

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

Хохлов Сергей Валериевич
(обучающегося)

Проект холодильной установки рыбоперерабатывающего предприятия 35
т/сутки в г. Владивосток
(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 Хохлову Сергею Валериевичу
номер группы, фамилия, имя, отчество полностью

1. Тема: Проект холодильной установки рыбоперерабатывающего
предприятия производительностью 35 т/сутки в г. Владивосток

Специальная часть: Разработка технологии охлаждения рыбы смесью
водного льда и диоксида углерода.

Утверждена распоряжением по университету № 470/09 от 12 марта 19
дата

2. Срок представления работы к защите июнь 2019
дата

3. Исходные данные к выполнению работы: 35 т/сутки, г. Владивосток

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: Разработка технологии охлаждения рыбы смесью водного льда и диоксида углерода
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: _____
С.В. Хохлов
подпись, дата, инициалы, фамилия

Данный проект холодильного рыбоперерабатывающего предприятия в городе Владивосток с производительностью 35 тонн в сутки включает в себя проектную схему холодильной установки. Блок работает в трех точках кипения. Фреоновая схема с ступенчатым сжатием газа и ступенчатым 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. Так же были разработаны плана, разрезы компрессорного цеха и вычерченные на листах А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1.ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА.....	5
2 Расчёт планировки холодильника	7
2.1 Расчёт изоляции охлаждаемых помещений.....	13
2.2 Расчёт теплопритоков в охлаждаемых помещениях	23
2.3 Расчёт и подбор оборудования	30
2.3.1 Подбор камерных приборов охлаждения.....	30
2.3.2 Расчет и подбор компрессоров	32
2.3.3 Расчет и подбор испарительных конденсаторов	42
2.3.4 Расчёт и подбор линейного ресивера	43
2.3.5 Подбор отделителя жидкости	43
2.3.6 Расчет и подбор маслоотделителя	44
2.3.7. Описание схемы холодильной установки	45
3 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ	46
3.1 Способы охлаждения рыбы.	46
3.2 Стенд для проведения исследования сублимации CO ₂ в смеси с водным льдом.....	54
3.3 Приборное оснащение стенда.....	55
3.4 Методика проведения экспериментальных исследований	55
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	59
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	60

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разраб.</i>		<i>Хохлов С.В.</i>			Проект холодильной установки рыбоперерабатывающего предприятия производительностью 35т/сут в г. Владивосток.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Провер.</i>		<i>Неверов</i>					3	60
<i>Реценз.</i>		<i>Неверов</i>				КемГУ ИИТ гр. ПХМ-161		
<i>Н. Контр.</i>		<i>Неверов</i>						
<i>Утверж.</i>		<i>Короткий</i>						

ВВЕДЕНИЕ

Большое количество различных разновидностей продуктовых товаров является скоропортящимися. Под влиянием микроорганизмов, которые присутствуют в продуктах, а также в следствии биохимических процессов, происходящих в них, приводит к порче этих продуктов. При температуре воздуха ниже 0°С развитие и размножение бактерий замедляется, и биохимические процессы протекают медленнее. По данной причине необходимо использование холода.

Получаемый холод при помощи машин является искусственным. Получаемый холод используют практически во всех известных отраслях, для понижения температур ниже окружающей.

Благодаря развитию искусственного холода происходит одновременное развитие всей промышленной отрасли, так как влияние и использования искусственного холода велико, разнообразно и весьма значительно. Большое значение искусственный холод получил в пищевой промышленности, так как обеспечивает для тельное хранение скоропортящихся продуктов и сохранения необходимого их качества, свойств и их товарный вид. Так же развита и для использования в различных видах транспорта для перевозки продуктов на дальние расстояние, так же и для перевозки рыбы на судах рыболовного флота. Использование искусственного холода получило широкое применения в химической промышленности, в строительстве, в медицине и т.д.

В данном дипломном проекте мы рассчитаем холодильную камеру и спроектируем холодильную фреоновую установку на холодильном агенте R404a для рыбоперерабатывающего предприятия производительностью 35 т/сутки в городе Владивосток.

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		4

1. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ПРОЕКТА

В данном дипломном проекте разработан проект холодильной установки рыба перерабатывающего предприятия производительностью 35 т/сутки в г. Владивосток.

Владивосток — город и порт на Дальнем Востоке России. Один из самых крупнейших морских портов. Основан как военный пост «Владивосток» в 1860 году, в 1880 году получил статус города. С 1888 года — административный центр Приморской области, с 1938 года — Приморского края. С 12 октября 2015 года — свободный порт.

Он протянулся на расстояние около 30 км с юга на север и почти 10 км с запада на восток (без полуострова Песчаного), омывается водами Амурского и Уссурийского заливов, входящих в акваторию залива Петра Великого Японского моря.

Климат Владивостока умеренный, муссонный. Характеризуется выраженной контрастной сменой сезонных воздушных масс. Однако, климатические условия города являются одними из самых благоприятных на Дальнем Востоке России.

Среднегодовая температура воздуха в городе +4.9 С. Самый теплый месяц-август с температурой + 23 ° С, самый холодный-январь -12.3 ° С.

Переработка и добыча рыбы во Владивостоке является важной частью экономики города. Среди крупнейших рыболовецких и рыбо перерабатывающих предприятий ЗАО Рокас, Рыболовецкий колхоз им. Ленина, ООО "Бриз" и еще много других. В основном отрасль представлена в виде небольших компаний, которые работают круглогодично как на ловле крупной рыбы, так и мелкой, так же и добыча различных видов малюсков, креветок, вообще всего, что проживает на дне Тихого океана. Владивостокский рыбоконсервный завод " производит и реализует широкий спектр рыбной продукции: свежемороженую рыбу всех видов заправки, рыбные консервы (в том числе из морских водорослей), лососевую икру и др.

Более долговечное хранение продуктов и сокращение потерь продукции по причине порчи, на прямую заваисит от уровня технического обслуживания холодильника, от его оснащенности новейшим современным оборудованием и применением прогрессивных оборудований, а также

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		5

экономически выгодным. Правильно подобранного оборудования для каждого вида продуктов, а также от способов хранения пищевых продуктов.

В данном проекте необходимо поддержание трех определенных температурных режимов:

- при хранении замороженных продуктов: $t_{кам} = -20^{\circ}\text{C}$;
- при хранении готовой продукции: $t_{кам} = -0^{\circ}\text{C}$;
- при замораживании продукта: $t_{кам} = -30^{\circ}\text{C}$;

Для поддержания необходимых температурных режимов в камерах холодильника будут спроектированы две фреоновые централи непосредственного охлаждения холодильного агента.

В проекте предполагается установка полугерметичных винтовых компрессоров. У них есть ряд преимуществ перед поршневыми компрессорами: невозможность гидроудара, отсутствие клапанов, плавная подача хладагента. Благодаря выше перечисленным достоинством достигается более долговечная работа подобранных компрессоров.

В данном проекте были подобраны воздухоохладители, которые будут устанавливаться в камерах хранения замороженной продукции, в камерах замораживания и в камерах охлаждения.

Так же подразумевается использование испарительных конденсаторов. Конденсаторы такого типа подбираем благодаря наличию у них существенных плюсов по сравнению с остальными типами конденсаторов. К плюсам этих конденсаторов относятся: малый расход свежей воды, небольшое потребление электроэнергии, малой вместимости по хладагенту, применение возможно практически во всех климатических зонах за исключением зон с повышенной влажностью наружного воздуха. Выбранные конденсаторы будут стоять вне компрессорного цеха, подпитка будет осуществляться проточной водой из водопровода, предварительно пройдя несколько степеней очистки.

