

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кемеровский государственный университет»

Институт инженерных технологий

наименование института (факультета)

«Теплохладотехника»

наименование выпускающей кафедры

Приб Илья Александрович

(обучающегося)

Проект холодильной установки предприятия по переработки мяса кролика
производительностью 15т/сутки в г. Анжеро-Судженск Кемеровской области
(Тема ВКР)

Выпускная квалификационная работа
(бакалаврская работа)

по направлению подготовки 16.03.03 Холодильная, криогенная техника
и системы жизнеобеспечения

код и наименование

направленность (профиль) подготовки «Холодильная техника и технологии»

наименование

Научный руководитель:

Д.т.н. проф. Неверов Е. Н.

Ученая степень, должность, И.О.
Фамилия

Работа защищена с оценкой:

протокол ГЭК № _____
от « ____ » _____ 20 ____ г.

Секретарь ГЭК _____

подпись

Кемерово 2019

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кемеровский государственный университет»

Институт инженерных технологий
наименование института (факультета)

кафедра «Теплохладотехника»
наименование выпускающей кафедры

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы
(бакалаврской работы)

Обучающемуся группы гр. ПХМ-161 Приб Илье Александровичу
номер группы, фамилия, имя, отчество полностью

1. Тема: Проект холодильной установки предприятия по переработки мяса кролика производительностью 15т/сутки в г. Анжеро-Судженск Кемеровской области

Специальная часть: Исследования режимов холодильной обработки мяса кролика

Утверждена распоряжением по университету № 470/09 от 12 марта 2019
дата

2. Срок представления работы к защите июнь 2019
дата

3. Исходные данные к выполнению работы: 15т/сутки, г. Анжеро-Судженск

4. Содержание текстового документа:

Введение Использование холода в пищевой промышленности
наименование раздела краткое содержание

4.1. Технико-экономическое обоснование (обоснование выбора температур кипения схемы ХУ)
наименование раздела краткое содержание

4.2. Конструкторско-технологический раздел (составление планировки, расчет толщины теплоизоляции, определение теплопритоков, выбор способа охлаждения, расчет и подбор холодильного оборудования)
наименование раздела краткое содержание

4.3. Специальная часть: Исследования режимов холодильной обработки мяса кролика
наименование раздела краткое содержание

5. Перечень графического материала с точным указанием названия и количества листов:

- 5.1 План холодильника – 1 лист
- 5.2 Схема холодильной установки – 1 лист
- 5.3 План компрессорного цеха – 1 лист
- 5.4 Разрез компрессорного цеха – 1 лист
- 5.5 Специальная часть – 1 лист

6. Консультанты по разделам:

Технико-экономическое обоснование Е.Н. Неверов.
краткое наименование раздела подпись, дата, инициалы, фамилия

Конструкторско-технологический раздел Е.Н. Неверов.
краткое наименование раздела подпись, дата, инициалы, фамилия

Специальная часть Е.Н. Неверов.
краткое наименование раздела подпись, дата, инициалы, фамилия

7. Руководитель выпускной квалификационной работы _____
Е.Н. Неверов.
подпись, дата, инициалы, фамилия

8. Дата выдачи задания 12.04.2019

9. Задание принял к исполнению: _____
И.А. Приб.
подпись, дата, инициалы, фамилия

Данный проект холодильного предприятия по переработке кроликов в Кемеровской области, города Анжеро-Судженск мощностью 15 тонн в сутки включает в себя проектную схему холодильной установки. Блок работает в трех точках кипения. Фреоновые схемы с одноступенчатым сжатием газа и одноступенчатым дросселированием.

В пояснительной записке рассчитаны системы охлаждения, температурного режима работы, произведена компоновка холодильного предприятия, вспомогательных помещений и компрессорного цеха. Вычислены изоляционные слои и утечки тепла для выбора вспомогательного и основного холодильного оборудования.

Содержание

ЗАДАНИЕ	2
Введение	4
1. Технико-экономическое обоснование проекта	5
2 Конструкторско-технологический раздел	9
2.1 Расчет планировки холодильного предприятия.	9
2.2 Расчёт изоляции охлаждаемых помещений.....	17
2.3 Расчёт тепловой нагрузки на камерное оборудование	25
2.5 Расчет теплопритока от груза при холодильной обработке	32
2.6 Расчет теплопритока при эксплуатаций камер	34
2.7 Расчет нагрузки на компрессоры	37
2.8 Расчет работа и режимов холодильной установки	39
2.9 Расчет и подбор компрессорного оборудования.....	39
2.10 Расчет и подбор камерных приборов охлаждения.....	43
2.11 Расчет и подбор конденсаторов	45
2.12 Р Расчет и подбор линейного ресивера	46
2.13 Расчет и подбор маслоотделителя и маслосборника.....	47
2.14 Расчет и подбор трубопроводов	48
2.15 Описание схемы холодильной установки.....	50
3. Специальная часть. Применение CO₂ для холодильной обработки тушки кролика	51
3.1 Оборудование и методы охлаждения тушки кролика	51
3.2 Криогенное оборудование и способы охлаждения кролика	52
3.3 Оборудование для транспортировки мяса кролика	60
3.4 Расчет продолжительности охлаждения мяса кролика	61
3.5 Технические средства и методика экспериментальных исследований.....	64
3.6 Аппарат для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода	66
3.7 Исследование процесса холодильной обработки тушки кролика	69
Заключение	71
Список литературы	72

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		<i>Приб И.А.</i>			<i>Пояснительная записка</i>			
<i>Провер.</i>		<i>Неверов Е.Н.</i>					3	72
<i>Реценз.</i>						<i>КемГУ ИИТ ПХМ-161</i>		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Неверов Е.Н.</i>						
<i>Утверд.</i>		<i>Короткий И.А.</i>						

Введение

Холодопроизводство позволяет создать необходимые условия для сбалансированного и рационального питания населения. Холодильное производство в настоящее время является высокоразвитой отраслью, способной угодить самым разнообразным требованиям, созданные в связи с необходимостью отвода тепла от охлаждающих объектов. Важность искусственного холода особенно важна в производстве пищевых продуктов. Чтобы сохранить качество продуктов и минимизировать потери, предприятие должно быть оснащено современным оборудованием и применением передовых методов термообработки и хранения продуктов питания.

Рынок мяса и мясопродуктов является одним из крупнейших сегментов продовольственного рынка России как по объему, так и по объему продаж и покупок, ассортименту представленной продукции и количеству участников рынка. Фабрика мясной промышленности производят убой скота и заготовку мясо, кролика, птицы, колбасы, мясные консервы, фрикадельки, пельмени, полуфабрикаты, кулинарные изделия.

За последние годы отмечаться рост производства мяса кролика. В связи со строительством новых предприятий планируется ввести новые холодильные цистерны, усовершенствовать конструкцию, улучшить эффективность за счет новых технологий и достижений науки, уделив внимание прогрессивности инженерных решений, располагавшийся в основе проекта.

Цель данного проекта является развитие холодильной установки завода по переработке кролика мощностью 15 тонн в сутки в городе Анжеро-Судженск. Также стоит обратить внимание на понижение капитальных затрат на постройку холодильного предприятие и монтаж оборудования

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		4

1. Технико-экономическое обоснование проекта

Целью данного проекта является разработка завода по переработке кролика в Кемеровская обл. города Анжеро-Судженск.

Анжеро-Судженск город (с 1931 года) в российском регионе Кемерово, в 115 километрах к северу от областного центра Кемерово. Административный центр муниципалитета Анжеро-Судженск.

Население составляет 79,706 человек. (2017).

Решение Правительства РФ от 29 июля 2014 года. 1398-р (с изменениями от 13 мая 2016 года) «Об утверждении перечня расчетов» был добавлен в список населенных пунктов с социально-экономической ситуации.

Город находится в Кузбассе, в 115 километрах от Кемерово.

Жизнь Анжеро-Судженск связана с расширением угольных Зарождение, что были открыты в конце 19-го века. В связи с расширением в Кузбассе железных дорог и началом добычи каменных угольных ресурсов в 1896-1897 был заражден город Анжеро-Судженск.

Деревня Анжерка была названа в честь его расположения на реку Анже; Название села Судженка было передано людьми Курской губернии из города Суджа. Средняя температура и осадки представлена на рисунке 1.1



Рисунок 1.1 - Средняя температура и осадки

«Максимальная среднесуточная температура» (толстая красная линия) определяет максимальную среднюю температуру в определенные дни месяца в Анжеро-Судженске. Аналогичным образом, выходы «Минимальная средняя дневная температура» (толстая синяя линия) до минимальной сред. температуры. Жаркие дни и холодные ночи (пунктирные красные и синие

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

линии показывают среднюю температуру теплого дня и холодной ночи). Ясно, солнечно и дождливые дни представлена на рисунке 1.2

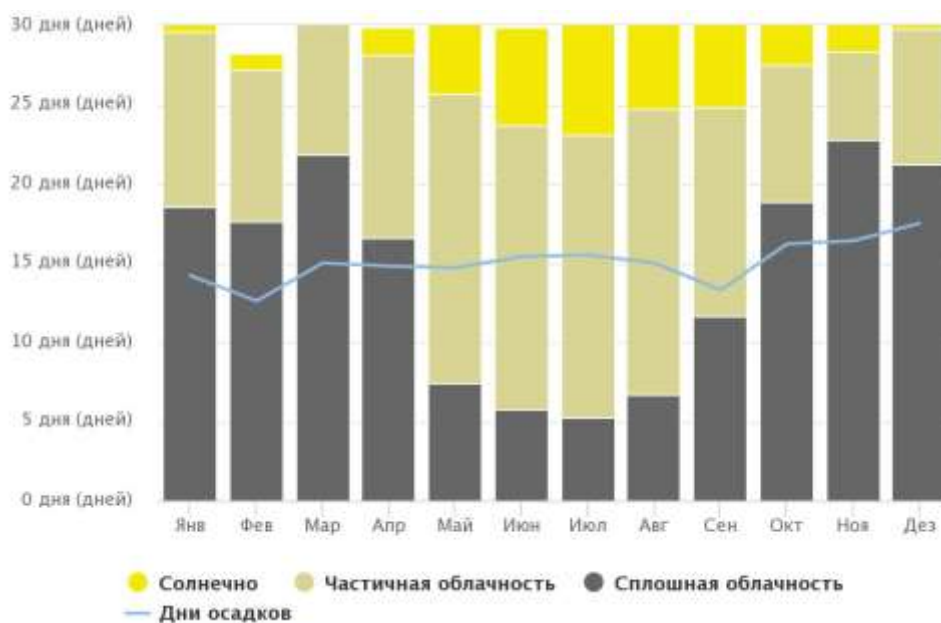


Рисунок 1.2 - Ясно, Солнечно и дождливые дни

График показывает Количество солнечных, облачных и туманных и дней с осадками. Когда облачный слой не больше 20%, его считают солнечным; 20-80 процентов покрытия считаются частично облачно и дожди более 80%, как. В Рейкьявике, столице Исландии, погода в основном облачно. Соссусфлей в пустыне Намиб считается одним из самых теплых мест на земле. Максимальная температура городе Анжеро-Судженска представлена на рисунке 1.3

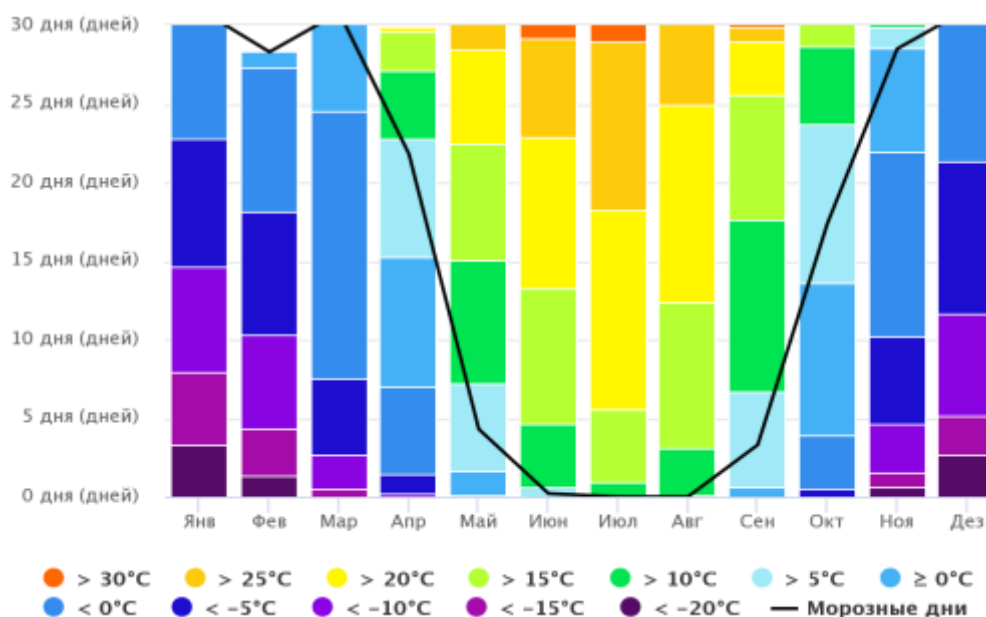


Рисунок 1.3 - Максимальная температура

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Максимальная температура для Анжеро-Судженска определяет количество дней в месяце достигает определенных температур. Дубай, один из самых жарких городов в мире, температура в июле почти никогда не снижается ниже 40 ° С. Вы также можете увидеть график холодной зимы в Москве, которая показывает, что всего за несколько дней в месяц, максимальная температура едва -10 достигает ° С количество осадков представлена на рисунке 1.4

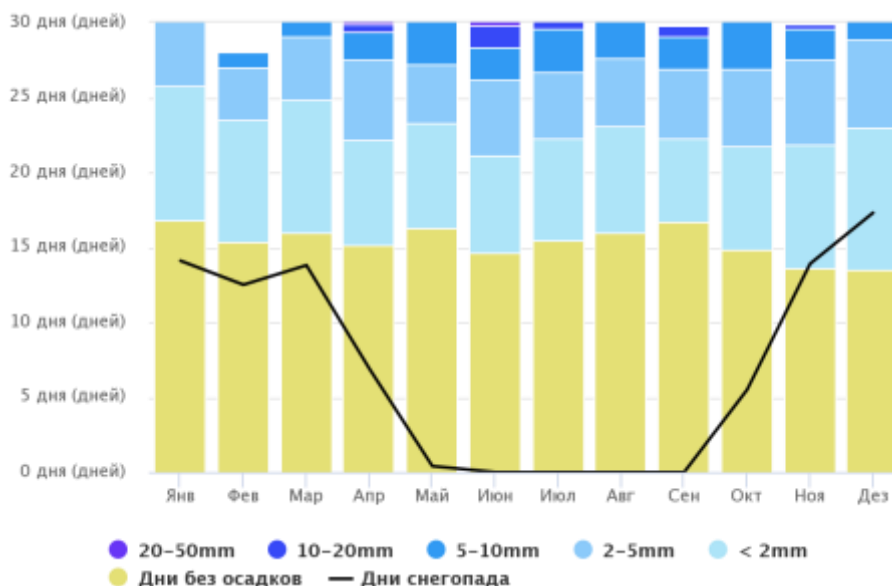


Рисунок 1.4 - Количество осадков

План Выпавший в Анжеро-Судженске показывает количество дней, в течение осадков достигается в течение месяца. В тропических муссонный климат или прогноз осадков может быть недооценена. скорость ветра представлена на рисунке 1.5

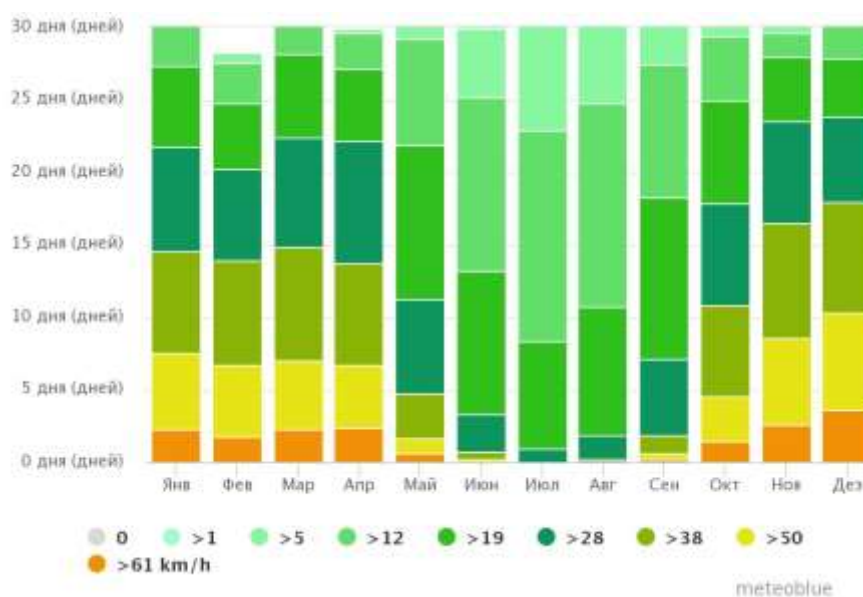


Рисунок 1.6 - Скорость ветра

График Анжеро-Судженск указывает день месяца, в котором скорость ветра достигает определенное значение. интересно

Это пример Тибетского плато, где муссоны вызывают с декабря по апрель, длинные и сильные ветры с июня по октябрь тихий воздушных потоков. Роза ветров представлена на рисунке 1.6

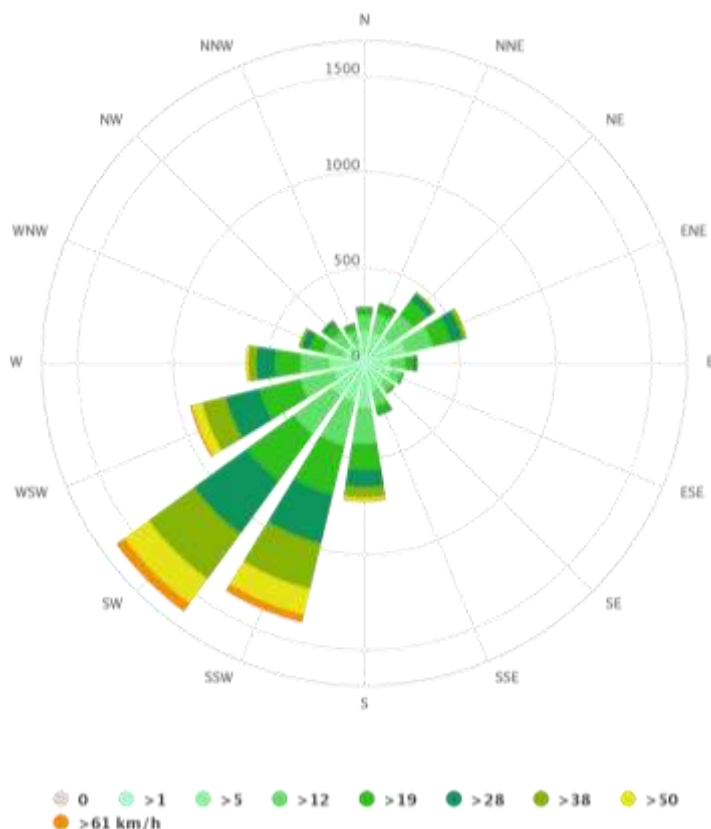


Рисунок 1.6 – Роза ветров

Роза ветров для Анжеро-Судженск констатирует сколько ударов часов в год ветра в определенном направлении. Одним из примеров является Западный Ветер: Ветер с юго-запада на северо-востоке. Мыс Горн, южный пункт Южной Америки, характеризуется характерным сильным западным ветром, что затрудняет переход с востока на запад, особенно для фрегатов.

Чтобы сохранить качество продуктов питания и минимизировать их потери нужно использовать холодильное предприятие современного технологического уровня оснащённости и термической обработки, правильно подобранного оборудования для каждого вида пищевых продуктов, а также от способа хранения.

В ходе холодильного обрабатывания, камера нуждается в поддержании определённых температурных режимов:

- При хранении замороженных продуктов, температура в камере равна минус двадцати градусам Цельсия;
- А при замораживании продукта, температура в камере равна нулю;

— И при замораживании продукта, температура в камере равна минус тридцати градусам Цельсия. Для поддержания необходимых температурных режимов в камерах холодильного предприятия, будут спроектированы три фреоновых установки принужденного охлаждения холодильного агента. В проекте планируется установка винтовых компрессоров. Около у них есть ряд преимуществ перед поршневыми компрессорами: недостижимость гидроудару, отсутствие клапанов, плавная подача хладагента. Именно по этому возрастает срок эксплуатации компрессора. В данной схеме применяются воздухоохладители, установленные в камерах хранения замороженных продовольствий, камерах хранения готовой продукции и камере замораживания продуктов. Так же подразумевается использование воздушных конденсаторов. Конденсаторы такого типа подбираем благодаря наличию у них существенных плюсов по сравнению с остальными типами конденсаторов. К плюсам этих конденсаторов относятся: малое расходование электрических энергии, возможность использование разных климатов.

