot (t_{пр} - t_0), \quad (3.12)$$

где  $G_{пр}$  – масса одного противня с крышкой, ( $G_{пр} = 2$  кг);  
 $c_{пр}$  – удельная теплоемкость металла ( $c_{пр} = 880$  Дж/(кг·К));  
 $t_{пр}$  – температура плиты перед охлаждением, ( $12^0$  С);  
 Количество противней в аппарате определяем по формуле:

$$z_{пр} = (z_{пл} - 1) \cdot n_{бл}; \quad (3.13)$$

$$z_{пр} = (10 - 1) \cdot 6 = 54.$$

$$Q_2'' = 2 \cdot 880 \cdot 54 \cdot (12 + 40) / 4739 = 1043 \text{ Вт.}$$

Отсюда следует, что:

$$Q_0 = 505,6 + 65500 + 780 + 1043 = 67828,6 \text{ Вт.}$$

С учетом коэффициента потери холода установочная холодопроизводительность:

$$Q_{0уст} = 1,1 \cdot 67828,6 = 74611,5 \text{ Вт.}$$

По полученным данным подбираем скороморозильный аппарат АСМП 17 УЗ, техническая характеристика приведена в таблице 3.3.

Таблица 3.3 – Техническая характеристика аппарата

Марка	Холодопотребление, кВт	Хлад-агент	Емкость по хлад-агенту, л	Производительность, т/сут	Колич. блок-форм, шт	Разо-вая за-рузка, кг	Мас-са, кг	Габаритные размеры, мм
АСМП 17-УЗ	93,5	R717	305	17	168	1848	4000	3840x1430x2245

Плиточные скороморозильные аппараты АСМП относятся к классу горизонтально-плиточных аппаратов и предназначены для замораживания рыбы и рыбопродуктов в блоках заданных линейных размеров на судах

									лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				56





Таблица 3.4 – Сравнительные характеристики скороморозильных аппаратов

Технические характеристики	Спиральный скороморозильный аппарат АСМ-700	Плиточный скороморозильный аппарат АСМП 17-У3	Стеллажный скороморозильный аппарат АМС-100
Производительность, кг/час	700	700	100
Хладагребление, кВт	100	93,5	10,5
Емкость по хладагенту, л	240	305	90
Габаритные размеры, мм	5400x4100x3390	3840x1430x2245	2100x1600x1710
Масса аппарата, кг	6800	4000	680
Время замораживаяния, мин	90	120	50

Для предварительного охлаждения и хранения рыбы во льду подбираем ледогенератор чешуйчатого льда Geneglase F 800 ABF, производства Франции, [14], исходя из технологического регламента: 1 кг льда на 1 кг рыбы [10, 11, 12]. Производимый лед сухой и переохлажденный, что обуславливает его высокую охлаждающую и абсорбиционную способность. Лед рассыпчатый, не слипается в блоки, вырабатывается без острых углов и кромок, благодаря чему он не портит внешний вид продуктов и упаковки.

Техническая характеристика ледогенератора чешуйчатого льда Geneglase F 800 ABF:

- производительность 18000 кг/сутки;
- толщина льда 2,3 мм;
- тип льда – чешуйчатый;
- температура кипения хладагента -24,5 °С;
- холодопроизводительность 90000 Вт;
- хладагент: R22 / R404A;
- длина 1550 мм, ширина 1550 мм, высота 3100 мм;
- масса: 2500 кг.

					AK3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		
					58	

## 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 [15].

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 [15].

Различают две степени автоматизации — полную и частичную.

По данным [15] при частичной автоматизации устройства автоматики управляют только некоторыми технологическими операциями. Поэтому требуется непрерывное обслуживание и наблюдение со стороны технического персонала. Трудоемкость обслуживания такой холодильной установки по сравнению с неавтоматизированной установкой существенно уменьшается.

При полной автоматизации, по мнению авторов [15], 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.

### 4.1 Обоснование выбора схемы автоматизации

Данная холодильная установка имеет три температуры кипения:

$$t_0 = -40^{\circ}\text{C}; t_0 = -28^{\circ}\text{C}; t_0 = -8^{\circ}\text{C}.$$

Для этой установки принимаем схему комплексной автоматизации, то есть, автоматизируем весь производственный процесс получения искусственного холода. Согласно данным [15], это позволяет: уменьшить число обслуживающего персонала компрессорного цеха и снизить себестоимость выработки холода, а так же поддерживать заданный температурный режим в объектах охлаждения и обеспечить безопасность работы холодильной установки. Приборы автоматики на технологический режим настраиваются машинистом перед запуском холодильной установки.

Подбор приборов автоматической защиты, регулирования и управления элементами холодильной установки, звуковой и световой сигнализации осуществляем согласно рекомендациям [9, 15, 37] и каталогам ведущих фирм — производителей приборов автоматики для холодильных установок.

									Лист
									59
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

## 4.2 Описание контролируемых параметров по элементам холодильной установки

### Компрессорные агрегаты

В схеме холодильной установки на температуру кипения  $t_{03}=-40$  установлен один агрегат SAB 151 S; на температуру кипения  $t_{02}=-28$  установлено два агрегата SAB 110 SM; на температуру кипения  $t_{01}=-8$  установлено два агрегата марки SAB 120 L. На каждом компрессоре имеются следующие приборы в соответствии с назначением:

Аварийная защита и отключение компрессора:

- при чрезмерном повышении давления нагнетания; (10,27,44)
- при чрезмерном понижении давления всасывания; (11,28,45)
- при превышении допустимых температур нагнетания; (13,30,47)
- при недостаточном протоке воды в охлаждающей системе компрессора; (12,29,46)
- при недостаточном давлении масла в масляной системе компрессора; (8,9,25,26,42,43).

В систему автоматической защиты компрессора подключены датчики предельно допустимого уровня в циркуляционно-защитных и компаундном ресиверах; (52,53; 62,63; 72,73).

### Управление компрессорами

1. Пуск и остановка двигателей компрессоров осуществляется по сигналам: от регуляторов температуры, установленных на циркуляционно-защитных ресиверах (1, 18).
2. Регулирование производительности компрессора на  $t_{01}=-8$  °C осуществляется по датчику давления хладагента (35), установленному на компаундном ресивере.

Регистрация значений контролируемых параметров.

При работе компрессоров контролируются следующие параметры:

- давление и температура хладагента на всасывании в компрессор;
- давление и температура хладагента на нагнетании;
- давление масла в системе смазки компрессора.

Приборы, контролирующие указанные выше параметры, устанавливаются по месту (на приборном щите компрессора). Для обеспечения централизованного управления несколькими компрессорами и для облегчения эксплуатации крупных холодильных установок рекомендуется местные приборы дублировать датчиком с электрическим выходом, с целью вывода показаний на центральный щит управления. На центральный щит управления

									Лист
									60
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	AK3.00.00.000.ПЗ				

выводится также вся исполнительная, предупредительная и аварийная сигнализация, причем аварийная сигнализация на ряду со световой обязательно должна дублироваться звуковой.

### **Циркуляционно–защитный ресивер**

На циркуляционно–защитном ресивере установлены приборы:

- от превышения предельно допустимого уровня в циркуляционном ресивере предусмотрены два дублирующих друг друга реле уровня, включены в схему автоматической защиты компрессоров (аварийная сигнализация); (52, 53; 62, 63);
- от повышенного заполнения циркуляционного ресивера установлено реле уровня (предупредительная сигнализация) (54, 64);
- реле уровня рабочего заполнения циркуляционного ресивера (55, 65) управляет закрытием и открытием электромагнитного вентиля, установленного на линии подачи жидкого хладагента в РЦЗ через регулирующий вентиль (56, 66);
- мановакуумметр в циркуляционном ресивере (57,67).

### **Компаундный циркуляционный ресивер**

На компаундных циркуляционных ресиверах установлены приборы:

- от превышения предельно допустимого уровня в циркуляционном ресивере предусмотрено два дублирующих друг друга реле уровня, включенное в схему автоматической защиты компрессоров (аварийная сигнализация) (72,73);
- от пониженного допустимого уровня предусмотрено одно реле уровня, включённое в схему автоматической защиты компрессоров; (74);
- датчики температуры один, из которых воспринимает температуру пара, выходящего из РКЦ (75) , а другой — жидкости в ресивере (76) поступающие сигналы управляют степенью закрытия или степенью открытия моторного регулирующего вентиля, установленного на линии подачи жидкого хладагента в циркуляционный ресивер через регулирующий вентиль; (77);
- мановакуумметр в компаундном циркуляционном ресивере (78).

### **Линейный ресивер**

На линейном ресивере устанавливаются датчики уровня, контролирующие верхний и нижний допустимый уровень, которые включены в общую предупредительную сигнализацию; (85,86). На ресивере установлен показывающий прибор давления - манометр (87).

					Ак3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

## **Водяной конденсатор**

В водяном конденсаторе устанавливаются следующие приборы:

- приборы, показывающие давление (95).