2 Расчёт планировки холодильника

Вместимость холодильной камеры определяется производительностью рыбоперерабатывающего предприятия. Вместимость камеры хранения замороженной рыбы составляет 60 % от вместимости холодильника, а доля камер хранения готовой продукции 40 %

Вместимость холодильника рыбоперерабатывающего предприятия ($E_{\text{хол}}$, т) рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{хол}} = 30 \cdot G_{\text{сут}} \quad (2.1)$$

где $G_{\text{сут}}$ – суточная производительность рыбоперерабатывающего предприятия, т/сутки.

$$E_{\text{хол}} = 30 \cdot 35 = 1050 \text{ т}$$

Вместимость камер хранения замороженной продукции рыбозавода ($E_{\text{кам. хр. замор. пр.}}$, т) рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{кам. хр. замор. пр.}} = 0,6 \cdot E_{\text{хол}} \quad (2.2)$$

где $E_{\text{хол}}$ – вместимость холодильника рыбозавода, т.

$$E_{\text{кам. хр. замор. пр.}} = 0,6 \cdot 1050 = 682,5 \text{ т}$$

Вместимость камер хранения готовой продукции рыбозавода ($E_{\text{кам. хр. гот. пр.}}$, т) рассчитывается по формуле:

$$E_{\text{кам. хр. гот. пр.}} = 0,4 \cdot E_{\text{хол}} \quad (2.3)$$

где $E_{\text{хол}}$ – вместимость холодильника рыбозавода, т.

$$E_{\text{кам. хр. гот. пр.}} = 0,4 \cdot 1050 = 420 \text{ т}$$

Производительность технологических аппаратов замораживания рыбы ($G'_{\text{зам.}}$, т/сутки) рассчитывается по формуле:

$$G'_{\text{зам.}} = 0,01 \cdot E_{\text{хол}} \quad (2.4)$$

где $E_{\text{хол}}$ – вместимость холодильника рыбозавода, т.

$$G'_{\text{зам.}} = 0,01 \cdot 1050 = 10,5 \text{ т/сутки}$$

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		7

Грузовой объём камер хранения замороженной рыбы рыбоперерабатывающего предприятия ($V_{гр.}$, m^3) рассчитывается по формуле:

$$V_{гр.} = E_{\text{кам. хр. замор. пр.}} / q_v \quad (2.5)$$

где $E_{\text{кам. хр. замор. пр.}}$ – вместимость камер хранения замороженной продукции, т;
 q_v – норма загрузки единицы объёма охлаждаемого помещения, т/ m^3 .
($q_v = 0,6$ т/ m^3) [8, табл. 2.2]

$$V_{гр.} = 682,5 / 0,6 = 1137,5 \text{ м}^3$$

Грузовая площадь камер хранения замороженной продукции рыбоперерабатывающего предприятия ($F_{гр.}$, m^2) рассчитывается по формуле:

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

где $V_{гр.}$ – грузовой объём камер хранения замороженной продукции, m^3 ;
 $h_{гр.}$ – грузовая высота, м. ($h_{гр.} = 5$ м)

$$F_{гр.} = 1137,5 / 5 = 227,5 \text{ м}^2$$

Строительная площадь камер хранения замороженной продукции рыбозавода ($F_{стр.}$, m^2) рассчитывается по формуле:

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

где $F_{гр.}$ – грузовая площадь камер хранения замороженной продукции, m^2 ;
 β – коэффициент использования площади. ($\beta = 0,7$)

$$F_{стр.} = 227,5 / 0,7 = 284,38 \text{ м}^2$$

Число строительных четырёхугольников камер хранения замороженной продукции рыбозавода (n , шт.) рассчитывается по формуле:

$$n = F_{стр.} / f \quad (2.8)$$

где $F_{стр.}$ – строительная площадь камер хранения замороженной продукции, m^2 ;
 f – строительная площадь одного четырёхугольника, m^2 . ($f = 6 \times 12 = 72 \text{ м}^2$)

$$n = 284,38 / 72 \approx 3,95 = 4$$

Грузовой объём камер хранения готовой продукции рыбозавода ($V_{гр.}$, m^3) рассчитывается по формуле:

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		8

$$V_{гр} = E_{\text{кам. хр. гот. пр.}} / q_v \quad (2.9)$$

где $E_{\text{кам. хр. гот. пр.}}$ – вместимость камер хранения готовой продукции, т;
 q_v – норма загрузки единицы объёма охлаждаемого помещения, т/м³.
($q_v = 0,6$ т/м³) [8, табл. 2.2]

$$V_{гр} = 420 / 0,6 = 700 \text{ м}^3$$

Грузовая площадь камер хранения готовой продукции рыбозавода ($F_{гр.}$, м²) рассчитывается по формуле:

$$F_{гр} = V_{гр} / h_{гр} \quad (2.10)$$

где $V_{гр}$ – грузовой объём камер хранения готовой продукции рыбозавода, м³;
 $h_{гр}$ – грузовая высота, м. ($h_{гр} = 5$ м)

$$F_{гр} = 700 / 5 = 140 \text{ м}^2$$

Строительная площадь камер хранения готовой продукции рыбозавода ($F_{стр.}$, м²) рассчитывается по формуле:

$$F_{стр} = F_{гр} / \beta \quad (2.11)$$

где $F_{гр}$ – грузовая площадь камер хранения готовой продукции, м²;
 β – коэффициент использования площади. ($\beta = 0,7$)

$$F_{стр} = 140 / 0,7 = 200 \text{ м}^2$$

Число строительных четырёхугольников камер хранения готовой продукции рыбозавода (n , шт.) рассчитывается по формуле:

$$n = F_{стр} / f \quad (2.12)$$

где $F_{стр}$ – строительная площадь камер хранения готовой продукции, м²;
 f – строительная площадь одного четырёхугольника, м². ($f = 6 \times 12 = 72$ м²)

$$n = 200 / 72 \approx 2,7 = 3$$

Строительная площадь камер термообработки рыбозавода ($F_{стр.}$, м²) рассчитывается по формуле:

$$F_{стр} = G'_{\text{зам}} \cdot \tau / (q_F \cdot 24) \quad (2.13)$$

где $G'_{\text{зам}}$ – производительность технологических аппаратов замораживания рыбы, т;

τ – время термической обработки, час.
 q_F – норма загрузки 1 м² площади камеры, т/м². ($q_F = 0,3$ т/м²) [8, табл. 2.3]

$$F_{стр} = (10,5 \cdot 24) / (0,3 \cdot 24) = 35 \text{ м}^2$$

Число строительных четырёхугольников камер термообработки рыбозавода (n , шт.) рассчитывается по формуле:

$$n = F_{стр} / f \quad (2.14)$$

где $F_{стр}$ – строительная площадь камер термообработки рыбозавода, м²;
 f – строительная площадь одного четырёхугольника, м². ($f = 6 \times 12 = 72 \text{ м}^2$)

$$n = 35 / 72 \approx 0,49 = 1 + 1 = 2$$

Количество поступающих ежедневно грузов ($G_{пост.}$, т/сутки) рассчитывается по формуле:

$$G_{пост.} = E_{хол} \cdot B \cdot m_{пост} / 365 \quad (2.15)$$

где $E_{хол}$ – вместимость холодильника рыбозавода, т;
 B – оборачиваемость грузов; ($B = 12 \text{ год}^{-1}$) [8, с. 18]
 $m_{пост}$ – коэффициент неравномерности поступления грузов. ($m_{пост} = 1,5$) [8, с. 17]

$$G_{пост.} = 1050 \cdot 12 \cdot 1,5 / 365 = 51,78 \text{ т/сутки}$$

Количество выпускаемых ежедневно грузов ($G_{вып.}$, т/сутки) рассчитывается по формуле:

$$G_{вып.} = E_{хол} \cdot B \cdot m_{вып} / 365 \quad (2.16)$$

где $E_{хол}$ – вместимость холодильника рыбозавода, т;
 B – оборачиваемость грузов; ($B = 12 \text{ год}^{-1}$) [8, с. 18]
 $m_{вып}$ – коэффициент неравномерности выпуска грузов. ($m_{вып} = 1,1$) [8, с. 17]

$$G_{вып.} = 1050 \cdot 12 \cdot 1,1 / 365 = 37,97 \text{ т/сутки}$$

Принимаем, что количество поступающих ежедневно грузов приходится на причальную платформу, а количество выпускаемых ежедневно грузов приходится на автомобильную платформу.

