

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого»
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)

ИНСТИТУТ СРЕДНЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

ЗАДАЧА №3

по дисциплине:

«МДК 01.02 Управление технической эксплуатацией холодильного
оборудования (по отраслям) и контроль за ними»

**Тема «Холодильник для хранения говядины в полутушах и
заморозки говядины**

**емкостью 3600 тн условного груза в
г. Оренбург»**

Специальность 15.02.06 группа 32925/1

Студент _____
(подпись)

Смирнов К.В
(ФИО)

Руководитель _____
(подпись)

Шаблаев М.В
(ФИО)

Санкт-Петербург
2022

Содержание

| | |
|--|-----------|
| 1. Введение..... | 3 |
| 1.1 Краткая характеристика района строительства..... | 4 |
| 1.2 Назначение и структура холодильника..... | 6 |
| 2. Расчетная часть проекта..... | 7 |
| 2.1 Расчет строительных площадей камер хранения..... | 7 |
| 2.1.1 Грузовой объем камер холодильника:..... | 7 |
| 2.1.2 Грузовая площадь камеры:..... | 7 |
| 2.1.3 Строительная площадь камер холодильника:..... | 8 |
| 2.1.4 Число строительных прямоугольников:..... | 8 |
| 2.2 Выбор строительно-изоляционных конструкций и расчёт толщины теплоизоляции..... | 9 |
| 2.3 Расчет толщины теплоизоляции..... | 12 |
| 2.3.1 Требуемые коэффициенты теплопередачи для первой камеры хранения фруктов:..... | 12 |
| 2.3.2 Требуемые коэффициенты теплопередачи для третьей камеры хранения масла:..... | 13 |
| 2.4 Расчет теплопритоков..... | 17 |
| 2.4.1 Расчет теплопритока Q_1 | 17 |
| 2.4.2 Расчет теплопритоков Q_2 | 20 |
| 2.4.3 Расчет теплопритоков Q_3 | 22 |
| 2.4.4 Расчет теплопритоков Q_4 | 22 |
| 2.4.5 Расчет теплопритока Q_5 | 24 |
| 2.5 Выбор температурного режима работы холодильной установки. Выбор типа холодильного агента..... | 24 |
| 2.5.1 Выбор температурного режима..... | 24 |
| 2.5.2 Выбор типа холодильного агента и принципиальная схема..... | 25 |
| 2.6 Расчет и подбор компрессоров..... | 26 |
| 2.6.1 Подбор компрессора нижней ступени..... | 26 |
| 2.6.2 Подбор компрессора верхней ступени..... | 27 |
| 2.7 Расчет и подбор маслоотделителей..... | 28 |
| 2.7.1. Подбор для нижней ступени..... | 28 |
| 2.7.2. Подбор для верхней ступени..... | 29 |
| 2.8 Расчет и подбор конденсатора..... | 30 |
| 2.8.1 Расчетная производительность конденсатора:..... | 30 |
| 2.9 Расчет и подбор воздухоохладителя..... | 30 |
| 2.9.1 Расчетное значение площади теплопередающей поверхности воздухоохладителей:..... | 30 |
| 2.10 Расчет и подбор вспомогательного оборудования и магистральных трубопроводов..... | 31 |
| 2.10.1 Расчет и подбор маслоотделителей..... | 31 |
| 2.10.2 Расчет трубопроводов..... | 32 |
| 2.10.3 Расчет ресиверов..... | 33 |
| 2.10.4 Расчет и подбор насосов..... | 35 |
| 2.10.5 Расчет и подбор промысосуда..... | 36 |
| 2.10.6 Подбор маслосборника..... | 36 |

| | | |
|-------------|--|-----------|
| 2.11 | Принятая схема холодильной установки..... | 36 |
| 2.12 | Выбор приборов автоматики..... | 37 |

1. Введение

Холодильники — это сооружения, предназначенные для охлаждения, замораживания и хранения скоропортящихся продуктов. В помещениях (камерах) холодильника поддерживаются постоянные довольно низкие температуры ($+12 \div -40^\circ \text{C}$) при большой относительной влажности (85—95%). К помещениям холодильника предъявляются повышенные санитарные требования.

Обязательным условием сохранения пищевых продуктов высокого качества является создание непрерывной холодильной цепи, которая обеспечивает воздействие на пищевые продукты низких температур на протяжении всего времени с момента производства или заготовки продукта до момента его потребления.

Холодильники, расположенные в различных районах страны, являются звеньями непрерывной холодильной цепи, а связь между ними осуществляется холодильным транспортом.

Распределительные холодильники. Холодильники предназначены для равномерного снабжения населения продуктами питания в течение всего года. Их размещают в городах и промышленных центрах. В сезон заготовок на распределительном холодильнике создают резервные запасы продуктов. На распределительные холодильники продукты поступают с производственных и заготовительных холодильников в охлажденном и замороженном видах. Поэтому на распределительных холодильниках в основном только хранят охлажденные и замороженные грузы. Продукты хранятся в течение длительного времени (до 3—6 мес и более). Для грузов, оттаявших в пути, предусматривают небольшие камеры для доохлаждения и домораживания. Емкость распределительных холодильников 500—15000 т, а в отдельных случаях — 30 000—35 000 т.

Распределительные холодильники бывают универсальные и специализированные (для мяса, рыбы, фруктов и т.п.). В состав

распределительных холодильников часто входят цехи по производству мороженого, водного и сухого льда, цехи для фасовки и замораживания фруктов и овощей, а также для фасовки масла, мяса и других продуктов. Такие предприятия называют хладокомбинатами.

Кроме распределительных холодильников существуют так называемые базисные холодильники емкостью 2000—15000 т, предназначенные для длительного хранения охлажденных и замороженных продовольственных грузов.

Схемы непосредственного охлаждения являются наиболее эффективной. Но есть и определенные трудности возникающие при работе холодильной установки. Схемы узла подачи хладагента должны обеспечить надежную защиту от влажного хода компрессора, правильную раздачу жидкого хладагента по охлаждающим приборам, поддержания температуры в охлаждаемых объектах, возможность удобного и быстрого удаления масла и загрязнений с внутренней поверхности охлаждающих приборов и емкостных аппаратов, а также удаление снеговой шубы с наружной поверхности охлаждаемых приборов.

Применение насосно-циркуляционной схемы значительно усиливает циркуляцию подаваемой жидкости. Это увеличивает эффект саморегулирования подачи и практически освобождает от необходимости вмешиваться в раздачу жидкости по объектам, а также улучшает теплоотдачу в охлаждающих приборах.

Для реализации проекта распределительного холодильника необходимо выполнить расчет и подбор холодильного оборудования, разработать принципиальную схему холодильной установки. Спроектировать машинное и насосное отделения, вспомогательные помещения, наружную площадку.

1.1 Краткая характеристика района строительства.

Оренбург — город (с 1663 года) в центре европейской части России, административный центр Оренбургской области (с 1939 года). Является

городом областного значения, образует муниципальное образование городской округ город Оренбург.

Пенза находится в центре европейской части России на Приволжской возвышенности, в 629 км (по автодороге М-5 Москва — Челябинск) к юго-востоку от Москвы. Город располагается на обоих берегах реки Суры в центральной части Пензенской области в 26 км к востоку от её географического центра. Площадь города 310,4 км².

Областной центр Пенза является транспортным узлом, имеет железнодорожное сообщение с Центром России, Уралом, Сибирью, Дальним Востоком, Средней Азией, расположен на автодороге федерального значения Москва-Челябинск, что является важной особенностью для потенциальных деловых партнеров, для продвижения их товаров на новый рынок, для установления связей с рынками Поволжья.

На 2019 год население города насчитывает порядка 550 тысяч человек. Национальный состав города состоит из представителей: 87 % - русские, 8 % - татары, 4 % - мордва, менее 1 % - украинцы. Кроме вышеуказанных национальностей на территории Пензенской области встречаются такие, как: чувашаи, армяне, белорусы, азербайджанцы, цыгане, немцы, грузины, молдоване, чеченцы, башкиры, марийцы и поляки.

Средняя высота над уровнем моря составляет 174 м. Наивысшая точка (280 м над уровнем моря) находится на холме Боевая гора, вытянутом с ЮЗ на СВ наподобие гряды. Самая низкая — 134 м.

Протяжённость города с севера на юг — 19,3 км, с запада на восток — 25,3 км.

Пенза находится в часовой зоне МСК (московское время). Смещение применяемого времени относительно UTC составляет +3:00. В соответствии с применяемым временем и географической долготой средний солнечный полдень в Пензе наступает в 12:00. Это связано с тем, что через Пензу проходит меридиан 45°00' восточной долготы.

Климат Пензы умеренно континентальный. Зима в Пензе умеренно холодная и длительная, длится с начала ноября по конец марта, самый холодный месяц — февраль со средней температурой $-9,1$ °С. Лето тёплое, длится с конца мая по начало сентября, средняя температура июля $20,4$ °С. Среднегодовая температура $5,5$ °С. Климат Пензы близок к московскому, но континентальность выше, а осадков выпадает меньше.

Климат Пензы (норма 1981—2010 гг.)

| Показатель | Янв. | Фев. | Март | Апр. | Май | Июнь | Июль | Авг. | Сен. | Окт. | Нояб. | Дек. | Год |
|-------------------------|-------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
| Абсолютный максимум, °С | 7,0 | 8,5 | 17,3 | 31,1 | 35,6 | 37,7 | 39,3 | 40,4 | 33,6 | 25,6 | 16,1 | 11,0 | 40,4 |
| Средний максимум, °С | -5,5 | -5,1 | 1,0 | 12,4 | 20,8 | 24,8 | 26,6 | 24,7 | 18,2 | 9,9 | 0,6 | -4,4 | 10,3 |
| Средняя температура, °С | -8,7 | -9,1 | -3,4 | 6,8 | 14,3 | 18,5 | 20,4 | 18,3 | 12,5 | 5,6 | -2,1 | -7,4 | 5,5 |
| Средний минимум, °С | -11,9 | -12,5 | -7,2 | 1,9 | 8,1 | 12,7 | 14,7 | 12,8 | 7,7 | 2,2 | -4,6 | -10,3 | 1,1 |
| Абсолютный минимум, °С | -39,9 | -40 | -31,1 | -20 | -5,6 | -1,1 | 4,7 | 0,0 | -6,4 | -17,2 | -31,1 | -40,5 | -40,5 |
| Норма осадков, мм | 38 | 31 | 35 | 33 | 42 | 65 | 59 | 51 | 52 | 47 | 48 | 41 | 542 |

Рис 1.1. Таблица климата г.Пенза.

1.2 Назначение и структура холодильника.

Холодильники – это промышленные сооружения, предназначенные для холодильной обработки (охлаждения, замораживания, подмораживания) и хранения скоропортящихся пищевых продуктов. Холодильники имеют характерные особенности. В них обрабатываются и хранятся продукты, требующие для своего сохранения поддержания заданных температур ниже температуры окружающей среды и определенной относительной влажности, а в некоторых случаях – заданной подвижности воздуха и определенного воздухообмена или даже определенного состава газовой среды (например, при хранении фруктов в среде с повышенным содержанием диоксида углерода или другого газа). Данный холодильник вместимостью 2400 условных тонн в городе Пенза предназначается для хранения капусты в деревянных ящиках при температуре $+4$ и говядины, температура хранения -25 .