## **Аммиачные циркуляционные насосы**

Аммиачные герметичные насосы имеют систему автономного охлаждения жидким хладагентом. Для безопасной работы насоса охлаждаемая рубашка должна быть заполнена жидким хладагентом, что контролируется реле уровня; (61,71,82). Также насосы имеют защиты от срыва потока, что контролируется реле разности давления, датчики которого установлены на всасывании и нагнетании.(59-60,69-70,80-81).

При снижении уровня жидкости в охлаждающей рубашке насоса или понижении перепада давлений автоматически отключается насос и подается сигнал на аварийную сигнализацию.

Включение насоса обязательно блокируется с системой пуска компрессора. Компрессор не может быть запущен до пуска насоса.

## **Водяные насосы**

Водяной насос должен иметь защиту от срыва потока, что контролируется реле давления (89), датчик которого установлен на нагнетательном трубопроводе. На нагнетательном трубопроводе установлен датчик показывающего прибора давления (90).

## **Маслоотделитель и маслосборник**

На маслоотделителе и маслосборнике устанавливаются только приборы показывающее давление (83; 84).

## **Градирня**

На градирню устанавливаются следующие приборы:

- реле температуры (92), контролирующее температуру воды идущей на охлаждение винтовых агрегатов и управляющее пуском и остановкой электродвигателя вентилятора градирни (91);

- реле уровня (93), контролирующее добавку свежей воды в градирню и управляющее закрытием и открытием электромагнитного вентиля, установленного на трубопроводе, свежей воды (94)

										Лист
										62
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

## Камеры охлаждения

Для поддержания требуемой температуры воздуха в помещении в многообъектных холодильных установках используется индивидуальное питание приборов охлаждения. В этом случае в помещении устанавливается датчик температуры с электрическим выходным сигналом, (97,106,114), связанный через систему преобразования с электромагнитным вентилем, (98,107,115), установленным на линии подачи жидкого агента в прибор охлаждения.

## Цикл оттаивания

В проекте для приборов охлаждения, работающих на температуру  $t_{01}=-8\text{ }^{\circ}\text{C}$ , предусмотрен процесс оттаивания электрическими ТЭНами. Для приборов охлаждения, работающих на температуру  $t_{02}=-28\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $t_{03}=-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  предусмотрена схема автоматического оттаивания, предложенная фирмой Данфосс, разработанная для аммиачных воздухоохладителей с нижней насосной системой подачи хладагента. Приведем описание схемы на примере работы приборов охлаждения на температуру  $t_{02}=-28\text{ }^{\circ}\text{C}$ . При включении цикла оттаивания закрывается вентиль (107). Через некоторое время останавливаются вентиляторы воздухоохладителя, закрывается соленоидный вентиль (104) на линии отсоса паров, это требуется, чтобы жидкость в испарителе опустилась на дно без образования пузырьков пара. После чего открывается вентиль (103) и подается горячий пар, проходящий по поддону и теплообменной поверхности испарителя. Работой соленоидных вентилях управляет контроллер с реле времени. Сигнал к окончанию оттаивания подает датчик температуры ребра (105). Сконденсировавшийся хладагент перепускается из воздухоохладителя на сторону низкого давления – в циркуляционный ресивер. Подача конденсата регулируется поплавковым вентилем высокого давления SV 1, оснащенным специальным регулирующим устройством. По данным [9] использование поплавкового вентиля гарантирует, что в линию всасывания влажного пара попадает только жидкость, что повышает общую эффективность установки. Поплавковый вентиль специально предназначен для осуществления плавного и стабильного регулирования работы испарителя. Когда температура в воздухоохладителе, измеренная датчиком (105) достигает заданного значения, оттаивание прекращается, вентиль (103) закрывается, и открывается вентиль (104). После того, как вентиль (104) полностью откроется, полностью откроется и вентиль (107), возобновляя цикл охлаждения [9, 37].

									Лист
									63
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

### 4.3 Перечень приборов контроля

Приборы контроля технологических параметров и их позиции сведены в таблицу 4.1.

Таблица 4.1 - Перечень приборов контроля

Поз	Место установки	Наименование прибора (марка)	Характеристика	уровень установки прибора
1	2	3	4	5
8-9, 25-26 42-43	Линия подачи масла в винтовые компрессоры из маслоохладителя	Реле разности давления MP55A	-0,01-0,2 МПа	0,1 МПа
12,29, 46	В системе охлаждения масла компрессора	Реле протока FQS-U30G	-	-
13	Нагнетательный трубопровод компрессора	Термореле КР81	80÷150°C	87°C
30	Нагнетательный трубопровод компрессора	Термореле КР81	80÷150°C	87°C
47	Нагнетательный трубопровод компрессора	Термореле КР81	80÷150°C	126°C
7,24, 41	Линия подачи масла в винтовой компрессор	Термореле КР68	-5÷35°C	30°C
11, 28, 45	Всасывающий трубопровод компрессоров	Реле давления КР1А	0,07÷0,5 МПа	0,0775, 0,126, 0,297
10, 27, 44	Нагнетательный трубопровод компрессоров	Реле давления КР5А	0,3÷3,2 МПа	0,396, 0,396, 1,68
17,34, 51	Всасывающий трубопровод компрессоров	Манометр МВП3-У	NH <sub>3</sub> -1÷0,8 МПа	-
16,33, 50	Нагнетательный трубопровод компрессора	Манометр МП4А-У	NH <sub>3</sub> 0÷2,7 МПа	-
14,31, 48	Всасывающий трубопровод компрессоров	Термометр ТСП-50	-45÷50°C	-

Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
13,30 49	Нагнетательный трубопровод компрессоров	Термометр ТТП-6	0÷200°C	-
1	На РЦЗ	Термореле КР63	-50÷-10°C	t <sub>o</sub> = -40°C
18	На РЦЗ	Термореле КР63	-50÷-10°C	t <sub>o</sub> = -28°C
35	На РКЦ	Реле давления КР1А	0,07÷0,5 МПа	0,33 МПа
57	На РЦЗ	Манометр МВПЗ-У	NH <sub>3</sub> -1÷0,8 МПа	-
67	На РЦЗ	Манометр МВПЗ-У	NH <sub>3</sub> -1÷0,8 МПа	-
78	На РКЦ	Манометр МВПЗ-У	NH <sub>3</sub> -1÷0,8 МПа	-
56	Линия подачи жидкого хладагента в РЦЗ	Электромагнитный вентиль EVRS10	-40÷45°C	-40°C
66	Линия подачи жидкого хладагента в РЦЗ	Электромагнитный вентиль EVRS10	-40÷45°C	-28°C
77	Линия подачи жидкого хладагента в РКЦ	Электромагнитный вентиль EVRS10	-40÷45°C	-8°C
54, 64, 74	На циркуляционных ресиверах	Реле уровня РОС-501	-	рабочий 25%
52-53, 62-63, 72-73	На циркуляционных ресиверах	Реле уровня РОС-501	-	повышенный 60%
55, 65	На циркуляционных ресиверах	Реле уровня РОС-501	-	пониженный > 25%
59-60, 69-70, 80-81	Аммиачные насосы	Реле разности давлений МР55А	-0, 1...1,2 МПа	0,15 МПа



Продолжение таблицы 4.1

1	2	3	4	5
61, 71, 82	На аммиачных насосах	Реле уровня РОС-501	-	Рабочий 100%
85	Линейный ресивер	Реле уровня РОС-501	-	20%
86	Линейный ресивер	Реле уровня РОС-501	-	80%
87	Линейный ресивер	Манометр МП4А-У	0÷2,7 МПа	-
90	Водяной насос	Манометр МП4А-У	0÷2,7 МПа	-
89	Водяной насос	Реле давления ДЕМ 105-02	0,02÷1МПа	0,2МПа
92	Градирня	Реле температуры КР68	-5÷35 <sup>0</sup> С	23 <sup>0</sup> С
93	Градирня	Реле уровня РОС-501	-	-
95	Конденсатор	Манометр МП4А-У	NH <sub>3</sub> 0 - 2,7 МПа	-
83	Маслоотделитель	Манометр МП4А-У	NH <sub>3</sub> 0-2,7 МПа	-
84	Маслосборник	Манометр МП4А-У	NH <sub>3</sub> 0-2,7 МПа	-
97	В охлаждаемом помещении	Термореле КР61	-30÷15 <sup>0</sup> С	-8 <sup>0</sup> С
106	В охлаждаемом помещении	Термореле КР63	-50÷-10 <sup>0</sup> С	-28 <sup>0</sup> С
114	В охлаждаемом помещении	Термореле КР63	-50÷-10 <sup>0</sup> С	-40 <sup>0</sup> С
98, 107, 115	Линия подачи жидкого х/а в приборы охлаждения	Электромагнитный вентиль EVRS10	-40÷45 <sup>0</sup> С	-
103, 112	Линия подачи горячих паров	Элетромагнитный вентиль EPDM	-30÷130 <sup>0</sup> С	-
99	В охлаждаемом помещении	Термореле ТСМ-5071	-50÷150 <sup>0</sup> С	-8 <sup>0</sup> С
108	В охлаждаемом помещении	Термореле ТСМ-5071	-50÷150 <sup>0</sup> С	-28 <sup>0</sup> С



Продолжение таблицы 4.2

1	2	3	4
SL	Поплавковый вентиль SV 1	2	
Pi	Электромагнитный вентиль EVRS10	6	
Pi	Электромагнитный вентиль EPDM	2	
HL	Арматура сигнальная АС-220 с линзой зеленого цвета	21	
HL	То же с линзой красного цвета	72	
HL	То же с линзой желтого цвета	3	
KS	Реле времени пневматическое РВП-72-3221-00У4	4	
NS	Пускатель нажимной вибростойкий ПНВ-3ОУ2	23	
HA	Звонок громкого боя МЗ-1	1	
HA	Сирена сигнальная ВСС-3	1	
SB	Кнопка исп.2, черная КЕ- 011У3	4	
SB	То же красная	11	

## 5. ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЕ ХОЛОДИЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Холодильная установка является составной частью рыбоперерабатывающего предприятия, следовательно, она входит в общую схему электроснабжения проектируемого предприятия. Электроэнергия подводится по двум кабельным линиям распределительной подстанции городских электрических сетей на напряжение 10 кВт. Электропитание холодильной установки осуществляется от трансформаторной подстанции предприятия на напряжение 380 В по двум кабельным линиям, поскольку по степени бесперебойности электроснабжения проектируемое предприятие относится ко второй категории.