2 Конструкторско-технологический раздел.

2.1 Расчет планировки холодильного предприятия.

Холодильник является частью производственного процесса завода, поэтому размещение холодильного предприятия по отношению к другим конструкциям и его внутреннее расположение подчиняется общей технологии выработки пищевых продуктов.

Примем одноэтажную планировку холодильного предприятия. Одноэтажный холодильник имеют ряд преимуществ по сравнению с многоэтажными: более полное использование объема (без лифтов, большее расстояние между колоннами), создаются условия для ускорения строительства холодильников (использование сборочный унифицированный железобетонный конструкции сокращает время строительства), а также для комплексной механизации и автоматизации грузов в камерах, снижения строительных затрат, возможности увеличения грузового фронта работы.

Холодильник для переработки мяса кролика состоит из следующих главных частей: основного корпуса, в котором находится холодильная комната с теплоизолированными внешними кожухами. Внешние стены из железобетонных плит, по краю здания находится машинное отделение, с южной стороны - автомобильная платформа. Камера переработки мяса кролика расположена на северной стороне. Границы сетки колонн 6 метров х 12 метров., Ширина транспортного коридора 6 м.,

В качестве поселения мы берем одну сменную работу завода в течение дня. Основное пространство холодильного предприятия занимает камера хранения охлажденной и замороженной, а также камеры охлаждения и заморозки мяса кролика.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

Емкость холодильного предприятие $E_{ХОЛ}$, т, вычисляем по формуле (2.1) [3]:

$$E_{ХОЛ} = 40 \cdot G_{см}, \quad (2.1)$$

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

$$E_{ХОЛ} = 40 \cdot 15 = 600$$

Суточная производительность камер замораживания $G_{сут}^1$, т/сутки, вычисляем по формуле (2.2) [29.43]:

$$G_{сут}^1 = 0,5 \cdot G_{сут}, \quad (2.2)$$

где $G_{сут}$ - суточная производительность, т/сутки, вычисляем по формуле (2.3) [3]:

$$G_{сут} = 2 \cdot G_{см}, \quad (2.3)$$

$$G_{сут} = 2 \cdot 15 = 30,$$

$$G_{сут}^1 = 0,5 \cdot 30 = 15.$$

Суточная производительность камер охлаждения $G_{сут}^{11}$, т/сутки, вычисляем по формуле (2.4) [3]:

$$G_{сут}^{11} = (70 - 100)\% \cdot G_{сут}, \quad (2.4)$$

$$G_{сут}^{11} = 1 \cdot 30 = 30$$

Емкость камер хранения замороженного мяса кролика $E_{к.х.з.м.}$, т., вычисляем по формуле (2.5) [29.43]:

$$E_{к.х.з.м.} = 0,5 \cdot E_{хол}, \quad (2.5)$$

$$E_{к.х.з.м.} = 0,5 \cdot 600 = 300$$

Емкость камер хранения охлажденного мяса кролика $E_{к.х.о.м.л.}$, т., вычисляем по формуле (2.6) [3]:

$$E_{к.х.о.м.л.} = 0,5 \cdot E_{хол}, \quad (2.6)$$

$$E_{к.х.о.м.л.} = 0,5 \cdot 600 = 300$$

Грузовой объём камер хранения замороженного мяса кролика $V_{г.к.х.з.м.}$, м³, вычисляем по формуле (2.7) [3]:

$$V_{г.к.х.з.м.} = E_{к.х.з.м.} / q_v, \quad (2.7)$$

где q_v - норма загрузки единицы объема, $q_v = 0,38 \text{ т/м}^3$

$$V_{г.к.х.з.м.} = 300 / 0,38 = 789,47$$

Грузовая площадь камер хранения замороженного мяса кролика $F_{гп.к.х.з.м.}$, м², вычисляем по формуле (2.8) [3]:

$$F_{гп.к.х.з.м.} = V_{г.к.х.з.м.} / h_{гп}, \quad (2.8)$$

где $h_{гп}$ - грузовая высота, необходимо принять $h_{гп} = 5 \text{ м}$,

$$F_{гп.к.х.з.м.} = 789,47 / 5 = 157,89$$

Строительная площадь камер хранения замороженного мяса кролика $F_{стр.к.х.з.м.}$, м², вычисляем по формуле (2.9) [3]:

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

$$F_{стр\text{к.х.з.м.}} = \frac{E_{хол.}}{\beta} \quad (2.9)$$

где β - коэффициент площади используемой камеры, необходимо принять $\beta=0,8$,

$$F_{стр\text{к.х.з.м.}} = \frac{157,89}{0,8} = 197,37$$

Расчет числа строительных прямоугольников, камер хранения замороженного мяса n , считается по формуле (2.10) [3]:

$$n_{\text{к.х.з.м.п}} = F_{стр\text{к.х.з.м.}} / f, \quad (2.10)$$

Необходимо принять сетку колонн 6×12 , м².
тогда f - строительная площадь одного прямоугольника

$$n_{\text{к.х.з.м.п}} = 197,37 / 72 = 2,74$$

Необходимо принять 3 строительных прямоугольников.

Грузовой объём камер хранения охлажденного мяса кролика $V_{г\text{к.х.о.м.п.}}$, м³, вычисляем по формуле (2.7):

$$V_{г\text{к.х.о.м.п.}} = E_{к.х.о.м.п.} / q_v,$$

$$V_{г\text{к.х.о.м.п.}} = 300 / 0,38 = 789,47$$

Грузовая площадь камер хранения охлажденного мяса кролика $F_{г\text{к.х.о.м.п.}}$, м², вычисляем по формуле (2.8):

$$F_{г\text{к.х.о.м.п.}} = V_{г\text{к.х.о.м.п.}} / h_2,$$

$$F_{г\text{к.х.з.м.п.}} = 789,47 / 5 = 157,89$$

Строительная площадь камер хранения охлажденного мяса кролика, $F_{стр\text{к.х.о.м.п.}}$ м², вычисляем по формуле (2.9) [3]:

$$F_{стр\text{к.х.з.м.}} = \frac{F_{г\text{к.х.о.м.п.}}}{\beta};$$

$$F_{стр\text{к.х.о.м.п.}} = \frac{157,89}{0,8} = 197,37.$$

Количество строительных прямоугольников камер хранения охлажденного мяса кролика n , считается по формуле (2.10):

$$n_{\text{к.х.о.м.п.}} = F_{стр} / f,$$

$$n_{\text{к.х.о.м.п.}} = 197,37 / 72 = 2,74.$$

Необходимо принять 3 строительных прямоугольников.

Строительная площадь камер замораживания, $F_{стр\text{к.з.}}$, м², вычисляем по формуле (2.11) [3]:

$$F_{стр\text{к.з.}} = \frac{M \cdot \tau}{(q_F \cdot 24)}, \quad (2.11)$$

где M - суточная производительность камер охлаждения или замораживания, т/сутки;

τ - продолжительность этапа обработки холодом, ч., $\tau = 14$ ч. [11];

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

q_F - норма загрузки на 1 м^2 , $\text{т}/\text{м}^2$, $q_F = 0,3 \text{ т}/\text{м}^2$

$$F_{стр_{к.з.}} = \frac{15 \cdot 14}{(0,3 \cdot 24)} = 29,17$$

Количество строительных прямоугольников камер замораживания вычисляем по формуле (2.10):

$$n_{к.з.} = F_{стр_{к.з.}} / f,$$
$$n_{к.з.} = 29,17 / 72 = 0,41$$

Необходимо принять 1 строительных прямоугольника.

Строительная площадь камер охлаждения, $F_{стр_{к.о.}}$, м^2 , вычисляем по формуле (2.11):

$$F_{стр_{к.о.}} = \frac{30 \cdot 10}{(0,3 \cdot 24)} = 41,67$$

Количество строительных прямоугольников камер охлаждения вычисляем по формуле (2.10):

$$n_{к.о.} = F_{стр_{к.о.}} / f,$$
$$n_{к.о.} = 41,67 / 72 = 0,58$$

Необходимо принять 1 строительных прямоугольника.

Необходимо принять, что субпродукты замораживаются и охлаждаются в камерах термообработки

Емкость камер хранения замороженных субпродуктов $E_{к.х.з.с.}$, т , вычисляем по формуле (2.12):

$$E_{к.х.з.с.} = 0,05 \cdot E_{хол}, \quad (2.12)$$
$$E_{к.х.з.с.} = 0,05 \cdot 600 = 30$$

Грузовой объём камер хранения замороженных субпродуктов $V_{г_{к.х.з.с.}}$, м^3 , вычисляем по формуле (2.7):

$$V_{г_{к.х.з.с.}} = 30 / 0,38 = 78,95$$

Грузовая площадь камер хранения замороженных субпродуктов $F_{г_{к.х.з.с.}}$, м^2 , вычисляем по формуле (2.8):

$$F_{г_{к.х.з.с.}} = 78,95 / 5 = 15,79$$

Строительная площадь камер хранения замороженных субпродуктов, $F_{стр_{к.х.з.с.}}$, м^2 , вычисляем по формуле (2.9):

$$F_{стр} = \frac{15,79}{0,8} = 19,737$$

Количество строительных прямоугольников камер хранения замороженных субпродуктов вычисляем по формуле (2.10):

$$n_{к.х.з.с.} = 19,73 / 72 = 0,275$$

Необходимо принять 1 строительный прямоугольник.

Емкость камер хранения охлажденных субпродуктов $E_{к.х.о.с.}$, т , вычисляем по формуле (2.12):

$$E_{к.х.о.с.} = 0,05 \cdot 600 = 30$$

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		12

Грузовой объём камер хранения охлажденных субпродуктов $V_{г.к.х.о.с.}, м^3$, вычисляем по формуле (2.7):

$$V_{г.к.х.з.с.} = 30 / 0,38 = 78,95$$

Грузовая площадь камер хранения замороженных субпродуктов $F_{г.к.х.о.с.}, м^2$, вычисляем по формуле (2.8):

$$F_{г.к.х.о.с.} = 78,95 / 5 = 15,79$$

Строительная площадь камер хранения охлажденных субпродуктов, $F_{стр. к.х.о.с.}, м^2$, вычисляем по формуле (2.9):

$$F_{стр. к.х.о.с.} = \frac{15,79}{0,8} = 19,73$$

Количество строительных прямоугольников камер хранения охлажденных субпродуктов вычисляем по формуле (2.10):

$$n_{к.х.з.с.} = 19,73 / 72 = 0,275$$

Необходимо принять 1 строительный прямоугольник.

Требуемая площадь охлаждаемого склада $F_{охл}, м^2$, считается по формуле (2.13) [3]:

$$F_{охл} = F_{к.хр.} + F_{т.о.} + F_{вс.}, \quad (2.13)$$

где $F_{к.хр.}$ – площадь камер хранения, $м^2$;

$F_{т.о.}$ – площадь камер термообработки, $м^2$;

$F_{всп.}$ – площадь вспомогательных помещений, $м^2$.

Площадь вспомогательных помещений $F_{всп.}, м^2$, считается по формуле (2.17) [3]:

$$F_{вс.} = 0,35 \cdot F_{к.хр.} \quad (2.14)$$

$$F_{вс.} = 0,35 \cdot (2 \cdot 19,73 + 2 \cdot 197,37) = 151,97,$$

$$F_{охл} = 434,21 + 70,83 + 151,974 = 657,02$$

Требуемая площадь машинного отделения $F_{мо.}, м^2$, считается по формуле (2.15) [3]:

$$F_{мо.} = 0,1 \cdot F_{охл}, \quad (2.15)$$

$$F_{мо.} = 0,1 \cdot 657,02 = 65,7.$$

Количество строительных прямоугольников n , считается по формуле (2.10):

$$n = 65,7 / 72 = 0,913$$

Необходимо принять 1 строительный прямоугольник.

Требуемая площадь служебных помещений $F_{сл.}, м^2$, считается по формуле (2.16) [3]:

$$F_{сл.} = 0,3 \cdot F_{охл}, \quad (2.16)$$

$$F_{сл.} = 0,3 \cdot 657,02 = 197,11.$$

Количество строительных прямоугольников n , считается по формуле (2.10):

$$n = 197,11 / 72 = 2,74$$

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		13

Необходимо принять 10 строительных прямоугольников.

Длина платформы для автомобильной L_a , м, рассчитаем по формуле (2.17) [3]:

$$L_a = n_a \cdot b_a \cdot \psi_{пер} \cdot m \cdot \tau / 8, \quad (2.17)$$

где n_a - Количество автомобилей, которые должны приехать за сутки;

b_a - ширина автомобильного фургона, м, $b_a = 3$ м;

$\psi_{пер}$ - общее число машин, прибывающих в течении рабочего дня,

$\psi_{пер} = 0,7$;

m - коэффициент непостоянности прибытия автомобилей по отношению к их среднечасовому количеству, $m=1,2$

τ - время загрузки или разгрузки одной автомобильной фуры, $\tau = 0,7$ ч.

Считаем, что привозиться мясо будет 50% автомобильным транспортом, 50% - железнодорожным, а увозиться примерно 50% автомобильным, 50% железнодорожным.

Количество авто, которые должны приехать за сутки определяем по формуле (2.18) [3]:

$$n_a = G_{пост,вып.} / (g_a \cdot \eta_{исп}), \quad (2.18)$$

где G_a - Максимальное количество грузов в сутки, перевозимых из холодильного предприятие, автомобильным транспортом, тонн;

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

$\eta_{исп}$ - коэффициент использования грузоподъемности автомобиля,

$\eta = 0.7$.

Максимальное Количество перевозимого груза за сутки, из холодильного предприятие G_a , т, вычисляем по формуле (2.19) [3]:

$$G_a = (G_{noc} + G_{вып}) \cdot 30\%, \quad (2.19)$$

$$G_{noc} = E_{хол} \cdot B \cdot m_{noc} / 365, \quad (2.20)$$

$$G_{вып} = E_{хол} \cdot B \cdot m_{вып} / 253, \quad (2.21)$$

где E - емкость холодильного предприятие, тонн;

B - оборачиваемость, $B = 15$;

$m_{вып}$ - коэффициент непостоянности выпуска груза, $m_{вып} = 1,5$;

m_{noc} - коэффициент непостоянности поступления груза, $m_{noc} = 2$.

$$G_{noc} = 600 \cdot 15 \cdot 2 / 365 = 49,32,$$

$$G_{вып} = 600 \cdot 15 \cdot 1,5 / 253 = 53,36,$$

$$G_a = (49,32 + 53,36) \cdot 50\% = 51,34$$

$$n_a = 51,34 / (3 \cdot 0,7) = 24,5$$

Требуется принять число $n_a = 25$ автомобиля в сутки.

$$L_a = 25 \cdot 3 \cdot 0,7 \cdot 0,7 \cdot 1,2 / 8 = 5,51$$

Требуется принять длину автомобильной платформы $L_a = 36$ м.

									Лист
									14
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ				

Длину железнодорожной платформы $L_{ж/д}$, м, рассчитаем по формуле (2.22) [3]:

$$L_{ж/д} = n_B \cdot l_B \cdot m / \Pi, \quad (2.22)$$

где n_B – Количество вагонов, которые должны прибывать за сутки;

l_B - длина вагона, м, $l_B = 20$ м;

Π - коэффициент показывающий сколько раз в сутки подают вагоны,

$$\Pi = 4.$$

Максимальное Количество груза в сутки, поступающего в холодильник по железной дороге $G_{жсд}$, т, рассчитаем по формуле (2.19)

$$G_{жс} = (G_{пос} + G_{вып}) \cdot 50\%, ,$$

$$G_{жс} = (49,31 + 53,36) \cdot 50\% = 51,34$$

Количество вагонов, которые должны прибывать за сутки рассчитаем по формуле (2.18):

$$n_B = \frac{51,34}{40 \cdot 0,7} = 1,8$$

Требуется принять $n_B = 2$ вагонов в сутки.

$$L_{ж/д} = \frac{2 \cdot 20 \cdot 1,5}{4} = 15$$

Требуется принять длину железнодорожной платформы $L_{жсд} = 36$ м. В моем случаи железнодорожная платформа не используется, так как достаточно автомобильной платформы.

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		15

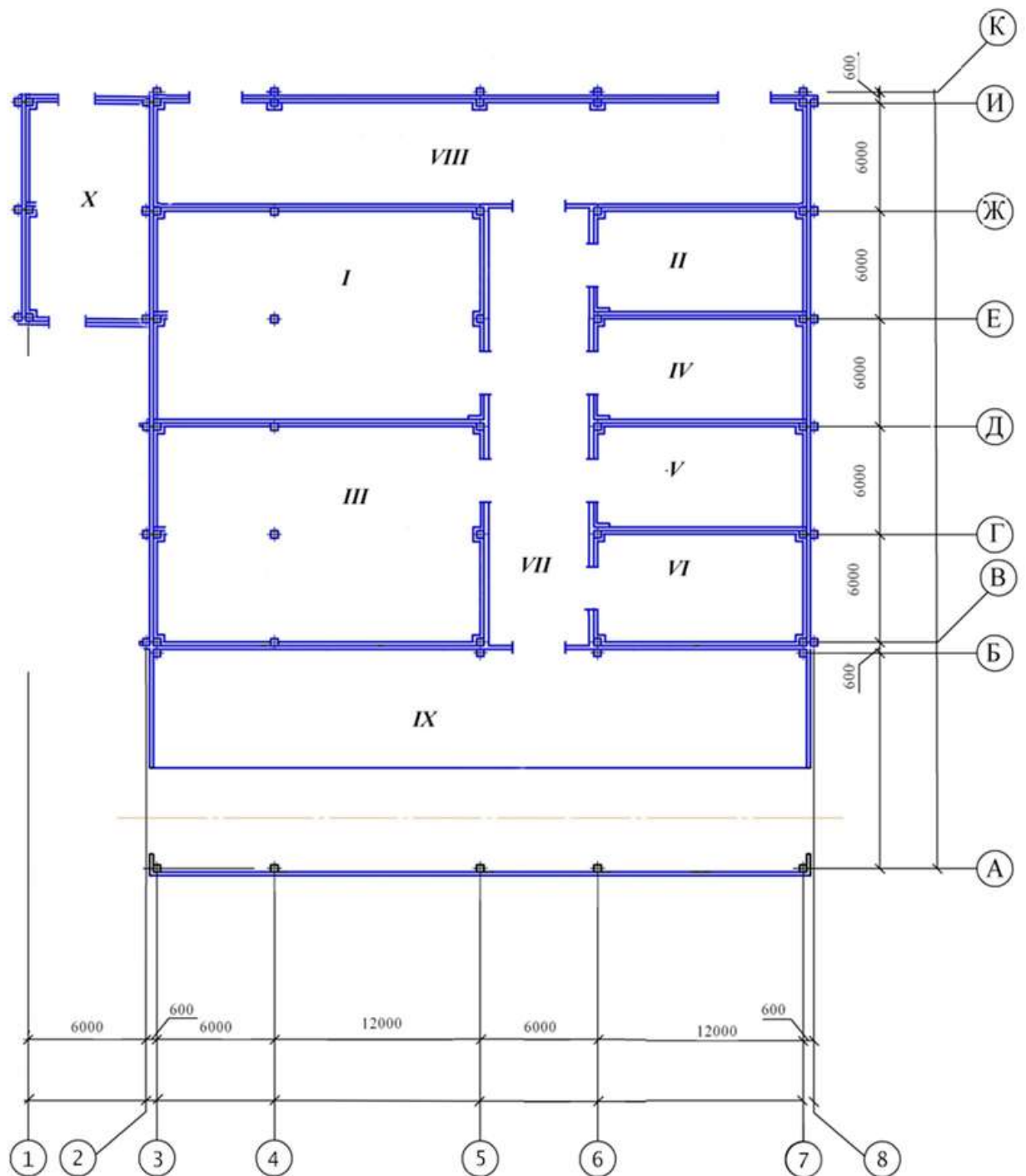


Рис. 2.1 - Планировка холодильного предприятия

I– камера хранения замороженных продуктов; II– камера хранения замороженных субпродуктов; III–камеры хранения охлаждённых продуктов; IV–камеры замораживания; V – камеры охлаждения; VI– камера хранения охлаждённых субпродуктов; VII – транспортный коридор; VIII – камера переработки мяса; IX–автомобильная платформа; X–компрессорный цех.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		16

2.2 Расчёт изоляции охлаждаемых помещений

Наличие теплоизоляционных наружных и внутренних ограждений является важнейшей характерной особенностью охлаждаемых помещений холодильных предприятий, что обуславливается поддержанием в них необходимых температур и влажности воздуха.