Данный комплекс: одноэтажный торговый холодильник, является одним из важнейших центров равномерного обеспечения городов и промышленных центров продуктами питания в течение всего года.

Быстрое распределение продуктов по камерам хранения, его проверка, сортировка и отгрузка является одной из важнейших звеньев производства.

Именно поэтому правильное размещение камер, грузов в нем, удобная укладка продуктов, позволяет налаживать работу предприятия на максимальную скорость. Торговые холодильники выполняют большой объем грузовых работ.

Способы доставки продукта до магазинов, заводов и рынков осуществляется через автотранспортные компании.

2. Расчетная часть проекта.

2.1 Расчет строительных площадей камер хранения.

Вместимость – это исходная величина для определения площади холодильных камер и других помещений холодильника.

Данный холодильник имеет вместимость 36 00 условных тонн.

Распределение по камерам груза:

60%- говядина в полутушах;

30%- картофель;

10%- заморозка говядины.

$G_1=2160$ т. - вместимость говядина в полутушах ($t_1=-20^{\circ}\text{C}$)

$G_2=1080$ т. – вместимость картофель ($t_2=+4^{\circ}\text{C}$)

$G_3=360$ т. – вместимость заморозка говядины ($t_3=-35^{\circ}\text{C}$)

2.1.1 Грузовой объем камер холодильника:

$$V_{гр}=G / g_v,$$

где G – условная вместимость; g_v – норма загрузки единицы объема камеры - 0,35

$$V_{сп_1} = \frac{2160}{0,35} = 6171 \text{ м}^3$$

$$V_{сп_2} = \frac{1080}{0,35} = 3085 \text{ м}^3$$

$$V_{сп_3} = \frac{360}{0,35} = 1028 \text{ м}^3$$

2.1.2 Грузовая площадь камеры:

$$F_{гр} = V_{гр} / h_{гр},$$

где $V_{гр}$ – грузовой объем камеры холодильника; $h_{гр}$ – высота штабеля груза – 3,6 м; норма отступа груза от потолка 1,2 м (высота теплообменного аппарата = 0,9 м + 0,3 м)

$$F_{гр1} = \frac{6171}{4,8} = 1285 \text{ м}^3$$

$$F_{гр2} = \frac{3085}{4,8} = 642 \text{ м}^3$$

$$F_{гр3} = \frac{360}{4,8} = 75 \text{ м}^3$$

2.1.3 Строительная площадь камер холодильника:

$$F_{стр} = F_{гр} / \beta,$$

Где β – коэффициент использования строительной площади

$$F_{стр1} = \frac{1285}{0,8} = 1606 \text{ м}^2$$

$$F_{стр2} = \frac{642}{0,8} = 802 \text{ м}^2$$

$$F_{стр3} = \frac{75}{0,65} = 115 \text{ м}^2$$

2.1.4 Число строительных прямоугольников:

Сетка колонн 6x18

$$n = F_{стр} / f,$$

где $F_{стр}$ – строительная площадь камер холодильника; f – площадь строительных прямоугольников 108 м²

$n_1 = \frac{1606}{108} = 15$ - число строительных прямоугольников для говядины в полутушах

$n_2 = \frac{802}{108} = 8$ - число строительных прямоугольников для картофеля

$n_3 = \frac{115}{108} = 2$ - число строительных прямоугольников для мороженой говядины

2.1.5 Число строительных прямоугольников для вспомогательных помещений:

$$n_{\text{общ}} = n_1 + n_2 + n_3,$$

$n_{\text{общ}} = 15 + 8 + 2 = 25$ – строительных прямоугольников для груза

$$F_{\text{общ}} = n_{\text{общ}} * f,$$

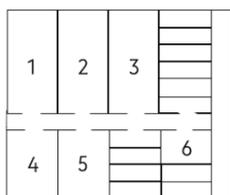
$F_{\text{общ}} = 25 * 108 = 2700$ – общая площадь грузовых помещений

$$F_{\text{вспомог и комп}} = F_{\text{общ}} * 35\%$$

$F_{\text{вспомог и комп}} = 2700 * 35\% = 1155$ – площадь вспомогательных помещений и компрессорного цеха

$$n_{\text{вспомог и комп}} = F_{\text{вспомог и комп}} / f,$$

$n_{\text{вспомог и комп}} = 1155 / 108 = 11$ – строительных прямоугольников для вспомогательного помещения и компрессорного цеха



2.2 Выбор строительной-изоляционной конструкции и расчёт толщины теплоизоляции.

Холодильник выполняется из лёгких металлических конструкций.

Холодильник имеет внутренний каркас, состоящий из стальных балок и

колонн. К колоннам крепятся стеновые панели, а на балки укладываются потолочные панели.

К элементам стального каркаса панели присоединяются крепёжными деталями.

Наружная стена холодильной камеры состоит из:

Штукатурка сложным раствором по металлической сетке, толщиной 0,02м, пенопласт полистирольного ПСБ-С, которую требуется рассчитать, пароизоляции- 2 слоя гидрозола на битумной мастике, толщиной 0,004м, штукатурка цементно-песочная, толщиной 0,02м, кладка кирпичная на цементном растворе, толщиной 0,38м, штукатурка сложным раствором, толщиной 0.02м.

Покрытие охлаждаемых помещений состоит из:

5 слоев гидрозола на битумной мастике, толщиной 0,012м, стяжка из бетона по металлической сетке, толщиной 0,04м, пароизоляция (слой пергамина), толщиной 0,001, Плитная теплоизоляция (пенопласт полистирольные марки ПБС-С), которую требуется определить, железобетонная плита покрытия, толщиной 0,035м.

Полы охлаждаемых помещений состоят из:

монолитное бетонное покрытие из тяжелого бетона, толщиной 0,04, Армобетонная стяжка, толщиной 0,08м, пароизоляция (1 слой пергамента), толщиной 0,001м, плитная теплоизоляция (пенопласт полистирольный ПСБ-С), толщину которой требуется определить, Цементно-песочный раствор, толщиной 0,025м, Уплотненный песок, толщиной 1,35м.

Внутренняя стеновая панель:

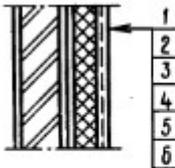
панель из керамзитобетона ($\rho=1100 \text{ кг/м}^3$), толщиной 0,24м, пароизоляция- 2 слоя гидрозола на битумной мастике, толщиной 0,0004м, теплоизоляция из пенопласта в полистирольного ПСБ-С, толщину которого требуется

определить, штукатурка сложным раствором по металлической сетке, толщиной 0,02м.

Рис. 1.1 Значения Наружная стена

| Наименование и конструкция ограждения | № слоя | Наименование и материал слоя | Толщина δ_i , м | Коэффициент теплопроводности λ_i , Вт/(м·К) | Тепловое сопротивление $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² ·К/Вт |
|---|--------|---|------------------------|---|--|
| <p>Наружная стеновая панель</p>  | 1 | Штукатурка сложным раствором по металлической сетке | 0,020 | 0,98 | 0,020 |
| | 2 | Теплоизоляция из пено-Требует-пласта полистирольного определять ПСБ-С | 0,05 | 0,05 | Требуется определить |
| | 3 | Паронизоляция — 2 слоя гидронзола на битумной мастике | 0,004 | 0,30 | 0,013 |
| | 4 | Наружный слой из тяжелого бетона | 0,140 | 1,86 | 0,075 |
| | | | | | $\Sigma \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,108$ |

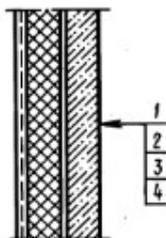
1.2 Значения наружная стена камеры

| Наименование и конструкция ограждения | № слоя | Наименование и материал слоя | Толщина δ_i , м | Коэффициент теплопроводности λ_i , Вт/(м·К) | Тепловое сопротивление $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² ·К/Вт |
|--|--------|---|------------------------|---|--|
| <p>Наружная стена морозильной камеры</p>  | 1 | Штукатурка сложным раствором по металлической сетке | 0,020 | 0,98 | 0,020 |
| | 2 | Теплоизоляция из пено-Требуется-пласта полистирольного определять ПСБ-С | 0,05 | 0,05 | Требуется определить |
| | 3 | Паронизоляция — 2 слоя гидронзола на битумной мастике | 0,004 | 0,30 | 0,013 |
| | 4 | Штукатурка цементно-песчаная | 0,020 | 0,93 | 0,022 |
| | 5 | Кладка кирпичная на цементном растворе | 0,380 | 0,81 | 0,469 |
| | 6 | Штукатурка сложным раствором | 0,020 | 0,93 | 0,022 |
| | | | | | $\Sigma \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,546$ |

1.3 Значения внутренняя стена

| Наименование и конструкция ограждения | № слоя | Наименование и материал слоя | Толщина δ_i , м | Коэффициент теплопроводности λ_i , Вт/(м·К) | Тепловое сопротивление $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² ·К/Вт |
|---------------------------------------|--------|------------------------------|------------------------|---|--|
|---------------------------------------|--------|------------------------------|------------------------|---|--|

Внутренняя стеновая панель



| | | | | |
|---|--|----------------------|------|----------------------|
| 1 | Панель из керамзитобетона ($\rho = 1100 \text{ кг/м}^3$) | 0,240 | 0,47 | 0,51 |
| 2 | Пароизоляция — 2 слоя гидроизола на битумной мастике | 0,004 | 0,30 | 0,013 |
| 3 | Теплоизоляция из пенопласта полистирольного ПСБ-С | Требуется определить | 0,05 | Требуется определить |
| 4 | Штукатурка сложным раствором по металлической сетке | 0,020 | 0,98 | 0,020 |

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,543$$

1.4 Значения покрытие

| Наименование и конструкция ограждения | № слоя | Наименование и материал слоя | Толщина δ_i , м | Коэффициент теплопроводности λ_i , Вт/(м · К) | Тепловое сопротивление $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² · К/Вт |
|---------------------------------------|--------|--|------------------------|---|---|
| Покрытие охлаждаемых помещений | 1 | 5 слоев гидроизола на битумной мастике | 0,012 | 0,3 | 0,040 |
| | 2 | Стяжка из бетона по металлической сетке | 0,040 | 1,86 | 0,022 |
| | 3 | Пароизоляция (слой пергамина) | 0,001 | 0,15 | Не учитываем |
| | 4 | Плитная теплоизоляция (пенопласт полистирольный марки ПСБ-С) | Требуется определить | 0,05 | Требуется определить |
| | 5 | Железобетонная плита покрытия | 0,035 | 2,04 | 0,017 |

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 0,079$$

1.5 Значения полы

| Наименование и конструкция ограждения | № слоя | Наименование и материал слоя | Толщина δ_i , м | Коэффициент теплопроводности λ_i , Вт/(м · К) | Тепловое сопротивление $R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$, м ² · К/Вт |
|---------------------------------------|--------|--|------------------------|---|---|
| Полы охлаждаемых помещений | 1 | Монолитное бетонное покрытие из тяжелого бетона | 0,040 | 1,86 | 0,022 |
| | 2 | Армобетонная стяжка | 0,080 | 1,86 | 0,043 |
| | 3 | Пароизоляция (1 слой пергамина) | 0,001 | 0,15 | Не учитываем |
| | 4 | Плитная теплоизоляция (пенопласт полистирольный ПСБ-С) | Требуется определить | 0,05 | Требуется определить |
| | 5 | Цементно-песчаный раствор | 0,025 | 0,98 | 0,026 |
| | 6 | Уплотненный песок | 1,35 | 0,58 | 2,338 |
| | 7 | Бетонная подготовка с электронагревателями | — | — | — |

$$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} = 2,43$$

2.3 Расчет толщины теплоизоляции

$$\delta_{\text{ИЗ}} = \lambda_{\text{ИЗ}} \left[\frac{1}{\kappa} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{Н}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{В}}} \right) \right]$$