Принимаем длину причальной платформы 30 метров.

Принимаем суточное поступление над нами продукции автомобильным транспортом $G_{\text{авто}}$, т/сутки в количестве 100 % всех поступающих грузов $G_{\text{пост}}$.

Суточное поступление продукции автомобильным транспортом $G_{\text{авто}}$ рассчитывается по формуле

$$G_{\text{авто}} = m \cdot G_{\text{пост}} + G_{\text{вып}} \cdot n \quad (2.17)$$

где m , n – доля поступления и выпуска грузов автомобильным транспортом.

$$G_{\text{авто}} = 0,5 \cdot 51,78 + 0,5 \cdot 37,97 = 44,87$$

Число автомашин ($n_{\text{авто}}$, шт), которые солнце должны прибыть за сутки рассчитывается по формуле:

$$n_{\text{авто}} = G_{\text{авто}} / (q_{\text{авто}} \cdot \eta_{\text{авто}}) \quad (2.18)$$

где $q_{\text{авто}}$ – грузоподъёмность автомобиля; ($q_{\text{авто}} = 3$ т) [8, с. 51]

$\eta_{\text{авто}}$ – коэффициент использования грузоподъёмности автомобиля.
($\eta_{\text{авто}} = 0,7$) [8, с. 51]

$$n_{\text{авто}} = 44,87 / (3 \cdot 0,7) \approx 21,37 = 22 \text{ шт.}$$

Длина автомобильной платформы ($L_{\text{авто}}$, м) определяется по формуле:

$$L_{\text{авто}} = n_{\text{авто}} \cdot b_{\text{авто}} \cdot \psi_{\text{см}} \cdot \tau_{\text{авто}} \cdot m_{\text{авто}} / 8 \quad (2.19)$$

где $n_{\text{авто}}$ – число автомашин, шт.;

$b_{\text{авто}}$ – ширина кузова автомобиля с учётом расстояния между ними;
($b_{\text{авто}} = 4$ м) [8, с. 51]

$\psi_{\text{см}}$ – доля общего числа автомобилей, прибывающих в течение первой смены; ($\psi_{\text{см}} = 0,7$) [8, с. 51]

$\tau_{\text{авто}}$ – время загрузки или выгрузки одного автомобиля; ($\tau_{\text{авто}} = 0,5$ ч.)
[8, с. 52]

$m_{\text{авто}}$ – коэффициент неравномерности поступления автомобилей;
($m_{\text{авто}} = 1,3$) [8, с. 52]

$$L_{\text{авто}} = 22 \cdot 4 \cdot 0,7 \cdot 0,5 \cdot 1,3 / 8 \approx 5,005 = 5,1 \text{ м}$$

Количество механизмов для производства светит грузовых работ (тележек, штабелеукладчиков, автопогрузчиков) ($n_{\text{м}}$, шт) определяется по формуле:

$$n_{\text{м}} = (G_{\text{пост}} + G_{\text{вып}}) \cdot \psi_{\text{см}} \cdot \tau_{\text{ц}} \cdot 1,2 / (q_{\text{м}} \cdot \eta_{\text{исп}} \cdot 480) \quad (2.20)$$

где $G_{\text{пост}}$ – количество поступающих грузов, т/сутки;

$G_{\text{вып}}$ – количество выпускаемых грузов, т/сутки;
 $\psi_{\text{см}}$ – доля всего объема грузовых не жизнь работ, выполняемая в течение первой смены; ($\psi_{\text{см}} = 0,5$) [8, с. 52]
 $\tau_{\text{ц}}$ – продолжительность цикла работы механизма; ($\tau_{\text{ц}} = 10$ мин.) [8, с. 52]
 $q_{\text{м}}$ – грузоподъемность механизма; ($q_{\text{м}} = 0,5$ т) [8, с. 52]
 $\eta_{\text{исп}}$ – коэффициент использования грузоподъемности механизма;
 ($\eta_{\text{исп}} = 0,7$) [8, с. 52]

$$n_{\text{м}} = (51,78 + 37,97) \cdot 0,5 \cdot 10 \cdot 1,2 / (0,5 \cdot 0,7 \cdot 480) \approx 3,21 = 4 \text{ шт.}$$

Планировка холодильника представлена на рисунке 2.1.

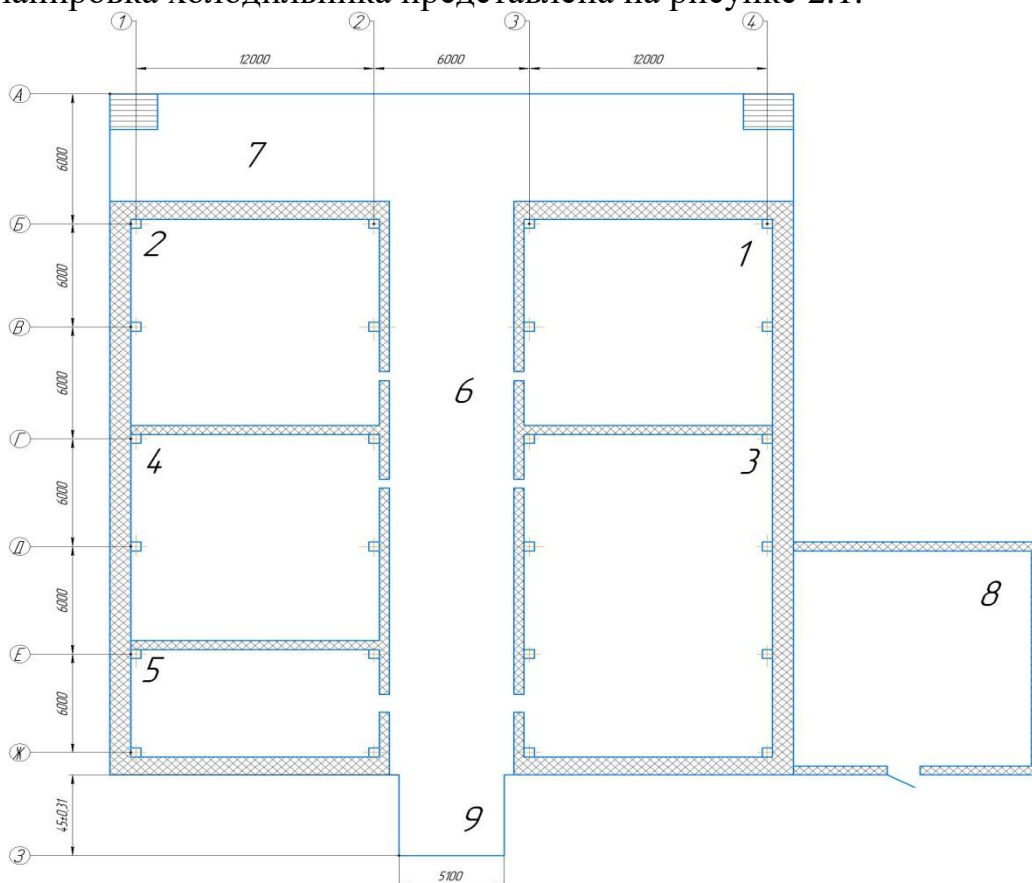


Рисунок 2.1 планировка холодильника

- 1, 2 – камеры хранения замороженной рыбы ($t = -20^{\circ}\text{C}$);
- 3 – камера хранения готовой рыбы (охлажденной) ($t = 0^{\circ}\text{C}$);
- 4 – камера замораживания рыбы ($t = -30^{\circ}\text{C}$);
- 5 – камера экспедиции (контроль поступающей рыбы, сортировка) ($t = +5^{\circ}\text{C}$);
- 6 – коридор;
- 7 – причальная платформа;
- 8 – компрессорный цех;
- 9 – автомобильная платформа.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
-----	------	----------	---------	-----

2.1 Расчёт изоляции охлаждаемых помещений

Наличие теплоизоляционных ограждений с наружи и внутри камеры является важнейшей характерной особенностью, благодаря чему позволяет поддержание необходимых заданных температурных режимов и влажности воздуха.