По результатам расчетов предыдущих разделов было выбрано технологическое оборудование, которое поставляется заводами изготовителями в комплекте с электродвигателями. Паспортные данные двигателей представлены в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Паспортные данные оборудования

№	Холодильное оборудование			Паспорт двигателя						Ип/Ин
	Наименование	Кол-во	Количество на ед. холодильного оборудования	Тип	Мощность, кВт	КПД	Напряжение, В	cosφ	Частота вращения, об/мин	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Агрегат компрессорный SAB 151 S	1	1	АИР 200L2	45	0,92	380	0,90	2950	7,4
2	Агрегат компрессорный SAB 110 SM	2	1	АИР 200M2	37	0,92	380	0,89	2950	7,4
3	Агрегат компрессорный SAB 120 L	2	1	АИР 225M2	55	0,92	380	0,9	2950	7,5
4	Воздухоохладитель IAGHN 066D/110	4	1	S6E	0,32	0,7	380	0,72	870	3,5
5	Воздухоохладитель IAGHN 066C/112	4	1	S6E	0,5	0,72	380	0,73	870	3,5
6	Воздухоохладитель IAGHN 066C/110	4	1	S6E	0,34	0,705	380	0,72	870	3,5
7	Воздухоохладитель IAGHN 051C/112	4	1	S4E	0,36	0,705	380	0,72	1380	3,5
8	Воздухоохладитель IADHN 046C/210	4	2	S4E	0,36	0,81	380	0,82	1380	3,5

Продолжение таблицы 5.1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
9	Воздухоохладитель IADHN 051C/310	2	3	S4E	0,5	0,72	380	0,73	1380	3,5
10	Воздухоохладитель IADHN 051C/17	2	1	S4E	0,5	0,74	380	0,76	1380	3,5
11	Градирия ГРАД-120	1	1	АИР 132S4	7,5	0,87	380	0,84	1000	7,0
12	Насос водяной К100-80-160	3	1	АИР 160S2	15	0,889	380	0,89	2930	7,3
13	Насос аммиачный 1 ЦНГМ – 10/10	6	1	АИР 80B2	1,5	0,81	380	0,85	2800	7

Электрооборудование подключаем по радиальной схеме (питание подается в одну точку цеха на распределительный щит, от которого питаются отдельные потребители).

От помещения трансформаторной подстанции определяем длины кабелей, с помощью которого различное электрооборудование подсоединяется к распределительному щиту, и заносим их в таблицу 6.2.

Для расчета кабелей и проводов, питающих отдельные агрегаты холодильной установки, расчетный ток  $I_p$ , А, рассчитывается по формуле [16].

$$I_p = I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3} U_n \eta_n \cos \varphi_n} \cdot 1000 \quad (5.1)$$

где  $P_n$  – номинальная мощность двигателя, кВт;

$\eta_n$  – КПД;

$\cos \varphi_n$  – коэффициент мощности двигателя.

По полученным значениям токов выбираем кабель по [16], и заносим их в таблицу 5.2.

Таблица 5.2 – Расчеты и выбор кабеля

Наименование оборудования	Длина кабеля L	Мощность, кВт	$I_p$	Выбираемый кабель	Допустимый ток
1	2	3	4	5	6
Агрегат компрессорный SAB 151 S	24	45	82,57	АПРВТ (3x35)	95
Агрегат компрессорный SAB 110 SM	30	37	68,66	АПРВТ (3x25)	75
Агрегат компрессорный SAB 120 L	36	55	100,92	АПРВТ (3x50)	110
Воздухоохладитель IAGHN 066D/110	54	0,32	0,96	АПРВТ (3x2)	18



$$K_c = K_0 \cdot K_3 / (\eta_{дв} \cdot \eta_c) \quad (5.6)$$

где  $K_0$  – коэффициент одновременности,  $K_0$  колеблется в пределах 0,6-1;  
 $K_3$  – коэффициент загрузки,  $K_3=0,7-0,8$ ;  
 $\eta_c$  – КПД сети,  $\eta_c=0,92-0,7$ .

Таблица 5.3 – Результаты спроса расчетных мощностей

Группы приемников электроэнергии	Количество	Устан. мощн., кВт	Расчетная мощность		Расчет мощности		
			$K_c$	$\cos\varphi$	$P_p$ , кВт	$Q_p$ кВАр	$S_p$ , кВА
1	2	3	4	5	6	7	8
Агрегат компрессорный SAB 151 S	1	45	0,77	0,888	34,65	17,94	39,02
Агрегат компрессорный SAB 110 SM	2	37	0,77	0,888	56,98	29,5	64,16
Агрегат компрессорный SAB 120 L	2	55	0,77	0,88	84,70	43,86	95,38
Воздухоохладитель IAGHN 066D/110	4	0,32	0,76	0,888	0,96	0,48	1,08
Воздухоохладитель IAGHN 066C/112	4	0,5	0,74	0,888	1,48	0,76	1,68
Воздухоохладитель IAGHN 066C/110	4	0,34	0,76	0,888	1,04	0,52	1,16
Воздухоохладитель IAGHN 051C/112	4	0,36	0,76	0,888	1,08	0,56	1,20
Воздухоохладитель IADHN 046C/210	4	0,72	0,66	0,888	1,92	0,96	2,16
Воздухоохладитель IADHN 051C/310	2	0,5	0,74	0,888	2,22	1,14	2,52
Воздухоохладитель IADHN 051C/17	2	1,5	0,72	0,888	0,92	0,79	0,82
Градирия ГРАД-120	1	3	0,72	0,888	5,40	2,80	6,08
Насос водяной K100-80-160	3	7,5	0,70	0,888	31,50	16,32	35,49
Насос аммиачный 1 ЦНГМ – 10/10	6	1,5	0,77	0,888	6,96	3,60	7,86
Итого	-	-	-	-	229,61	118,82	258,61

Проверку сечения кабеля по допустимой потере напряжения  $\Delta U$ , В, производим по формуле:

$$\Delta U = (\sum S_p \cdot l / U^2 \cdot s) \cdot \rho \cdot 10^5, \quad (5.7)$$

где  $S_p$  – расчетная мощность (полная), кВт;  
 $l$  – длина линии, м;  
 $U$  – напряжение сети, В;  
 $s$  – сечение провода, мм<sup>2</sup>

									Лист
									72
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				





Принимаем по таблице [16] два распределительных шкафа марки ЯРП 11-341-32УЗ с номинальным током 250 А, номинальное напряжение 380 В.

Защитно–коммутационную аппаратуру электродвигателей выбираем по паспортным данным этих двигателей.

Расчетный ток максимальной защиты двигателей  $I_{уст.м}$ , А, рассчитывается по формуле [16]:

$$I_{уст.м} = (1,2 \div 1,3) I_{п}, \quad (5.10)$$

где  $I_{п}$  – пусковой ток электродвигателя, А.

Расчетный ток тепловой защиты двигателей  $I_{уст.т}$ , А, рассчитывается по формуле [16]:

$$I_{уст.т} = (1,25 \div 1,5) I_{н}, \quad (5.11)$$

где  $I_{н}$  – номинальный ток двигателя, А.

Результаты выбора аппаратов и расчета токов расцепителей автоматов сведены в таблицу 5.5.