где α_n и α_b – коэффициенты теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения Вт/(м²*К); κ – нормативный коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²*К); δ_i – толщина отдельных слоёв ограждения, (м); λ_i – коэффициент теплопроводности отдельных слоёв ограждения, Вт/(м*К); $\delta_{из}$ – толщина теплоизоляции; $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности теплоизоляции, Вт/(м*К)

2.3.1 Требуемые коэффициенты теплопередачи для пятой камеры хранения картофеля:

Для наружных стен: $k_{+4}^{mp}=0,44 \text{ Вт/}(м^2 \text{ К})$;

Для крыш: $k_{+4}^{mp}=0,21 \text{ Вт/}(м^2 \text{ К})$;

Для пола: $k_{+4}^{mp}=0,21 \text{ Вт/}(м^2 \text{ К})$;

В коридор: $k_{+4}^{mp}=0,27 \text{ Вт/}(м^2 \text{ К})$;

Между камерами: $k_{+4}^{mp}=0,44 \text{ Вт/}(м^2 \text{ К})$;

Наружные стены камера хранения картофеля:

$$\delta_{из} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,44} - \left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,07 = 70 \text{ мм}$$

$$\delta_{из} = 100 \text{ мм}$$

$$k_{из} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{из}}{\lambda}}$$

$$k_{из} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,05}} = 0,36 \text{ Вт/}(м^2 \text{ К})$$

Крыша камера хранения картофеля:

$$\delta_{из} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,44} - \left(2,43 + 0,079 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,145 = 145 \text{ мм}$$

$$\delta_{из} = 150 \text{ мм}$$

$$k_{из} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{из}}{\lambda}}$$

$$k_{из} = \frac{1}{\left(2,43 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,18 \text{ Вт/}(м^2 \text{ К})$$

Пол камера хранения картофеля:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,21} - \left(4,43 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,110 = 110 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 150 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(2,43 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,18 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Коридор камера хранения для картофеля:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,44} - \left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,08 = 80 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 100 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,1}{0,05}} = 0,432 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Стенка между камерами камера для хранения картофеля:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,44} - \left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,05 = 50 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 50 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,05}{0,05}} = 0,43 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

2.3.2 Требуемые коэффициенты теплопередачи для третьей камеры хранения говядины:

Для наружных стен: $k_{-25}^{mp} = 0,23 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$;

Для крыш: $k_{-25}^{mp} = 0,22 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$;

Для пола: $k_{-25}^{mp} = 0,22 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$;

В коридор: $k_{-25}^{mp} = 0,27 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$;

Между камерами: $k_{-25}^{mp} = 0,23 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$;

Наружние стены камера хранения говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,23} - \left(\frac{1}{23} + 0,524 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,18 = 180 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 200 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,524 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,2}{0,05}} = 0,36 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Крыша камера хранения говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,22} - \left(2,43 + 0,079 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,214 = 214 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 250 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(2,43 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,25}{0,05}} = 0,190 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Пол камера хранения говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,22} - \left(2,43 - \frac{1}{8} \right) \right] = 0,110 = 110 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 150 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(2,43 + \frac{1}{8} \right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,15 \text{ Вт/м}^2 \text{ К}$$

Коридор камера хранения для говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,18 = 180 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 200 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,2}{0,05}} = 0,21 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$$

Стенка между камерами камера для хранения говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,23} - \left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,18 = 180 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 200 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,2}{0,05}} = 0,27 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$$

2.3.2 Требуемые коэффициенты теплопередачи для шестой камеры замораживания говядины:

Для наружных стен: $k_{-25}^{mp} = 0,27 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$;

Для крыш: $k_{-25}^{mp} = 0,22 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$;

Для пола: $k_{-25}^{mp} = 0,19 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$;

В коридор: $k_{-25}^{mp} = 0,27 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$;

Между камерами: $k_{-25}^{mp} = 0,58 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$;

Наружние стены камера замораживания говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,13 = 130 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 150 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1}{\lambda_1} + \frac{1}{8} \right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,546 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,26 \text{ BmI}(\text{M}^2 \text{K})$$

Крыша камера замораживания говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,22} - \left(2,43 + 0,079 + \frac{1}{8} \right) \right] = 0,214 = 214 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 250 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1 + 1}{\lambda_1 + 8}\right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(2,43 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,25}{0,05}} = 0,190 \text{ BmI}(\text{m}^2 \text{K})$$

Пол камера замораживания говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,22} - \left(2,43 - \frac{1}{8}\right) \right] = 0,110 = 110 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 150 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1 + 1}{\lambda_1 + 8}\right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(2,43 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,15}{0,05}} = 0,15 \text{ BmI}(\text{m}^2 \text{K})$$

Коридор камера замораживания для говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,27} - \left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) \right] = 0,18 = 180 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 200 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1 + 1}{\lambda_1 + 8}\right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,2}{0,05}} = 0,21 \text{ BmI}(\text{m}^2 \text{K})$$

Стенка между камерами камера для хранения говядины:

$$\delta_{uz} = 0,05 * \left[\frac{1}{0,58} - \left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) \right] = 0,05 = 50 \text{ мм}$$

$$\delta_{uz} = 50 \text{ мм}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{d_y} + \sum \frac{\varepsilon_1 + 1}{\lambda_1 + 8}\right) + \frac{\delta_{uz}}{\lambda}}$$

$$k_{uz} = \frac{1}{\left(\frac{1}{23} + 0,543 + \frac{1}{8}\right) + \frac{0,05}{0,05}} = 0,5 \text{ BmI}(\text{m}^2 \text{K})$$

Таблица 1: Сводная таблица по произведенным расчетам изоляции:

| 1 камера | | | | |
|-----------------------|---------------|------------|-----|----------|
| Ограждение | $\delta_{из}$ | δ_k | k | k_ϕ |
| Наружная стена | 0,44 | 70 | 100 | 0,36 |
| Стенки между камерами | 0,44 | 50 | 50 | 0,584 |
| Стенки к коридору | 0,44 | 100 | 100 | 0,432 |
| Крыша | 0,44 | 145 | 150 | 0,18 |
| Пол | 0,21 | 150 | 150 | 0,18 |

Таблица 2: Сводная таблица по произведенным расчетам изоляции:

| 2 камера | | | | |
|-----------------------|---------------|------------|-----|----------|
| Ограждение | $\delta_{из}$ | δ_k | k | k_ϕ |
| Наружная стена | 0,44 | 70 | 100 | 0,36 |
| Стенки между камерами | 0,44 | 50 | 50 | 0,584 |
| Стенки к коридору | 0,44 | 100 | 100 | 0,432 |
| Крыша | 0,44 | 145 | 150 | 0,18 |
| Пол | 0,21 | 150 | 150 | 0,18 |

Таблица 3: Сводная таблица по произведенным расчетам изоляции:

| | | | | |
|-----------------------|---------------|------------|-----|----------|
| 3 камера | | | | |
| Ограждение | $\delta_{из}$ | δ_k | k | k_ϕ |
| Наружная стена | 0,23 | 180 | 200 | 0,21 |
| Стенки между камерами | 0,23 | 180 | 200 | 0,27 |
| Стенки к коридору | 0,22 | 214 | 250 | 0,19 |
| Крыша | 0,22 | 110 | 150 | 0,15 |
| Пол | 0,27 | 180 | 200 | 0,21 |

Таблица 4: Сводная таблица по произведенным расчетам изоляции:

| | | | | |
|-----------------------|---------------|------------|-----|----------|
| 4 камера | | | | |
| Ограждение | $\delta_{из}$ | δ_k | k | k_ϕ |
| Наружная стена | 0,23 | 180 | 200 | 0,21 |
| Стенки между камерами | 0,23 | 180 | 200 | 0,27 |
| Стенки к коридору | 0,22 | 214 | 250 | 0,19 |
| Крыша | 0,22 | 110 | 150 | 0,15 |
| Пол | 0,27 | 180 | 200 | 0,21 |

Таблица 5: Сводная таблица по произведенным расчетам изоляции:

| | | | | |
|-----------------------|---------------|------------|-----|----------|
| 5 камера | | | | |
| Ограждение | $\delta_{из}$ | δ_k | k | k_ϕ |
| Наружная стена | 0,23 | 180 | 200 | 0,21 |
| Стенки между камерами | 0,23 | 180 | 200 | 0,27 |
| Стенки к коридору | 0,22 | 214 | 250 | 0,19 |
| Крыша | 0,22 | 110 | 150 | 0,15 |
| Пол | 0,27 | 180 | 200 | 0,21 |

Таблица 6: Сводная таблица по произведенным расчетам изоляции:

| | | | | |
|-----------------------|---------------|------------|-----|----------|
| 6 камера | | | | |
| Ограждение | $\delta_{из}$ | δ_k | k | k_ϕ |
| Наружная стена | 0,27 | 130 | 150 | 0,26 |
| Стенки между камерами | 0,58 | 50 | 50 | 0,58 |
| Стенки к коридору | 0,27 | 180 | 200 | 0,21 |
| Крыша | 0,22 | 214 | 250 | 0,190 |
| Пол | 0,22 | 110 | 150 | 0,15 |

$$Q_{17} = 108 * \dot{t} \dot{t} \text{ (Стена к коридору)}$$

$$Q_{17} = \frac{432 * (35,92 - (-4))}{\frac{1}{0,19}} = 2619 \text{ Вт (Крыша)}$$

$$Q_{17} = \frac{432 * (2 - (-4))}{\frac{1}{0,18}} = -155,52 \text{ Вт (Пол)}$$

$$Q_{17} = \frac{115,2 * (4 - (-4))}{\frac{1}{0,584}} = 0 \text{ Вт (Стена между камерами с картофелем)}$$

$$Q_{17} = \frac{144 * (10 - (-4))}{\frac{1}{0,27}} = 544,32 \text{ Вт (Стена к служебным помещениям)}$$

Камера для заморозки говядины.

$$Q_{17} = \frac{72 * (10 - (-35))}{\frac{1}{0,27}} = 874,8 \text{ Вт (Стена к служебным помещениям)}$$

$$Q_{17} = \frac{108 * (10 - (-35))}{\frac{1}{0,432}} = 2099,52 \text{ Вт (Стена к коридору)}$$

$$Q_{17} = \frac{216 * (35,92 - (-35))}{\frac{1}{0,19}} = 2910,55 \text{ Вт (Крыша)}$$

$$Q_{17} = \frac{216 * (2 - (-35))}{\frac{1}{0,18}} = 1438,56 \text{ Вт (Пол)}$$

$$Q_{17} = \frac{108 * (10 - (-35))}{\frac{1}{0,36}} = 1749 \text{ Вт (Южная внутренняя стена)}$$

$$Q_{17} = \frac{72 * (35,92 - (-35))}{\frac{1}{0,36}} = 1838 \text{ Вт (Восточная наружная стена)}$$

Теплоприток через ограждающие конструкции, возникающих из-за действия солнечной радиации, которая определяется по рисунку:

Рис. 1.2: Избыточная разность температур от солнечной радиации.