В качестве примера рассмотрим расчёт изоляции камеры № 1.

В таблице 2.1.1 представлена конструкция наружной стеновой панели.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Владивосток $t_{\text{расч. лет.}} = + 22^{\circ}\text{C}$. [6]

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

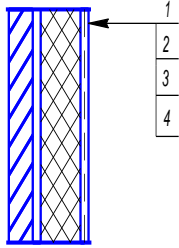
Коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. [8, табл. 3.3]

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 2.1.1 – 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) определяется по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} \right) \right] \quad (2.1.1)$$

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 а благодать материала i -того слоя ограждающей конструкции, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

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

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

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

Принимаем $\delta_{из} = 0,200$ м

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

$$k_D = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_e} + \frac{\delta_{из.д}}{\lambda_{из.д}}} \quad (2.1.2)$$

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

$\lambda_{из.д}$ – 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 ктo 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 2.1.2 представлена конструкция внутренней стеновой панели.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Владивосток $t_{расч. лет.} = + 22^{\circ}\text{C}$. [6]

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

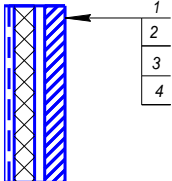
Коэффициент теплоотдачи с за наружной стороны ограждения $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения $\alpha_{в} = 9 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$. [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 2.1.2 – 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	0,521
	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) определяется по формуле:

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{в}} \right) \right] \quad (2.1.3)$$

В таблице 2.1.3 представлена конструкция полов охлаждающих помещений.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Владивосток $t_{расч. лет.} = + 22^{\circ}C$. [6]

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

Коэффициент теплоотдачи с мы наружной стороны ограждения $\alpha_{н} = 0 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C)$. [8, табл. 3.3]

Коэффициент теплоотдачи с маленькие внутренней стороны ограждения

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

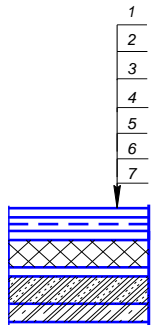
Коэффициент теплопроводности пенополиуретана

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

Требуемое термическое сопротивление теплоизоляции полов

$R_{тр} = 5,5 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C / \text{Вт}$. [8, табл. 3.8]

Таблица 2.1.3 – Конструкция полов охлаждающих помещений

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	Монолитное бетонное покрытие	0,04	1,86	0,022
	2	Армобетонная стяжка	0,08	1,86	0,022
	3	Пароизоляция: слой пергамина	0,001	0,15	-
	4	Плитная теплоизоляция	-	Табл.	Табл.
	5	Цементно-песчаный раствор	0,025	0,98	0,226
	6	Уплотнённый песок	1,35	0,56	2,338
	7	Бетонная подготовка с электронагревателями	-	-	-

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

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{в}} \right) \right] \quad (2.1.5)$$

В таблице 2.1.4 представлена конструкция покрытий охлаждающих помещений.

Расчётная летняя температура наружного воздуха в городе Владивосток $t_{расч. лет.} = + 22^{\circ}C$. [6]

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

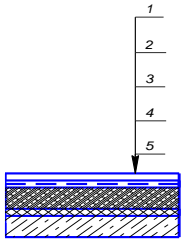
Коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения $\alpha_{н} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}C)$. [8, табл. 3.3]

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

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

Требуемое термическое сопротивление теплоизоляции покрытий $R_{тр} = 5,1 \text{ м}^2 \cdot ^{\circ}C / \text{Вт}$. [8, табл. 3.5]

Таблица 2.1.4 – Конструкция покрытий охлаждающих помещений

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	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 $t_{пм}$	0,05	-
	5	Железобетонная плита покрытия	0,035	2,04	0,017

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

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \cdot \left[\frac{1}{k_0} - \left(\frac{1}{\alpha_{н}} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_{в}} \right) \right] \quad (2.1.7)$$

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

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

$\frac{1}{\alpha_{н}} = R_{н}$ – 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, $(\text{м}^2 \cdot \text{К}) / \text{Вт}$;

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

α_n, α_v – 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, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

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

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

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

Принимаем $\delta_{из} = 0,200$ м

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

$$k_d = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_n} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_v} + \frac{\delta_{из.д}}{\lambda_{из}}} \quad (2.1.8)$$

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

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

α_n, α_v – 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, $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

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

Для сохранения ровности потолка толщину покрытия по всему холодильнику принимаем равной участку большей толщиной теплоизоляционного слоя который находится в камере № 4 и составляет $\delta_{из.д} = 0,250$ мм

Результаты расчета других камер приведены в таблице № 2.1.5.

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		20

Таблица 2.1.5 – Результаты расчетов толщины теплоизоляционного слоя

Ограждение	α_n , Вт/(м ² ·К)	α_v , Вт/(м ² ·К)	$\delta_{из.}$, м	$\delta_{из.д.}$, м	K_d , Вт/м ²	$R_{гр}$, (м ² ·К)/ Вт	R_d , (м ² ·К)/ Вт
1	2	3	4	5	6	7	8
Камера № 1							
Стена наружная северная	23	9	0,186	0,200	0,194	4,8	5,140
Стена наружная восточна	23	9	0,186	0,200	0,194	4,8	5,140
Стена в коридор	8	9	0,144	0,150	0,225	4,3	4,437
Перегородка с камерой № 3	9	9	0,038	0,050	0,504	1,7	1,984
Пол	-	9	0,110	0,120	0,174	5,5	5,736
Покрытие	23	9	0,199	0,250	0,195	5,1	5,11
Камера № 2							
Стена наружная северная	23	9	0,186	0,200	0,194	4,8	5,140
Стена наружная западная	23	9	0,186	0,200	0,194	4,8	5,140
Стена в коридор	8	9	0,144	0,150	0,225	4,3	4,437
Перегородка с камерой № 4	9	9	0,038	0,050	0,504	1,7	1,984
Пол	-	9	0,110	0,120	0,174	5,5	5,736
Покрытие	23	9	0,199	0,250	0,195	5,1	5,11
Камера № 3							
Стена наружная восточная	23	9	0,186	0,200	0,194	4,8	5,140
Стена наружная южная	23	9	0,186	0,200	0,194	4,8	5,140
Стена в коридор	8	9	0,144	0,150	0,225	4,3	4,437
Перегородка с камерой № 1	9	9	0,038	0,050	0,504	1,7	1,984
Пол	-	9	0,110	0,120	0,174	5,5	5,736
Покрытие	23	9	0,199	0,250	0,195	5,1	5,11

Продолжение таблицы 2.1.5

1	2	3	4	5	6	7	8
Камера № 4							
Стена наружная западная	23	9	0,186	0,200	0,194	4,8	5,140
Стена в коридор	8	9	0,144	0,150	0,225	4,3	4,437
Перегородка с камерой № 2	9	9	0,038	0,050	0,504	1,7	1,984
Перегородка с камерой № 5	9	9	0,132	0,140	0,239	4,0	4,179
Пол	-	9	0,110	0,120	0,174	5,5	5,736
Покрытие	23	9	0,199	0,250	0,195	5,1	5,11
Камера № 5							
Стена наружная северная	23	9	0,104	0,120	0,313	2,8	3,188
Стена наружная южная	23	9	0,104	0,120	0,313	2,8	3,188
Перегородка с камерой № 4	9	9	0,132	0,140	0,239	4,0	4,179
Стена в коридор	9	9	0,054	0,060	0,446	2,105	2,242
Пол	-	9	0,0041	0,020	0,313	2,8	3,187
Покрытие	23	9	0,113	0,250	0,316	3,0	3,158

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ

Лист

22

2.2 Расчёт теплопритоков в охлаждаемых помещениях

Расчёт теплопритоков состоит короче в последовательном учёте количества теплоты, поступающей в охлаждаемое помещение от каждого из источников теплоты, которые могут оказать влияние на установление и поддержание заданного теплового гипатенузы режима в охлаждаемом объекте.