Таблица 5.5 – Расчет токов и выбор защитно-коммутационных аппаратов

Мощность двигателя кВт	Ток двигателя		Пускатель			Автомат				
	I <sub>н</sub> , А	I <sub>п</sub> , А	Тип	I <sub>н</sub> , А	U <sub>н</sub> , В	Тип	U <sub>н</sub> , В	Токи, А		
								I <sub>н</sub>	I <sub>уст.м</sub>	I <sub>уст.т</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
45	82,57	611,02	ПМА	100	380	А3130	380	170	794,33	103,21
37	68,66	508,08	ПМА	100	380	А3710	380	160	660,5	85,83
55	100,92	756,9	ПМА	160		А3130	380	170	983,97	126,15
0,32	0,96	3,36	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	4,37	1,2
0,5	1,45	5,08	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	6,6	1,81
0,34	1,02	3,57	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	4,64	1,28
0,36	1,08	3,78	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	4,91	1,35
0,36	0,82	2,87	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	3,73	1,03
0,5	1,45	5,08	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	6,6	1,81
0,5	1,35	4,73	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	6,15	1,69
3	14,65	102,55	ПМА	25	380	АЕ2030	380	25	133,32	18,31
7,5	28,8	210,24	ПМА	40	380	А3160	380	50	273,31	36
1,5	3,31	23,17	ПМА	4	380	АЕ2030	380	25	30,12	4,14

Контрольный учет электроэнергии, потребляемой холодильником, осуществляется на трансформаторной подстанции предприятия. Экономия электроэнергии достигается организацией оптимальных процессов и режимов работы электрифицированных агрегатов. Способствуют снижению расхода электроэнергии такие мероприятия: повышение коэффициента загрузки двигателей; уменьшение механических потерь в механизмах и механических передачах; отключение автоматическими выключателями агрегатов на

холостом ходе; широкое внедрение автоматизации и т.д. С целью экономии электроэнергии, расходуемой на электрическое освещение, следует своевременно включать и выключать светильники, обеспечивать нормальный уход за ними, шире применять местное освещение, а также полностью использовать возможности естественного освещения.

С целью снижения электротравматизма по технике безопасности предусматриваются следующие мероприятия:

- устройство защитного мероприятия;
- заземление электродвигателей;
- защитное отключение;
- применение малого напряжения (12-36 В).

К тому же необходимо надежное ограждение электроприемников, к которым возможно прикосновение или приближение на недопустимые расстояния.

					AK3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		75

## 6. БЕЗОПАСНОСТЬ В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ УСЛОВИЯХ

### 6.1 Условия труда

Для строительства объекта экономики были взяты типовой проект одноэтажного здания, состоящего из компрессорного цеха и охлаждаемых помещений. В качестве строительного материала используется металлический каркас огороженный сэндвич панелями. Вид покрытия состоит из кровельных сэндвич панелей, состоящих из слоя теплоизоляционного материала пенополиизоцианурата и двух листов оцинкованной стали с полимерным покрытием. Характеристика производственного здания приведены в таблице 6.1, где согласно ПУЭ – 07 [19] установлены классы помещений по опасности поражения электрическим током и характеру окружающей среды, а по СП 2.2.1.1312–03 [20] принята площадь и объем помещений приходящегося на одного рабочего.

Таблица 6.1 – Характеристика помещений проектируемого цеха, отделения

Цех, отделение	Тип здания и этажность	Строительные размеры, м	Площадь и объем производственного помещения на одного работника				Периодичность уборки производственного помещения
			м <sup>2</sup>		м <sup>3</sup>		
			норма	факт	норма	факт	
Компрессорный	Каркасное здание, одноэтажное	длина – 18 м ширина – 18 м высота – 6 м	4,5	7	25	40	Один раз в сутки

Проанализировав данные таблицы 6.1, можно сделать вывод, что фактическая площадь и объем производственного помещения на одного работающего превышает требования СП 2.2.1.1312–03 [20], что обеспечивает безопасное и удобное обслуживание оборудования.

Компрессорный цех относится к 1б группе производственных процессов. Характеристика санитарно-бытовых помещений приведена в таблице 6.2

Для оказания первой доврачебной помощи предусмотрена аптечка.

Рациональное освещение и цветовая отделка производственных помещений рабочих мест снижает общее и зрительное утомление, а также способствует повышению производительности труда. Недостаток освещения рабочих мест может стать причиной несчастных случаев и может привести к заболеваниям. Поэтому в производственных помещениях предусматриваются естественное и искусственное освещение. Естественное освещение осуществляется через боковые оконные проемы. Естественное и искусственное освещение в помещениях регламентируется нормативной документацией СП 52.13330-2011 “Естественное и искусственное освещение” [21].

Характеристика освещения помещений приведена в таблице 6.3.

									Лист
									76
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ				

Таблица 6.2 – Номенклатура и оборудование санитарно-бытовых помещений

Цех, отделение	Количество работающих в максимальную смену		Группа производственного процесса	Санитарно-бытовые помещения			Санитарно-технические устройства		
				Наименование	Площадь, м <sup>2</sup>		Наименование	Количество	
	жен	муж			факт	норма		факт	норм
Компрессорный	1	6	3б	Гардероб	0,57	0,24	Душ	1	1
				Санузел	2,05	0,96	Умывальник	1	1
				Душевая	2,4	0,81	Нап. чаши	1	1

Таблица 6.3 – Освещенность производственных помещений

Цех	Разряд и подразряд зрительных работ	Контраст объекта с фоном	Характеристика фона	Искусственное освещение				Коэффициент естественного освещения	
				Освещение, лк		Коэффициенты		естественное освещение	совмещенное освещение
				при системе комбинир. освещ.	при системе общего освещения	Р	Кп, %		
Компрессорный	IVв	Малый Средний Большой	Светлый Средний Темный	400	200	40	20	-	-

Коэффициент естественного освещения для города Керчь принимается по таблице СП 52.13330-2011 [21].

Для создания нормальных условий работы система отопления в компрессорном цехе предусматривает температуру воздуха 16°С при неработающим оборудованием.

Компрессорный цех отапливается от котельной, которая находится на территории холодильника. В качестве теплоносителя выступает вода с температурой на входе в здание 95-105°С. Отопительные приборы – гладкотрубные радиаторы.

Параметры метеорологических условий, сведены в таблицу 6.4 для средней категории тяжести труда IIб и отвечает требованиям СП 52.13330-2011 [21].

Таблица 6.4 – Параметры метеорологических условий

Период года	Категории работ	Температура воздуха, °С		Температура поверхности, %		Относительная влажность, %		Скорость движения воздуха, м/с	
		Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая	Оптимальная	Допустимая
			Выше/ниже оптимальной						Выше/ниже оптимальной
Холодный	Пб	17-19	19,1-22/15-16,9	16-20	14-23	60-40	15-75	0,2	0,4/0,2
Теплый	Пб	19-21	21,1-27/16-18,9	18-22	15-28	60-40	15-75	0,2	0,5/0,2

Поддержка оптимального параметров микроклимата в холодный период года осуществляется с помощью систем отопления. Выбор исходных данных для расчета расхода тепла выполнен согласно СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха» [22]. Исходные данные представлены в таблице 6.5.

Таблица 6.5 – Исходные данные для расчета системы отопления

Цех, отделение	Место расположения	Температура холодной пятидневки	Среднесуточная температура наружного воздуха в холодный период	Продолжительность сезона	Система отопления	Потребное количество тепла, Вт	Температура теплоносителя, °С
Компрессорный	г. Керчь	-15	4,1	162	Водяная	$0,11 \cdot 10^8$	95÷105

Ориентировочный расход теплоты на отопление по укрупненным показателям.

Часовой расчетный расход теплоты  $Q_o$ , Вт определяют по формуле:

$$Q_o = J_t \cdot V_n \cdot q_o \cdot (t_b - t_{но}), \quad (6.1)$$

где  $J_t$  - поправочный коэффициент, принимаемый в зависимости от расчетной температуры наружного воздуха при  $t_n = -10^\circ\text{C}$  -  $J_t = 1,2$ ;  $t_n = -30^\circ\text{C}$  -  $J_t = 1$ ;  $t_n = -20^\circ\text{C}$  -  $J_t = 1,1$ ;  $t_n \leq -40^\circ\text{C}$  -  $J_t = 0,9$ ;  
 $V_n$  - отапливаемый объем здания,  $\text{м}^3$ ;  
 $q_o$  - удельная тепловая отопительная характеристика,  $\text{Вт}/(\text{м}^3 \text{К})$ ;  
 $t_b$  - расчетная внутренняя температура отапливаемого помещения,  $^\circ\text{C}$ ;  
 $t_{но}$  - расчетная зимняя температура наружного воздуха для отопления, (для г. Керчь  $-15^\circ\text{C}$ ).



## 6.2 Идентификация вредности и опасностей. Методы и средства защиты

С целью разработки мероприятий по созданию безопасных условий труда проводится идентификация вредностей и опасностей холодильной установки. Схема аммиачной холодильной установки, обеспечивающая технологический процесс получения искусственного холода на рыбоперерабатывающем предприятии представлена на рисунке 6.1.

К обслуживанию аммиачных холодильных 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. Согласно ГОСТ 12.0.004-90 [23] предусматривается своевременное проведение инструктажей с отметкой в журнале их прохождении, а также обучение безопасным методам труда. 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. Общие эргономические требования приведены в таблице 6.7, характеристика веществ в таблице 6.8.