В качестве примера рассмотрим расчёт изоляции камеры № 1.

В таблице 1 представлена конструкция наружной стеновой панели.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Анжеро-Судженск $t_{\text{расч. лет.}} = +38^{\circ}\text{C}$. [6]

Температура воздуха в камере № 1 $t_{\text{в}} = -20^{\circ}\text{C}$.

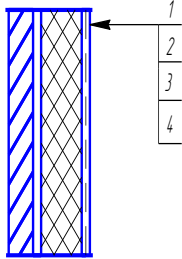
Коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения $\alpha_{\text{в}} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплопроводности пенополиуретана $\lambda_{\text{из}} = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^{\circ}\text{C})$. [8, прил. А]

Требуемое термическое сопротивление теплоизоляции наружной стены $R_{\text{тр}} = 4,8 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$. [8, табл. 3.4]

Таблица 2.1 – Конструкция наружной стеновой панели

Конструкция ограждения	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	Тепловое сопротивление $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$
	1	Штукатурка сложным раствором по металлической сетке	0,02	0,98	0,02
	2	Теплоизоляция	-	Табл.	Табл.
	3	Пароизоляция два слоя гидроизола на битумной мастике	0,004	0,30	0,013
	4	Наружный слой из тяжелого бетона	0,140	1,86	0,075

Толщина теплоизоляционного слоя наружной стеновой панели в камере № 1 ($\delta_{\text{из}}$, м) вычисляем по формуле

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_{\text{н}}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} \right) \right] \quad (2.23)$$

где $1/k_0 = R_0$ – сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

k_0 – требуемый коэффициент теплопередачи многослойной ограждающей конструкции, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$\frac{1}{\alpha_n} = R_n$ – сопротивление теплоотдаче с наружной или более теплой стороны, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$\frac{\delta_i}{\lambda_i} = R_i$ – сопротивление теплопроводности i -того слоя ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$\frac{1}{\alpha_e} = R_e$ – сопротивление теплоотдаче с внутренней стороны ограждения, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

α_n, α_e – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – толщина i -того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -того слоя ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

$\delta_{\text{из}}$ – толщина теплоизоляционного слоя ограждения, м;

$\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

$$\delta_{\text{из}} = 0,041 \cdot \left[4,8 - \left(\frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,004}{0,30} + \frac{0,140}{1,86} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,186 \text{ м}$$

Требуется принять $\delta_{\text{из}} = 0,200$ м

Действительное значение коэффициента (K_d , $\text{Вт}/\text{м}^2$) теплопередачи вычисляем по формуле:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_{\text{из.д}}}{\lambda_{\text{из}}}} \quad (2.24)$$

где $\delta_{\text{из.д}}$ – принятая толщина теплоизоляционного слоя, м;

$\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

α_n, α_e – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

δ_i – толщина i -того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -того слоя ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{0,004}{0,30} + \frac{0,140}{1,86} + \frac{1}{9} + \frac{0,200}{0,041}} = 0,194$$

В таблице 2 представлена конструкция внутренней стеновой панели.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Анжеро-Судженск $t_{\text{расч. лет.}} = + 38^\circ \text{С}$. [6]

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

Температура воздуха в камере № 1 $t_B = -20^\circ\text{C}$.

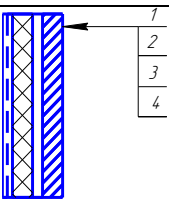
Коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения
 $\alpha_n = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения
 $\alpha_B = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплопроводности пенополиуретана
 $\lambda_{из} = 0,041 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$. [8, прил. А]

Требуемое термическое сопротивление теплоизоляции внутренней стены $R_{тр} = 4,3 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. [8, табл. 3.6]

Таблица 2.2 – Конструкция внутренней стеновой панели

Конструкция ограждения	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$	Тепловое сопротивление $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$
	1	Панель из керамзитобетона	0,24	0,47	0,511
	2	Пароизоляция: два слоя гидроизола на битумной мастике	0,004	0,30	0,013
	3	Теплоизоляция	-	Табл.	Табл.
	4	Штукатурка сложным раствором по металлической сетке	0,02	0,98	0,02

Толщина теплоизоляционного слоя внутренней стеновой панели в камере № 1 ($\delta_{из}$, м) вычисляем по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_B} \right) \right] \quad (2.25)$$

где $1/k_0 = R_0$ – сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

k_0 – требуемый коэффициент теплопередачи многослойной ограждающей конструкции, $\text{Вт}/\text{м}^2$;

$\frac{1}{\alpha_n} = R_n$ – сопротивление теплоотдаче с наружной или более теплой стороны, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$\frac{\delta_i}{\lambda_i} = R_i$ – сопротивление теплопроводности i -того слоя ограждающей конструкции, $(\text{м}^2 \cdot \text{К})/\text{Вт}$;

$\frac{1}{\alpha_e} = R_e$ – сопротивление теплоотдаче с внутренней стороны ограждения, (м²·К)/ Вт;

α_n, α_b – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, Вт/(м²·К);

δ_i – толщина i-того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i-того слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·К);

$\delta_{из}$ – толщина теплоизоляционного слоя ограждения, м;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, Вт/(м·К).

$$\delta_{из} = 0,041 \cdot \left[4,3 - \left(\frac{1}{8} + \frac{0,24}{0,47} + \frac{0,004}{0,30} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,144 \text{ м}$$

Требуется принять $\delta_{из} = 0,150$ м

Действительное значение коэффициента (k_d , Вт/м²) теплопередачи вычисляем по формуле:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_{из.д}}{\lambda_{из}}} \quad (2.26)$$

где $\delta_{из.д}$ – принятая толщина теплоизоляционного слоя, м;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, Вт/(м·К);

α_n, α_b – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, Вт/(м²·К);

δ_i – толщина i-того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i-того слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·К).

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{8} + \frac{0,24}{0,47} + \frac{0,004}{0,30} + \frac{0,02}{0,98} + \frac{1}{9} + \frac{0,150}{0,041}} = 0,225$$

В таблице 3 представлена конструкция полов охлаждающих помещений.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Анжеро-Судженск $t_{расч. лет.} = + 38^\circ\text{C}$. [6]

Температура воздуха в камере № 1 $t_b = - 20^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения $\alpha_n = 0$ Вт/(м²·°C). [8, табл. 3.3]

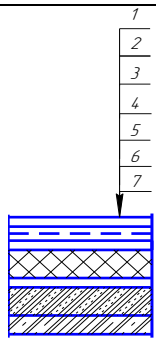
Коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения $\alpha_b = 9$ Вт/(м²·°C). [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплопроводности пенополиуретана $\lambda_{из} = 0,041$ Вт/(м·°C). [8, прил. А]

Требуемое термическое сопротивление теплоизоляции полов $R_{тр} = 5,5$ м²·°C/ Вт. [8, табл. 3.8]

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Таблица 2.3 – Конструкция полов охлаждающих помещений

Конструкция ограждения	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)	Тепловое сопротивление (м ² ·К)/Вт
	1	Монолитное бетонное покрытие	0,04	1,86	0,022
	2	Армобетонная стяжка	0,08	1,86	0,043
	3	Пароизоляция: слой пергамина	0,001	0,15	-
	4	Плитная теплоизоляция	-	Табл.	Табл.
	5	Цементно-песчаный раствор	0,025	0,98	0,026
	6	Уплотнённый песок	1,35	0,56	2,411
	7	Бетонная подготовка с электронагревателями	-	-	-

Толщина теплоизоляционного слоя полов в камере № 1 ($\delta_{из}$, м) вычисляем по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right) \right] \quad (2.27)$$

где $1/k_0 = R_0$ – сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции, (м²·К)/ Вт;

k_0 – требуемый коэффициент теплопередачи многослойной ограждающей конструкции, Вт/м²;

$\frac{1}{\alpha_n} = R_n$ – сопротивление теплоотдаче с наружной или более теплой стороны, (м²·К)/ Вт;

$\frac{\delta_i}{\lambda_i} = R_i$ – сопротивление теплопроводности i-того слоя ограждающей конструкции, (м²·К)/ Вт;

$\frac{1}{\alpha_e} = R_e$ – сопротивление теплоотдаче с внутренней стороны ограждения, (м²·К)/ Вт;

α_n, α_e – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, Вт/(м²·К);

δ_i – толщина i-того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i-того слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·К);

$\delta_{из}$ – толщина теплоизоляционного слоя ограждения, м;
 $\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, Вт/(м·К).

$$\delta_{из} = 0,041 \cdot \left[5,5 - \left(\frac{0,04}{1,86} + \frac{0,08}{1,86} + \frac{0,001}{0,15} + \frac{0,025}{0,98} + \frac{1,35}{0,56} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,118 м$$

Требуется принять $\delta_{из} = 0,120$ м

Действительное значение коэффициента (K_d , Вт/м²) теплопередачи вычисляем по формуле:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_{из.д}}{\lambda_{из}}} \quad (2.28)$$

где $\delta_{из.д}$ – принятая толщина теплоизоляционного слоя, м;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, Вт/(м·К);

α_n , α_v – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, Вт/(м²·К);

δ_i – толщина i -того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -того слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·К).

$$k_d = \frac{1}{\frac{0,04}{1,86} + \frac{0,08}{1,86} + \frac{0,001}{0,15} + \frac{0,025}{0,98} + \frac{1,35}{0,56} + \frac{1}{9} + \frac{0,120}{0,041}} = 0,180$$

В таблице 4 представлена конструкция покрытий охлаждающих помещений.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Анжеро-Судженск $t_{расч. лет.} = + 38^\circ\text{C}$. [6]

Температура воздуха в камере № 1 $t_v = - 20^\circ\text{C}$.

Коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения $\alpha_n = 23$ Вт/(м²·°C). [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения $\alpha_v = 9$ Вт/(м²·°C). [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплопроводности пенополиуретана $\lambda_{из} = 0,041$ Вт/(м·°C). [8, прил. А]

Требуемое термическое сопротивление теплоизоляции покрытий $R_{тр} = 5,1$ м²·°C/ Вт. [8, табл. 3.5]

Таблица 2.4 – Конструкция покрытий охлаждающих помещений

Конструкция ограждения	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина δ , м	Коэффициент теплопроводности Вт/(м·К)	Тепловое сопротивление (м ² ·К)/Вт
	1	Кровельный рулонный ковёр	0,012	0,3	0,04
	2	Бетонная стяжка	0,04	1,86	0,022
	3	Засыпная теплоизоляция	-	Табл.	Табл.
	4	Плитная теплоизоляция ПСБ-С	В зависимости от $t_{\text{пм}}$	0,05	-
	5	Железобетонная плита покрытия	0,035	2,04	0,017

Толщина теплоизоляционного слоя покрытий в камере № 1 ($\delta_{\text{из}}$, м) вычисляем по формуле:

$$\delta_{\text{из}} = \lambda_{\text{из}} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right) \right] \quad (2.29)$$

где $1/k_0 = R_0$ – сопротивление теплопередаче многослойной ограждающей конструкции, (м²·К)/ Вт;

k_0 – требуемый коэффициент теплопередачи многослойной ограждающей конструкции, Вт/м²;

$\frac{1}{\alpha_n} = R_n$ – сопротивление теплоотдаче с наружной или более теплой стороны, (м²·К)/ Вт;

$\frac{\delta_i}{\lambda_i} = R_i$ – сопротивление теплопроводности i -того слоя ограждающей конструкции, (м²·К)/ Вт;

$\frac{1}{\alpha_e} = R_e$ – сопротивление теплоотдаче с внутренней стороны ограждения, (м²·К)/ Вт;

α_n, α_e – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, Вт/(м²·К);

δ_i – толщина i -того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i -того слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·К);

$\delta_{\text{из}}$ – толщина теплоизоляционного слоя ограждения, м;

$\lambda_{\text{из}}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, Вт/(м·К).

$$\delta_{\text{из}} = 0,041 \cdot \left[5,1 - \left(\frac{1}{23} + \frac{0,012}{0,3} + \frac{0,04}{1,86} + \frac{0,001}{0,15} + \frac{0,035}{2,04} + \frac{1}{9} \right) \right] = 0,199 \text{ м}$$

Требуется принять $\delta_{\text{из}} = 0,200$ м

									Лист
									23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ				

Действительное значение коэффициента (K_d , Вт/м²) теплопередачи вычисляем по формуле:

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_{из.д}}{\lambda_{из}}} \quad (2.30)$$

где $\delta_{из.д}$ – принятая толщина теплоизоляционного слоя, м;

$\lambda_{из}$ – коэффициент теплопроводности изоляционного слоя ограждения, Вт/(м·К);

α_n, α_v – коэффициент теплоотдачи с наружной и внутренней стороны ограждения соответственно, Вт/(м²·К);

δ_i – толщина i-того слоя ограждающей конструкции, м;

λ_i – коэффициент теплопроводности материала i-того слоя ограждающей конструкции, Вт/(м·К).

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{23} + \frac{0,012}{0,3} + \frac{0,04}{1,86} + \frac{0,001}{0,15} + \frac{0,035}{2,04} + \frac{1}{9} + \frac{0,200}{0,041}} = 0,195$$

Результаты расчета других камер приведены в таблице № 5.

Таблица 2.5 – Результаты расчетов толщины теплоизоляционного слоя

Ограждение	тв °С.	α_v , Вт/(м ² ·К)	α_n , Вт/(м ² ·К)	$\delta_{из.}$, м	$\delta_{из.д.}$, м	$K_{тр.}$, Вт/м ²	K_d , Вт/м ²	$\Sigma R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ (м ² ·К)/ Вт
Наружная стена камеры	-30	11	23	211	220	0,185	0,178	0,109
	-20	9	23	186	200	0,208	0,194	0,109
	0	9	23	124	130	0,303	0,291	0,109
Внутренняя стена камер в коридор	-30	11	8	178	180	0,196	0,194	0,544
	-20	9	8	144	150	0,233	0,225	0,544
	0	9	8	66	100	0,417	0,311	0,544
Пол камер	-30	11	0	160	160	0,154	0,154	2,507
	-20	9	0	118	120	0,182	0,180	2,507
	0	9	0	7	100	0,357	0,349	2,507
Покрытие камер	-30	11	23	228	230	0,172	0,171	0,079
	-20	9	23	199	200	0,196	0,195	0,079
	0	9	23	129	200	0,294	0,195	0,079
Перегорodka между камерами	-20/0	8	9	135	140	0,278	0,268	0,077
	-20/-30	9	11	79	100	0,455	0,448	0,077
	-30/0	11	9	165	170	0,233	0,226	0,077
	0/0	9	9	57	100	0,588	0,567	0,077

2.3 Расчёт тепловой нагрузки на камерное оборудование

Для поддержания заданных температур в холодильных камерах требуется, чтобы все тепло потоки отводились воздухоохладителями камеры.

При нахождении данной нагрузки принимается во внимание следующие теплопритоки:

- через ограждающие конструкции помещения Q_1 ;
- от продуктов питания при их обработке холодильной Q_2 ;
- от разнообразных источников тепла при работе камер Q_4 ;

Из различных видов теплопритоков, как правило, непрерывно изменяется, при этом самые большие значения не сходятся с течением времени. Отчего в работу дипломного проектирования употребляют технологией расчета, при которой все теплопритоки рассчитываются неизменными во времени и приходящимися на летний периода года.

Нагрузку на камерное воздуха охладители $\sum Q$ (в кВт),

считаем сумму всех теплопритоков в этой камере, так как оборудование камеры должно обеспечивать отвод тепла в самых неблагоприятных условиях, используя формулу (3.1) [3]:

$$\sum Q_{об} = Q_1 + Q_2 + Q_4. \quad (2.31)$$

В холодильных предприятиях с большим количеством камер полный расчет теплопритоков может быть выполнен только для некоторых наиболее характерных камер, а для остальных камер теплопритоки можно рассчитывать по удельным нагрузкам, отнесенным на 1 м^2 пола, обнаруживается путем расчета похожих камерах.

Одновременно с балансом теплопритоков также существует баланс влаги поступающий в камеру и отводим из камеры в виде росы или снежного покрова, падающие на теплообменные поверхности охлаждающих устройств. Однако это требует конструкция холодильников и камер для хранения фруктов и овощей.

2.4 Расчет теплопритоков через камерные конструкций ограждения

Теплопритоки через ограждающие конструкции Q_1 , кВт считается по формуле (2.32) [3]:

$$Q_1 = Q_{1m} + Q_{1c}, \quad (2.32)$$

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 тепло из расчетной камеры переходит в следующую камеру с более низкой температурой. Такой прирост тепла не учитывается.

Теплоприток через перегородки, стены, перекрытия либо покрытия Q_{1T} , кВт считается по формуле (2.33) [3]:

$$Q_{1m} = k_0^{\theta} \cdot F \cdot \Theta \cdot 10^{-3}, \quad (2.33)$$

где k_0^{θ} - действительный коэффициент теплопередачи стен, перегородок, перекрытия либо покрытия, $\frac{Вт}{м^2 \cdot К}$ (см. таблицу 2.6);

F - расчетная площадь поверхности ограждения, $м^2$;

Θ - расчетная разность между температурой воздуха внутри охлаждаемого помещения и температурой воздуха с наружной стороны (Температурный напор), $^{\circ}С$ считается по формуле (2.34) [3]:

$$\Theta = t_n - t_g, \quad (2.34)$$

При расчете теплопритоков через внутренние ограждения, доступ к неохлаждаемым помещениям (коридорам, вестибюлям, тамбурам) температурный напор Θ принимается как часть расчетной разности температур для наружных стѐн:

- если эти комнаты контактируют с наружным воздухом

$$Q_{1m} = k_0^{\theta} \cdot F \cdot (0,7 \cdot \Theta) \cdot 10^{-3}, \quad (2.35)$$

- если не контактируют с наружным воздухом

$$Q_{1m} = k_0^{\theta} \cdot F \cdot (0,6 \cdot \Theta) \cdot 10^{-3}, \quad (2.36)$$

Приток тепла через пол, расположенный на земле где имеются отопительные приборы Q_{1T} , кВт считается по формуле (2.37) [3]:

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

$$Q_{1m} = k_0^{\partial} \cdot F(t_2 - t_e) \cdot 10^{-3}, \quad (2.37)$$

где k_0^{∂} - действительный коэффициент теплопередачи через пол,
 $\frac{Bm}{m^2 \cdot K}$ (см. таблицу 2.6);

t_2 - средняя температура поверхности устройства для нагрева почвы (при электрическом нагреве почвы принимают $t_2 = 1^{\circ}C$)

Тепловой прирост через пол, расположенный на земле, в котором нет нагревательных приборов, затем прирост теплоты через него рассчитывается путем суммирования тепловых потерь через обычные зоны шириной (3.8) [3]:

$$Q_{1m} = \sum K_{усл.} \cdot F \cdot (t_n - t_e) \cdot m \cdot 10^{-3}, \quad (2.38)$$

где $K_{усл.}$ - условный коэффициент теплопередачи соответствующей зоны пола, $Вт/(m^2 \cdot K)$, ($K_{усл.} = 0,47; 0,23; 0,12; 0,07$) [3];

F - площадь соответствующей зоны пола, m^2 ;

m - коэффициент характеризующий относительное возрастание термического сопротивления пола при наличии изоляции, для неизолированных полов $m=1$

Теплоприток от радиации солнца через покрытия и наружных стен холодильника Q_{1c} , кВт считается по формуле (2.39) [3]:

$$Q_{1c} = k_0^{\partial} \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \quad (2.39)$$

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

Δt_c - избыточная разность температур, характеризующая действие солнечной радиации в летнее время (Требуется принять по таблице 9.1 [3]),

Количество тепла от радиации солнца зависит от географического расположения холодильного предприятия, Избыточная разница температур зависит только от ориентации и широты, и ориентации ее по сторонам горизонта.

Для плоской крыши перепад избыточной температуры зависит только от цветового тона и не зависит от ориентации и широты. Для плоских крыш без окраски (темных) перепад избыточной температуры предполагается равной $17.7^{\circ}C$, с окраска светлых тонов $14.9^{\circ}C$.