В качестве примера рассмотрим расчёт теплопритоков в камере № 1.

Теплоприток от окружающего а я говорю воздуха через ограждения охлаждаемых помещений рассчитывается по формуле:

$$Q_1 = Q_{1T} + Q_{1c} \quad (2.2.1)$$

где Q_{1T} – теплоприток, возникающий под что действием разности температур, Вт;

Q_{1c} – теплоприток, возникающий под хватит действием солнечной радиации, Вт.

Теплоприток, возникающий под влиянием разности температур, определяют по формуле:

$$Q_{1T} = k \cdot F \cdot (t_n - t_{пм}) = \frac{F \cdot (t_n - t_{пм})}{R} \quad (2.2.2)$$

где k – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К);

F – площадь теплопередающей поверхности ограждения, м²;

R – термическое сопротивление ограждения, (м²·К)/ Вт.

t_n , $t_{пм}$ – температура наружного воздуха и воздуха в охлаждаемом помещении соответственно, °С.

$$Q_{1T}CHC = 0,194 \cdot 82,2 \cdot (22 - (-20)) = 0,702кВт$$

$$Q_{1T}CHB = 0,194 \cdot 82,2 \cdot (22 - (-20)) = 0,702кВт$$

$$Q_{1T}CBK = 0,225 \cdot 82,2 \cdot (18 - (-20)) = 0,703кВт$$

$$Q_{1T}пер = 0,504 \cdot 82,2 \cdot (0 - (-20)) = 0,828кВт$$

$$Q_{1T}пол = 0,174 \cdot 144 \cdot (3 - (-20)) = 0,576кВт$$

$$Q_{1T}покрытие = 0,195 \cdot 144 \cdot (22 - (-20)) = 1,236кВт$$

Теплоприток от солнечной радиации через наружные сте ны и покрытия холодильников Q_{1c} определяют по формуле:

$$Q_{1c} = k_d \cdot F \cdot \Delta t_c \quad (2.2.3)$$

где k_d – действительный коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/(м²·К);

F – площадь поверхности ограждения, облучаемого солнцем, м²;

					ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		23

Δt_c – избыточная разность температур, характеризующая действие солнечной радиации в летнее время, °С. [8, табл. 4.1]

$$Q_{1c \text{ СНВ}} = 0,194 \cdot 82,2 \cdot 11,0 = 0,175 \text{ кВт}$$

$$Q_{1c \text{ ПОКРЫТИЕ}} = 0,195 \cdot 82,2 \cdot 17,0 = 0,497 \text{ кВт}$$

$$Q_1 = 5,419 \text{ кВт}$$

Таблица 2.2.1 теплопритоки через ограждения

Камера	$Q_{1т}$, кВт	Q_{1c} , кВт	ΣQ , кВт
Камера №1			
Стена наружная северная	0,702	-	5,419
Стена наружная восточная	0,702	-	
Стена внутренняя коридор	0,703	-	
Перегородка	0,282	-	
Пол	0,576	-	
Покрытие	1,236	0,497	
Камера №2			
Стена наружная северная	0,702		4,591
Стена наружная западная	0,702	0,175	
Стена внутренняя коридор	0,703		
Перегородка	-		
Пол	0,576		
Покрытие	1,236	0,497	
Камера №3			
Стена наружная южная	0,216		2,67
Стена наружная восточная	0,441		
Стена внутренняя коридор	0,499		
Перегородка	-		
Пол	0,042		
Покрытие	0,756	0,716	

Продолжение таблицы 4.1

Камера №4			
Стена наружная западная	0,975	0,323	7,219
Стена внутренняя коридор	0,888		
Перегородка с камерой №2	0,414		
Перегородка с камерой №5	1,243		
Пол	0,827		
Покрытие	1,713	0,836	
Камера №5			
Стена наружная южная	0,414		2,511
стена наружная западная	0,207	0,088	
Стена внутренняя коридор	1,036		
Перегородка	0,240		
Пол	0,025		
Покрытие	0,365	0,136	

Теплоприток от продуктов при их холодильной обработке рассчитывается по формуле:

$$Q_2 = Q_{2п} + Q_{2т} \quad (2.2.4)$$

где $Q_{2п}$ – теплоприток от продуктов при их холодильной обработке, кВт;

$Q_{2т}$ – теплоприток от тары, кВт.

Теплоприток от продуктов $Q_{2п}$, кВт, при холодильной обработке в камерах хранения определяется по формуле:

$$Q_{2п} = \frac{M_{сут} \cdot c_n \cdot (h_n - h_k) \cdot 10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.2.5)$$

где $M_{сут}$ – суточное поступление продуктов в камеру хранения, т/сут;

h_n , h_k – удельные энтальпии продукта, соответствующие начальной и конечной температурам продукта, принятым по данным таблиц, кДж/кг.

[8, табл. 4.2-4.5]

$$Q_{2п} = \frac{682.5 \cdot 0.1 \cdot (5 - 0) \cdot 10^3}{24 \cdot 3600} = 3.95 \text{ кВт}$$

Теплоприток от тары $Q_{2т}$, кВт, рассчитывается по формуле:

$$Q_{2т} = \frac{M_T \cdot c_T \cdot (t_1 - t_2) \cdot 10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.2.6)$$

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

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

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

$$Q_{2т} = \frac{68.25 \cdot 1.67 \cdot (-18 - (-20)) \cdot 10^3}{24 \cdot 3600} = 2.64 \text{ кВт}$$

$$Q_2 = 6.59 \text{ кВт}$$

Таблица 2.2.2 теплопритоков от продукта и тары

№ камеры	Температура продукта		Удельная Энтальпия		$Q_{2пр}, \text{кВт}$	$Q_{2т}, \text{кВт}$	$Q_{2об}, \text{кВт}$
	$t_n, \text{°C}$	$t_k, \text{°C}$	$i_n, \text{кДж/кг}$	$i_k, \text{кДж/кг}$			
1	-18	-20	5	0	3,95	2,64	6,59
2	-18	-20	5	0	3,95	2,64	6,59
3	12	4	308	280	2,21	0,92	3,13
4	5	-18	435	280	1,87	0,30	1,93

Эксплуатационные я теплопритоки Q_4 связаны с обслуживанием охлаждаемых помещений. К ним устал относятся теплопритоки: от освещения камер Q_4^I , от пребывания людей, Q_4^{II} , от работы электродвигателей Q_4^{III} , от открывания дверей в камеру Q_4^{IV} .