					AK3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		80

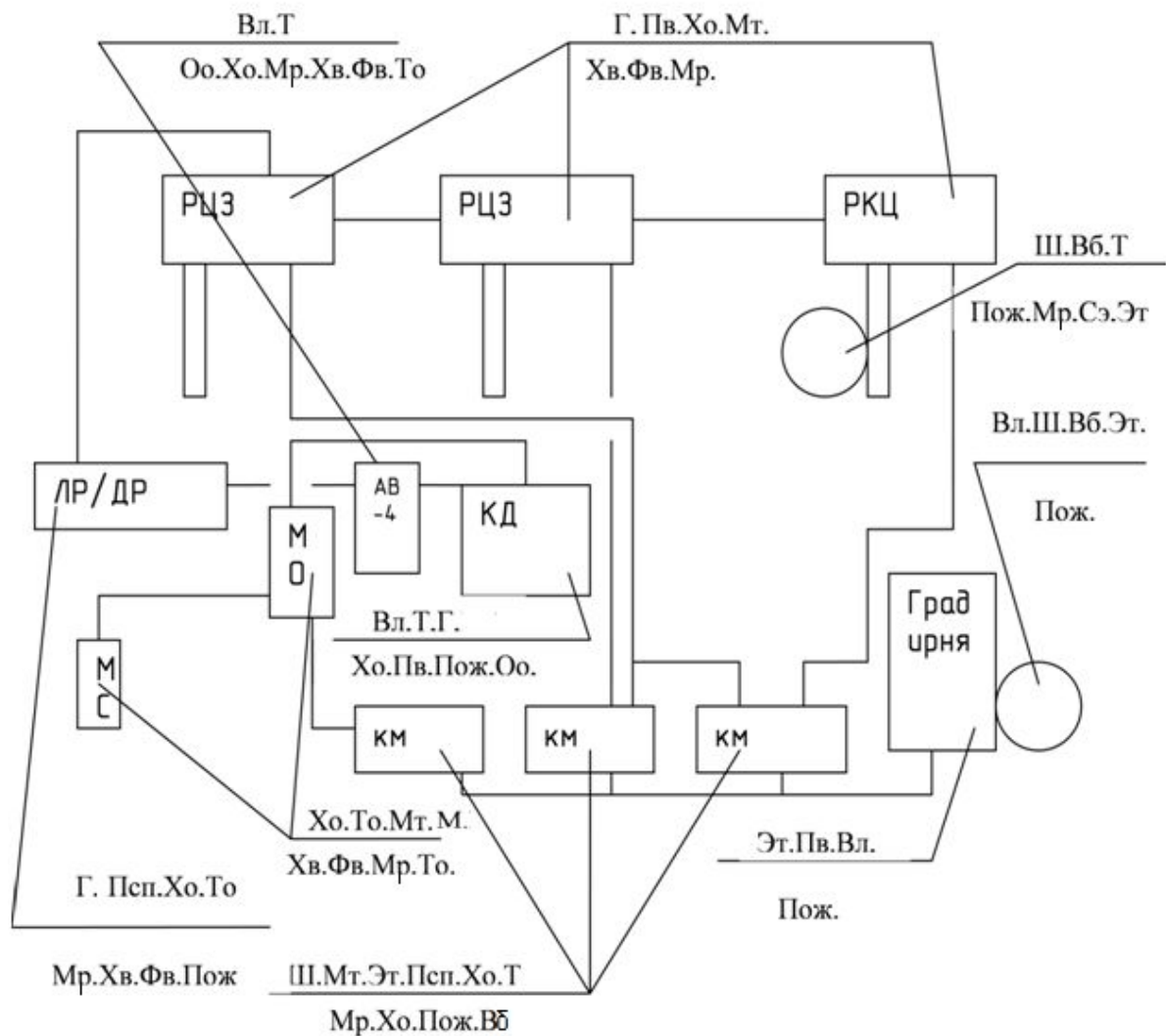


Рис. 6.1 Схема холодильной установки

Вредности	Локальные травмирующие факторы	Опасности
Вл– влаговыделения;	Эт–электротравмы;	Мр– механические разрушения;
Т– тепловыделения;	Хо–химические ожоги;	Фв– физический взрыв;
Г–газовыделения;	Пв– падение с высоты;	Сэ– статическое электричество;
М–масловыделения;	Мт–механические травмы;	Хв– химический взрыв;
Ш–шум;	Оо–острые отравления;	Пож–пожары;
Вб–вибрация;	Псп–падение на скользком полу;	То–термические ожоги;



Таблица 6.7 – Общие эргонометрические требования

Цех, отделение	Профессия	Категория работ по тяжести	Рабочая поза	Высота рабочей поверхности при организации рабочего места, мм				Высота расположения средств отображения информации		
				Стоя		Сидя		Пол работающего		Средняя высота, мм
				М	Ж	М	Ж	М	Ж	
Компрессорный	Машинист Слесарь	II III	Сидя Стоя	до1,5м	–	750	–	980	–	150
				–	–	–	–	980	–	150

Таблица 6.8 – Физико-химическая и санитарно-гигиеническая характеристика веществ

Цех, отделение, процесс выделения	Вещество	Источники выделения	ПДК в рабочей зоне, мг/м <sup>3</sup>	Класс опасности, агрегатное состояние	Токсическое действие	Средства защиты (тип, марка)	Приборы контроля
Компрессорный	$NH_3$	Масло-сборник	20	4, газ.	Удушение, слезотечение, жжение, тошнота	Противогаз	Газоанализатор

### 6.3 Безопасность технологического процесса и оборудования

Безопасность при эксплуатации технологического оборудования должна соответствовать требованиям ГОСТ 23274-84 [24], а технологический процесс по ГОСТ 12.3.002-90 [25].

В проектируемой холодильной установке в качестве холодильного агента используется аммиак – R717 ( $NH_3$ ), все свойства которого неблагоприятно воздействуют на организм человека и представляют повышенную опасность. Аммиак бесцветен и обладает характерным резким удушливым запахом (нашатырного запаха). При атмосферном давлении и температуре выше 33,3°C 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°C. Аммиак – хладагент четвертого класса опасности.

Требования к качеству жидкого аммиака установлены ГОСТ 6221–90 [26]. Газообразный аммиак относится к горючим газам. Ниже приведены характеристики вещества:

- смесь паров аммиака с воздухом при объеме их содержания от 15% (НКПВ) до 28% (ВНПВ) (107÷200 мл/г) является взрывоопасной;

- смесь паров аммиака с воздухом при объеме их содержания от 15% (НКПВ) до 28% (ВНПВ) (107÷200 мг/г) является взрывоопасной;
- с увеличением температуры, пределы содержания аммиака во взрывоопасной смеси при температуре 100°С в интервале 14,5÷29,5% аммиака;
- наибольшее давление взрыва аммиачно-воздушной смеси составляет около 0,45 МПа (4,5 кгс/см<sup>2</sup>);
- при объемном содержании аммиака в воздухе свыше 11% (78,5 мг/л) и наличии открытого пламени механического горения;
- температура воспламенения аммиака в стальной бомбе, обладающей каталитическим действием, равна 650°С;
- теплота сгорания –18631,26 кДж/кг;
- максимальная энергия сжигания –680 мДж.

Растворимость жидкого аммиака в воде неограниченна. Предельно допустимое объемное содержание аммиака в воздухе рабочей зоны 20 мг/м<sup>3</sup>.

Жидкий аммиак вызывает ожоги кожи. Выявление потенциальных вредных факторов проводится в соответствии с ГОСТ 12.03.003-91 ССБТ [27]. Результаты идентификации опасностей аварий и инициаторов взрыва приведены в таблице 6.11 согласно ГОСТ 12.03.003-91 ССБТ «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация» [27].

Таблица 6.9 – Вредные производственные факторы и средства защиты

Цех, отделение	Наименование	ПДУ, доза	Действие на организм человека	Индивидуальные средства защиты
Компрессорный	Ш	ПС-75	Увеличение кровяного давления, ослабление внимания, тугоухость, стресс	СИЗ наушники из ультрофонового волокна
	Вб	92 дБ при f=80 Гц	Потеря внимания, изменение в сердечно-сосудистой системе, помехи в работе, дискомфорт	Виброизолирующая обувь
	Г	20 мг/м <sup>3</sup> , 4	Удушение, раздражающие	Противогаз ПП с коробкой марки КД
	М	20 мг/м <sup>3</sup> , 4	Отравляющие	Перчатки, противогаз ПП с коробкой КД
	Т	≤45 °С	Термический ожог	Перчатки
	Вл	≤75%	Теплообмен	Рабочая одежда из водоотталкивающего материала

Таблица 6.10 – Взрывопожароопасные свойства веществ и материалов

Наименование вещества	Номер аппарата	Агрегатное состояние	Параметры технологического процесса			НКПВ, ВКПВ %, или г/м <sup>3</sup>	Температура самовоспламенения, °С	Величина min энергии зажигания, мДж	Максимальное давление взрыва, кПа	Источники инициирования взрыва
			t, °С	P, Па	v, м/с					
NH <sub>3</sub>	Ресивер РКЦ–1,25	Газ, жидкость	-8	0,122	0,92	28	650	680	450	Искра

Таблица 6.11 – Опасные производственные факторы и средства защиты оборудования

Наименование оборудования	Опасности		Контрольно-измерительные приборы и предохранительные устройства	Средства и способы защиты
	Локальные	Опасные аварии и инициаторы взрыва		
Компрессорный агрегат насос	Мт, Эт, Псп, Хо, То	Мр, Пож, Хв	Обратные клапаны, манометр, термометры, противопожарная, сигнализация, мегомметр	Фв – предохранительный клапан. Хо – противогаз КД, АСВ–аппарат сжатого воздуха; Псп – уборка помещения; Пож – АСПТ – автоматическая система пожаротушения, первичные средства пожаротушения;
Циркуляционный ресивер	Пв, Хо, Мт	Хв, Фв, Мр	Плоские смотровые окна, мановакууметр, газоанализатор	Пв – защитные ограждения; Хв – рабочая и аварийная вентиляция, средства сигнализации, приборы контроля, газоанализатор; Фв – предохранительный клапан
Маслоотделитель, маслосборник	Хо, То, Мт, Фв,	Хв, Мр.	Манометр	Гидравлические испытания, предохранительный клапан. Перчатки, противогаз.
Линейный ресивер, дренажный ресивер	Псп, Мт, Хо	Хв, Фв, Мр, Пож	Манометр, указатель уровня, противопожарная, сигнализация, газоанализатор	Гидравлические испытания, предохранительный клапан, средства пожаротушения. Перчатки, противогаз.