Таблица 91

| Стена | Избыточная разность температур (в °С) при ориентации по сторонам горизонта | | | | | | | | | |
|--|--|-----|------|---------------|------|------|------|-----|-----|---|
| | Ю | | | ЮВ | ЮЗ | В | З | СВ | СЗ | С |
| | Географическая широта | | | | | | | | | |
| | 40° | 50° | 60° | от 40° до 60° | | | | | | |
| Бетонная | 5,9 | 8,0 | 9,8 | 8,8 | 10,0 | 9,8 | 11,7 | 5,1 | 5,6 | 0 |
| Кирпичная | 6,6 | 9,1 | 11,0 | 9,9 | 11,3 | 11,0 | 13,2 | 6,8 | 6,3 | 0 |
| Побеленная известью или покрытая светлой штукатуркой | 3,6 | 4,9 | 6,0 | 5,4 | 6,1 | 6,0 | 7,2 | 3,2 | 3,5 | 0 |
| Покрытая штукатуркой с окраской в темные тона | 5,1 | 7,1 | 8,5 | 7,7 | 8,5 | 8,5 | 10,2 | 4,5 | 4,9 | 0 |
| Облицованная белыми глазурованными плитками | 2,3 | 3,2 | 3,9 | 3,5 | 4,0 | 3,9 | 4,7 | 2,0 | 2,2 | 0 |

$$Q_{1C} = F * \Delta t / 1 / k_0,$$

Где Δt – дополнительная разность температур, возникающая из-за действия солнечной радиации.

Камера для хранения говядины

$$Q_{1C} = \frac{108 * 0}{1} = 0 \text{ (Север)}$$

$$Q_{1C} = \frac{180 * 11,7}{1} = 758 \text{ (Запад)}$$

$$Q_{1C} = \frac{540 * 17,7}{1} = 1452,816 \text{ (Потолок)}$$

Камера для хранения картофеля.

$$Q_{1C} = \frac{144 * 11,7}{1} = 485,2 \text{ Вт (Запад)}$$

$$Q_{1C} = \frac{108 * 8}{1} = 339,84 \text{ Вт (Юг)}$$

$$Q_{1C} = \frac{432 * 17,7}{1} = 1452,8 \text{ (Потолок)}$$

Камера для хранения говядины

$$Q_{1C} = \frac{72 * 11}{1} = 285,12 \text{ (Восток)}$$

$$Q_{1C} = \frac{216 * 17,7}{1} = 802,87 \text{ (Потолок)}$$

Таблица 4: Сводная таблица по произведенным расчетам Q_1 :

| № | Ограждение | F (м ²) | t _н (°C) | K _д (Вт/м ² *К) | t _{пм} (°C) | Δt (°C) | Q _{1Т} (Вт) | Q _{1С} (Вт) | Q ₁ (Вт) |
|-------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Камера 1 | СНС | 108 | 35,92 | 0,213 | -20 | 0 | 1286 | 0 | 1286 |
| Хранение говядины (-20) | ЗНС | 180 | 35,92 | 0,213 | -20 | 11,7 | 2143 | 758 | 2901 |
| | ВВС | 180 | 10 | 0,432 | -20 | 0 | 1458 | 0 | 1458 |
| | ЮВС | 108 | 10 | 0,19 | -10 | 0 | 4901 | 0 | 4901 |
| | Потолок | 540 | 35,92 | 0,19 | -20 | 17,7 | 5737 | 1452 | 7189 |
| | Пол | 540 | 2 | 0,18 | -20 | 0 | 1749 | 0 | 1749 |
| | Итого | | | | | | | | 19484 |

Таблица 4: Сводная таблица по произведенным расчетам Q_1 :

| № | Ограждение | F (м ²) | t _н (°C) | K _д (Вт/м ² *К) | t _{пм} (°C) | Δt (°C) | Q _{1Т} (Вт) | Q _{1С} (Вт) | Q ₁ (Вт) |
|-------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Камера 2 | СНС | 108 | 35,92 | 0,213 | -20 | 0 | 1286 | 0 | 1286 |
| Хранение говядины (-20) | ВВС | 180 | -20 | 0,432 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ЗВС | 180 | -20 | 0,584 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ЮВС | 108 | 10 | 0,19 | -10 | 0 | 4901 | 0 | 4901 |
| | Потолок | 540 | 35,92 | 0,19 | -20 | 17,7 | 5737 | 1452 | 7189 |
| | Пол | 540 | 2 | 0,18 | -20 | 0 | 1749 | 0 | 1749 |
| | Итого | | | | | | | | 15125 |

Таблица 4: Сводная таблица по произведенным расчетам Q_1 :

| № | Ограждение | F (м ²) | t _н (°C) | K _д (Вт/м ² *К) | t _{пм} (°C) | Δt (°C) | Q _{1Т} (Вт) | Q _{1С} (Вт) | Q ₁ (Вт) |
|---|------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------|
|---|------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------|

| | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|---------|-----|-------|-------|-----|------|------|------|-------|
| Камера 3 Хранение говядины (-20) | СНС | 108 | 35,92 | 0,213 | -20 | 0 | 1286 | 0 | 1286 |
| | ВВС | 180 | 10 | 0,432 | -20 | 0 | 1458 | 0 | 1458 |
| | ЗВС | 180 | -20 | 0,584 | -20 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ЮВС | 108 | 10 | 0,19 | -10 | 0 | 4901 | 0 | 4901 |
| | Потолок | 540 | 35,92 | 0,19 | -20 | 17,7 | 5737 | 1452 | 7189 |
| | Пол | 540 | 2 | 0,18 | -20 | 0 | 1749 | 0 | 1749 |
| | Итого | | | | | | | | 16583 |

Таблица 7: Сводная таблица по произведенным расчетам Q_1 :

| № | Ограждение | F (м ²) | t _н (°C) | K _д (Вт/м ² *К) | t _{пм} (°C) | Δt (°C) | Q _{1Т} (Вт) | Q _{1С} (Вт) | Q ₁ (Вт) |
|-------------------------------------|------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|-----------------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Камера 4 Хранение картофеля (+4) | СВС | 108 | 34,72 | 0,413 | +4 | 0 | 280 | 0 | 280 |
| | ВВС | 144 | +4 | 0,584 | +4 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | ЗНС | 144 | 35,92 | 0,36 | +4 | 11,2 | 1653 | 485,2 | 2138 |
| | ЮНС | 108 | 35,92 | 0,36 | +4 | 8 | 1241 | 339,8 | 1580,8 |
| | Потолок | 432 | 35,92 | 0,19 | +4 | 17,7 | 2619 | 1452,8 | 4071 |
| | Пол | 432 | 2 | 0,27 | +4 | 0 | -155 | 0 | -155 |
| | Итого | | | | | | | | 7914,8 |

Таблица 8: Сводная таблица по произведенным расчетам Q_1 :

| № | Ограждение | F (м ²) | t _н (°C) | K _д | t _{пм} | Δt | Q _{1Т} | Q _{1С} | Q ₁ |
|---|------------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|----------------|
|---|------------|---------------------|---------------------|----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|----------------|

Таблица 9: Сводная таблица по произведенным расчетам Q_1 :

| № | Ограждение | F (м ²) | t _н (°C) | K _д (Вт/м ² *К) | t _{пм} (°C) | Δt (°C) | Q _{1т} (Вт) | Q _{1с} (Вт) | Q ₁ (Вт) |
|---|------------|---------------------|---------------------|---------------------------------------|----------------------|---------|----------------------|----------------------|---------------------|
| Камера 6 Заморозка говядины (-35) | СВС | 108 | 10 | 0,432 | -35 | 0 | 2099 | 0 | 2099 |
| | ВНС | 72 | 35,92 | 0,36 | -35 | 11 | 1838 | 285,2 | 2123 |
| | ЗВС | 72 | 10 | 0,27 | -35 | 0 | 874,8 | 0 | 874,8 |
| | ЮВС | 108 | 10 | 0,36 | -35 | 0 | 1749 | 0 | 1749 |
| | Потолок | 216 | 34,72 | 0,19 | -35 | 17,7 | 2910 | 802 | 3712 |
| | Пол | 216 | 2 | 0,18 | -35 | 0 | 1438 | 0 | 1438 |
| | Итого | | | | | | | | 11996 |

2.4.2 Расчет теплопритоков Q_2

Теплоприток от грузов при их холодильной обработке зависит от суточного поступления продуктов в камеру, вида продукта, температуры при поступлении в камеру и выпуске из неё, а также от продолжительности обработки. Он рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = Q_{2_{np}} + Q_{2_m},$$

где $Q_{2_{np}}$ - теплоприток от продуктов, кВт;

Q_{2_m} - теплоприток от тары, кВт.

Теплоприток от продуктов рассчитывается по формуле:

$$Q_{2_{np}} = \frac{G_{сум} * (i_1 - i_2)}{(24 * 3600)},$$

где $M_{пр}$ - суточное поступление продуктов камеру, т/сут.;

Δi - разность энтальпий поступающего и выходящего продукта, кДж/(кг*К)

Суточное поступление для камер мяса - 6%, вместимость больше 500 тонн.

При этом подразумевается, что продукт поступает равномерно на протяжении дня и успевает полностью охладиться.

Теплоприток от тары рассчитывается по формуле:

$$Q_{2_m} = \frac{M_t * c_t * (t_1 - t_2) * 10^3}{24 * 3600},$$

Где M_t – суточное поступление тары, т/сут; c_t – теплоемкость тары, $\frac{кДж}{кг}$

Расчет вместимости для Q_2

$$F_{сп} = F_{стр} * \beta,$$

$$V_{сп} = F_{сп} * h_{сп},$$

$$G = V_{сп} * g_v,$$

$$G_{сум} = G * 8\%,$$

где β_k – коэффициент использования строительной площади; $F_{гр}$ – строительная площадь камеры, m^2 ; $F_{гр}$ – грузовая площадь камеры, m^2 ; $h_{гр}$ – высота штабеля, м; g - норма загрузки груза; G - вместимость камеры; $V_{гр}$ – грузовой объем камеры, m^3 .