Размеры ограждений в плане и площадь камер принимают по осям колонн, высоту стен на 1.2м выше нижней отметки строительной балки (то есть 7,2 м). Площадь дверного проема в камерах требуется принять равной $6 m^2$. Значения коэффициентов теплопередачи ограждающих конструкций были рассчитаны ранее (см. таблицу 2.6). Чтобы определить теплопритоков от солнечного излучения через стены, необходимо принять ориентацию

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		27

здания железнодорожной платформы холодильного предприятия на север. Также необходимо признать, что крыша светлая ($\Delta t_c = 14.9^\circ\text{C}$).

Расчет теплопритоков выполняем по формулам 2.26, 2.28, 2.29, 2.30, 2.31, 2.32 на летний период времени. Для города Анжеро-Судженск расчетная летняя температура $t_{p.l.} = +38^\circ\text{C}$

Камера №1 (хранения замороженного мяса $t = -20^\circ\text{C}$)

Теплоприток через наружную южную стену Q_{1T} , кВт считается по формуле (2.33):

$$Q_{1m} = 0,19 \cdot 72 \cdot 58 \cdot 10^{-3} = 0,793$$

Теплоприток через внутреннюю стену Q_{1T} , кВт считается по формуле (2.35) т.к. стена выходит в неохлаждаемое помещение, которое контактирует с наружным воздухом

$$Q_{1m} = 0,23 \cdot 108 \cdot (0,7 \cdot 20) \cdot 10^{-3} = 0,348$$

Теплоприток через внутренние стены (перегородки) или покрытия считается по формуле 3.3 таким же образом.

Теплоприток от солнечного излучения через наружные стены и покрытия Q_{1C} , кВт считается по формуле (2.36):

$$Q_{1c} = 0,19 \cdot 72 \cdot 11,7 \cdot 10^{-3} = 0,16$$

Теплоприток через пол Q_{1T} , кВт считается по формуле (2.31):

Результаты расчетов теплопритоков через ограждающие конструкции заносим в таблицу 2.6.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		28

Таблица 2.6 Результаты расчета теплопритоков через ограждающие

камера №1 ($t=-20^{\circ}C$)								
Ограждения	$K_0^D \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	$F, м^2$	$t_H, ^{\circ}C$	$\theta, ^{\circ}C$	$Q_{IT}, кВт$	$\Delta t_C, ^{\circ}C$	$Q_{IC}, кВт$	$Q_{IOB}, кВт$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
стена наружная западная	0,19	72	38	58	0,793	11,7	0,160	0,953
стена, смежная с камерой №3	0,23	108	0	20	0,348			0,348
внутренняя стена в коридор	0,28	72	18	38	0,766			0,766
дверь в коридор	0,4	6	18	38	0,091			0,091
покрытие	0,21	216	38	58	2,631	14,9	0,23	2,861
пол	0,19	216	1	21	0,862			0,862
							Итого: Q1=	5,881
камера №2 ($t=-20^{\circ}C$)								
Ограждения	$K_0^D \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	$F, м^2$	$t_H, ^{\circ}C$	$\theta, ^{\circ}C$	$Q_{IT}, кВт$	$\Delta t_C, ^{\circ}C$	$Q_{IC}, кВт$	$Q_{IOB}, кВт$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
стена наружная восточная	0,19	36	38	58	0,397	9,800	0,067	0,464
стена, смежная с камерой №4	0,23	72	-30	-10	- 0,166			-0,166
внутренняя стена в коридор	0,28	36	18	38	0,386			0,386
дверь в коридор	0,4	6	18	38	0,091			0,081
покрытие	0,21	72	38	58	0,877	14,900	0,230	1,107
пол	0,19	72	1	21	0,287			0,287
							Итого: Q1=	2,167

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ

Лист

29

камера №3 (t=0 °C)								
Ограждения	$K_0^D \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	F, м ²	t _н , °C	θ, °C	Q _{ит} , кВт	Δt _с , °C	Q _{ис} , кВт	Q _{об} , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
стена наружная западная	0,19	72	38	38	0,520	11,700	0,160	0,680
стена наружная южная	0,19	108	38	38	0,780	8,360	0,172	0,951
внутренняя стена в коридор	0,28	72	18	18	0,363			0,363
дверь в коридор	0,4	6	18	18	0,043			0,043
покрытие	0,21	216	38	38	1,724	14,900	0,230	1,954
пол	0,19	216	1	1	0,041			0,041
							Итого: Q1=	4,032
камера №4 (t=-30 °C)								
Ограждения	$K_0^D \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	F, м ²	t _н , °C	θ, °C	Q _{ит} , кВт	Δt _с , °C	Q _{ис} , кВт	Q _{об} , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
стена наружная восточная	0,19	36	38	68	0,465	9,800	0,067	0,532
стена, смежная с камерой №5	0,23	72	0	30	0,497			0,497
внутренняя стена в коридор	0,28	36	18	48	0,484			0,484
дверь в коридор	0,4	6	18	48	0,115			0,115
покрытие	0,21	72	38	68	1,028	14,900	0,230	1,258
пол	0,19	72	1	31	0,424			0,424
							Итого: Q1=	3,310

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ

Лист

30

камера №5 (t=0°С)								
Ограждения	$K_0^д \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	F, м ²	t _н , °С	θ, °С	Q _{ит} , кВт	Δt _с , °С	Q _{ис} , кВт	Q _{об} , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
стена наружная восточная	0,19	36	38	38	0,260	9,800	0,067	0,327
стена, смежная с камерой №6	0,23	72	0	0	0,000			0,000
внутренняя стена в коридор	0,28	36	18	18	0,181			0,181
дверь в коридор	0,4	6	18	18	0,043			0,043
покрытие	0,21	72	38	38	0,575	14,900	0,230	0,805
пол	0,19	72	1	1	0,014			0,014
							Итого: Q1=	1,370

камера №6 (t=0°С)								
Ограждения	$K_0^д \frac{Вт}{(м^2 \cdot К)}$	F, м ²	t _н , °С	θ, °С	Q _{ит} , кВт	Δt _с , °С	Q _{ис} , кВт	Q _{об} , кВт
1	2	3	4	5	6	7	8	9
стена наружная восточная	0,19	36	38	38	0,260	9,800	0,067	0,327
стена наружная южная	0,19	72	38	38	0,520	8,360	0,114	0,634
внутренняя стена в коридор	0,28	36	18	18	0,181			0,181
дверь в коридор	0,4	6	18	18	0,043			0,043
покрытие	0,21	72	38	38	0,575	14,900	0,230	0,805
пол	0,19	72	1	1	0,014			0,014
							Итого: Q1=	2,004

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ

Лист

31

2.5 Расчет теплопритока от груза при холодильной обработке

При охлаждении обработки продуктов (охлаждение, заморозка и до заморозки) каждый килограмм продукта выделяет тепло в количестве $q = \Delta i \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$. Кроме того, если охлаждение продуктов происходит в упаковке, то следует добавить тепло, выделяющая при ее охлаждении.

Теплоприток Q_{2np} , кВт, при охлаждении и домораживании продуктов в камерах хранения, считается по формуле (2.40) [3]:

$$Q_{2np} = M_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \quad (2.40)$$

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

Δi - разность удельной энтальпий продуктов, соответствующей начальной и конечной температурам продукта (в кДж/кг), значения, которые следует принимать в соответствии с приложению 10 [3]

Суточное поступление грузов $M_{зр.}$, т/сут., считается по формуле (2.45) и (2.41) [3]:

- если вместимость камеры более 200т.

$$M_{зр.} = 0,06 \cdot E_{к.} \quad (2.41)$$

- если вместимость камеры менее 200т.

$$M_{зр.} = 0,08 \cdot E_{к.}, \quad (2.42)$$

где $E_{к.}$ - емкость камер хранения и термообработки, т.

Если груз упакован, то суточное поступление продукта $M_{np.}$, т/сут. считается по формуле (2.43) [3]:

$$M_{np.} = M_{зр.} - M_{т.} \quad (2.43)$$

Если груз без упаковки, то масса товара должна быть равной массе груза.

Предполагается, что продукты поступают в камеру равномерно в течение дня, и продукт успевает остыть до температуры в камере в течение 24 часов. Теплоприток от продуктов Q_{2np} , кВт, при холодильной обработке в камерах охлаждения и замораживания периодического действия определяют по формуле (2.44) [3]:

$$Q_{2np} = 1,3 \cdot M_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{\tau_{обр} \cdot 3600}, \quad (2.44)$$

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

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

Теплоприток от упаковки $Q_{2т}$, кВт, определяют по формуле (2.45) [3]:

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		32

$$Q_{2T} = M_m c_m (t_1 - t_2) \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600}, \quad (2.45)$$

где M_T - суточное поступление упаковки, Требуется принять 10% от массы груза, т/сут;

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

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

Удельную теплоемкость упаковки (в кДж/(кг·К)) принимают в зависимости от ее материала: для деревянной и картонной упаковки $c_T = 2.3$, металлической $c_T = 0.5$ кДж/(кг·К), а стеклянной $c_T = 0.8$ кДж/(кг·К).

Необходимо признать, что в камерах хранения охлажденного и замороженного мяса кролика, а также субпродуктов, продукт хранится в картонных коробках. Охлаждение и заморозка мяса кролика осуществляется в картонных коробках.

Суммарный теплоприток от груза и упаковки при холодильной обработке Q_2 , кВт считается по формуле (2.46) [29.59]:

$$Q_2 = Q_{2np} + Q_{2T} \quad (2.46)$$

где Q_{2np} - теплопритоки от продуктов при охлаждении, кВт;

Q_{2T} - теплоприток от упаковки.

$$Q_{2np} = M_{np} \cdot \Delta i \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.47)$$

где M_{np} - суточное поступление продукта в камеру, т/сут;

Δi - разность удельных энтальпий, соответствующих начальной и конечной температурам продукта, кДж/кг;

24- продолжительность холодильной обработки продукта, ч,

1000 - переводной коэффициент из тонн в килограммы,

3600 - переводной коэффициент из часов в секунды

Теплоприток от упаковки Q_{2T} , кВт, считается по формуле

$$Q_{2m} = M_m \cdot \Delta t \cdot c_m \cdot \frac{10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.48)$$

где M_T - суточное поступление упаковки, т/сут;

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

t_1 - температура упаковки при поступлении груза, °С;

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		33

t_2 - температура упаковки при выходе груза, °С

2.6 Расчет теплопритока при эксплуатаций камер

Эти теплопритоки обусловлены освещением камер, присутствием в них работавших электродвигателей, людей и открытием дверей. Приток тепла определяют от каждого источника тепла отдельно.

Теплоприток от освещения q_1 , кВт, считается по формуле (2.49) [3]:

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.49)$$

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

F - площадь камеры, м^2 .

Учитывая коэффициент одновременности включения, его можно принять за складские помещения (камеры хранения) $A = 2,3 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$, за холодильные камеры, экспедиций, погрузку и выгрузку $A = 4,7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2}$,

Теплоприток от пребывания людей q_2 , кВт, считается по формуле (2.50) [3]

$$q_2 = 0,35 \cdot n, \quad (2.50)$$

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

n - Количество людей, работающих в данном помещении.

Количество людей, работающих в помещении, берется в зависимости от площади камеры: при площади камеры до 200 м^2 - $2 \div 3$ человека; при площади камеры больше 200 м^2 - $3 \div 4$ человека.

Приток тепла от работающих электродвигателей q_3 , кВт, при расположении электродвигателей в охлаждаемом помещении считается по формуле (2.51) [3]:

$$q_3 = N_s, \quad (2.51)$$

где N_s - суммарная мощность электродвигателей, кВт.

В предварительных расчетах мощность устанавливаемых электродвигателей (в кВт) можно ориентировочно принимать по данным приведенным ниже

- Камеры хранения 1;2;3;6
- Камеры охлаждения 5
- Камеры замораживания 4

Чем больше, камера, тем больше мощность у электродвигателей.

Теплоприток при открывании дверей q_4 , кВт, считается по формуле (2.52) [3]:

$$q_4 = K \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.52)$$

где K - удельный приток тепла от открывания дверей, $\frac{Вт}{м^2}$
(таблицу 9.2 [3]);
 F - площадь камеры, $м^2$.

Эксплуатационные теплопритоки определяются, как сумма теплопритоков Q_4 , кВт, отдельных видов, которые считается по формуле (2.53) [3]:

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4, \quad (2.53)$$

Камера №1 (хранения заморожено мяса кролика $t = -20^{\circ}C$)
Считается теплоприток от освещения q_1 , кВт, по формуле (2.49):

$$q_1 = 4,7 \cdot 216 \cdot 10^{-3} = 1,015$$

Считается теплоприток от пребывания людей q_2 , кВт, по формуле (2.50):

$$q_2 = 0,35 \cdot 4 = 1,40$$

Считается теплоприток от работающих электродвигателей q_3 , кВт, по формуле (2.51):

$$q_3 = 4$$

Считается теплоприток при открывании дверей q_4 , кВт, по формуле (2.52):

$$q_4 = 15 \cdot 216 \cdot 10^{-3} = 3,24$$

Считается суммарный эксплуатационный теплоприток Q_4 , кВт, по формуле (2.53):

$$Q_4 = 1,015 + 1,4 + 4 + 3,24 = 9,655$$

Расчет эксплуатационных теплопритоков для остальных камер аналогичен.

Результаты расчетов теплопритока от грузов при холодильной обработке сведены в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 - Расчет теплопритоков при холодильной обработке, Q₂, кВт

№ камер	t вн	Мсут	Vк, м3	t1	t2	i1	i2	Q2пр,	Q2г,	Q2,
1	-20	6,3	1296	-8	-20	39,4	0	2,873	0,572	3,715
2	-20	2,7	432	-8	-20	39,4	0	1,231	0,572	1,919
3	0	4,2	1296	2	0	241,5	237	0,219	0,095	10,615
4	-30	9	432	4	-8	246	39,4	21,521	0,572	4,677
5	0	15	432	12	0	274	237	6,424	0,572	6,996
6	0	1,8	432	4	0	274	237	0,771	0,572	4,877
сумма								29,365	2,958	35,996

Эксплуатационные теплопритоки Q₄, кВт, считается по формуле

$$Q_4 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4 \quad (2.54)$$

где q₁ - теплоприток от освещения, кВт;
 q₂ - теплоприток от пребывания людей, кВт;
 q₃ - теплоприток от работающих электродвигателей, кВт;
 q₄ - теплоприток при открывании дверей, кВт.

$$q_1 = A \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (2.55)$$

где А - количество тепла, выделяемого освещением в единицу времени на

1 м² площади пола, Вт/м²;

F - площадь камеры, м²;

$$q_2 = 0,35 \cdot n \quad (2.56)$$

где n - Количество людей, работающих в данном помещении;
 0,35 - тепловыделения от одного человека, кВт;

$$q_3 = N_3 \quad (2.57)$$

где N₃ - суммарная мощность электродвигателей, кВт;

$$q_4 = B \cdot F \cdot 10^{-3} \quad (2.58)$$

где В - удельный приток тепла от открывания дверей, Вт/м;
 F – площадь камеры, м².

Расчет эксплуатационных теплопритоков сводим в таблицу 2.8.

Таблица 2.8 - Расчет теплопритоков при эксплуатации, Q₄, кВт

№ камер	F _k , м ²	A, Вт/м ²	n, чел	K, Вт/м ²	q ₁ ,кВт т	q ₂ ,кВт т	q ₃ ,кВт т	q ₄ ,кВт	Q ₄ , кВт
1	216	4,7	4	15	1,015	1,4	4	3,24	9,655
1	72	2,3	2	12	0,166	0,7	2	0,864	3,730
2	216	4,7	4	15	1,015	1,4	4	3,24	9,655
3	72	2,3	2	12	0,166	0,7	2	0,864	3,730
4	72	2,3	2	12	0,166	0,7	2	0,864	3,730
5	72	2,3	2	12	0,166	0,7	2	0,864	3,730
6	72	2,3	2	12	0,166	0,7	2	0,864	3,730

Сумму всех теплопритоков заносим в сводную таблицу 2.9.

Таблица 2.9 -Сводная таблица теплопритоков

№ камер	Назначение	Температура, ⁰ С		Нагрузка на камерное оборудование, ΣQ _{об} кВт			
		t _в	t ₀	Q _{1об}	Q _{2об}	Q _{4об}	ΣQ _{об}
1	2	3	4	5	6	8	10
4	к. зм	-30	-40	3,310	22,09 3	3,730	29,133
Итого: при t₀= -40 °С				3,310	22,93	3,730	29,133
1	к.х.з. пр	-20	-30	5,881	3,445	9,655	18,982
2	к.х.з.сб пр	-20	-30	2,167	1,804	3,730	7,700
Итого: при t₀= -30 °С				8,048	5,249	13,385	26,682
3	к.х. охл пр	0	-10	4,032	0,314	9,655	18,982
5	км охл	0	-10	1,370	6,996	3,730	12,095
6	к.х. охл сб	0	-10	2,004	1,343	3,730	7,077
Итого: при t₀= -10 °С				7,406	8,653	17,114	33,174

2.7 Расчет нагрузки на компрессоры

Нагрузка на компрессор Q_{км} формируется из всех типов теплопритоков, тем не менее в ряде случаев их можно учитывать фрагментами, то есть частями, зависит от разновидности и назначения холодильника.

Нагрузка на газоконпрессор состоит из всех типов теплопритоков ΣQ_{об}, кВт, но они не должны быть полностью учтены.

Сумма тепловой нагрузки на компрессорные агрегаты, ΣQ, кВт, вычисляем по формуле

$$\Sigma Q_{-40} = \Sigma Q_{1об} + \Sigma Q_{2об} + (0,5 \div 0,75) \cdot \Sigma Q_{4об}; \quad (2.59)$$

$$\Sigma Q = \Sigma Q_{1об} + (0,5 \div 0,6) \cdot \Sigma Q_{2об} + (0,5 \div 0,75) \cdot \Sigma Q_{4об}; \quad (2.60)$$

Требуемая холодопроизводительность компрессорного оборудования, $Q_{0т}$, кВт, по температурам кипения вычисляем по формуле

$$Q_{0т} = k \cdot \Sigma Q_{км} \quad (2.61)$$

где k – коэффициент, учитывающий тепловые потери в трубопроводах и аппаратах холодильной установки;
 $\Sigma Q_{км}$ – суммарная нагрузка на компрессорные агрегаты для заданной температуры кипения.

При поддержании морозильных камер $t_{в} = -30$ °С нагрузка на компрессор, работающий при температуре кипения – 40°С ΣQ_{-40} , кВт, вычисляем по формуле (3.29) [3]:

$$\Sigma Q_{-40} = 3,310 + 22,093 + 0,7 \cdot 3,730 = 28,014$$

$$Q_{0т-40} = 28,014 \cdot 1,1 = 30,82$$

При поддержании в камерах хранения замороженной продукции $t_{в} = -20$ °С нагрузка на компрессоры, работающие при температуре кипения – 30°С ΣQ_{-30} , кВт, вычисляем по формуле (3.30) [6]:

$$\Sigma Q_{-30} = 8,048 + 0,6 \cdot 5,249 + 0,7 \cdot 13,385 = 20,57$$

$$Q_{0т-30} = 20,57 \cdot 1,07 = 22,01$$

При поддержании в камерах охлаждения и хранения охлажденной продукции $t_{в} = 0$ °С нагрузка на компрессоры, работающие при температуре кипения – 10°С ΣQ_{-10} , кВт, вычисляем по формуле (3.30) [3]:

$$\Sigma Q_{-10} = 7,406 + 0,6 \cdot 8,653 + 0,7 \cdot 17,114 = 24,58$$

$$Q_{0т-10} = 24,58 \cdot 1,05 = 25,81$$

2.8 Расчет работа и режимов холодильной установки

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

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

$$\begin{aligned} Q_{03(-40)} &= 30,82 \text{ кВт} & t_{03} &= -40\text{ }^{\circ}\text{C}, \\ Q_{02(-30)} &= 22,01 \text{ кВт} & t_{02} &= -30\text{ }^{\circ}\text{C}, \\ Q_{01(-10)} &= 25,81 \text{ кВт} & t_{01} &= -10\text{ }^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

желательно принять три отдельных фреоновых схемы с одноступенчатым сжатием и одноступенчатым дросселированием, работающие на холодильном агенте R404. С вертикальными воздушными конденсаторами.