Из таблицы 6.11 можно сделать вывод, что значительными опасностями локального характера являются Хо, Мт, Эт. Основными авариями являются Хв, Фв, Мр, Пож.

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 [19]. 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 6.12 согласно ПУЭ-07 [19].

Таблица 6.12 – Характеристика взрывозащиты оборудования и степени его защиты

Цех, отделение	Класс зоны помещения по взрывопожароопасности	Оборудование, светильники	Категория и группа взрывоопасной смеси	Уровень взрывозащиты	Вид взрывозащиты	Маркировка взрывозащиты	Степень защиты от внешних воздействий
Компрессорный цех	2	Светильники, анализаторы приборы, приборы КИП	ПА-Т1	–	–	–	IP-53
		Пристенные светильники	–	2	d	2Exd, ПАТ1	IP-54
		Эл. двигатели вытяжной вентиляции и аварийной	–	1	d	1Exd, ПАТ1	IP-54
		Эл. двиг. КМ и насоса	–	1	i	2Exi, ПАТ6	IP-54

С учетом категории помещения по взрывоопасности, НПБ 105-03 [28], и класса пожара выбраны средства пожаротушения, которые сведены в таблицу 6.13.

Таблица 6.13 – Характеристика средств пожаротушения

Цех	Горючее вещество	Класс и подкласс пожара	Степень огнестойкости здания	Категория помещения по пожаровзрывоопасности	Первичные средства пожаротушения (огнетушители)		Автоматические средства пожаротушения	Меры и средства пожаротушения
					Тип	Кол.		
Компрессорный	$NH_3$	С,Е	II (из негорючих)	A	ОП-10	3	Сплинклерная система пожаротушения	Испытание на прочность, внутренний осмотр

Электробезопасность в производственных условиях обеспечивается соответствующей конструкцией электроустановок, техническими способами и средствами защиты, организационными и техническими мероприятиями. Обеспечение электробезопасности от случайного прикосновения к токоведущим частям достигается следующими техническими способами и средствами, используемыми отдельно или вместе друг с другом — защитные ограждения, безопасное расположение токоведущих частей, изолирование рабочих мест, защитное отключение оборудования, предупредительная сигнализация, блокировка, знаки безопасности.

Для защиты от прикосновения к токоведущим частям электроустановок используется защитное заземление, применение пониженного напряжения, изоляция токоведущих частей, контроль изоляции, средства защиты, предохранительные приспособления. Напряжение выше 12 В, должно применяться для ручных переносных ламп в особо опасных помещениях.

Электрооборудование в компрессорном цехе подлежит заземлению, сопротивление заземляющего контура должно быть  $\leq 4$  Ом, согласно ПУЭ-07 [19] и в особо опасных помещениях должно проверяться 2 раза в год. При обследовании электрического оборудования должно использоваться СИЗ от поражения электрическим током. Над каждым видом оборудования должны быть вывешены инструкции по безопасной эксплуатации, и пересматриваться один раз в три года начальником цеха или мастером.

В случае прорыва аммиака в результате нарушения герметичности трубопроводов, а также компрессоров, обязательно предусматривается эвакуация обслуживающего персонала из данного помещения. Пути эвакуации должны быть короткими и беспрепятственными. 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 согласно СНиП 21-01-97 [29] должны открываться в сторону выхода. Они не должны выходить непосредственно в производственные помещения или связанные с ними коридоры. Среди мер, предотвращающих распространение пожара,

важное значение имеет применение огнепредупредительных предохранительных мер на технологических коммуникациях, а также в системах вентиляции, воздушного отопления и кондиционирования воздуха.

Для предотвращения возможности возникновения и распространения пламени в помещениях или технологических цехах применяются огнетушители. Возгорание в начальной стадии может быть потушено с помощью: огнетушителя, резервуара с водой, песком; багры, ломы и т.д.

Для исключения поражения объекта от атмосферного электричества, предусматриваются молниезащита, требования к которой представлены в таблице 6.14, согласно РД 34.21 122-87 [30].

Таблица 6.14 – Молниезащита зданий, сооружений

Район расположения предприятия	Среднегодовая продолжительность гроз, ч/год	Вид объекта и класс взрывоопасных зон	Тип зоны защиты	Категория молниезащиты	Тип молние-защиты
Керчь	20-40	В-2б	Б	II	Стержневой

Для ликвидации возможного пожара на территории при  $S \leq 0,5$  га (1 пожар) предусмотрено наличие пожарных гидрантов с указанием места их расположения на здании [29].

Предусмотрена противопожарная сигнализация, совмещенная с отключением холодильной установки.

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. [29] Снаружи холодильной камеры, в случае нахождения человека в камере, на них должно быть табло «Человек в камере», а внутри должна быть расположена кнопка вызова. В цехе должны быть предусмотрены противогазы на весь состав рабочих согласно [24, 25, 32].

#### 6.4 Чрезвычайные ситуации. Расчет площади легкобрасываемых конструкций

Согласно СНиП 31-03-2001 [35] для защиты зданий и помещений категорий А, Б от разрушений при взрыве следует предусматривать наружные легкобрасываемые ограждающие конструкции (ЛСК).

Назначение ЛСК состоит в том, что они разрушаются в начальной стадии взрыва, образуя проемы, через которые газообразные продукты взрыва под избыточным давлением вытесняются из помещения наружу. Если площадь ЛСК будет достаточно большой, а их несущая способность будет меньше, чем

										Лист
										87
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

основных конструкций в процессе взрыва количество газообразных продуктов взрыва снижается до безопасных значений.

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

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

Удельная масса ЛСК покрытия должна составлять не более 120 кг·м<sup>2</sup> (при условии уборки снега с участков легкобрасываемых конструкций).

Площадь легкобрасываемых конструкций должна определяться расчетом исходя из допустимого избыточного давления взрыва, но не менее допустимых величин: 0,05 м<sup>2</sup> на каждый 1 м<sup>3</sup> объема помещения для категории А, и 0,03 м<sup>2</sup> на 1 м<sup>3</sup> помещения категории Б.

В машинном и аппаратном отделениях аммиачных холодильных установок, как правило, в качестве ЛСК используются остекления оконных проемов, поэтому расчет площади легкобрасываемых наружных ограждающих конструкций будет сводиться к расчету площади остекления.

Общую площадь остекления оконного листового стекла в окнах следует определять по формуле [18]:

$$S = K^{cm} \cdot V_n, \text{ м}^2, \quad (6.4)$$

где  $K^{cm}$  - расчетная площадь ЛСК на 1 м<sup>3</sup> объема помещения, м<sup>2</sup>/м<sup>3</sup>

$V_n$  - объем помещения, определяемый в пределах внутренних поверхностей ограждающих конструкций (без вычета объемов оборудования и несущих конструкций — колонн, балок, прогонов и т.д.), м<sup>3</sup>.

Расчетная площадь легкобрасываемых элементов наружных ограждающих конструкций на 1 м<sup>3</sup> объема помещения следует определять по формуле [18]:

$$K^{cm} = \frac{0,0032 \cdot G \cdot \mathcal{E}_p \cdot \sqrt{\mathcal{E}_p - 1} (P_p + P_0)}{\sqrt{P_p^{cm}} \cdot \sqrt[3]{P_p^{cm} \cdot V_n}}, \text{ м}^2/\text{м}^3, \quad (6.5)$$

где  $G$  - нормальная скорость горения взрывной смеси, для  $NH_3$   $G = 0,1$  м/с, м/с,

$\mathcal{E}_p$  - расчетная степень расширения продуктов горения, для  $NH_3$

$\mathcal{E}_p = 7,35$ ,

										Лист
										88
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	АК3.00.00.000.ПЗ					

$P_p^{cm}$  - расчетное давление взрыва, разрушающее листовое оконное стекло, кгс/м<sup>2</sup>,

$P_p^{cm}$  - атмосферное давление, равное 10<sup>4</sup> кгс/м<sup>2</sup>.

Нормальная скорость горения взрывоопасной смеси – это скорость перемещения фронта пламени относительно несгоревшего газа в направлении, перпендикулярном к его поверхности. Она определяется физико-химическим свойством горючего газа.