Расчет Q_2 для камеры хранения говядины.

$$F_{сп} = 540 * 0,8 = 432 \text{ м}^2$$

$$V_{сп} = 432 * 3,6 = 1555,2 \text{ м}^3$$

$$G = 1552,5 * 0,80 = 1242 \text{ м}^3$$

$$G_{сум} = 1242 * 6\% = 74,52$$

$$i_1 = 42$$

$$i_2 = 0$$

$$Q_{2_{np}} = \frac{79520 * (42 - 0)}{(24 * 3600)} = 38,6 \text{ кВт/сут}$$

$$Q_{2m} = 4 * 2, \frac{3 * (42 - 0) * 10^3}{24 * 3600} = 4 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 38,6 + 4 = 42,6 \text{ кВт}$$

Расчет Q_2 для камеры хранения картофеля.

$$F_{zp} = 432 * 0,8 = 345,6 \text{ м}^2$$

$$V_{zp} = 345,6 * 3,6 = 1244,16 \text{ м}^3$$

$$G = 1244,16 * 0,30 = 373,248 \text{ м}^3$$

$$G_{cym} = 373,248 * 6\% = 22$$

$$i_1 = 309$$

$$i_2 = 287$$

$$Q_{2np} = \frac{22000 * (309 - 287)}{(24 * 3600)} = 5,6 \text{ кВт / сут}$$

$$Q_{2m} = 1,32 * 2, \frac{3 * (309 - 287) * 10^3}{24 * 3600} = 0,7 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 5,6 + 0,7 = 6,3 \text{ кВт}$$

Расчет Q_2 для камеры заморозки говядины.

$$F_{zp} = 216 * 0,8 = 172,8 \text{ м}^2$$

$$V_{zp} = 172,8 * 3,6 = 622,08 \text{ м}^3$$

$$G = 622,08 * 0,30 = 186,624 \text{ м}^3$$

$$G_{cym} = 186,624 * 100\% = 186,624$$

$$i_1 = 329$$

$$i_2 = 39$$

$$Q_{2np} = \frac{373243 * (329 - 39)}{(24 * 3600)} = 1252 \text{ кВт / сут}$$

$$Q_{2m} = 1,32 * 2, \frac{3 * (48 - 7) * 10^3}{24 * 3600} = 1,44 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 1252 + 1,44 = 1253,44 \text{ кВт}$$

2.4.3 Расчет теплопритоков Q_3

Теплоприток от наружного воздуха возникает в следствии установки вентиляции для камер хранения картофеля. Он рассчитывается по формуле:

$$Q_3 = M_{вз} * (i_n - i_в),$$

где $M_{вз}$ – массовый расход вентиляционного воздуха, кг/с; i_n , $i_в$ – удельные энтальпии наружного воздуха и воздуха в камере (определяются по приложению), кДж/кг.

$$i_H = 25,4; i_B = 16$$

Массовый расход вентиляционного воздуха (в кг/с) определяют, исходя из необходимости обеспечения кратности воздухообмена нескольких объемов в сутки:

$$M_{\text{вз}} = \frac{V_{\text{к}} * a * \rho_{\text{в}}}{24 * 3600},$$

где $V_{\text{к}}$ – объем вентилируемого помещения, м^3 ; a – кратность воздухообмена (равна 4); $\rho_{\text{в}}$ – плотность воздуха при температуре и относительной влажности воздуха в камере, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Расчет теплопритоков Q_3 для камеры с картофелем

$$M_{\text{вз}} = \frac{2592,6 * 3 * 1,2}{24 * 3600} = 0,10$$

$$Q_3 = 0,10 * (31,18 - 4,016) = 2,71 \text{ кВт}$$

2.4.4 Расчет теплопритоков Q_4

Эксплуатационные теплопритоки возникают вследствие освещения камер, нахождения в них людей, работы электрооборудования и открывания дверей. Теплоприток определяют для каждой камеры от имеющихся источников тепловыделений отдельно и определяют его как:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4,$$

Теплоприток от освещения q_1 считается по формуле:

$$Q_{4.1} = q_{4.1} * F_{\text{ин}},$$

где $q_{4.1}$ – относительная мощность светильников для помещений, $\text{Вт}/\text{м}^2$ (для производственных $q_{4.1} = 4 * 10^{-3} \text{ кВт}/\text{м}^2$); F – площадь камеры, м^2 .

Теплоприток от людей q_2 считается по формуле:

$$Q_{4.2} = q_{4.2} * F_{\text{ин}},$$

Где $q_{4.2}$ – относительная мощность ЭД-ей в помещениях, оборудованных воздухоохладителями (для камер хранения – 0,01-0,02).

Теплоприток от работы электрооборудования q_3 считается по формуле:

$$Q_{4.3} = 0,35 * n,$$

где n – число человек в помещении, для камер площадью до 200 м² 2-3 человека, а в камерах более 200 м² – 3-4 человека; 0,35 - тепловыделение одного человека при тяжелой физической работе, кВт.

Теплоприток при открывании дверей q_4 считается по формуле:

$$Q_{4.4} = \beta * F_{дн} * (1 - \eta_{д.н}) * q_{4.4},$$

где β – коэффициент продолжительности открытия дверей (0,3 для распределительных холодильников); $F_{дн}$ - площадь дверного проема; $\eta_{д.н}$ – коэффициент эффективности средств теплозащиты (для теплового шлюза 0,8); $q_{4.1}$ - тепловой поток, отнесенный к площади дверного проема, кВт/м²

Расчет Q_4 для камеры хранения говядины.

$$Q_{4.1} = 4 * 10^{-3} * 540 = 2,16 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.2} = 0,02 * 540 = 10,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.3} = 0,35 * 3 = 1,05 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.4} = 0,3 * 6 * (1 - 0,8) * 5 = 1,8 \text{ кВт}$$

Расчет Q_4 для камеры хранения картофеля.

$$Q_{4.1} = 4 * 10^{-3} * 432 = 1,728 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.2} = 0,02 * 432 = 8,64 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.3} = 0,35 * 3 = 1,05 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.4} = 0,3 * 6 * (1 - 0,8) * 3,1 = 1,16 \text{ кВт}$$

Расчет Q_4 для камеры заморозки говядины.

$$Q_{4.1} = 4 * 10^{-3} * 216 = 0,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.2} = 0,02 * 216 = 4,32 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.3} = 0,35 * 3 = 1,05 \text{ кВт}$$

$$Q_{4.4} = 0,3 * 6 * (1 - 0,8) * 3,1 = 1,16 \text{ кВт}$$

2.4.5 Расчет теплопритока Q_5 .

Теплопритоки от фруктов и овощей при «дыхании» считают на

специализированных холодильниках для хранения фруктов и овощей, а так же в камерах распределительных холодильников.

Расчёт Q_5 (в кВт) можно определить по формуле:

$$Q_5 = B_k * (0,1 * q_n + 0,9 * q_{xp}) * 10^{-3},$$

где B_k – вместимость камеры, т; q_n, q_{xp} – тепловыделения плодов при температурах поступления и хранения (определяются по приложению), Вт/т.
 $q_n = 121$ при $+10^\circ\text{C}$, $q_{xp} = 21$ при $+4^\circ\text{C}$ для яблок

Расчет Q_5 для камеры хранения картофеля.

$$Q_5 = 1152 * (0,1 * 121 + 0,9 * 21) * 10^{-3} = 36 \text{ кВт}$$

Таблица 6: Сводная таблица по произведенным расчетам Q:

| Камера | Q ₁ , Вт | Q ₂ , Вт | Q ₃ , Вт | Q ₄ , Вт | 0,75Q ₄ , Вт | Q ₅ , Вт | Q _{об} , Вт | Q _к , Вт |
|--------|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|---------------------|
| 1 | 19484 | 42600 | 0 | 15810 | 11875 | 0 | 77894 | 73959 |
| 2 | 15125 | 42600 | 0 | 15810 | 11875 | 0 | 73535 | 69600 |
| 3 | 16583 | 42600 | 0 | 15810 | 11875 | 0 | 74993 | 71058 |
| 4 | 7914,8 | 6300 | 273 0 | 12578 | 9433,5 | 3600 0 | 65522,8 | 62378,3 |
| 5 | 6678,6 | 6300 | 273 0 | 12578 | 9433,5 | 3600 0 | 64286,6 | 61142,1 |
| 6 | 11996 | 58440 | 0 | 1253440 | 940080 | 0 | 1323876 | 1010516 |
| | | | | | | | Итого, кВт | 1) 1680,1 |
| | | | | | | | | 2) 1348,6 |

2.5 Выбор температурного режима работы холодильной установки.

Выбор типа холодильного агента.

2.5.1 Выбор температурного режима.

Температура кипения в установках с непосредственным охлаждением принимают в зависимости от температуры воздуха в камере. Во избежание усушки для камер хранения свинины $D_o = 8 \div 10^\circ\text{C}$. Следовательно, для масла - 35°C . Для яблок - 6°C .

Температура конденсации для воздушных конденсаторов принимается на $6-15^\circ\text{C}$ выше температуры наружного воздуха. Следовательно, $t_c = 36^\circ\text{C}$.

2.5.2 Выбор типа холодильного агента и принципиальная схема.

Фреон является наиболее перспективным среди природных веществ, которые используются в качестве рабочих тел в холодильных установках и знаком под обозначением R717.

По термодинамическим свойствам аммиак - один из лучших хладагентов: по объемной холодопроизводительности он значительно превышает R12, R11, R22 и R502, имеет более высокий коэффициент теплоотдачи, что позволяет применять в теплообменных аппаратах трубы меньшего диаметра при заданной холодопроизводительности. Из-за резкого запаха аммиака появление течи в холодильной системе легко обнаруживается обслуживающим персоналом. Именно по этим причинам R717 нашел широкое применение в крупных холодильных установках. Хладагент R717 имеет низкую стоимость

Рис 1.3 Диаграмма R717:

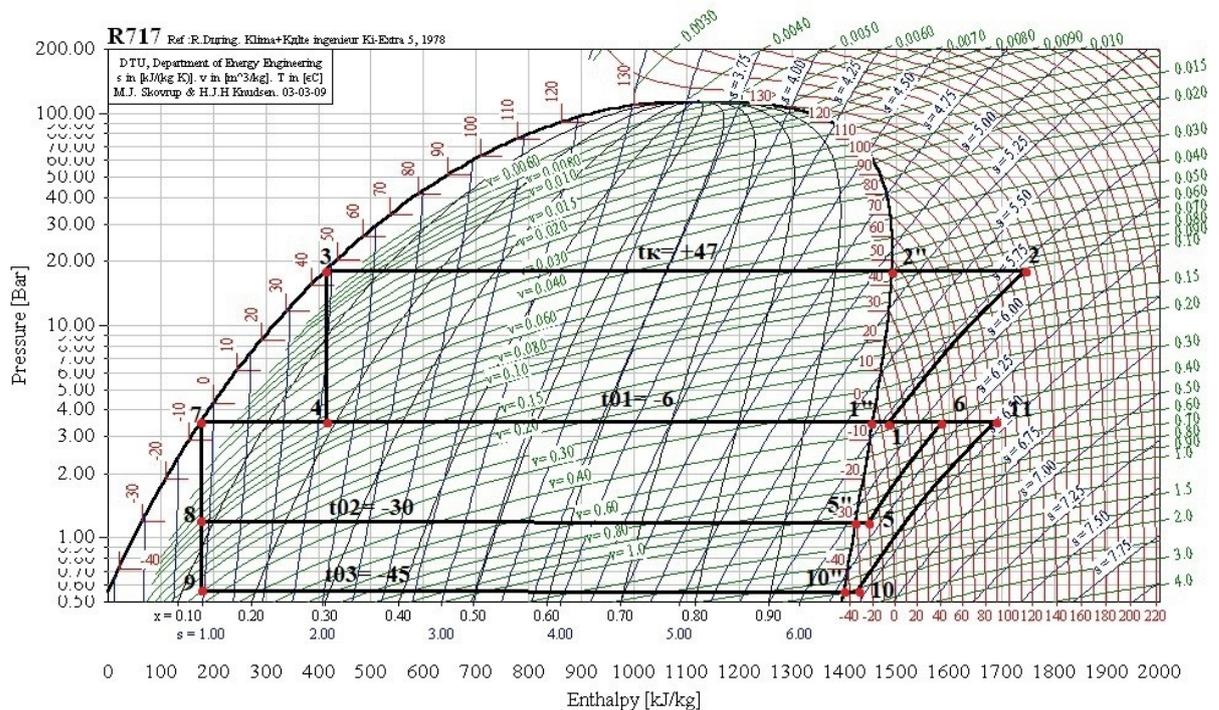
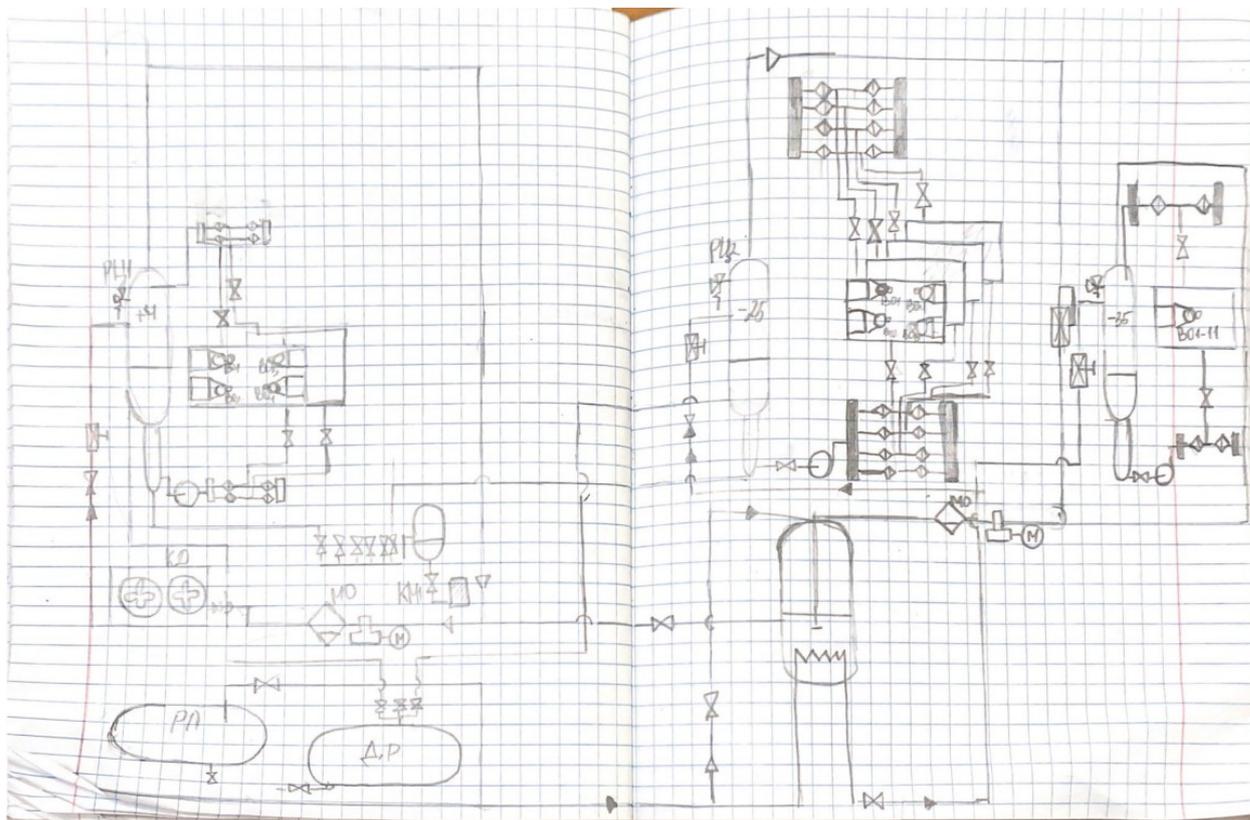


Таблица 7: Основные параметры цикла:

| | 1 | 1'' | 2 | 2'' | 3 | 4 | 5 | 5'' | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 10'' |
|-----------------------------------|------|-------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| t, °C | 6 | -6 | 130 | 47 | 47 | -6 | -20 | -30 | 50 | -6 | -30 | -45 | -45 | -35 |
| P, бар | 1,19 | 1,19 | 3,41 | 3,41 | 3,41 | 15,5 | 15,5 | 15,5 | 3,41 | 3,41 | 1,19 | 15,5 | 3,41 | 1,19 |
| i, $\frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ | 1490 | 1460 | 1750 | 1490 | 400 | 400 | 1470 | 1458 | 1590 | 190 | 190 | 190 | 1415 | 1400 |
| V, м ³ | 0,4 | 0,375 | 0,099 | 0,08 | - | 0,08 | 1,15 | 1,1 | 0,5 | - | 0,09 | 0,3 | 1,5 | 1,55 |

Рис 1.4 Принципиальная схема:



2.6 Расчет и подбор компрессоров.

2.6.1 Подбор компрессора нижней ступени

В компрессор нижней ступени поступает пар из воздухоохлаждателей камер мяса, и определяется по формуле:

$$M_n = \frac{Q_k}{q_0},$$

Где q_0 - удельная холодопроизводительность, кДж/кг; Q_k - требуемая холодопроизводительность, кВт; M_n - массовый расход

Требуемая холодопроизводительность компрессора складывается из теплопритоков в камеры масла и равна 233 кВт

2.6.1.1 Удельная холодопроизводительность считается по формуле:

$$q_{0(-35)} = i_1 - i_8,$$

где i_1 и i_8 - энтальпии R717 в точках 1 и 8.

$$q_{0(-35)} = 1410 - 180 = 1230 \text{ кДж/кг}$$

2.6.1.2 Массовый расход:

$$M_{n(-35)} = \frac{1770,58}{1230} = 1,4 \text{ кг/с}$$

2.6.1.3 Объемный расход:

$$V_0 = M_{n(-35)} * V_{1-},$$

где V_{1-} – удельный объем хладагента в соответствующей точке.

$$V_0 = 1,4 * 1,5 = 2,1 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.6.1.4 Расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов:

$$Q_{o.p} = a_{nm} * Q_m / b,$$

Где a_{nm} - коэффициент, учитывающий потери (смотреть приложение); b - коэффициент рабочего времени ($b=0,8$).

$$Q_{o.p} = 1,07 * 1323,8 / 0,8 = 1770,58 \text{ кДж}$$

2.6.1.5 Требуемая подача:

$$V_{mp} = Q_{o.p} * V_{1-} / (q_0 * \lambda),$$

где V_{1-} - удельный объем хладагента в соответствующей точке; q_0 - холодопроизводительность, кВт; λ - коэффициент подачи компрессора.

$$V_{mp} = 1770,58 * 1,5 / (1230 * 0,78) = 9720 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Подбираем аммиачный винтовой компрессор, открытого типа, GEA Grasso LT XG 980 $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, в количестве 10 штук.

2.6.1.1 Удельная холодопроизводительность считается по формуле:

$$q_{0(-20)} = i_1 - i_8,$$

где i_1 и i_8 - энтальпии R717 в точках 1 и 8.

$$q_{0(-20)} = 1410 - 180 = 1230 \text{ кДж/кг}$$

2.6.1.2 Массовый расход:

$$M_{n(-20)} = \frac{303}{1230} = 0,24 \text{ кг/с}$$

2.6.1.3 Объемный расход:

$$V_0 = M_{n(-20)} * V_1,$$

где V_1 – удельный объем хладагента в соответствующей точке.

$$V_0 = 0,2 * 1,5 = 0,3 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.6.1.4 Расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов:

$$Q_{o.p} = a_{nm} * Q_m / b,$$

Где a_{nm} – коэффициент, учитывающий потери (смотреть приложение); b – коэффициент рабочего времени ($b=0,8$).

$$Q_{o.p} = 1,07 * 226,4 / 0,8 = 303 \text{ кВт}$$

2.6.1.5 Требуемая подача:

$$V_{mp} = Q_{o.p} * V_1 / (q_0 * \lambda),$$

где V_1 – удельный объем хладагента в соответствующей точке; q_0 – холодопроизводительность, кВт; λ – коэффициент подачи компрессора.

$$V_{mp} = 303 * 1,5 / (1230 * 0,78) = 1692 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Подбираем аммиачный винтовой компрессор, открытого типа, фирмы Bitzer модели OSKA9583-K 805/972, в количестве двух штук.

2.6.2 Подбор компрессора верхней ступени

Требуемая холодопроизводительность компрессора складывается из теплопритоков в камеры картофеля и равна 129,8 кВт

Массовый расход будет считаться по формуле:

$$M_{\epsilon} = \frac{Q_0}{q_0} + \frac{M_n * (i_2 - i_3)}{(i_3 - i_6)} + M_n + \frac{M_n * (i_5 - i_5)}{(i_3 - i_6)},$$

2.6.2.1 Удельная холодопроизводительность считается по формуле:

$$q_{0(+4)} = i_3 - i_6,$$

где i_3 и i_6 – энтальпии R717 в точках 3 и 6.

$$q_{0(+4)} = 1465 - 397 = 1068 \text{ кДж/кг}$$

2.6.2.2 Массовый расход:

$$M_{\epsilon} = \frac{129,8}{1068} + 1 + \frac{6 * (1680 - 1454)}{(1470 - 390)} + 1,6 + 1 + \frac{6 * (400 - 190)}{(1470 - 390)} = 2,36 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.6.2.3 Объемный расход:

$$V_0 = M_{\epsilon(+4)} * V_3,$$

где V_3 – удельный объем хладагента в соответствующей точке.

$$V_0 = 2,36 * 0,37 = 0,87 \text{ м}^3/\text{с}$$

2.6.2.4 Расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов:

$$Q_{o.p} = \frac{1,05 * Q_k / b}{q_0},$$

где Q_k – требуемая холодопроизводительность, кВт; b – коэффициент рабочего времени ($b=0,8$); q_0 – удельная холодопроизводительность, кДж/кг

$$Q_{o.p} = \frac{1,05 * 129,8 / 0,8}{1268} = 60 \text{ Дж}$$

2.6.2.5 Требуемая подача:

$$V_{mp} = \frac{V_0}{\lambda},$$

где V_0 – объемный расход; q_0 – холодопроизводительность, кВт; λ – коэффициент подачи компрессора.

$$V_{mp} = \frac{0,87}{0,7} = 4320 \text{ м}^3/\text{ч}$$

Подбираем аммиачный винтовой компрессор, открытого типа, GEA Grasso LT Y 2390 $\frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$, в количестве двух штук.

2.7 Расчет и подбор маслоотделителей.

2.7.1. Подбор для нижней ступени.

2.7.1.1 Массовый расход:

$$G_a = Q_{km}^p / q_0,$$

где Q_{km}^p – расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов; q_0 – удельная холодопроизводительность компрессора нижней ступени.

$$G_a = 233,75 / 1268 = 0,18$$

2.7.1.2 Объем нагнетательного трубопровода

$$V_{наг} = G_a * U_{наг},$$

$$V_{наг} = 0,18 * 1,102 = 0,19 \text{ м}^3$$

$$D_{наг} \geq \sqrt{\frac{4 * V_{наг}}{\pi * (\omega)_{дон}}},$$

где $V_{наг}$ – действительная объемная производительность компрессорного агрегата, $\text{м}^3/\text{с}$; $(\omega)_{дон}$ – скорость движения пара в аппарате, $\text{м}/\text{с}$

$$D_{нв} \geq \sqrt{\frac{4 * 0,19}{\pi * 0,4}} = 0,49$$

Подбираем маслоотделитель Ижевскхиммаш 150-М вместимостью 0,59 м²

2.7.2. Подбор для верхней ступени.