Температура конденсации для установок с воздушным охлаждением конденсатора принимают на $(2 \div 4)\text{ }^{\circ}\text{C}$ выше температуры окружающей среды, уходящей от конденсатора.

2.9 Расчет и подбор компрессорного оборудования

Три одноступенчатого цикла холодильной установки, представлен на рисунке 4.1.

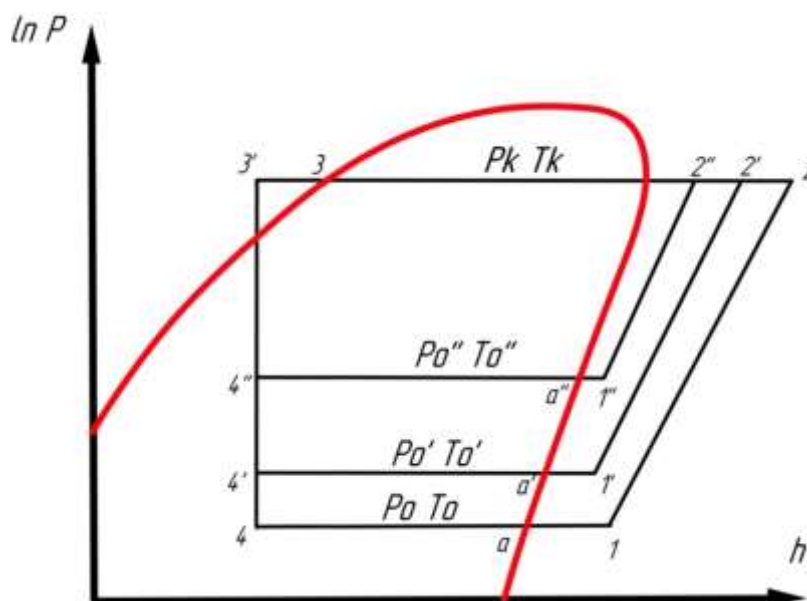


Рисунок 4.1 - Цикл холодильной установки.

Значения параметров в узловых точках цикла сведены в таблицу 4.1.

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		39

Таблица 2.10 - Значения параметров в узловых точках цикла

№ точки	t, оС	p, МПа	i, кДж/кг	v, м3/кг
a	-40	0,135	343	0,143
a'	-30	0,205	350	0,095
a''	-10	0,433	362	0,046
1	-30	0,135	352	0,15
1'	-20	0,204	358	0,1
1''	0	0,433	371	0,048
2	65	2,05	410	0,01
2'	62	2,05	407	0,01
2''	59	2,05	403	0,01
3	45	2,05	272	0,001
3'	35	2,05	254	-
4	-40	0,135	254	0,078
4'	-30	0,206	254	0,047
4''	-10	0,433	254	0,018

Массовый расход циркулирующего хладагента M , кг/с, который надо отводить от циркуляционных ресиверов, считается по формулам

$$M_{(-40)} = \frac{Q_{0T(-40)}}{(i_a - i_4)}, \quad (2.62)$$

$$M_{(-40)} = \frac{30,82}{(343 - 254)} = 0,346,$$

$$M_{(-30)} = \frac{Q_{0T(-30)}}{i_{a'} - i_{4'}}, \quad (2.63)$$

$$M_{(-30)} = \frac{22,01}{(350 - 254)} = 0,229,$$

$$M_{(-10)} = \frac{Q_{0T(-10)}}{i_{a''} - i_{4''}}, \quad (2.64)$$

$$M_{(-10)} = \frac{25,81}{(362 - 254)} = 0,239.$$

Для определения требуемой объемной производительности компрессоров находим коэффициент подачи компрессора λ

$$\frac{Pk}{Po} = \frac{2,05}{0,135} = 15,19, \text{ отсюда } \lambda_{(-40)} = 0,27;$$

$$\frac{Pk'}{Po'} = \frac{2,05}{0,204} = 10,05, \text{ отсюда } \lambda_{(-30)} = 0,48;$$

$$\frac{Pk''}{Po''} = \frac{2,05}{0,433} = 4,73, \text{ отсюда } \lambda_{(-10)} = 0,71.$$

Требуемую объемную производительность компрессоров V_m , $\text{м}^3/\text{с}$, считается по формуле

$$V_m = \frac{M \cdot v}{\lambda} \quad (2.65)$$

$$V_{m(-40)} = \frac{0,346 \cdot 0,15}{0,27} = 0,1924,$$

$$V_{m(-30)} = \frac{0,229 \cdot 0,1}{0,48} = 0,0478,$$

$$V_{m(-10)} = \frac{0,239 \cdot 0,048}{0,71} = 0,0162.$$

По результатам расчета подбираем требуемое Количество компрессоров. Обязательно принимаем на $t_0 = -40$ °С два винтовых компрессора марки Bitzer HSN8571-125 с требуемой производительностью $V_{\text{км}} = 0,114$ $\text{м}^3/\text{с}$; на $t_0 = -30$ °С - винтовой компрессорный агрегат марки Bitzer HSK6451-50 с объемной производительностью $V_{\text{км}} = 0,057$ $\text{м}^3/\text{с}$; на $t_0 = -10$ °С - винтовой компрессорный агрегат марки Bitzer HSK6451-50 с объемной производительностью $V_{\text{км}} = 0,057$ $\text{м}^3/\text{с}$.

Таблица 2.11 - Технические характеристики одноступенчатых компрессорных агрегатов

Марка агрегата	V_T , $\text{м}^3/\text{с}$	Нэл(мах), кВт	V_w , $\text{м}^3/\text{ч}$	Габаритные размеры, мм	Масса, кг
				дл.×шир.×выс.	
HSN8571-125	0,114	132	410	1257×465×679	600
HSK6451-50	0,057	50	140	956×505×418	238
HSK6451-50	0,057	50	140	956×505×418	238

Действительный массовый расход $M_{\text{км}}$, $\text{кг}/\text{с}$, считается по формуле

$$M_{\text{км}} = \frac{\lambda \cdot V_{\text{км}}}{v}, \quad (2.66)$$

$$M_{\text{км}(-40)} = \frac{0,27 \cdot 0,228}{0,15} = 0,41,$$

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		41

$$M_{км(-30)} = \frac{0,48 \cdot 0,114}{0,1} = 0,547,$$

$$M_{км(-10)} = \frac{0,71 \cdot 0,114}{0,048} = 1,686.$$

Суммарную теоретическую мощность N_m , кВт, считается по формуле

$$N_m = M_{км} \cdot l_m, \quad (2.67)$$

где l_m – работа цикла, кДж/кг.

$$N_{T(-40)} = M_{км(-40)} \cdot (i_2 - i_1)$$

$$N_{m(-40)} = 0,41 \cdot (410 - 352) = 23,8$$

$$N_{T(-30)} = M_{км(-30)} \cdot (i_2' - i_1')$$

$$N_{m(-30)} = 0,547 \cdot (407 - 358) = 26,8$$

$$N_{T(-10)} = M_{км(-10)} \cdot (i_2'' - i_1'')$$

$$N_{m(-10)} = 1,686 \cdot (403 - 371) = 53,96$$

Индикаторную мощность компрессоров N_i , кВт, считается по формуле

$$N_i = \frac{N_m}{\eta_i}, \quad (2.68)$$

где η_i - индикаторный КПД.

$$N_{(-40)} = \frac{23,8}{0,85} = 28$$

$$N_{(-30)} = \frac{26,8}{0,85} = 31,54$$

$$N_{(-10)} = \frac{53,96}{0,85} = 63,48$$

Электрическую мощность, потребляемая из сети, $N_э$, кВт, считается по формуле

$$N_э = \frac{N_i}{\eta_{мех}}, \quad (2.69)$$

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		42

где $\eta_{\text{мех}}$ - механический КПД.

$$N_{э(-40)} = \frac{28}{0,9} = 31,12$$

$$N_{э(-30)} = \frac{31,54}{0,9} = 35,05$$

$$N_{э(-10)} = \frac{63,48}{0,9} = 70,54$$

Действительную холодопроизводительность $Q_{од.}, кВт$ считается по формуле (2.70) [3]:

$$Q_{од.} = \frac{Q_o \cdot V_o}{V_T} \quad (2.70)$$

$$Q_{од.(-40)} = \frac{30,82 \cdot 0,228}{0,19} = 36,53$$

$$Q_{од.(-30)} = \frac{22,01 \cdot 0,114}{0,0478} = 52,53$$

$$Q_{од.(-10)} = \frac{25,81 \cdot 0,114}{0,0162} = 182,12$$

2.10 Расчет и подбор камерных приборов охлаждения

Расчет и подбор воздухоохладителей на температуру кипения $t_o = -30,^{\circ} C$
Камера № 1 ($t_B = -20,^{\circ} C$)

Площадь теплопередающей поверхности воздухоохладителя $F_{B.O.}, м^2$,
считается по формуле (2.71) [28]:

$$F_{B.O.} = \frac{Q}{k \cdot \theta_m}, \quad (2.71)$$

где: Q - нагрузка на камерное оборудование, кВт;

k - общий коэффициент теплопередачи, $k = 19,3 Вт/(м^2 \cdot K)$;

θ_m - расчетная разность температур, $^{\circ} C$.

Для воздухоохладителей $\theta_m = 10^{\circ} C$.

$$F_{B.O.} = \frac{18,98 \cdot 1000}{19,3 \cdot 10} = 98,351$$

Требуется принять один воздухоохладитель марки АВП 080/1-12-90(А)
с площадью теплопередающей поверхности $F_{B.O.} = 90,2, м^2$

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		43

Действительную площадь теплопередающей поверхности воздухоохладителей $F_{B.O.д.}, м^2$, считается по формуле (2.72) [3]:

$$F_{B.O.д.} = n \cdot F_{B.O.}, \quad (2.72)$$

$$F_{B.O.д.} = 2 \cdot 54,4 = 108,8$$

где n - количество воздухоохладителей.

где $v, м^3$ - объем одного воздухоохладителя, для воздухоохладителя АВП 080/1-12-90(А) $v = 0,047, м^3$.

Результаты расчета и подбора воздухоохладителей в другие камеры и на другие температуры кипения сведены в таблицу 2.12

Результаты расчета и подбора воздухоохладителей Таблица 2.12

№ каме-ры	$\sum Q, кВт$	$F_{B.O.}, м^2$	Марка воздухо-охладителя	Коли-чество В.О., шт	$F_{B.O.д.}, м^2$
$t_o = -40, ^\circ C$					
4	29,13	158,332	045.2E/34-ANW50	1	192,4
$t_o = -30, ^\circ C$					
1	18,98	98,351	045.2E/210-ANW50	2	54,4
2	7,7	39,896	045.2E/212-ANW50	1	46,2
$t_o = -10, ^\circ C$					
3	14,0	60,1	045.2E/17-ANW50	2	37,7
5	12,1	51,912	045.2E/210-ANW50	1	54,4
6	7,08	30,373	045.2E/17-ANW50	1	37,7

Технические характеристики воздухоохладителей Таблица 2.13

Марка	Длина струи, м	Объем труб, л	Площадь теплопер. пов., м	Холодопроизводительность (R404A), кВт		Расход воздуха, м ³ /час
				DT=8K T _{кип} = -8°C	DT=7K T _{кип} = -25°C	
045.2E/210-ANW50	17	20,2	54,4	13,1	10,4	11060
045.2E/212-ANW50	18	20,2	46,2	11,8	9,4	11300
045.2E/17-ANW50	15	11,1	37,7	7,9	6,2	5320
045.2E/34-ANW50	17	29,3	192,4	29,6	23,8	14580

2.11 Расчет и подбор конденсаторов

Действительную тепловую нагрузку на конденсатор $Q_{кд.}$, кВт считается по формуле (2.72) [3]:

$$Q_{кд.} = M_{действ.} \cdot (i_2 - i_3) \quad (2.72)$$

$$Q_{кд.(-40)} = 0,41 \cdot (410 - 272) = 56,64$$

$$Q_{кд.(-30)} = 0,547 \cdot (407 - 254) = 73,87$$

$$Q_{кд.(-10)} = 1,686 \cdot (403 - 272) = 220,9$$

Подбор конденсаторов ведем по площади теплопередающей поверхности.

Температурный напор Θ_m , °C, вычисляем по формуле (2.73) [3]:

$$\Theta_m = \frac{t_{w2} - t_{w1}}{\ln \frac{t_k - t_{w1}}{t_k - t_{w2}}}, \quad (2.73)$$

$$\Theta_m = \frac{41 - 36}{\ln \frac{45 - 36}{45 - 41}} = 6,17$$

Требуемую площадь теплопередающей поверхности F_K , м², считается по формуле (2.74) [3]:

$$F_K = \frac{Q_{кд.}}{k \cdot \Theta_m}, \quad (2.74)$$

$$F_{к(-40)} = \frac{56,64}{0,04 \cdot 6,17} = 229,64$$

$$F_{к(-30)} = \frac{73,87}{0,05 \cdot 6,17} = 239,62$$

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$F_{k(-10)} = \frac{220,9}{0,05 \cdot 6,17} = 716,53$$

Следует принять к установке на ($t_o=-40$) два воздушный конденсатор фирмы Alfa Laval марки ACS 802A с площадью теплопередающей поверхности $F_k=238,7 \text{ м}^2$; на ($t_o=-30$) два воздушный конденсатор фирмы Alfa Laval марки ACS633A с площадью теплопередающей поверхности $F_k = 267,3 \text{ м}^2$; а на ($t_o=-10$) два воздушный конденсатор фирмы Alfa Laval марки ACS634C с площадью теплопередающей поверхности $F_k = 715 \text{ м}^2$.
Технические характеристики приведены в таблице 4.5

Таблица 2.14

Технические характеристики воздушного конденсатора

Модель	Расход воздуха, $\text{м}^3/\text{ч}$	Площадь поверхности, м^2	Внутренний объем труб, дм^3	Входной патрубок, мм	Выходной патрубок, мм	Вес, кг
ACS 802A	42400	238,7	21	48	42	303
ACS633A	48000	267,3	25,5	42	28	328
ACS634C	58400	715	65	60	48	525

2.12 Р Расчет и подбор линейного ресивера

Линейные ресиверы рассчитывают на прием жидкости из всей испарительной системы в количестве не более 30 % от полной вместимости труб охлаждающих приборов или холодильного технологического оборудования.

В хладоновых холодильных установках вместимость линейного ресивера $V_{\text{лр}}$, дм^3 вычисляем по формуле:

$$V_{\text{лр}} = \sum V_{\text{во}} \quad (2.75)$$

где $\sum V_{\text{во}}$ - суммарный объем труб воздухоохладителей для каждой температуры кипения, дм^3 , см. таблицу 4.3

$$V_{\text{лр}(-40)} = 1 \cdot 192,4 = 192,4$$

Требуется принять горизонтальный линейный ресивер фирмы Bitzer марки F3102N с действительной вместимостью дм^3 $V_{\text{лр}} = 320 \text{ дм}^3$,

$$V_{\text{лр}(-30)} = (2 \cdot 20,2) + (1 \cdot 20,2) = 60,6$$

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

Необходимо принять горизонтальный линейный ресивер фирмы Bitzer марки F732N с действительной вместимостью $\text{дм}^3 V_{\text{лр}} = 73 \text{ дм}^3$,

$$V_{\text{лр}(-10)} = (2 \cdot 11,1) + (1 \cdot 54,4) + (1 \cdot 11,1) = 87,7$$

Необходимо принять горизонтальный линейный ресивер фирмы Bitzer марки F902N с действительной вместимостью $\text{дм}^3 V_{\text{лр}} = 89 \text{ дм}^3$.

Технические характеристики ресивера приведены в таблице 4.6

Технические характеристики ресиверов Bitzer Таблица 2.15

Ресивер	Объем ресивера, дм^3	Максимальное наполнение хладагента R404, кг	Вес кг	Присоединения	
				Вход \varnothing , мм	Выход \varnothing , мм
F3102N	320	307,6	190	76	54
F732N	73	70,2	50	35	28
F902N	89	85,5	60	42	35

2.13 Расчет и подбор маслоотделителя и маслоборника

Для улавливания масла, уносимого из компрессора, подберём маслоотделитель. Требуется принять для каждого компрессора свой маслоотделитель. Подбор ведём по диаметру аппарата.

Диаметр маслоотделителя $d_{\text{м.о.}}$, м считается по формуле (2.76):

$$d_{\text{м.о.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot M_{\text{действ}} \cdot V_{\text{наг.}}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.76)$$

где: $V_{\text{наг.}}$ - объем нагнетаемый компрессорами,
 $[\omega] = 1, \text{ м/с}$ - допустимая скорость паров аммиака,

$$d_{\text{м.о.}(-40)} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,426 \cdot 0,101)}{3,14 \cdot 1}} = 0,23$$

$$d_{\text{м.о.}(-30)} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,041 \cdot 0,05)}{3,14 \cdot 1}} = 0,16$$

$$d_{\text{м.о.}(-10)} = \sqrt{\frac{4 \cdot (1,23 \cdot 0,011)}{3,14 \cdot 1}} = 0,13$$

По значению найденного диаметра выбираем маслоотделитель, диаметр которого не меньше расчетного. Необходимо принять

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47

маслоотделители компании «Henry» на температуру кипения $t_0 = -40$ °С марки S-5580 с внутренним диаметром $D_{mo}=102$ мм, один маслоотделитель на температуру кипения $t_0 = -30$ °С, марки S-5580 с внутренним диаметром $D_{mo}=102$ мм и один маслоотделитель на температуру кипения $t_0 = -10$ °С, марки S-1901-CE с внутренним диаметром $D_{mo}=203$ мм, Технические характеристики маслоотделителей приведены в таблице 2.16

Технические характеристики маслоотделителей Таблица 2.16

Марка	Габаритные размеры (мм)					Масса, кг	Предварительная заправка маслом, л
	ØА	В	С	Е	ØF		
S-1901-CE	203	533	89	100.5	160	14.1	0.6
S-5580	102	210	48	нет	нет	1.4	0.4

2.14 Расчет и подбор трубопроводов

Определение диаметра трубопровода, м, осуществляем по формуле

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum (M \cdot V)}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.77)$$

Диаметр нагнетательного трубопровода компрессорного агрегата на, $t_0 = -40$ °С, $t_0 = -30$ °С, $t_0 = -10$ °С

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,4104 \cdot 0,19,24 + 0,5472 \cdot 0,0478 + 1,686 \cdot 0,0162)}{3,14 \cdot 25}} = 0,082$$

Необходимо принять $d = 84$ мм.

Диаметр всасывающего трубопровода компрессоров, работающих на $t_0 = -40$ °С

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,41 \cdot 0,1924}{3,14 \cdot 15}} = 0,0818$$

Следовательно принимаем $d = 82$ мм.

Диаметр нагнетательного трубопровода компрессоров, работающих на $t_0 = -40$ °С

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,41 \cdot 0,1924}{3,14 \cdot 18}} = 0,0747$$

Следовательно принимаем $d = 74$ мм.

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

Диаметр всасывающего трубопровода компрессоров, работающих на $t_0 = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,547 \cdot 0,048}{3,14 \cdot 15}} = 0,0471$$

Следовательно принимаем $d = 48\text{ мм}$.

Диаметр нагнетательного трубопровода компрессоров, работающих на $t_0 = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,547 \cdot 0,048}{3,14 \cdot 18}} = 0,043$$

Следовательно принимаем $d = 44\text{ мм}$.

Диаметр всасывающего трубопровода компрессоров, работающих на $t_0 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0478 \cdot 1,686}{3,14 \cdot 15}} = 0,0481$$

Следовательно принимаем $d = 50\text{ мм}$.

Диаметр нагнетательного трубопровода компрессоров, работающих на $t_0 = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,0478 \cdot 1,686}{3,14 \cdot 18}} = 0,0439$$

Следовательно принимаем $d = 44\text{ мм}$.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49

2.15 Описание схемы холодильной установки

В проекте холодильной установки. По технологическим соображениям предусмотрено три цикла холодильной установки. При температуре кипения: $t_0 = -40^\circ\text{C}$, цикл с при температуре кипения $t_0 = -30^\circ\text{C}$, и цикл при температуре кипения $t_0 = -10^\circ\text{C}$. Каждая температура кипения предполагает свою автономную централь, работы которых аналогичны.

В централи, работающей на температуру кипения $t_0 = -40^\circ\text{C}$ применены два компрессорных агрегата Bitzer HSN8571-125, линейный ресивер F3102N, маслоотделитель S-5580, воздушный конденсатор (ACS 802A).