Расчетная степень расширения продуктов горения определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_p = \mathcal{E} \cdot a + 1 = 7,35 \cdot 0,39 + 1 = 3,8665, \quad (6.6)$$

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 взрывоопасной смеси в объеме помещения определяется по формуле:

$$\beta = \frac{B \cdot 100}{V_n}, \% \quad (6.7)$$

$$\beta = 143,9 \cdot 100 / 2268 = 6,35\%$$

где  $B$  - объем взрывоопасной смеси, м<sup>3</sup>  
 $V_n$  - объем помещения, м<sup>3</sup>

Объем взрывоопасной смеси:

$$B = G / C, \text{ м}^3 \quad (6.8)$$

$$B = 22205,09 / 154,3 = 143,9 \text{ м}^3,$$

где  $C$  - стехиометрическая концентрация взрывоопасной смеси, г/м<sup>3</sup>,  
 $C = 154,3 \text{ г/м}^3$ ,

$G$  - количество поступившего в помещение газообразного горючего вещества, г.

Наиболее аммиакоемкие сосуды в машинном отделении аммиачных холодильных установок – циркуляционные ресиверы. Как показывает анализ причин прорыва и утечек  $NH_3$ , наиболее опасная аварийная ситуация может

									Лист
									89
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	AK3.00.00.000.ПЗ				





Расчетное давление взрыва, разрушающее двойное оконное стекло, определяется независимо от расположения стекла в пространстве (вертикальное, горизонтальное, наклонное) по формуле [18]:

$$P_p^{cm} = P^{cm} \cdot U \text{ кгс/м}^2 \quad (6.12)$$

где  $P^{cm}$  - давление взрыва, разрушающее листовое стекло при двойном остеклении и соотношении сторон листа  $1 \div 1$ , кгс/м<sup>2</sup>,

$U$  - коэффициент условий работы остекления, зависящий от соотношений сторон листа стекла,  $1 \div 1$ ,  $U = 1$

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

$$K^{cm} = \frac{0,0032 \cdot 0,1 \cdot 3,8665 \cdot \sqrt{3,8665 - 1} \cdot (110 + 10^4)}{\sqrt{110} \cdot \sqrt[3]{110 \cdot 2268}} = 0,043 \text{ м}^2/\text{м}^3 ;$$

Следовательно, общая площадь остекления окон компрессорного цеха:

$$S = K^{cm} \cdot V_n = 0,043 \cdot 2268 = 97,524 \text{ м}^2.$$

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  $0,043 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , что меньше нормативной  $0,05 \text{ м}^2/\text{м}^3$ , таким образом для данного помещения не нужно предусматривать увеличение оконных проемов и расширение дверных проходов.

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		91

## 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
-40	74,61	62,377	2,9	180,9
-28	79,37	68,193	1,5	102,29
-8	140,63	115,074	0,78	89,76
Итого:				372,95

Определяем годовую выработку холода по формуле

$$Q_{год} = \sum Q_{0cm} \cdot T \cdot \beta \quad (7.1)$$

где  $\sum Q_{0cm}$  — суммарная рабочая холодопроизводительность компрессоров в стандартном режиме;

$T$  — количество часов работы компрессора;

$\beta$  — коэффициент использования рабочего времени.

$$Q_{год} = 372,95 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 0,85 = 2776985,7$$

## 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	2	3	4	5	6
1	Агрегат компрессорный SAB 151 S	Nэ=45 кВт Qо=97 кВт	1252480	1252480	1
2	Агрегат компрессорный SAB 110 SM	Nэ=37 кВт Qо=78,2 кВт	996730	1993460	2
3	Агрегат компрессорный SAB 120 L	Nэ=55 кВт Qо=200 кВт	1715500	3431000	2
4	Конденсатор водяной горизонтальный АК 540	F= 62 м <sup>2</sup>	915250	1830500	2
5	Ресивер линейный РЛД – 1,25	V=1,25м <sup>3</sup>	315500	315500	1
6	Ресивер циркуляционно-защитный РЦЗ – 1,25	V=1,25м <sup>3</sup>	380200	760400	2
7	Ресивер компаундный циркуляционный РКЦ – 1,25	V=1,25м <sup>3</sup>	425000	425000	1
8	Воздухоохладитель IAGHN 066D/110	V=86,9м <sup>3</sup> N <sub>э</sub> =0,32 кВт	142037	568148	4
9	Воздухоохладитель IAGHN 066C/112	V=47,4м <sup>3</sup> N <sub>э</sub> =0,5 кВт	99480	397920	4
10	Воздухоохладитель IAGHN 066C/110	V=65,2м <sup>3</sup> N <sub>э</sub> =0,34 кВт	101150	404600	4
11	Воздухоохладитель IAGHN 051C/112	V=28,5м <sup>3</sup> N <sub>э</sub> =0,36 кВт	73430	293720	4
12	Воздухоохладитель IADHN 046C/210	V=58,7м <sup>3</sup> N <sub>э</sub> =0,72 кВт	87350	349400	4
13	Воздухоохладитель IADHN 051C/310	V=110м <sup>3</sup> N <sub>э</sub> =1,5 кВт	264478	528956	2
14	Воздухоохладитель IADHN 051C/17	V=50,9м <sup>3</sup> N <sub>э</sub> =0,5кВт	65720	131440	2
15	Маслоотделитель 50МА	V=0,043м <sup>3</sup>	58905	58905	1

Продолжение таблицы 7.2

1	2	3	4	5	6
16	Маслосборник 60МЗС	$V=0,06 \text{ м}^3$	49290	49290	1
17	Водяной насос К100-80-160	$V=100 \text{ м}^3/\text{ч}$ $N_3=15 \text{ кВт}$	32805	98415	3
18	Аммиачный насос 1 ЦНГМ – 10/10	$V=10 \text{ м}^3/\text{ч}$ $N_3=1,5 \text{ кВт}$	38344	230064	6
19	Воздухоотделитель Grasso Purger	$N_3=0,4 \text{ кВт}$	155000	155000	1
20	Скороморозильный аппарат АСМП 17 – У3	$V=0,305 \text{ м}^3$	3517736	3517736	1
21	Градирня Град-120	$N_3=7,5 \text{ кВт}$	510000	510000	1
	Итого			17301934	49

Определяем капитальные вложения в основные и оборотные средства по формуле:

$$K_{\text{тр}} = K_{\text{об}} + K_{\text{соор}} + K_{\text{зд}} + K_{\text{инв}} + K_3 + K_{\text{м}}, \text{ руб.} \quad (7.2)$$

где  $K_{\text{тр}}$  — требуемые капитальные вложения, руб.;

$K_{\text{об}}$  — то же в холодильное оборудование, руб.;

$K_{\text{соор}}$  — то же в сооружения (градирня), руб.;

$K_{\text{зд}}$  — то же в здания, руб.;

$K_{\text{инв}}$  — то же в инвентарь, руб.;

$K_3$  — то же в запасные части, руб.;

$K_{\text{м}}$  — то же в запасные материалы, руб.

Определяем стоимость приобретенного оборудования по формуле:

$$C = Ц \cdot n_i \cdot (1 + K_1 + K_2 + K_3), \text{ руб.} \quad (7.3)$$

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,  $K_3=0,05$ . [17]



$$K_m = 19897224,1 \cdot 0,02 = 397944,5$$

$$K_{mp} = 27856113,7 + 9720000 + 397944,5 \cdot 3 = 38769947,2$$

Определяем удельные капитальные вложения по формуле:

$$K_{y\partial} = \frac{K_{mp}}{Q_{год}}, \text{ руб./тыс.ст.ккал}, \quad (7.6)$$

$$K_{y\partial} = \frac{38769947,2}{2793590,28} = 13,88$$

### 7.3 Расчёт текущих годовых затрат

Определяем себестоимость выработки холода по формуле:

$$S = S_m + S_b + S_э + S_{зн} + S_{цех}^p \text{ руб./год} \quad (7.7)$$

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.

#### 7.3.1 Расчет затрат на сырье и материалы

Определяем годовую потребность в смазочном масле по формуле:

$$M = q_m \cdot n \cdot T \cdot (1 - K_{мо}) \cdot K_p \text{ кг/год} \quad (7.8)$$

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  $K_p=0,85$ .

					АКЗ.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		96

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

Определяем годовую стоимость смазочного масла по формуле:

$$C_m = M \cdot Ц \text{ руб./год} \quad (7.9)$$

где  $M$  — годовая потребность в смазочном масле, кг/год;  
 $Ц$  — стоимость 1 кг смазочного масла, руб.;  $Ц=66,6$  руб.

$$C_m = 1787,04 \cdot 66,6 = 119016,9$$

Определяем годовую стоимость аммиака по формуле:

$$C_a = \sum_{i=1}^n Q_{0cm} \cdot N \cdot Ц \quad (7.10)$$

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;  $N=1$  кг ;  
 $Ц$  — стоимость 1 кг аммиака, руб.;  $Ц=35$  руб.

$$C_a = 375,18 \cdot 1 \cdot 35 = 55151,5$$

Определяем затраты на сырье по формуле:

$$S_m = C_m + C_a, \text{руб./год} \quad (7.11)$$

$$S_m = 119016,9 + 55151,5 = 174168,4$$

### 7.3.2 Расчет затрат на воду

Определяем, годовой расход свежей воды, подаваемой на градирню по формуле:

$$G_v = q_v \cdot Q_{год} \quad (7.12)$$

где  $q_v$  — удельная норма расхода воды на тыс. ст.ккал/ч, (принимаем  $q_v=0,02 \text{ м}^3$ );  
 $Q_{год}$  — годовая холодопроизводительность компрессоров в стандартном режиме, тыс. ст. ккал. [17].