2.7.2.1 Массовый расход:

$$G_a = Q_{км}^p / q_0,$$

где $Q_{км}^p$ – расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов; q_0 – удельная холодопроизводительность компрессора нижней ступени.

$$G_a = 67,03 / 1068 = 0,062$$

2.7.2.2 Объем нагнетательного трубопровода

$$V_{наг} = G_a * U_{наг},$$

Где $U_{наг}$ -

$$V_{наг} = 0,062 * 0,4 = 0,0248 \text{ м}^3$$

$$D_{нв} \geq \sqrt{\frac{4 * V_{наг}}{\pi * (\omega)_{дон}}},$$

где $V_{наг}$ - действительная объемная производительность компрессорного агрегата, м³/с; $(\omega)_{дон}$ - скорость движения пара в аппарате, м/с

$$D_{нв} \geq \sqrt{\frac{4 * 0,0248}{\pi * 0,4}} = 0,177$$

Подбираем маслоотделитель Ижевскхиммаш 125-М вместимостью 0,32 м²

2.8 Расчет и подбор конденсатора.

2.8.1 Расчетная производительность конденсатора:

$$Q_0 = M_e * (i_2 - i_3),$$

где M_e - массовый расход, м³/с; i_3 - энтальпия R717 в точке 3; i_2 - энтальпия R717 в точке 2.

$$Q_0 = 2,36 * (1740 - 395) = 3174,2 \text{ кВт}$$

Подбираем аммиачный воздушный конденсатор GUNTNER AGVH

090.1A/2x5, в количестве 3 штук.

2.9 Расчет и подбор воздухоохладителя.

2.9.1 Расчетное значение площади теплопередающей поверхности воздухоохладителей:

$$F_0 = \frac{Q_0}{k_{\text{вс}} * \theta_{\text{вс}}},$$

где Q_0 - расчетная тепловая нагрузка на воздухоохладители, Вт; $k_{\text{вс}}$ - коэффициент теплопередачи ($k_0=14$); $\theta_{\text{вс}}$ - разность температур теплообменных сред ($\theta_{\text{вс}}=10$).

2.9.1.1 Расчет площади теплопередающей поверхности для 1 камеры хранения говядины:

$$F_{0(-25)} = \frac{73959}{13,5 * 10} = 623,05 \text{ м}^2$$

Подбираем 4 воздухоохладителя на 1 камеру марки Guntner GHS 071E/110
 $F=159 \text{ м}^2$.

2.9.1.2 Расчет площади теплопередающей поверхности для 2 камеры хранения говядины:

$$F_{0(-25)} = \frac{69600}{13,5 * 10} = 547 \text{ м}^2$$

Подбираем 4 воздухоохладителя на 2 камеру марки Guntner GHS 066C/210
 $F=143 \text{ м}^2$.

2.9.1.3 Расчет площади теплопередающей поверхности для 3 камеры хранения говядины:

$$F_{0(-25)} = \frac{71058}{13,5 * 10} = 526 \text{ м}^2$$

Подбираем 4 воздухоохладителя на 3 камеру марки Guntner GHS 066C/210
 $F=143 \text{ м}^2$.

2.9.1.4 Расчет площади теплопередающей поверхности для 4 камеры хранения картофеля:

$$F_{0(+4)} = \frac{62378,3}{15 * 10} = 415 \text{ м}^2$$

Подбираем 4 воздухоохладителя на 4 камеру марки Guntner GHS 041D/25
 $F=103,7 \text{ м}^2$.

2.9.1.5 Расчет площади теплопередающей поверхности для 5 камеры хранения картофеля:

$$F_{0(+4)} = \frac{61142,1}{10 * 10} = 611 \text{ м}^2$$

Подбираем 4 воздухоохладителя на 5 камеру марки Guntner GHS 081D/110
 $F=153 \text{ м}^2$.

2.9.1.6 Расчет площади теплопередающей поверхности для 6 камеры заморозки говядины:

$$F_{0(-35)} = \frac{1010516}{13,5 * 10} = 7485 \text{ м}^2$$

Подбираем 8 воздухоохладителей на 6 камеру марки Guntner GHS 081E/38
 $F=838 \text{ м}^2$.

2.10 Расчет и подбор вспомогательного оборудования и магистральных трубопроводов.

Ко вспомогательному оборудованию относят маслоотделители, ресиверы, насосы. Насосы подбирают исходя из объемного расхода и хладагента. Так для аммиака необходимы герметичные насосы без медных частей и помпой из полимера. Насосы располагают как можно ближе к ресиверам. В сами камеры хладагент будет поступать из жидкостного коллектора через ТРВ, установленный для каждой камеры. Ресивер - емкость для хранения жидкого хладагента для равномерной подачи хладагента в испаритель и создания запаса хладагента в системе. Подбирается исходя из внутренних объемов системы.

2.10.1 Расчет и подбор маслоотделителей.

2.10.1.1 Подбор для нижней ступени.

Массовый расход:

$$G_a = Q_{км}^p / q_0,$$

где $Q_{км}^p$ – расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов; q_0 – удельная холодопроизводительность компрессора нижней ступени.

$$G_a = 1770,58 / 1230 = 1,4$$

Объем нагнетательного трубопровода:

$$V_{наг} = G_a * U_{наг},$$

Где $U_{наг}$ -

$$V_{наг} = 1,4 * 1,5 = 2,1 \text{ м}^3$$

$$D_{нв} \geq \sqrt{\frac{4 * V_{наг}}{\pi * (\omega)_{дон}}},$$

где $V_{наг}$ - действительная объемная производительность компрессорного агрегата, $м^3/с$; $(\omega)_{дон}$ - скорость движения пара в аппарате, $м/с$

$$D_{нв} \geq \sqrt{\frac{4 * 2,1}{\pi * 1,001}} = 1,6$$

Подбираем маслоотделитель Ижевскхиммаш 300-М вместимостью 3,6 $м^2$

2.10.1.2 Подбор для нижней ступени.

Массовый расход:

$$G_a = Q_{км}^p / q_0,$$

где $Q_{км}^p$ – расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов; q_0 - удельная холодопроизводительность компрессора нижней ступени.

$$G_a = 303 / 1230 = 0,24$$

Объем нагнетательного трубопровода:

$$V_{наг} = G_a * U_{наг},$$

Где $U_{наг}$ -

$$V_{наг} = 0,24 * 1,15 = 0,276 \text{ м}^3$$

$$D_{нв} \geq \sqrt{\frac{4 * V_{наг}}{\pi * (\omega)_{дон}}},$$

где $V_{наг}$ - действительная объемная производительность компрессорного агрегата, $м^3/с$; $(\omega)_{дон}$ - скорость движения пара в аппарате, $м/с$

$$D_{нв} \geq \sqrt{\frac{4 * 0,276}{\pi * 1,001}} = 0,59$$

Подбираем маслоотделитель Ижевскхиммаш 150-М вместимостью 0,59 $м^2$

2.10.1.2 Подбор для верхней ступени.

Массовый расход:

$$G_a = Q_{км}^p / q_0,$$

где $Q_{км}^p$ – расчетная холодопроизводительность компрессорных агрегатов; q_0 - удельная холодопроизводительность компрессора нижней ступени.

$$G_a = 129,8 / 1068 = 0,121$$

Объем нагнетательного трубопровода

$$V_{наг} = G_a * U_{наг},$$

Где $U_{наг}$ -

$$V_{наг} = 0,121 * 0,4 = 0,0484 \text{ м}^3$$

$$D_{наг} \geq \sqrt{\frac{4 * V_{наг}}{\pi * (\omega)_{дон}}},$$

где $V_{наг}$ - действительная объемная производительность компрессорного агрегата, $\text{м}^3/\text{с}$; $(\omega)_{дон}$ - скорость движения пара в аппарате, $\text{м}/\text{с}$

$$D_{наг} \geq \sqrt{\frac{4 * 0,0484}{\pi * 1,001}} = 0,248$$

Подбираем маслоотделитель Ижевскхиммаш 125-М вместимостью 0,32 м^2

2.10.2 Расчет трубопроводов.

Площадь поперечного сечения труб:

$$f_{тр} = \frac{\pi * d_{вн}^2}{4},$$

где $d_{вн}^2$ - внутренний диаметр трубопровода, м^2

Диаметр круглой трубы:

$$d_{вн} = \sqrt{\frac{4 * M}{\pi * \rho * \omega}},$$

где ρ - плотность жидкости, $\text{кг}/\text{м}^3$ (для нагнетательного трубопровода камера +4 $\rho=3,92$; для нагнетательного трубопровода камера -25 $\rho=0,940$; для всасывающего трубопровода камера +4 $\rho=3,45$; для всасывающего трубопровода камера -25 $\rho=1,3$); ω - скорость жидкости, $\text{м}/\text{с}$ (для всасывающего $\omega=13$; для нагнетательного $\omega=15$).

2.10.2.1 Расчет диаметра круглой трубы для нагнетания камер -25 и +4 градуса.

$$d_{вн(-20)} = \sqrt{\frac{4 * 0,2}{\pi * 0,940 * 15}} = 0,134 \text{ м}$$

$$d_{вн(+4)} = \sqrt{\frac{4 * 2,36}{\pi * 3,92 * 15}} = 0,22 \text{ м}$$

$$d_{вн(-35)} = \sqrt{\frac{4 * 1,4}{\pi * 0,830 * 15}} = 0,37 \text{ м}$$

2.10.2.2 Расчет диаметра круглой трубы для всасывания камер -25 и +4 градуса.

$$d_{вн(-20)} = \sqrt{\frac{4 * 0,2}{\pi * 1,3 * 13}} = 0,12 \text{ м}$$

$$d_{вн(+4)} = \sqrt{\frac{4 * 2,36}{\pi * 3,45 * 13}} = 0,25 \text{ м}$$

$$d_{вн(-35)} = \sqrt{\frac{4 * 1,4}{\pi * 1,1 * 13}} = 0,35 \text{ м}$$

2.10.2.3 Расчет площади поперечного сечения труб для нагнетания камер -25 и +4 градуса.

$$f_{мп(-20)} = \frac{\pi * (0,134)^2}{4} = 0,014 \text{ м}^2$$

$$f_{мп(+4)} = \frac{\pi * (0,22)^2}{4} = 0,04 \text{ м}^2$$

$$f_{мп(-35)} = \frac{\pi * (0,37)^2}{4} = 0,107 \text{ м}^2$$

2.10.2.4 Расчет площади поперечного сечения труб для всасывания камер -25 и +4 градуса.

$$f_{мп(-20)} = \frac{\pi * (0,12)^2}{4} = 0,011 \text{ м}^2$$

$$f_{мп(+4)} = \frac{\pi * (0,25)^2}{4} = 0,05 \text{ м}^2$$

$$f_{мп(-35)} = \frac{\pi * (0,35)^2}{4} = 0,09 \text{ м}^2$$

$$V_{в.м.(-20)} = 0,011 * 120 = 1,32 \text{ м}^3$$

$$V_{в.м.(-45)} = 0,09 * 120 = 10,8 \text{ м}^3$$

$$V_{в.м.(+4)} = 0,05 * 60 = 3 \text{ м}^3$$

2.10.3 Расчет ресиверов.