В централи, работающей на температуру кипения $t_0 = -30^\circ\text{C}$ применены два компрессорных агрегата Bitzer HSK6451-50, линейный ресивер F902N, маслоотделитель S-5580, воздушный конденсатор (ACS633A).

В централи, работающей на температуру кипения $t_0 = -10^\circ\text{C}$ применены два компрессорных агрегата Bitzer HSK6451-50, линейный ресивер F902N, маслоотделитель S-1901, воздушный конденсатор (ACS634C).

Сжатый пар фреона в компрессорах (Bitzer), нагнетается в воздушный конденсаторы отдавая тепло окружающей соответственно для температур кипения ($t_0 = -40^\circ\text{C}$, $t_0 = -30^\circ\text{C}$, $t_0 = -10^\circ\text{C}$.) через маслоотделитель (S-5580), в котором происходит процесс отделения масла от паров холодильного агента. Масло через систему фильтров и вентилях попадает обратно в компрессоры. Пары холодильного агента конденсируются при температуре конденсации и стекают в линейный ресивер (F3102N). Из линейного ресивера жидкий холодильный агент подаётся в приборы охлаждения (воздухоохладители), фреон кипит, забирая тепло от продуктов, и парожидкостная смесь возвращается в отделитель жидкости. Из него пары фреона всасываются компрессорами и цикл повторяется.

Удаление масла из системы

Удаление масла из системы осуществляется с помощью нефтеловушек. Собранное масло возвращается в картер компрессора, а пар в конденсатор.

Удаление снеговой шубы

Размораживание воздухоохладителей с помощью электронагревателей производится в следующей последовательности. В линейном ресивере уменьшают давление. Воздухоохладители переходят в режим размораживания - отключаются от испарительной системы, выключаются электродвигатели вентиляторов, включаются электронагреватели. После оттаивания воздухоохладители переключаются в режим охлаждения, выполняя операции в обратном порядке.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

3. Специальная часть. Применение CO₂ для холодильной обработки тушки кролика.

3.1 Оборудование и методы охлаждения тушки кролика

Для замораживания туши кролика употребляется 1-фазная заморозка. Замораживание сопровождается потерей веса и неким понижением качества продукта. Утрата веса при однофазном замораживании составляет от 1-го до 2-ух процентов. Замораживание - это дешевый способ длительного сохранения свойства мяса. Всем известно о том, чтоб сохранить высококачественные и полезные вещества и характеристики мяса кролика, его следует хранить в виде охлажденного продукта [9].

В текущее время в пищевой индустрии употребляется ряд способов для охлаждения туш кролика, что, невзирая на значимые недочеты, в конечном итоге приводит к сокращению времени остывания.

Чтоб охладить мясо кролика после убоя и разделки, русские инженеры изобрели метод продувки холодного воздуха к каркасу с использованием поэтапного орошения водой. Воздушное охлаждение выполняется до полного испарения распыляемой воды с увеличением интервалов между этапами в процессе. Скорость воздуха от 2 до 3 м / с, температура воздуха на всех ступенях, не считая экстремальных, колеблется от нуля до 1 ° С. На крайних ступенях температура колеблется от минус 5 до минус 7 ° С. Изобретение обеспечивает интенсивный теплообмен, снижение расхода воды, повышение качества продукции и непрерывную работу холодильной установки. Изобретение относится к пищевой промышленности и может быть использовано для охлаждения туш кроликов после убоя и снятия шкуры.

Интенсивность теплообмена достигается за счет испарения с поверхности изделия при продувке воздухом за счет испарения свободной влаги, что также увеличивает коэффициент теплоотдачи. Кроме того, на последнем этапе используется воздух с самой низкой температурой, чем на предыдущих этапах, что также увеличивает коэффициент, указанный ранее.

Улучшение качества продукта достигается методом постоянного нахождения свободной влаги на поверхности продукта. И так не высыхает. С другой стороны, воздушный поток осуществляется до тех пор, пока влага на поверхности продукта полностью не испарится. И поэтому продукт не впитывает воду.

Снижение питьевой воды достигается за счет продувки воздухом, который идет на полное испарение воды с поверхности продукта, а питьевая вода теряется только за счет испарения с поверхности каркаса.

Непрерывная работа чиллера достигается за счет интенсивного испарения воды с поверхности продукта, и продувочный воздух насыщается им. Температура воздуха колеблется от нуля до единицы. Это позволяет

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		51

избежать образования льда на поверхности теплообмена воздухоохладителя. На крайней стадии охлаждения и испарения воды с поверхности тушек она уже низкая, что снижает вероятность образования льда на поверхности теплообмена воздухоохладителя.

Кроликов, которых необходимо охлаждать после убоя и снятия шкуры при температуре от 30 до 35 ° С, орошают водой, которую распыляют в течение 10-20 секунд, достаточной для создания водного покрытия на поверхности туш. В то же время расход воды на 1 тонну продукта устанавливается в зависимости от размера и формы продукта. Это делается для того, чтобы после разбрызгивания воды на продукт образовывался водный слой. Самое длительное опрыскивание водой нецелесообразно, так как влага начнет вытекать из продукта. После прошлых операций тушу кролика промывают воздухом при температуре 0 ° С в течение некоторого времени,

это необходимо до полного испарения распыленной воды. После этого цикла «распыление и поток воздуха» повторяется. Но из-за того, что поверхность охлаждается, испарение происходит медленнее, чем во время первого цикла, и время выдувания увеличивается. Циклы «распыления и продувки» повторяются до 2 раз. До тех пор, пока продукт не достигнет средней объемной температуры приблизительно 8 ° С, 10 ° С. После этого каркас продувают воздухом с температурой от минус 5 до минус 7 ° С. До тех пор, пока они не достигнут требуемой средней объемной температуры 4 ° С. При таких параметрах процесса на поверхности продукта отсутствует ледяная корка. Использование нулевой температуры воздуха на начальных этапах охлаждения позволяет избежать образования льда на поверхности теплообмена воздухоохладителя. В то же время достаточно высокая температура продукта обеспечивает более интенсивное охлаждение. На заключительном этапе охлаждения температура снижалась, и испарение воды с поверхности продукта было не сильным, и, следовательно, можно увеличить теплоотвод за счет продувки воздухом с самой низкой температурой (от -5 до -7 ° С). И поэтому образование льда на поверхности теплообмена воздухоохладителя значительно уменьшается. Что приводит к значительному увеличению периода между периодами оттайки [10].

3.2 Криогенное оборудование и способы охлаждения кролика

Русские и зарубежные ученые разработали машины работающие на базе углекислого газа. Принцип действия основан на осаждении, углекислого газа и азота на поверхности продукта. Холодильная машина для охлаждения продуктов при помощи диоксида СО₂ представлена на рис. 5.1. Принцип работы этого аппарата заключается в том, что жидкий диоксид углерода подается в смесительное устройство по трубопроводам 11 и 13, размещенным под углом 15 к этому устройству. В конце трубопроводов

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

имеются особые сопла, через которые дросселируется жидкий углекислый газ и образуется снегоподобный CO₂. пары хладагента отсасываются при помощи специального устройства 17. Дефлекторы 15 и 16 размещены на поверхности смесительного устройства. Основная задача - направить пары углекислого газа во всасывающее устройство 17.

Партия продукта вводится в секции 2 и 3 смесительного устройства 1, где продукт размещается над форсунками 12 и 14. При помощи электродвигателей, вообще то, запускаются барабаны 4 и 5, крутящиеся в противотоке, барабаны интенсивно смешивают CO₂ поступающий через трубопроводы 11 и 13 и дросселированный через сопла 12 и 14.

Процесс остывания поверхности продукта происходит при помощи циркулирующего противотока жидкости, газообразного и снегообразного CO₂ в устройстве 1. Пары хладагента собираются всасывающим устройством 17 с внедрением дефлекторов 15 и 16.

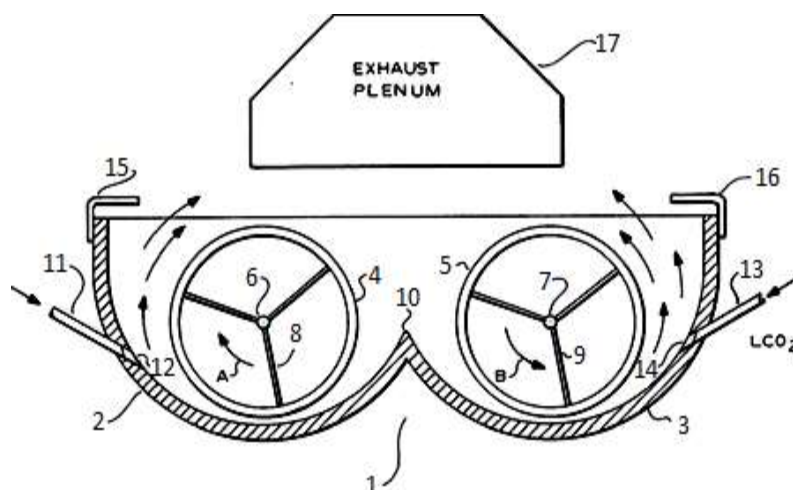


Рис. 3.1 Аппарат для охлаждения пищевых продуктов диоксидом углерода:
1- смешивающее устройство; 2,3- секции для ввода продукта; 4,5- барабан;
6,7- вал; 8,9- лопасть вращения; 10- вершина смешивающего устройства;
11,13- трубопровод подачи диоксида углерода; 12,14- форсунка; 15,16-
дефлекторы; 17- устройство для отсасывания паров хладагента.

Во Франции был разработан аппарат туннельного типа для охлаждения куска пищи. Устройство предусматривает введение жидкого CO₂ (который превращается в снег и газ) в верхнюю часть туннеля. С помощью центрального вентилятора, расположенного в нижнем отсеке, циркулирует углекислый газ. Частично противотоком или в том же направлении, что и охлажденный продукт. Принципиальная схема аппарата приведена на рисунок.3.2.

Принцип работы аппарата заключается в следующем. Через гибкую завесу перегородки для входа в продукт 2 продукт поступает на конвейер 4 в теплоизолированную камеру. Ролики 5 и 6 отвечают за перемещение конвейера. В верхней секции туннеля 14 от источника жидкой двуокиси

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ

Лист

53

углерода по трубе 19 через регулирующий клапан 20 капиллярная трубка 16 и дроссельное устройство 17 впрыскивается жидкий CO₂, превращенный в снег и газ. Вентилятор 9 приводится в движение электродвигателем 11. Смешивание газа в противотоке от секции 13 к секции 14, с одной стороны, и в направлении с продуктом, с другой стороны. Подача х / а регулируется датчиком 15. Охлажденный продукт покидает перегородку 3 через толстую завесу.

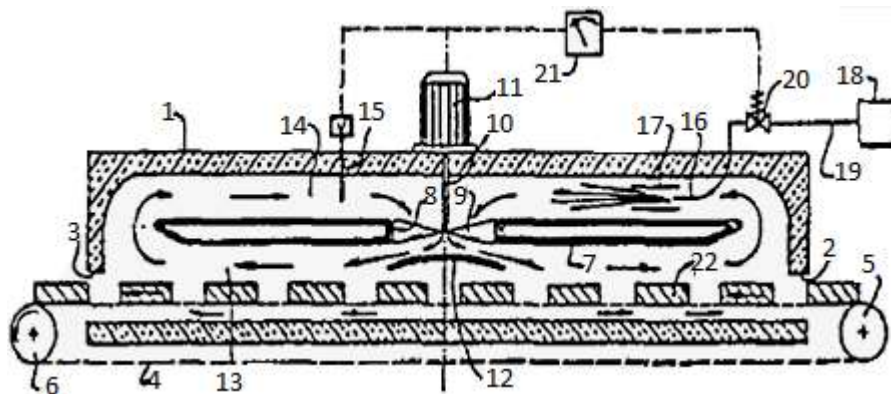


Рис. 3.2 Схема аппарата туннельного типа, для охлаждения штучного пищевого продукта:

1- теплоизолированная камера; 2- гибкая шторка перегородки для входа продукта; 3- перегородка для выхода охлажденного продукта; 4- конвейер; 5,6- ролик; 7- ложный потолок; 8- сечение под выход снегообразного диоксида углерода; 9- вентилятор; 10- вал; 11-вентилятор; 12- пластина для распределения потока; 13- зона обработки продукта криоагентом; 14- зона для сбора газообразного CO₂; 15- температурный зонд; 16- капиллярная трубка; 17- дроссельное устройство; 18- источник жидкого CO₂; 19- трубопровод подачи жидкого диоксида углерода; 20- регулирующий клапан; 21- индикатор температуры.

На рисунке 3.3 показана такая установка, предназначенная для быстрого охлаждения или замораживания влажных продуктов, таких как пироги или полуфабрикаты. Это теплоизолированный корпус. Внутри которой расположен цепной конвейер с лотками и средствами механического охлаждения. Установка оснащена специальными изолированными дверцами, которые обеспечивают доступ ко всем ее частям. А также специальная система вентиляции для удаления углекислого газа из зоны замерзания после окончания охлаждающей обработки.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ

Лист

54

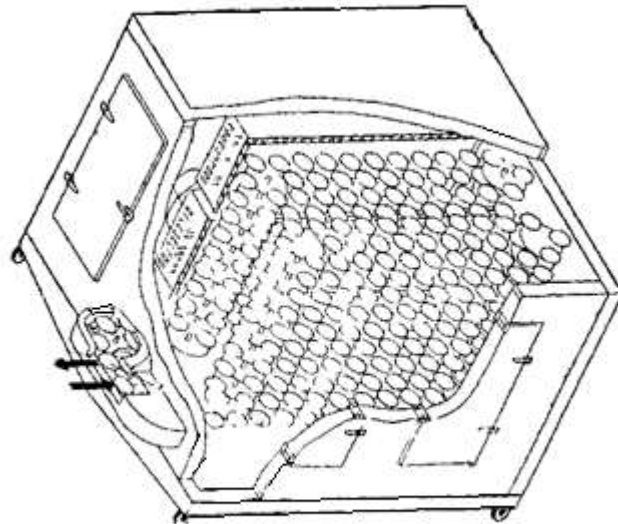


Рисунок а)

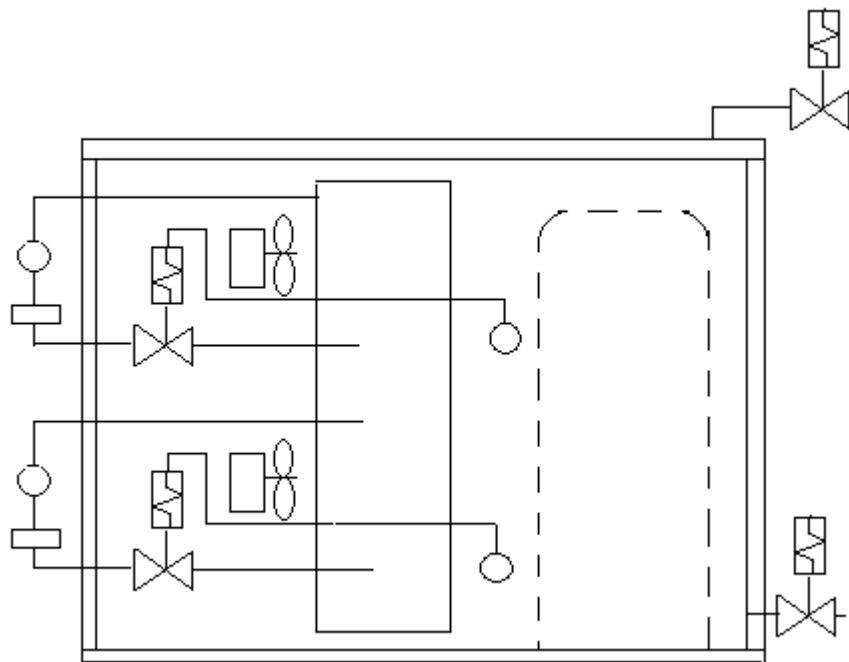


Рис.3.3 Комбинированный скороморозильный аппарат с модифицированной газовой средой: а) — общий вид; б) — схема работы.

Загрузка да выгрузка агрегата выполняется с одной стороны. Однако присутствие определенного замешательства 1-го окошка является и еще достоинством морозильной машины. Это позволяет исключить доп теплопритока

да обеспечить постоянность состава переменной газовой среды. Ввиду того, что углекислый газ существенно тяжелее воздуха, а разгрузочно-загрузочное окно размещено на нижней части агрегата, образуется характерный «углекислотный затвор» для попадания внешнего воздуха вовнутрь камеры.

Настройка холодопроизводительности осуществляется через температурные датчики установленных в камере устройства и объединенных с дросселирующими вентилями, также вентилем подачи углекислого газа в систему.

В текущее время разработано немного техномодификаций аппарата почти с различной комплектацией отдельных устройств. Он может легко транспортироваться внутри помещения на колесах выполненных в его нижней части и таким образом встраиваться в разнообразные научно-технические линии.

Скорморозильные агрегаты, функционирующие на снегообразной диоксида углерода, - агрегаты закрытой разновидности, в которых улетучивается лишь 15 % двуокиси углерода

Схема автоматической регулировки температуры и распылителей смонтированных в углекислотных агрегатах изображена на рисунке 3.4 и 3.5.

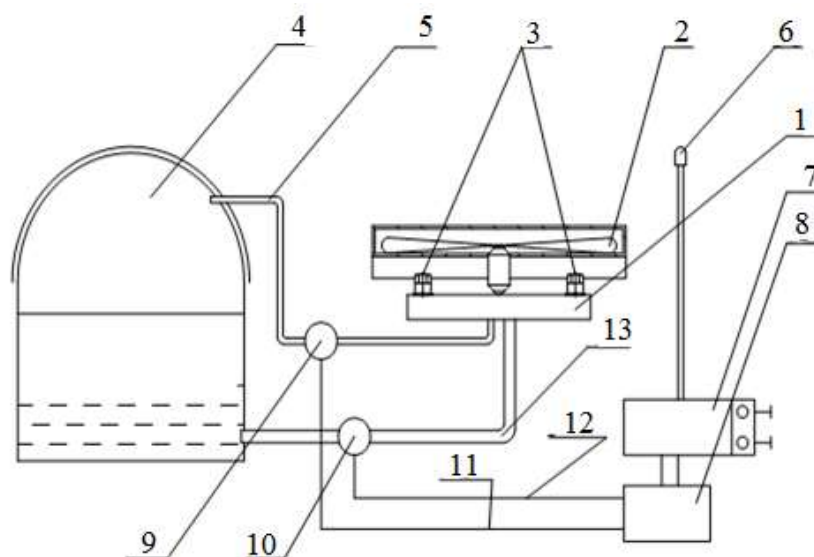


Рис. 3.4 Схема аппарата для холодильной обработки продуктов диоксидом углерода

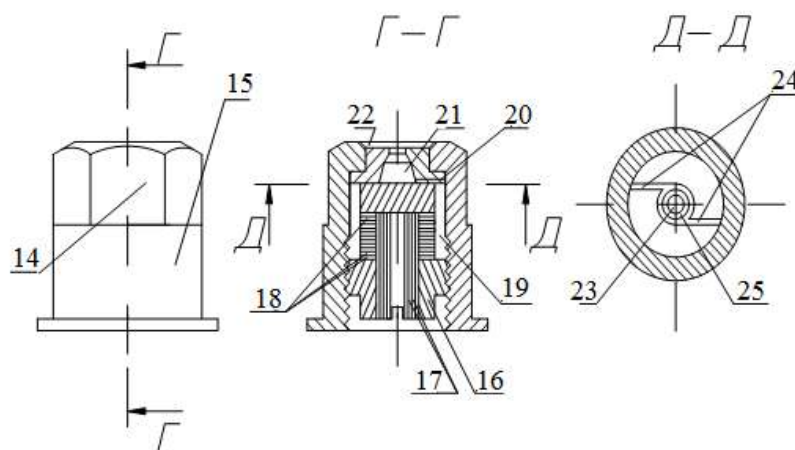


Рис. 3.5 Форсунки для аппаратов, работающих на диоксиде углерода

(шестнадцать). Дробильное устройство имеет продольные каналы (17), в которых

углекислый газ поставляется.

Двуокись углерода, которая движется по продольным каналам (17),

входит в радиально вводные окна (18), которые заканчиваются

кольцевая полость (19) и плавно соединена с радиальной

направляющие каналы (20).

Газ распыляется из нескольких форсунок (3) газ с твердыми элементами

углекислый газ будет контактировать с внешней поверхностью каркаса

кролик и это ускорит процесс замораживания.