					АКЗ.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		97





$$\Phi_{год} = M \cdot 11 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot D_3, \text{ руб./год} \quad (7.16)$$

где  $M$  — месячный фонд заработной платы, руб.,  
 $D_1$  — 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.Керчь  $D_3=1$ )

$$\Phi_{год} = 79000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1147080 \text{ руб./год}$$

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

Страховые взносы в размере 30,2% от годового фонда оплаты труда:

$$\Phi_{соц} = 1147080 \cdot 0,302 = 346418,2 \text{ руб./год}$$

Определяем цеховые расходы по энергоцеху в размере 10% от годового фонда заработной платы производственных рабочих

$$\Phi_{ц} = 1147080 \cdot 0,1 = 114708 \text{ руб./год}$$

Калькуляционная себестоимость 1кВт/ч силовой 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 Электроэнергия	13220825,2	4,27
2 Основная заработная плата	1147080	0,37
3 Страховые взносы	346418,2	0,112
4 Цеховые расходы	114708	0,037
Итого: Цеховая себестоимость	14829031,4	4,789

#### 7.4 Расчет годового фонда заработной платы производственных рабочих компрессорного цеха

На данном предприятии применяется повременная – премиальная форма оплаты труда. В основе лежит почасовая ставка, которая зависит от квалификации работника, уровня образования, стажа.

Штат компрессорного цеха приведем 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 ХУ	4	20000	80000
Слесарь-ремонтник	2	18000	36000
Всего:	6		116000

Определяем годовой фонд оплаты труда производственных рабочих компрессорного цеха по формуле:

$$\Phi_{год} = 116000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 1684320$$

Страховые взносы в размере 30,2% от годового фонда оплаты труда:

$$\Phi_{соц} = 1684320 \cdot 0,302 = 508664,6$$

## 7.5 Расчет цеховых расходов

Таблица 7.6 – Месячный фонд оплаты труда цеховому персоналу

Наименование должностей и категорий работников	Количество работников	Месячный оклад работника, руб.	Итого по каждой категории руб.
Начальник цеха	1	26000	26000
Сменный механик	2	15000	30000
Уборщица	1	8000	8000
Всего	4		64000

Суммарные цеховые расходы оплаты труда

$$\Phi_{год} = 64000 \cdot 11 \cdot 1,1 \cdot 1,2 \cdot 1 = 929280$$

Страховые взносы в размере 30,2% от годового фонда оплаты труда:

$$\Phi_{соц} = 929280 \cdot 0,302 = 280642,6$$

Амортизация основных производственных фондов (зданий – 2,5%, оборудования – 10%);

$$A = 0,025 \cdot 9720000 + 0,1 \cdot 27856113,7 = 3028611,4$$

Текущий ремонт (5,5 % от стоимости основных производственных фондов) 2066686,3 руб.;

Содержание зданий, сооружений, оборудования и инвентаря (до 1,5% от стоимости основных производственных фондов) 563641,7;

Расходы по охране труда принимаются в размере 1000 руб. на человека:

$$S_{охр} = 1000 \cdot 15 = 15000$$

Прочие расходы (до 0,5% от суммы цеховых расходов):

$$ПР = 0,005 \cdot (929280 + 280642,6 + 3028611,4 + 2066686,3 + 563641,7) = 34344,3.$$

Цеховые расходы определяют суммированием всех статей.

					АКЗ.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		101

$$S_{цех}^p = 929280 + 280642,6 + 3028611,4 + 2066686,3 + 563641,7 + 15000 + 34344,3 = 6918206,3$$

## 7.6 Расчет цеховой себестоимости холода

Результаты расчетов сводятся в таблицу 7.7

Расчет себестоимости холода производится путем деления годовых затрат по каждой статье на годовую холодопроизводительность цеха.

Таблица 7.7 – Калькуляция себестоимости холода

Наименование статей	Сумма	
	На всю выработку, руб.	На тыс. ст. ккал, руб.
1. Сырье и основные материалы	174168,4	0,062
2. Вода производственная	29053,3	0,010
3. Электроэнергия силовая	14829031,4	5,308
4. Заработная плата производственных рабочих	1684320,0	0,603
5. Страховые взносы	508664,6	0,182
6. Цеховые расходы	6918206,3	2,476
Итого: Цеховая себестоимость	24143444,0	8,642

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В проекте разработана схема холодильной установки рыбоперерабатывающего завода производительностью 40 т/см в городе Керчь, выполнена планировка холодильника с размещением основных и вспомогательных помещений, подобрано современное холодильное оборудование на основании проведенного теплового расчета

В специальной части рассмотрены способы холодильной обработки рыбопродуктов.

Разработана схема автоматизации холодильной установки, осуществлен подбор современных приборов контроля, регулирования, сигнализации и защиты.

В разделе электроснабжения предприятия рассчитаны и подобраны кабели для питания электродвигателей оборудования, подобрано защитно-коммутационное оборудование.

Произведен комплексный анализ потенциальных опасностей и вредностей в компрессорном цехе. Намечены общетехнические специальные и организационные мероприятия по созданию безопасных и безвредных условий труда, описаны противопожарные меры, принимаемые для безопасности компрессорного цеха, произведен расчет легкобрасываемых конструкций для предупреждения разрушения компрессорного цеха и прилегающих зданий при взрыве.

Произведен расчет технико-экономических показателей проекта.

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		103

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комарова Н.А. Холодильные установки. Основы проектирования: Учебное пособие. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности. – 2-е изд., перераб. и доп.-Кемерово, 2012. – 368 с.
2. Курылев Е.С., и др. Холодильные установки / Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. – СПб.: Политехника, 2004. – 576 с.
3. Интернет сайт: <http://ru.wikipedia.org>. Керчь.
4. СНиП 23-01-99 «Строительная климатология».
5. Интернет сайт: <http://www.guentner.ru>.
6. Интернет сайт: <http://www.bemspb.ru>.
7. Интернет сайт: <http://www.mos-nasos.ru>.
8. 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.: СПбГАХИТ, 1999. – 320 с.
9. Руководство по проектированию промышленных холодильных систем.- ООО Данфосс, 2007.- 112 с.
10. Большаков С.А. Холодильная техника и технология продуктов питания: Учебник для студ. высш. учеб. заведений.- М.: «Академия», 2003. – 304 с.
11. Холодильная технология рыбных продуктов: учебник/ под ред. Л.И. Константинова.- М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984.-37 с.
12. Быкова В.М., Белова З.И. Справочник по холодильной обработке рыбы. -М.: Агропромиздат, 1987.-208 с.
13. Практикум по холодильным установкам: учебное пособие / Бараненко А.В., Калюнов В.С., Румянцев Ю.Д. - 2-е изд. - СПб.: Профессия, 2012. – 304 с.
14. Интернет сайт: <http://www.lan-for.ru>
15. 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.
16. Комарова Н.А., Усов А.В, Иваненко О.В., Михайлов Ю.П. Выполнение и защита выпускной квалификационной работы. – Кемерово: КемТИПП, 2011. – 102 с.
17. Кирюхина А.Н. Выполнение экономической части дипломного проекта. – Кемерово: КемТИПП, 2009. – 32 с.
18. Иванов Ю.И., Михайлов Ю.П., Ракитянская С.В. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие -/ КемТИПП. – Кемерово, 2004 – 236 с.
19. ПУЭ–07 «Правила устройства электроустановок».
20. СП 2.2.1.1312–03 «Санитарно-эпидемиологические правила».
21. СП 52.13330-2011 «Естественное и искусственное освещение».
22. СНиП 41-01-2003 «Отопление, вентиляция и кондиционирование».
23. ГОСТ 12.0.004-90.
24. ГОСТ 23274-84 «Безопасность технологического процесса».
25. ГОСТ 12.3.002-90 «Процессы производственные. Общие требования

					АК3.00.00.000.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		104

безопасности».

26. ГОСТ 6221-90 «Аммиак жидкий технический. Технические условия»

27. ГОСТ 12.03.003-91 ССБТ “ Опасные и вредные производственные факторы. Классификация”

28. НПБ 105-03 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».

29. СНиП 21-01-97 «Пожарная безопасность зданий и сооружений»

30. РД 34.21.122-87 «Инструкция по устройству молниезащиты зданий и сооружений»

31. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

32. СанПиН 2.1.2.2564-09 «Безопасность обслуживания оборудования».

33. СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение. Нормы проектирования».

34. СП 44.13330-11. Административные и бытовые здания.

35. СНиП 2.09.02 – 85.

36. СО 153 – 34.21.122 – 2003.

37. Полевой А.А. Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – СПб.: Профессия, 2011. – 244 с.

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		105