Расчет и подбор ресиверов заключается в определении необходимой для данной системы вместимости сосуда, которая зависит от способа подачи хладагента в систему охлаждения. Циркуляционные ресиверы устанавливаются в насосно-циркуляционных схемах отдельно на каждую температуру кипения.

Можно использовать как горизонтальные ресиверы в комплекте с отделителями жидкости, так и вертикальные ресиверы, одновременно

выполняющие роль отделителей жидкости и емкости. Расчет емкости ресиверов производят согласно правилам устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок. Ресиверы подбирают по объему, который определяют в зависимости от назначения ресивера при условии его заполнения согласно схеме.

2.10.3.1 Расчет и подбор линейного ресивера.

Вместимость линейного ресивера:

$$V_{л.р} = 0,4 * (V_{\sigma} + V_{\sigma.o}),$$

где V_{σ} – геометрический объем труб батарей, m^3 ; $V_{\sigma.o}$ – геометрический объем труб воздухоохладителей, m^3 .

Примечание: V_{σ} – мы не берем в расчет, так как у нас в камерах нет батарей.

$$V_{л.р} = 0,4 * 2,9 = 1,16 m^3$$

Подбираем ресивер Guntner AS-HN-1,22 с вместимостью 1215,5

2.10.3.2 Расчет и подбор циркуляционного ресивера.

Вместимость циркуляционного ресивера:

$$V_{ц.р} = k (V_{нт} + 0,2 * V_{\sigma} + 0,5 * V_{\sigma.o} + 0,3 * V_{\sigma.т}),$$

где $V_{нт}$ – геометрический объем нагнетательного трубопровода аммиачного насоса, m^3 ; $V_{\sigma.т}$ – геометрический объем трубопровода совмещенного отсоса паров и слива жидкости, m^3 .

Примечание: V_{σ} мы не берем в расчет, так как в камерах нет батарей.

Геометрический объем нагнетательного трубопровода:

$$V_{нт} = \frac{\pi * l * d_{вн}^2}{4},$$

где l – длина трубопровода, м; $d_{вн}^2$ – внутренний диаметр трубопровода, m^3

Для камеры $-20^{\circ}C$:

$$V_{н.т.} = \frac{\pi * 120 * 0,014^2}{4} = 0,01 m^3$$

Для камеры $+4^{\circ}C$:

$$V_{н.т.} = \frac{\pi * 60 * 0,04^2}{4} = 0,075 m^3$$

Для камеры -35°C:

$$V_{н.т.} = \frac{\pi * 120 * 0,107^2}{4} = 1,07 \text{ м}^3$$

Геометрический объем трубопровода совмещенного отсоса паров и слива жидкости:

$$V_{вт} = f_{тр} * l,$$

где $f_{тр}$ - площадь поперечного сечения труб, м; l- длина трубопровода, м.

$$V_{в.т.}(-20) = 0,011 * 120 = 1,32 \text{ м}^3$$

$$V_{в.т.}(-45) = 0,09 * 120 = 10,8 \text{ м}^3$$

$$V_{в.т.}(+4) = 0,05 * 60 = 3 \text{ м}^3$$

$$V_{ц.р.(-20)} = 2 * (0,01 + 0,5 * 0,844 + 0,3 * 1,32) = 1,7$$

На 1,2 и 3 камер для хранения говядины подбираем

циркуляционный ресивер Guntner AS-ND-1,90 l=1898,4

$$V_{ц.р.} = 2 * (0,075 + 0,5 * 0,452 + 0,3 * 3) = 2,402$$

На 4 и 5 камеру для хранения картофеля подбираем циркуляционный ресивер Guntner AS-ND-2,80 l=2803,2

$$V_{ц.р.} = 2 * (1,07 + 0,5 * 2,528 + 0,3 * 10,8) = 11,148$$

На 6 камеру для заморозки говядины подбираем циркуляционный ресивер Guntner AS-ND-11,18 l=11183

2.10.4 Расчет и подбор насосов.

Для расчета насоса необходимо знать суммарный массовый расход

хладагента для данных камер и удельный объем хладагента в состоянии

ненасыщенной жидкости. Также необходимо принять кратность циркуляции, для верхней подачи, равную 5, для нижней 5.

$$V_{нр} = Q_{тр} * n / (r_0 * p_{ж}),$$

где $Q_{тр}$ - теплоприток при i- температуре кипения, кВт; n- кратность циркуляции хладагента; $p_{ж}$ - требуемое давление, Па.

Подбор насоса для камеры говядины при температуре -20°C:

$$V_{нр(-20)} = 303 * 5 / (1230 * 3,92) = 0,31 \text{ м}^3/\text{с}$$

Подбираем насос для 1, 2 и 3 камеры ГИДРОМАШСЕРВИС 1D1250-125a

$$V=0,319 \text{ м}^3/\text{с}$$

$$V_{np(+4)} = 60 * 5 / (1465 * 0,940) = 0,217 \text{ м}^3/\text{с}$$

Подбираем насос на 4 и 5 камеру ГИДРОМАШСЕРВИС 1D800-56 $V=0,220$
 $\text{м}^3/\text{с}$

$$V_{np(-35)} = 1770,58 * 5 / (1410 * 3,92) = 1,6 \text{ м}^3/\text{с}$$

Подбираем насос для 6 камеры ГИДРОМАШСЕРВИС 1D1250-125a $V=0,319$
 $\text{м}^3/\text{с}$

2.10.6 Подбор маслосборника.

Берем маслосборник марки Frigpoint FP-OR-25,0 – 8 шт.

2.11 Принятая схема холодильной установки.

В данной схеме применена установка с двумя одноступенчатыми агрегатами и верхней подачей хладагента в приборы охлаждения.

В воздухоохладители кипит холодильный агент, забирая теплоту из охлаждающего помещения. Затем через паровой коллектор пар поступает в циркуляционный ресивер, где отделяется от захваченных капелек жидкости. Затем пар всасывается нижней ступенью компрессора, где адиабатно сжимается до промежуточного давления, затем пар охлаждается в промежуточном сосуде до состояния насыщенного пара, впоследствии пар перегревается и всасывается верхней ступенью агрегата, где адиабатно сжимается до конечного давления конденсации.

Потом пар поступает в воздушные конденсаторы, где от пара отводится теплота, для интенсификации процесса охлаждения и конденсации он имеет принудительный обдув вентиляторами. Жидкий холодильный агент стекает в линейный ресивер, из которого потом жидкий хладагент идет на циркуляционный ресивер. С циркуляционного ресивера хладагент идет в промежуточный сосуд, затем возвращается в циркуляционный сосуд из которого поступает на регулирующие вентили, один из них дросселирует агент для того, чтобы поддерживать в

промежуточном сосуде запас: другой для подачи жидкого хладагента в циркуляционный ресивер, из которого хладагент забирается центробежными насосами и через жидкостной коллектор подает в приборы охлаждения.

Оттаивание инея с воздухоохладителями Gunter предусматривают помощью тенов.

2.12 Выбор приборов автоматики.

Автоматизация холодильных установок позволяет повысить экономическую эффективность работы холодильника за счет снижения затрат производство холода, а также обеспечить безопасность труда обслуживающего персонала.

Автоматизация крупных и средних холодильных установок экономически целесообразна, так как затраты на автоматизацию окупаются в течении 3 - 5 лет.

Автоматизация холодильных установок обеспечивает следующие преимущества:

- сокращаются затраты времени на обслуживание и контроль материалов;
- точнее поддерживается требуемый технологический режим, что позволяет эксплуатировать установку в оптимальном режиме и получать необходимое качество (меньше усушка и порча фруктов и овощей, меньше износ оборудования);
- уменьшаются эксплуатационные расходы (на электроэнергию, воду, ремонт) при работе установки на оптимальном режиме;
- повышается надежность работы установки, уменьшается физическое и нервное напряжение обслуживающего персонала, облегчается его работа.

Схема автоматизации предусматривает:

- защиту компрессоров от опасных режимов;
- защиту герметичного аммиачного насоса от перегрева электродвигателя;
- регулирование заполнения вертикального циркуляционного ресивера;
- сигнализацию (аварийную, предупредительную, управления) и контроль установки.

Схема автоматизации предусматривает:

- защиту компрессора от опасных режимов;
- регулирование параметров воздуха (t и φ) в камерах;
- оттаивание снеговой шубы.

Подбираются следующие приборы автоматики:

- двухблочное реле давления. Защищает компрессор от недопустимо низкого давления всасывания и очень высокого давления нагнетания. При срабатывании прерывается эл. питание двигателя компрессора и включается аварийная сигнализация.

- реле разности давлений (РКС) типа РКС-1-О5-01. Оно защищает компрессор от повреждений, возникающих при нарушении в системе смазки. При снижении разности давлений до и после насоса на 10-15% ниже рабочей разности, компрессор отключается и включается аварийная сигнализация.

3. - реле температуры типа (INT-69) с температурой срабатывания 75.100°C . Реле защищает компрессор от перегрева обмоток эл. двигателя. При срабатывании отключается компрессор и включается аварийная сигнализация.,

4. - Манометры, по ним осуществляется визуальный контроль давления в системе (всасывания, нагнетания хладагента и давление масла).

- магнитный пускатель электродвигателя компрессора.

- Соленоидный вентиль подачи жидкого хладагента

В воздухоохладитель. Открывается при пуске компрессора и закрывается при его остановке или при оттаивании снеговой шубы и регулировании температуры.

7. магнитный пускатель ЭЛ. двигателей вентиляторов воздушного конденсатора. Вентиляторы пускаются в работу одновременно с запуском компрессора. Частота вращения регулируется инвертором по величине давления конденсации.

8. - магнитные пускатели двигателей вентиляторов воздухоохладителя. Вентиляторы пускаются в работу одновременно с компрессором

9. - Реле температуры типа TP-OM5-02 с диапазоном регулирования -

40 - +100С. Оно регулирует температуру воздуха в камере включением и выключением компрессора No 1.

10. Реле температуры типа TP-OM5-02 отключает компрессор No2 (при отключенном КМ N°1) в случае понижения температуры воздуха на 2°К ниже регулируемой величины (осенне-весенний период).

11. - Реле температуры. Регулирует температуру воздуха в камере. В зимний период при неработающей холодильной машине оно включает или отключает ТЭНы подогрева воздуха и вентиляторы воздухоохладителей.

12. - Магнитный пускатель включения воздуха. Управляется реле температуры поз.

13. - датчик влажности воздуха типа ДИВТ-1 или ДИВТ-2. Совместно с регулятором влажности регулирует влажность воздуха в камере. Реле подает сигнал на эл. двигатель увлажнителя и на соленоидный вентиль подачи воды в увлажнительное устройство.

Заключение.

Проектирование холодильных машин и установок - тема, которая будет актуальна человечеству всегда, потому как лишь холодильные установки позволяют создать искусственные условия для хранения продуктов питания. В ходе работы был спроектирован холодильник для хранения капусты говядины вместимостью 1200 т. в г. Пенза, построена гидравлическая схема и план компрессорного цеха, подобрано необходимое современное оборудование.

Проект соответствует современным требованиям к холодильным аммиачным установкам, и может быть рекомендован к реализации.