Проблема регулирования подачи также является нежелательным удушением

в

аэрозоли (3) для образования твердого диоксида углерода,

затыкание сопла через отверстие, решается по схеме

автоматический контроль подачи и температуры углекислого газа

камера изображена на рисунке 1.

Автоматический контроль температуры смеси осуществляется с помощью

термостат (7), а также два электромагнитных клапана (9,10).

Электромагнитный клапан (10) установлен на жидкостной линии (13), и

клапан (9) на газовой линии (5).

Когда температура газоздушная смесь в изолированной камере

получает свой собственный нижний предел -73°C , затем термостат (7)

воздействовать на электромагнитный клапан (9) и он открывается.

В то же время клапан (10) закрывается от импульса термостата (7),

перекрыв поток жидкого углекислого газа из резервуара. В течение

заданный период времени, реле (8) оставляет электромагнитный

клапан (10)

открыть. Высокое давление поддерживается в коллекторах (1) и инжекторах

(3), который также обеспечивает удаление жидкой двуокиси углерода из

системы и

очистка сопла (3) газом. В конце времени единицы времени реле

(8) электромагнитный клапан (9) отключен. Когда температура

газоздушная смесь в теплоизолированной камере (1) поднимается до

-65°C Электромагнитный клапан термостата (7) открывается (9).

Давление в коллекторах (1), а также в форсунках (3) увеличивается, и снова

мыть газом. Таймер (8) закрывает электромагнитный клапан (9)

и открывает электромагнитный клапан (10), подающий подачу жидкости

углекислый газ в некоторых форсунок (3).

Устройства, используемые для морозильной обработки мяса кролика

диоксидом углерода: обыкновенная углекислота, единственно, имеющая

твердое агрегатное состояние, является сухим льдом. Употребив повышение

температуры, при нормальном атмосферном давлении, к сухому льду, он

неизбежно сублимирует то есть поменяет свое состояние, перейдя в

газообразное состояние, при чем необходимо отметить, жидкая фаза не

образуется.

										Лист
										57
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ					

В период процесса охлаждения протекая теплоотдача наружной среды своего потенциала сухого льда. Если бы соотнести его холодопроизводительность с простым гидрофитным льдом, то различим явный преимущество, за сухим льдом, его удельная холодопроизводительность 637 килоджоуль на килограмм при 0°С_о, это в два раза более, нежели производительность лед из воды. А холодопроизводительность в объемном виде твердой углекислоты по сравнению с гидрофитным льдом больше почти в три раза.

В такой же мере следует учитывать положительный факт: в ходе выделения из сухого льда сублимации, случается будто обволакивание углекислотой, имеющий газовую форму, многообразных скоропортящихся продовольств, именно они обретают совершенно безвредные, консервирующие характеристики. Если объединить сухой лед и еще эфир, то можно без усилий извлечь температуру достигающую минус сто градусов.

Производят сухой лед в предназначенных фирмах, которые имеют участие к выделениям углекислоты. В готовом виде он представляет из себя маленький блок. На главном шаге создания сухого льда достигают выхода газовую углекислоты в чистом виде, впоследствии в процессе снижения температурного режима углекислоту из жидкого превращают в твердое состояние. Сухой лед повсеместно используется в разнообразных направленностях исключительно широко его употребляют в пищевой индустрии, как например, для транспортировки и хранения мороженого.

При использовании дополнительного теплоносителя и хладоносителя, сухой лед обязательно надо размельчить и вместить в емкости, изготовленная из металла, их еще именуют как карманы, сквозь данные емкости происходит непринужденная циркуляция воздуха. Так же усилить циркулирование можно употребив вспомогательный вентилятор.

Использование сухого льда либо сухой заморозки, значительно повышает длительность хранения отдельных продуктов. Нужно отметить ряд значимых превосходств изготовления продуктов, подвергнутых стремительной заморозки.

Общеизвестно, что при продолжительном хранении замороженных продуктов питания теряют свою био ценность, использование быстрой заморозки а также охлаждения дает возможность уменьшить данный коэффициент на 30%. Существенно снижается утрата продуктов, предприятиях общественного питания, но и на домашней кухне.

Сухой снег это лучшее средство быстрого понижения температуры, не приводящее к высыханию продукта, например как охлаждение воздухом, и не повышающее влагосодержание, как это случается при охлаждении водным льдом. Охлаждение сухим снежным покровом обеспечивает снижение температуры за пару минут.

Сберегается и даже улучшается естественный окраска продукта из-за мелкий диффузии диоксида углерода внутрь. Единоновременно значительно повышается срок хранения продовольствий, потому как оксид углерода удерживает развитие микробов и плесени. Охлаждению целесообразно а также выгодно подвергать мясо, но также колбасы и полуфабрикаты.

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		58

Оборудование подобного образа также сильно удобны чтобы их применять в предприятиях поточного сверхскорого охлаждения.

Атакже главной целью считается сохранение озонового слоя и сохранить надежность работу холодильных автоматов. Именно это является первостепенных пунктов, которые необходимо не нарушить при подборе холодильной машины. Использование преимущественно обычных показавших себя в деле. Стремятся сужать новоиспеченными техническими условиями. Пока проглядывается большой потребность к ужесточению мер. из-за этого рекомендуют переходить в прочие хладогенты. Диоксид углерода относится к натуральным. В отличие от некоторых (аммиак, пропан, бутан) диоксид углерода никак не опасный и вовсе не горит. В отдельном роде диоксид углерода присутствует в воздушном объеме и, приходит одним из главных элементов для поддержания, жизненных функций. Но есть и противоположный край.

В мировой деятельности много времени уделяется охлаждению обработки мяса различными методами и его сохранению.

В то же время внимание будет уделено изучению высокоэффективных технологий неопасных рабочих жидкостей в холодильной технике и технологических процессах.

Одним из таких методов охлаждения является метод, основанный на использовании эффекта сублимации. Принцип метода охлаждения заключается в нанесении снегообразного диоксида углерода на поверхность мяса.

Согласно проведенным многочисленным исследованиям, этот метод позволяет увеличить время хранения мяса в несколько раз из-за ингибирующих свойств углекислого газа. Наряду с этим основным недостатком сохранения использования углекислого газа контактным способом является его расход на охлаждение пищи и трудности восстановления.

На сегодняшний день разработан образец установки для переработки туш кроликов со снегоподобным углекислым газом. Принцип действия заключается в подаче порции снегоподобного CO₂ в брюшную часть туши кролика и, при необходимости, на внешнюю поверхность, после чего он помещается в контейнер или упаковку и остается для продажи.

Предусмотренный принцип работы агрегата позволяет значительно снизить

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		59

потребление CO₂ за счет отвода тепла от мяса. Схема устройства показана

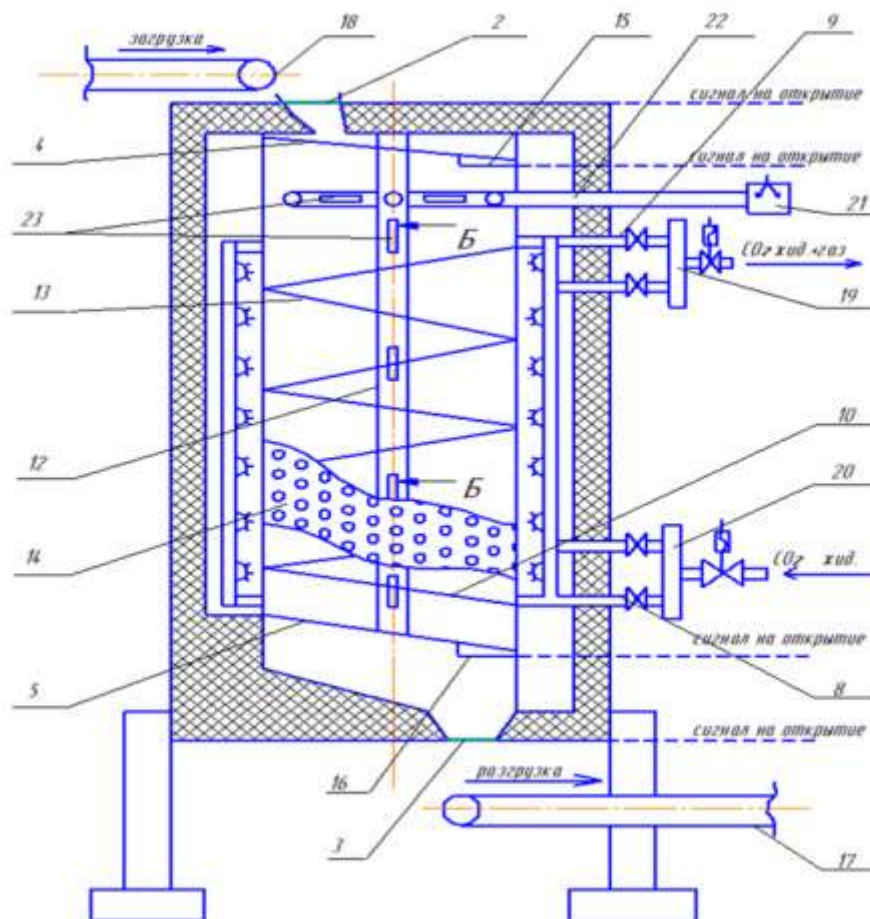


Рис. 3.6 Аппарат для холодильной обработки продуктов диоксидом углерода

3.3 Оборудование для транспортировки мяса кролика

В данный момент низкотемпературные технологии широко применяются для холодильной обработки и транспортировки туш кроликов, подвергнуты обработке жидким азотом, диоксидом углерода и другие. Данные методы являются экологически безопасными. Поэтому позволяют обеспечить безотходную обработку. И организовать низкотемпературную постоянную холодильную цепочку от производителя до покупателя. Для перевозки охлажденных продуктов и в этом случае кроличьи тушки предпочтительно используются автомобильный транспорт, которые оснащены, холодильными машинами. Такие как изотермические автомобили и авто рефрижераторы.

Изотермические автомобили оснащены теплоизолированным кузовом, что предотвращает недопустимое повышение температуры перевозимых грузов летом и более низкие температуры зимой. Чтобы замедлить процесс повышения температуры воздуха, внутри корпуса рефрижераторного транспорта помещают лед или сухой лед. Которые находятся в специальных контейнерах или ящиках и тому подобное. При перевозке продуктов в изотермических тарах автомобиля, между продуктами помещается сухой лед, что способствует сильному охлаждению.

И в этом случае невозможно регулировать температуру воздуха в корпусе, чтобы обеспечить его равномерное распределение по охлаждаемому корпусу авторефрижератора. Этот метод применим только для упакованных замороженных продуктов.

системы охлаждения холодильного транспорта по технологии сжиженных природных газов стали очень популярными. Такие как азот, воздух, углекислый газ и сухой лед. Специальные системы охлаждения рефрижераторов сухим льдом разнообразны. В наиболее общем случае это металлический ящик, в который помещают измельченный сухой лед. Для принудительной конвекции внутри корпуса установлены вентиляторы. В процессе промышленных перевозок также используется азотная система охлаждения. Жидкий азот служит в роле холодильного агента. А также средством, которое формирует модифицированную среду, обогащенным газообразным азотом в объеме кузова рефрижераторного транспорта. В данный момент для транспортировки охлажденных продуктов используются конструкции из пенопласта и материала на основе сэндвич панелей и пенопластовых материалов. Представленные ранее материалы имеют низкую плотность, низкую теплопроводность и легкость.

Жидкий воздух похож на системы охлаждения с жидким азотом, но имеет ряд преимуществ. в том числе: быстрое охлаждение, точное регулирование t °, надежность, бесшумность, снижение потери веса продукта.

Выбор системы охлаждения зависит от присутствующих ряда факторов:

- назначение рефрижераторных перевозок в зависимости от расстояния до пункта назначения;
- климатические условия;
- режим температурной транспортировки;

3.4 Расчет продолжительности охлаждения мяса кролика

Точное решение задачи охлаждения тушки произвольной формы можно получить с помощью одномерного (квазиодномерного) приближения. главная идея этого метода основана на том факте, что уравнение теплопроводности для всех трех тел простой формы выглядит одинаково, а граничные и начальные условия равны, то есть идентичны:

$$C_H \frac{\partial t}{\partial \tau} = \lambda_H \left\{ \frac{\partial^2 t}{\partial x^2} + \frac{k}{x} * \frac{\partial t}{\partial x} \right\}; \quad (3.1)$$

$$-\lambda_H \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha \{ t - t_{xл} \}; \quad \frac{\partial t}{\partial x} = 0; \quad t = t_{нач}; \quad (3.2)$$

где: C_H – объемная теплоемкость тела, Дж/(м³ °С); λ_H – теплопроводность Вт/(м °С); x - координата по сечению тела, м ($x=0$ отвечает центру тела, а $x=R$ его поверхности); t - температура тела °С; $t_{xл}$ – температура среды °С, R -

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		61

характерный размер тела, т. е. для пластины – половина толщины, для цилиндра и шара – радиус, м; k - безразмерный коэффициент, равный 0 для пластины, 1 для цилиндра и 2 для шара. Отметим, что коэффициент k для тел простой формы можно определить как:

$$k = \frac{1}{\Phi} - 1; \quad \Phi = \frac{V}{S \cdot R}; \quad (3.3)$$

где: F - безразмерный коэффициент формы тела; V -его объем, м³; S -площадь поверхности, м².

Поскольку выражения (1) и (3) имеют смысл для любой формы, решение задачи (1) в общем виде для произвольного значения k позволит использовать полученное решение для определения температуры любого тела, подставив в него значение коэффициент k найден из (3). В этом случае характерный размер R понимается как расстояние от поверхности тела до точки как можно дальше внутри тела (теплового центра).

Для произвольного тела с достаточно большим временем обработки температуру можно приблизительно описать следующим выражением:

$$t = t_{\text{хл}} + (t_{\text{нач}} - t_{\text{хл}}) A \exp(-m\tau), \quad (3.4)$$

где: m - темп охлаждения, не зависит от координаты, а коэффициент A от нее зависит. Это называется приближением регулярного теплового режима.

Для расчета по формуле (4) необходимо умение определить темп охлаждения m и значит констант A для интересующих нас точек. Необходимо установить два значения A : для температуры поверхности ($A_{\text{пов}}$), так как собственно замораживание начинается при достижении поверхностью криоскопической температуры, и для среднеобъемной температуры ($A_{\text{об}}$) в этот момент. Значения $A_{\text{пов}}$ и $A_{\text{об}}$ взаимосвязаны: рассмотрим случай однородного тела произвольной формы. Запишем уравнение теплового баланса:

$$dt_{\text{об}} C_H V = -\alpha S (t_{\text{пов}} - t_{\text{хл}}) d\tau, \quad (3.5)$$

где: $t_{\text{об}}$ – среднеобъемная температура тела, °С; $t_{\text{пов}}$ - температура поверхности тела, °С;

Подставляя (4) в (5), получим

$$\varphi = \frac{A_{\text{пов}}}{A_{\text{об}}} = \frac{m \cdot c_H \cdot V}{\alpha \cdot S} = \frac{\Phi}{Bi_H} \chi; \quad m = \frac{\lambda_H \cdot \chi}{c_H \cdot R^2}, \quad (3.6)$$

где: χ - некоторый параметр, который равен наименьшему собственному числу соответствующей краевой задачи и является некоторой функцией числа Bi_H и формы тела. Коэффициент называется

коэффициентом неоднородности температурного поля; при $Bi_H \rightarrow 0$ он, очевиден, стремится к единице, следовательно, при этом $\chi \sim Bi_H / \Phi$.

Таким образом, числа m , $A_{пов}$ и $A_{об}$ связаны соотношением (6), и зная значение двух параметров, можно рассчитывать третий.

Хотя одномерная задача (1), (2) допускает точное решение. Пользоваться им неудобно. Поскольку оно требует решения трансцендентного уравнения (уравнение которое не является алгебраическим) с функциями Бесселя. Поэтому предлагается подобрать аппроксимирующие формулы для χ ; $A_{пов}$ и $A_{об}$ как функций Bi_H и k для чего можно воспользоваться прямыми методами вариационного исчисления. Именно, параметр χ является минимумом следующего функционала:

$$\chi = \min_{E \in W} \left\{ - \frac{\int_0^1 \frac{d}{d\xi} \left(\xi^k \frac{dE}{d\xi} \right) * E * d\xi}{\int_0^1 E^2 \xi^k d\xi} \right\} \quad (3.7)$$

где: под W подразумевается пространство функций, удовлетворяющих условиям (2). В качестве аппроксимирующего выражения для функции $E(\xi)$ возьми степенную зависимость:

$$E(\xi) \approx 1 - a * \xi^b \quad (3.8)$$

где a и b – какие-то положительные константы.

Подставляя (8) в (2) и далее в (7) и находим минимум функции, получим:

$$b = \frac{\sqrt{2k+6} - k + 1}{2} \quad (3.9)$$

Подставляя (9) в (7), окончательно получим:

$$\chi = \frac{Bi_H(k+1)(Bi_H + \sqrt{2k+6})k + 2\sqrt{2k+6} + 5}{4Bi_H^2 + 4(\sqrt{2k+6} + 2)Bi_H + \sqrt{2k+6}(k + 2\sqrt{2k+6} + 5)} \quad (3.10)$$

Усредняя распределение (8), получим выражение для $A_{об}$.

$$A_{об} = \frac{(2Bi_H + k + \sqrt{2k+6} + 3)^2 * \sqrt{2k+6}}{(4Bi_H^2 + 4(\sqrt{2k+6} + 2)Bi_H + \sqrt{2k+6}(k + 2\sqrt{2k+6} + 5))(k + 3)} \quad (3.11)$$

Теперь необходимое время охлаждения тушки кролика и среднеобъемную температуры, которую будет иметь тело на этот момент, можно определить исходя из соотношений (4) и (6) следующим образом:

$$\tau_1 \approx \frac{c_H * R^2}{\lambda_H * \chi} \ln \left\{ A_{пов} \frac{t_{нач} - t_{хл}}{t_{кр} - t_{хл}} \right\}; \quad t_1 \approx t_{хл} + \frac{Bi_H}{\Phi * \chi} (t_{кр} - t_{хл}); \quad (3.12)$$

3.5 Технические средства и методика экспериментальных исследований.

Для выполнения исследований были созданы технические средства и разработаны методичные способы выполнения экспериментов.

Технические средства включают основной стенд - для изучения процесса охлаждения мяса кролика да испытательного оборудования.

Экспериментальный стенд

Для исследования процесса охлаждения тушки кролика, была создана экспериментальная установка, внешний вид которой представлен на рисунке 3.7.

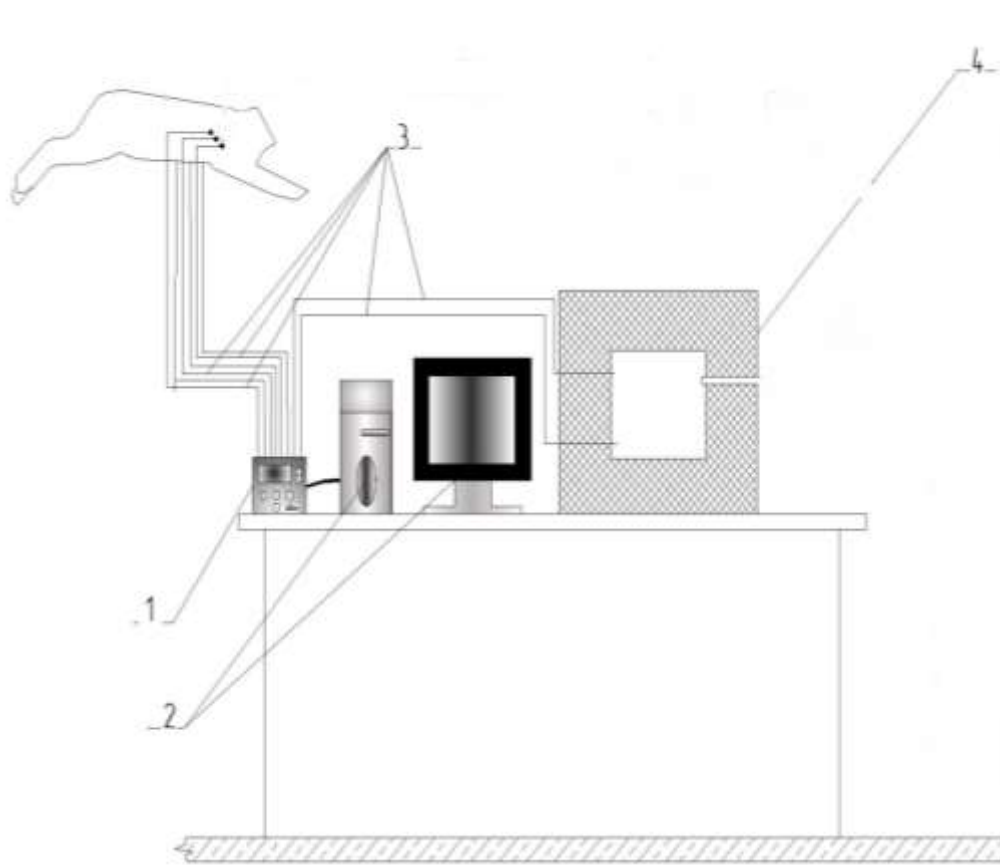


Рис. 3.7. Схема экспериментального стенда:

1 – контроллер температуры ТРМ-138; 2 – персональный компьютер;

3 – хромель-копелевые термопары; 4 – теплоизолированная камера;

Данный лабораторный стенд представляет собой совокупность устройств, приспособлений и контрольно-измерительных приборов позволяющих проводить процесс охлаждения тушки кролика с контролем над изменениями всех необходимых параметров.