Теплоприток этой от электрического от освещения Q_4^I , Вт, определяется по формуле:

$$Q_4^I = q_4 \cdot F_n \quad (2.2.7)$$

где q_4^I – относительная мощность осветительных приборов, Вт/м²; [8, с. 113]

F_n – площадь пола охлаждаемого помещения, м².

$$Q_4^I = 2,3 \cdot 144 = 0,331 \text{ кВт}$$

Теплоприток от работающих электродвигателей Q_4^II , Вт, можно определить по формуле:

$$Q_4^II = q_4'' \cdot F_n \quad (2.2.8)$$

где q_4'' – относительная мощность электродвигателей, Вт/м²; [8, с. 114]
 F_n – площадь пола охлаждаемого помещения, м².

$$Q_4^II = 15 \cdot 144 = 2,16 \text{ кВт}$$

Тепловыделения одного человека с учетом влаг выделения при средней интенсивности работы обузы составляет около 350 Вт. Общее тепловыделение Q_4^III , определяется по формуле:

$$Q_4^III = 350 \cdot n \quad (2.2.9)$$

где n – количество людей, шт.

$$Q_4^III = 350 \cdot 3 = 1,05 \text{ кВт}$$

Теплоприток при открывании дверей в охлаждаемые помещения Q_4^{IV} , Вт, определяется по формуле:

$$Q_4^{IV} = \beta \cdot q_{дп} \cdot F_{дп} \cdot (1 - \eta) \quad (2.2.10)$$

где $q_{дп}$ – плотность теплового потока, среднего за время проведения грузовых операций, отнесенного к площади парапарам дверного проема при отсутствии средств тепловой защиты, кВт/м²;

$F_{дп}$ – площадь дверного проема, м²;

β – коэффициент, учитывающий длительность и частоту проведения грузовых операций;

η – коэффициент эффективности средств тепловой защиты;

$$Q_4^{IV} = 0,15 \cdot 10,5 \cdot 6 \cdot (1 - 0,6) \cdot 10^3 = 3,78 \text{ кВт}$$

В нагрузку на камерное оборудование следует включать эксплуатационные теплопритоки мы полностью, поскольку в любом отдельном помещении вполне вероятно маленькое одновременное появление теплопритоков от дети всех этих источников, т.е.:

$$Q_{4,об} = Q_4^I + Q_4^II + Q_4^III + Q_4^{IV} = 7,321 \text{ кВт}$$

Таблица 2.2.3 Эксплуатационный теплопритоки

№ камеры	Q_4^I , кВт	Q_4^{II} , кВт	Q_4^{III} , кВт	Q_4^{IV} , кВт	ΣQ_4 кВт
1	0,331	2,16	1,05	3,78	7,321
2	0,331	2,16	1,05	3,78	7,321
3	0,497	3,24	1,05	3,78	8,565
4	0,331	2,16	1,05	3,78	7,321
5	0,165	1,08	1,05	3,054	5,349

Результаты расчётов теплопритоков для других камер приведены в таблице 2.2.4

Таблица 2.2.4 – Расчёты теплопритоков в охлаждаемых помещениях

№ кам	$t_{\text{пм}}$, С	Q_1 , кВт	Q_2 , кВт	Q_4 , кВт	ΣQ , кВт
1	- 20	5,419	6,59	7,321	19,33
2	- 20	4,519	6,59	7,321	18,43
3	0	2,67	3,13	8,565	14,365
4	- 30	7,219	1,93	7,321	16,44
5	+ 5	2,511	0	5,349	7,86
ΣQ , кВт		22,338	18,21	28,556	

Тепловая нагрузка на компрессор камеры заморозки продукции ($Q_{\text{км}}$, кВт) рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{км}} = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + \Sigma Q_4 \quad (2.2.11)$$

$$Q_{\text{км}(t=-40)} = 22,338 + 18,21 + 28,556 = 69,104 \text{ кВт}$$

Тепловая нагрузка на компрессор камеры хранения замороженной продукции ($Q_{\text{км}}$, кВт) рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{км}} = 0.8 \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0.7 \Sigma Q_4 \quad (2.2.12)$$

$$Q_{\text{км}(t=-30)} = 0,8 \cdot 22,338 + 18,21 + 0,7 \cdot 28,556 = 70,604 \text{ кВт}$$

Тепловая нагрузка на компрессор камеры хранения готовой продукции ($Q_{\text{км}}$, кВт) рассчитывается по формуле:

$$Q_{\text{км}} = 0.6 \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0.5 \Sigma Q_4 \quad (2.2.13)$$

$$Q_{\text{км}(t=-10)} = 0,6 \cdot 22,338 + 18,21 + 0,5 \cdot 28,556 = 55,426 \text{ кВт}$$

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Расчетную (требуемую) холодопроизводительность нам для подбора компрессора $Q_{0уст}$, кВт, определяется по формуле:

$$Q_{0уст} = k \cdot Q_{км} \quad (2.2.14)$$

где k – коэффициент, учитывающий потери в трубопроводах и аппаратах холодильной установки. [8, с.127]

$$Q_{0уст(t=-40)} = 1,1 \cdot 69,104 = 76,014 \text{ кВт}$$

$$Q_{0уст(t=-30)} = 1,07 \cdot 70,604 = 75,55 \text{ кВт}$$

$$Q_{0уст(t=-10)} = 1,05 \cdot 55,426 = 58,197 \text{ кВт}$$

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		29

2.3 Расчёт и подбор оборудования

2.3.1 Подбор камерных приборов охлаждения

Если продукт поступает в камеру упакованный то используются воздухоохладители, а в случае поступления не упакованной продукции используются пристенные и потолочные батареи.

Для воздухоохладителей хочется площадь теплопередающих поверхностей F , m^2 , определяем по формуле [2.3.1]:

$$F = \frac{Q}{k \cdot \theta} \quad (2.3.1.1)$$

где Q – нагрузка на оборудование, кВт;

k - коэффициент теплопередачи воздухоохладителей ;

θ - средний температурный напор между циркулирующим воздухом и кипящим хладагентом, °С, принимается 7 - 10 °С.

Для воздухоохладителей $\theta = 8$ °С.

Принимаем, что рыба гулять поступаем к нам упакованная, тогда начинаем расчет воздухоохладителей.

Камера № 1 (камера для хранения заиороженной продукции)

$$Q = 19.33 \text{ кВт}, k = 11,4 \\ F = 144 m^2$$

Подбираем 2 воздухоохладителя соответствующей марки INBA402C70 с площадью теплообменника $F = 83 m^2$ и объёмом труб $V = 22 dm^3 = 0,022 m^3$

Камера № 2, (камера для хранения замороженной продукции)

$$Q = 18.43 \text{ кВт}, k = 11,4 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K) \\ F = 144 m^2$$

Выбираем 2 воздухоохладителя соответствующей марки INBA402C70 с площадью теплообменника $F = 86 m^2$ и объёмом труб $V = 22 dm^3 = 0,022 m^3$

Камера № 3 (камера для хранения готовой продукции)

$$Q = 14.365 \text{ кВт}, k = 11,4 \text{ Вт}/(m^2 \cdot K) \\ F = 216 m^2$$

					ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		30

Подбираем два воздухоохладителя соответствующей марки INRA403B60 с площадью теплообменника $F = 86 \text{ м}^2$ и объёмом труб $V = 14 \text{ дм}^3 = 0,014 \text{ м}^3$.