Кролика помещают в теплоизолированную камеру (4). После этого камера (4) плотно закрывается. Изменение температуры у кролика и в камере контролируется с помощью хромопелевых термопар (3), сигнал которых подается на регулятор температуры (1), а обработанные результаты выводятся в виде графиков на компьютер (2).

									Лист
									64
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ				

Приборное оснащение стенда

Этот стенд представляет собой комплект оборудования для измерения и контроля всех необходимых параметров.

При проведении измерений были приняты во внимание методы и технические средства, а также рекомендации.

Температура исследуемого образца в процессе охлаждения и температура в камере, в которой проводились исследования, контролировались в соответствии с показаниями электрического терморегулятора ТРМ-138, который имеет температурный диапазон от +30 до -90 ° С. В качестве чувствительного элемента использовались термопары хромель-капель с диаметром соединения $0,3 \cdot 10^{-3}$ м.

При проведении экспериментов имели место погрешности измерений, которые оценивались величинами относительных ошибок, выраженных в процентах. К погрешностям относятся:

1) Погрешность при измерении температуры:

$$\varepsilon' = \pm 6\%$$

2) Погрешность при измерении линейных размеров штангенглубиномером с точность 0,1мм, при величине наименьшего измерения равного 10 мм:

$$\varepsilon' = \pm 0,1/10 \cdot 100 = \pm 1\%$$

Методика экспериментальных исследований

Эксперименты по охлаждению кролика, массой 1,6 кг проводились дискретным методом, с введением снегообразного CO₂ во внутреннюю полость и без введения во внутреннюю полость. Эксперименты проводились при температуре в камере 0 °С. Методика эксперимента при температуре в камере 0 °С без подачи CO₂ во внутреннюю полость тушки кролика следующая:

1. Производится взвешивание тушки кролика.

2. Помещали тушку кролика в камеру (4), предварительно установив термопары в окорочке; в поясничную часть тушки; в передней ноге подопытного. Сигналы с термопар поступают на электрический контроллер температуры (1) и общий сигнал с контроллера поступает на компьютер (2).

3. Анализируются полученные данные, и результаты эксперимента, по которым строятся графики исследуемых зависимостей.

Отличие следующего эксперимента заключается в следующем, что во внутреннюю полость засыпается снегообразный CO₂.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		65

3.6 Аппарат для холодильной обработки тушек кролика диоксидом углерода

Мною была разработана камера для охлаждения мяса кролика диоксидом углерода, путем разбрызгивание через сопло форсунок. Данная установка разрабатывалась с целью более долгого сохранения качества продукта, быстрого и экономически выгодного охлаждения тушки кролика.

На рисунке 3.8 показан предлагаемый апорта, общий вид

Устройство состоит из неподвижного изолированного корпуса (1).

Корпус внутренней оболочки изготовлен из листа нержавеющей стали, а корпус - из листового алюминия. Между обшивками уложенная изоляция. На двух противоположных сторонах корпуса устройств установлены двери изготовлены из алюминия (15), через которые подается и выходит верхний цепной конвейер. Конвейер имеет направляющая тавру (2), которая используется для перемещения туш кроликов (3), подвешенных на крюках (4), с помощью транспортной цепи (5). Подача углекислого газа в аппарат осуществляется через ряд форсунок (14), установленных на трубопроводах (11), проложенных по всей длине. Для создания циркуляции устройства предусмотрены осевые части от электродвигателей изолированного кожуха газ-воздух в верхних вентиляторах (12), которые приводятся в движение электродвигатели (13).

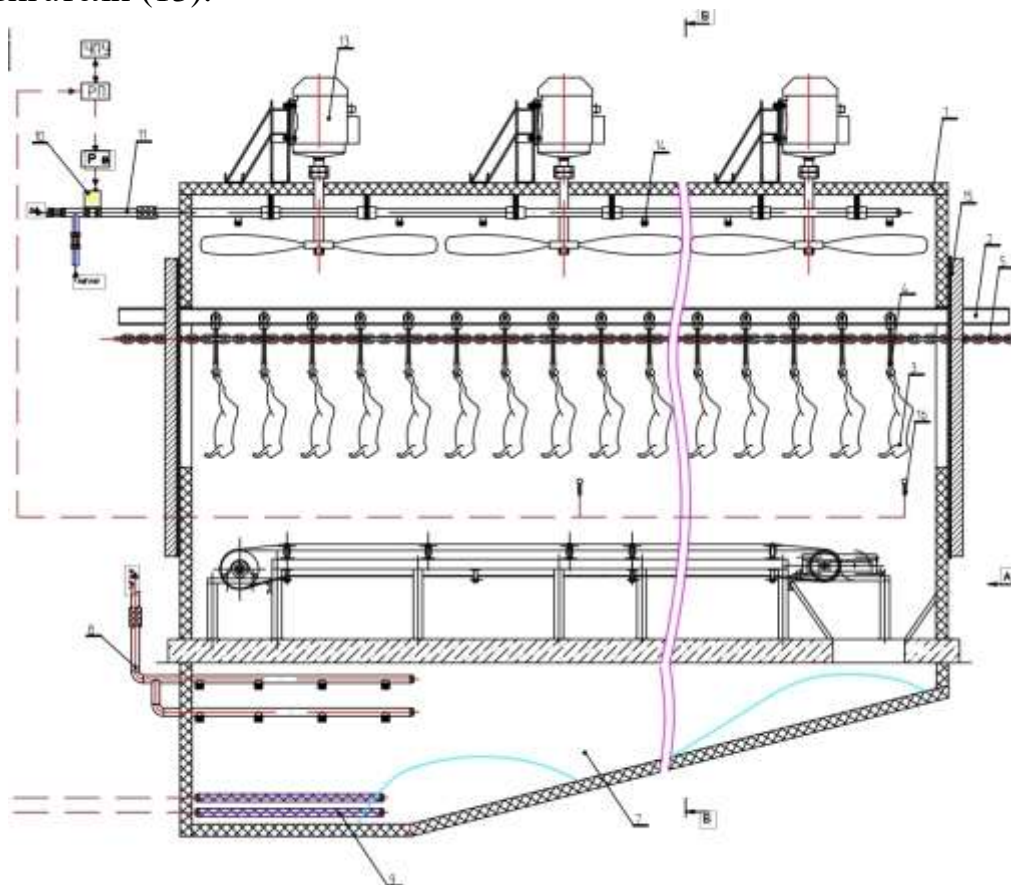


рисунок 3.8 холодильный опорот по обработки кролика диоксидом углерода

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ

Лист

66

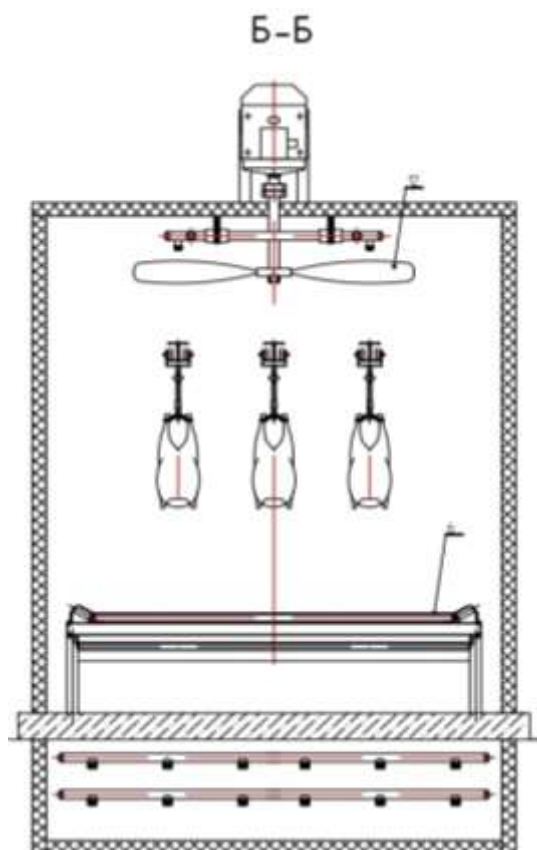


рисунок 3.8 разрез Б-Б холодильного опорота по обработки кролика диоксидом углерода

Аппарат работает следующим образом.

Потрошенная тушка кролика (3), закрепляется на крюке (4) и по средством цепной передачи (5) подается по направляющей (2) через ворота (16, 15) в теплоизолированную камеру (1). При движении продукта по конвейеру (2).

Партия мяса транспортируется в камеру (1) после того ворота закрываются отправляется сигнал на (ЧПУ)а затем на реле времени которая подает сигнал на запуск конвейера. После этого жидкий диоксид углерода подается через форсунки магистраль (11) на форсунки (14).

Для интенсивности охлаждения мяса используют вентиляторы (12)

Разбрызгиваемый из ряда форсунок (14) газ с частичками твердого CO₂ попадает на поверхность тушки и тем самым отводит тепло, позволяет ускорить процесс охлаждения. Для создания равномерного температурного распределения (снега) и увеличить скорости охлаждения тушек аппарате используют вентиляторы (12), работающие от электродвигателей (13). После излишки снега попадая на ленточный конвейер (6) удаляется в подпольный бункер (7) где после сублимирует и откачивается через трубопровод (8) направляется в систему. Часть снега подогревается электронагревателями(9) для более интенсивной сублимации диоксида углерода. После завершения цикла реле времени открывает двери и партия охлаждённых кроликов покидает зону охлаждения.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		67

Данное устройство обеспечивает снижение расхода диоксида углерода и времени холодильной обработки кролика. Конструкция аппарата позволяет внедряться в классические технологии по обработки мяса кролика.

(Аппарат модернизировать под эксперимент)

С целью определения оптимального варианта работы аппарата и внедрения его в промышленность на нем были проведены исследования по охлаждению тушек кролика массой 3 кг.

2. Тушка подается на цепной конвейер, поступая в камеру запускается цикл охлаждения до температуры (+4 - 0) градусов , без циркуляции воздуха в камере.

3. Следующим процессам исследуем цикл с установленным циркуляцией воздуха до 10 м/с

4. после проведенных этапов, сравниваем расход диоксида углерода и затраченное время на охлаждение мяса кролика, делаем вывод.

5. Предложить технологию:

1. Убой, потрошение;
2. Охлаждение на цикличном конвейере;
3. Транспортировка в упаковке или без;
4. Реализация в торговой сети.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		68

3.7 Исследование процесса холодильной обработки тушки кролика

Термограмма процесса охлаждения тушки кролика без использования снегообразного диоксида углерода при температуре в камере 0°C представлена на рис.3.9.

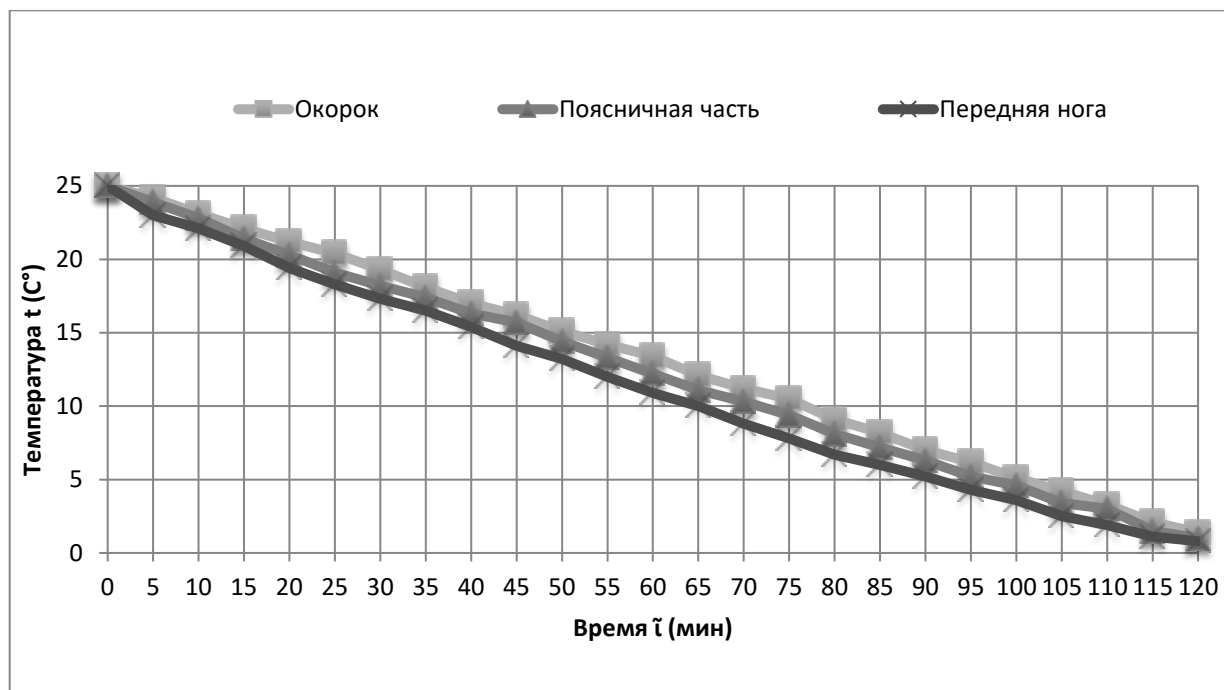


Рис.3.9 Термограмма охлаждения тушки кролика 1.6 кг. при температуре в камере 0°C.

Время охлаждения составило 120 минут. В процессе данного эксперимента нами проводилась фиксирование температуры через термопары и вывод их на электрический контролер температуры.

В конце эксперимента температура колеблется примерно от 0,8 до 1,4°C.

В верхней точке тушки температура составила 1°C.

Температура в окорчке составила 1,4°C.

Термограмма процесса охлаждения тушки кролика с засыпанным CO₂ массой 1,6 кг при температуре в камере 0°C и схема установки термопар представлена на рис. 3.10.

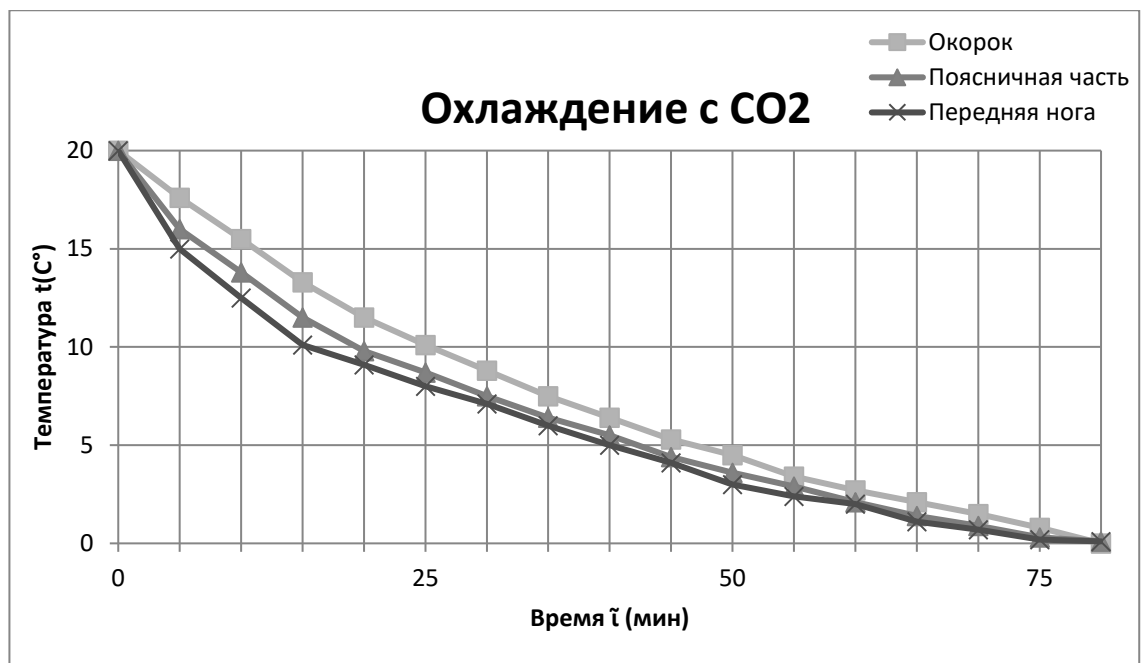


Рис 3.10 Термограмма охлаждения тушки кролика с использованием снегообразного диоксида углерода при массе тушки кролика 1,6 кг. при температуре в камере 20 С°.

Время охлаждения составило 80 минуты, при этом было засыпано диоксида углерода примерно 0,200 кг. В процессе эксперимента нами производилась регистрация температур в тушке кролика.

В конце сублимации CO₂ температура колеблется примерно от 0 С°-0,1 С°.

На верхней поверхности температура составила 0,1 °С.

Температура в окорочке на момент окончания сублимации составила 0°С.

Исследовав и проанализировав полученные термограммы можно сделать вывод, что охлаждение с использованием снегообразного диоксида углерода лучше, чем без него. В первом опыте охлаждение происходило естественным путем и на охлаждения было затрачено два часа. Во втором же опыте было добавлено немного снегообразного CO₂ и на охлаждения в этом случае было затрачено всего лишь один час и двадцать минут. После проделанных опытов сразу же была видна более ускоренная динамика во втором опыте, нежели чем в первом. И по полученным данным можно сказать, что второй способ охлаждения эффективен, чем первый и имеет место быть.

Заключение

Благодаря выполненной работе было достигнуто оптимальное размещение камер термообработки и хранения различных продуктов.

Система использует современное оборудование для автоматизации работы холодильного агрегата и создания благоприятных условий труда для персонала.

Воздушные конденсаторы выбраны для отвода тепла от конденсата.

В камерах хранения замороженных и охлажденных продуктов установлены воздухоохладители, которые обеспечивают более равномерное распределение температуры воздуха в камере, высокое значение коэффициента теплопередачи от продуктов к воздуху при их термообработке и повышение безопасности холодильной установки.

Проект установки по переработке мяса кролика в городе Анжеро-Судженск Кемеровской области был выполнен в соответствии с требованиями современного дизайна холодильного оборудования. Холодильник рассчитан на круглогодичное обслуживание жителей.

					ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		71

Список литературы

1. Гоголин А.А. и др. Проектирование холодильных сооружений. Справочник. – М.: Пищевая промышленность, 1978.
2. Кирюхюна А.Н. Организация, планирование производства: Методическое указание по выполнению курсовой работы для студентов специальности 101700 «Холодильные, криогенные установки и системы кондиционирования» всех форм обучения. Кем. ТИПП – Кемерово 2003, - 20с.
3. Комарова Н.А. Холодильные установки: учебное пособие. Ч.1.Кн.2./Н.А.Комарова, Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.-Кемерово,2006-120с.
4. Комарова Н.А. ,Усов А.В. Холодильные установки: Часть III. Кемеровский технологический институт пищевой промышленности.- Кемерово 2004.-108с.
5. СНиП II 23-01-99 Строительная климатология. Введ. 01.01.2000.- М.: Госстрой России, 1999.-71с.
6. Проектирование холодильных сооружений. Справочник / Под ред. А.В.
7. Быкова – М.: Пищевая промышленность, 1987. – 356 с.
8. Крылов Е.С. Холодильные установки . – Учебник для студентов вузов специальности «Техника и физика низких температур» , 2004. – 572с.
9. Ю. А. Фирсова, А. Г. Сайфетдинов Проектирование и эксплуатация холодильных установок: «Учебное пособие» Казань Издательство КНИТУ 2016. – 128с.

					<i>ВКР.ПХМ-161.006.012.ПЗ</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		72