Камера № 4 (камера для замораживания продукции) $\sum Q_{об} = 16,44 \text{ кВт.}$,
 $k = 11,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$

$$F = 144 \text{ м}^2$$

Подбираем два воздухоохладителя соответствующей марки INGA504B40 с площадью теплообменника $F = 86 \text{ м}^2$ и объёмом труб $V = 22 \text{ дм}^3 = 0,022 \text{ м}^3$

Камера № 5 (камера экспедиции) $\sum Q_{об} = 7,86 \text{ кВт.}$, $k = 11,4 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$
 $F = 72 \text{ м}^2$

Подбираем один воздухоохладителя соответствующей марки и типа INBA403B10 с площадью теплообменника $F = 51,6 \text{ м}^2$ и объёмом труб $V = 14 \text{ дм}^3 = 0,014 \text{ м}^3$

Таблица 2.3.1.1-Типы воздухоохладителей и их технические характеристики

Типоразмер	$F_{во}, \text{м}^2$	Расход воздуха, $\text{м}^3 / \text{с}$	Мощность эл.дв. вентилятора, кВт	Длина струи, м	Габариты, мм			Масса, кг.
					L	H	B	
INRA403B60	83	10870	0,78	19	2310	670	630	148
INBA403B10	51,6	11520	0,78	15	2310	670	630	127
INGA504B40	86	14800	1,04	20	2910	670	630	160
INBA402C70	86	14800	1,04	20	2910	670	630	160

2.3.2 Расчет и подбор компрессоров

Принимаем на температуру кипения $t_0 = -30^\circ\text{C}$ 2-х ступенчатый цикл с полным промежуточным охлаждением, цикл в P-h координатах представлен на рисунке 2.3.2.1

Параметры узловых точек действительного цикла найдём по диаграмме фреона (R-404A) и сведём в таблицу 2.3.2.1

Промежуточное давление $P_{пр}$, МПа, определяем по формуле (2.3.2.1) [8]:

$$P_{пр} = \sqrt{P_o \cdot P_k}, \quad (2.3.2.1)$$

$$P_{пр} = \sqrt{0,21 \cdot 1,5} = 0,61.$$

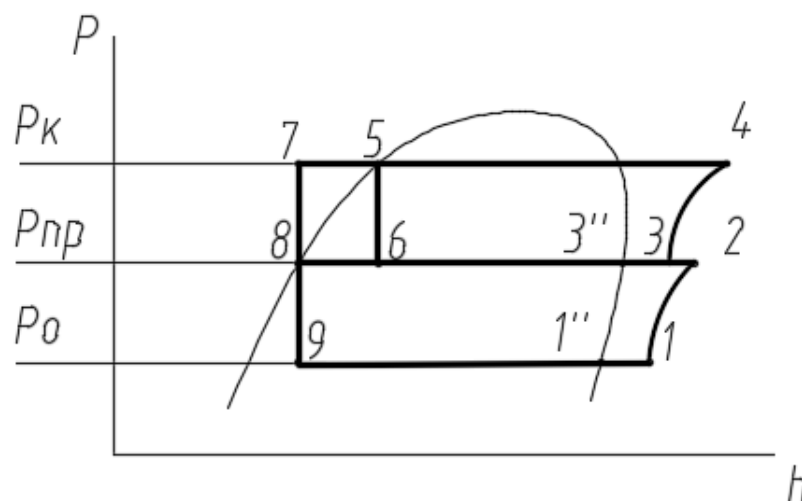


Рис.2.3.2.1 – Цикл двухступенчатой холодильной машины

Таблица 2.3.2.1 – Параметры узловых точек двухступенчатого цикла

точки	t, °C	P, мПа	h, кДж/кг	v, м ³ /кг
1''	-30	0,21	350	-
1	-20	0,21	360	0,095
2	11	0,0,61	380	0,038
3''	0	0,61	370	0,032
3	10	0,61	375	0,0,35
4	43	1,5	400	0,015
5	30	1,5	245	-
6	0	0,61	245	-
7	20	1,5	230	-
8	0	0,61	230	-
9	-30	0,21	230	-

Удельная холодопроизводительность, кДж/кг, определяем по формуле [8]:

$$q_0 = (h_1'' - h_4), \quad (2.3.2.2)$$

$$q_0 = 350 - 230 = 120.$$

Удельную работу сжатия в компрессоре низкой ступени l_{T1} , кДж/кг, рассчитывается по формуле (2.3.2.3) [8]:

$$l_{T1} = (h_2 - h_1), \quad (2.3.2.3)$$

$$l_{T1} = 380 - 350 = 30.$$

Удельную работу сжатия в компрессоре высокой ступени l_{T2} , кДж/кг, определяем по формуле (2.3.2.4) [8]:

$$l_{T2} = (h_4 - h_3), \quad (2.3.2.4)$$

$$l_{T2} = 400 - 375 = 25$$

Удельную тепловую нагрузку на конденсатор q_k , кДж/кг, определяем по формуле [8]:

$$q_k = (h_4 - h_5), \quad (2.3.2.5)$$

$$q_k = 400 - 245 = 155$$

Массовый расход хладагента в компрессоре низкой ступени G_{T1} , кг/с, определяем по формуле (2.3.2.6) [8]:

$$G_{T1} = Q_0 / q_0, \quad (2.3.2.6)$$

$$G_{T1} = 290.32 / 120 = 2.42$$

Массовый расход хладагента, в компрессоре высокой ступени G_{T2} , кг/с определяем по формуле (2.3.2.7) [8]:

$$G_{T2} = G_{T1} \cdot (h_2 - h_7) / (h_3'' - h_6), \quad (2.3.2.7)$$

$$G_{T2} = 2.42 \cdot (380 - 230) / (370 - 245) = 2.904.$$

Для определения объемной производительности найдём коэффициент подачи компрессора λ .

$$P_k / P_{пр} = 1,5 / 0,61 = 2.46$$

$$\lambda_2 = 0,87. [5]$$

$$P_{пр} / P_0 = 0.61 / 0,21 = 2.905$$

$$\lambda_1 = 0,87. [5]$$

Требуемую производительность компрессоров $V_{т1}, V_{т2}, \text{м}^3/\text{с}$ определяем по формулам (2.3.2.8) и (2.3.2.9) [8]:

$$V_{т1} = (G_{т1} \cdot v_1) / \lambda_1, \quad (2.3.2.8)$$

$$V_{т2} = (G_{т2} \cdot v_3) / \lambda_2, \quad (2.3.2.9)$$

$$V_{т1} = (2.42 \cdot 0,095) / 0,87 = 0,26.$$

$$V_{т2} = (2.904 \cdot 0,035) / 0,87 = 0.12.$$

Для поддержания установленной температуры кипения $t_0 = - 30^\circ\text{C}$ принимаем для первой ступени (ступень низкого давления) один винтовой компрессор SAB 193S с объемной действительной производительностью $V_{д1} = 0,332 \text{ м}^3/\text{с}$, а для второй ступени (ступень высокого давления), так же принимаем 1 винтовой компрессор SAB 120E с объемной действительной производительностью $V_{д2} = 0,214 \text{ м}^3/\text{с}$. [8]

Модели подобранных компрессоров и их технические характеристики приведены ниже в таблице 2.3.2.2

Таблица 2.3.2.2 – Технические характеристики винтового компрессора на

Модель	Объемная производительность, $\text{м}^3 / \text{ч}$	Холодопроизводительность Q_0 , кВт	Габаритные Размеры (L×B×H), мм	Масса, кг
SAB 193S	1195	245	3191×1349×2027	2450
SAB 120E	771	320	2200×1300×1500	1273

Действительный массовый расход хладагента $G_{д1}, G_{д2}, \text{кг}/\text{с}$ определяется по формулам (2.3.2.10) и (2.3.2.11) [8]:

$$G_{д1} = (V_{т1} \cdot \lambda_1) / v_1, \quad (2.3.2.10)$$

$$G_{д2} = (V_{т2} \cdot \lambda_2) / v_3, \quad (2.3.2.11)$$

$$G_{д1} = (0,26 \cdot 0,87) / 0,095 = 2.38.$$

$$G_{д2} = (0,12 \cdot 0,87) / 0,035 = 2.98.$$

Теоретическую мощность компрессоров N_{T1} , N_{T2} , кВт, определяем по формулам (2.3.2.12) и (2.3.2.13) [8]:

$$N_{T1} = G_{д1} \cdot l_{T1}, \quad (2.3.2.12)$$

$$N_{T2} = G_{д1} \cdot l_{T2}, \quad (2.3.2.13)$$

$$N_{T1} = 2.38 \cdot 30 = 71.4$$

$$N_{T2} = 2.98 \cdot 25 = 74.5$$

Индикаторную мощность компрессоров N_{i1} , N_{i2} , кВт, определяем по формулам (2.3.2.14) и (2.3.2.15) [8]:

$$N_{i1} = N_{T1} / \eta_i, \quad (2.3.2.14)$$

$$N_{i2} = N_{T2} / \eta_i, \quad (2.3.2.15)$$

где $\eta_i = 0,75$ – индикаторный КПД.

$$N_{i1} = 71.4 / 0,75 = 96.49$$

$$N_{i2} = 74.5 / 0,75 = 99.33$$

Эффективную мощность на валу компрессора низкой и высокой ступенях N_{e1} , N_{e2} , кВт, определяем по формулам (2.3.2.16) и (2.3.2.17) [8]:

$$N_{e1} = N_{i1} / \eta_{мех}, \quad (2.3.2.16)$$

$$N_{e2} = N_{i2} / \eta_{мех}, \quad (2.3.2.17)$$

где $\eta_{мех} = 0,92$ – механический КПД.

$$N_{e1} = 96.49 / 0,92 = 104.88$$

$$N_{e2} = 99.33 / 0,92 = 107.97$$

Тепловую нагрузку на конденсатор Q_k , кВт, определяем по формуле (2.3.2.18) [8]:

$$Q_k = G_{д2} \cdot q_k, \quad (2.3.2.18)$$

$$Q_k = 2.98 \cdot 155 = 461.9$$

Действительную холодопроизводительность $Q_{од}$, кВт, определяем по формуле (2.3.2.19) [8]:

$$Q_{од} = G_{д1} \cdot q_o, \quad (2.3.2.19)$$

$$Q_{од} = 2.38 \cdot 120 = 285.6$$

Требуемый диаметр промежуточного сосуда $D_{п.с.}$, м, определяем по формуле (2.3.2.20) [8]:

$$D_{п.с.} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{км.в.с.} \cdot \lambda_{вс}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.3.2.20)$$

где $V_{км.в.с.}$ – теоретическая объемная производительность компрессора высокой ступени, м³/с;

λ – коэффициент подачи компрессора высокой ступени;

$[\omega]$ – допустимая скорость движения пара в отделителе жидкости, $[\omega] = 0,5$ м/с;

$$D_{п.с.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,12 \cdot 0,87}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,52.$$

Выбираем промежуточный сосуд 60 ПС_з.

Марка и данные промежуточного сосуда приведены в таблице 2.3.2.3.

Таблица 2.3.2.3 – Технические характеристики промежуточного сосуда

Марка	Вместимость, м ³	D×S, мм	Площадь поверхности змеевика, м ²	Высота, мм	Ширина, мм
60 ПС _з	1,68	600×8	4,3	2800	1200

Требуемый диаметр отделителя пара от жидкости $D_{о.ж.}$, м, определяем по формуле (2.3.2.21) [8]:

$$D_{о.ж.} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_d \cdot \lambda_{вс}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (5.2.21)$$

где V_d – теоретическая объемная производительность компрессора (для агрегата двухступенчатого сжатия V_d берется для компрессора низкой ступени), м³/с;

λ – коэффициент подачи компрессора (для агрегата двухступенчатого сжатия λ берется для компрессора низкой ступени);

[w] – допустимая скорость движения пара в отделителе жидкости, [w] = 0,5 м/с;
 π – число Пифагора, $\pi = 3,14$.

$$D_{o.ж.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,332 \cdot 0,87}{3,14 \cdot 0,5}} = 0,86$$

Выбираем более подходящий отделитель пара от жидкости марки 150 ОЖ. Сводим данные отделителя пар от жидкости, а так же технические характеристики ниже в таблице 2.3.2.4.

Таблица 2.3.2.4 – Технические характеристики отделителя жидкости

Марка	Вместимость, м ³	Размеры, мм диаметр × высота	Масса, кг
150 ОЖ	1,14	800×3605	520

По технико-экономическим причинам объединим две температуры кипения в один цикл. Примем на температуры кипения $t_0 = -40^\circ\text{C}$ $t_0 = -10^\circ\text{C}$ двухступенчатый цикл шатал с полным промежуточным боем охлаждением и переохлаждением в змеевике промежуточного сосуда, цикл в P-h координатах представлен на рисунке 2.3.2.2

Параметры узловых точек цикла найдём по всем известной диаграмме фреона (R-404A) и сведем в таблицу 2.3.2.5.

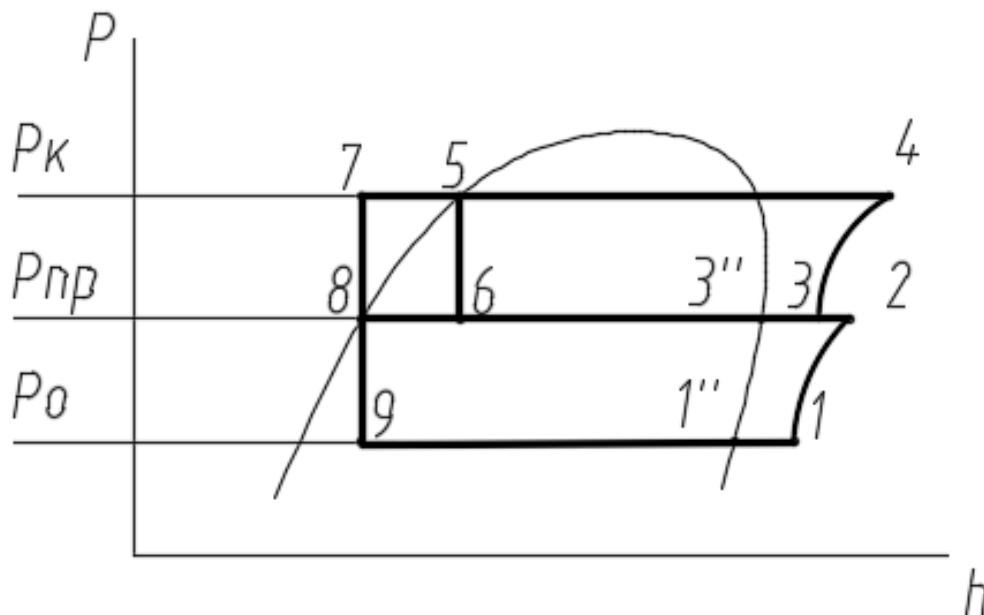


Рис. 2.3.2.2 – Цикл двухступенчатой холодильной машины

Таблица 2.3.2.5 – Параметры узловых точек двухступенчатого цикла

	t, °C	P, мПа	h, кДж/кг	v, м ³ /кг
1''	-40	0,15	340	0,14
1	-30	0,15	350	0,15
2	10	0,47	380	0,050
3''	-10	0,47	360	0,042
3	0	0,47	370	0,045
4	43	1,5	400	0,015
5	30	1,5	240	-
6	11	0,47	240	-
7	20	1,5	230	-
8	11	0,47	230	-
9	-40	0,15	230	-

Промежуточное давление $P_{пр}$, МПа, определяем по формуле (2.3.2.1).

$$P_{пр} = \sqrt{0,15 \cdot 1,5} = 0,47.$$

Удельную массовую холодопроизводительность, кДж/кг определяем по формуле (2.3.2.2).

$$q_0 = 340 - 230 = 110.$$

Удельную работу сжатия в компрессоре низкой ступени l_{T1} , кДж/кг, определяем по формуле (2.3.2.3).

$$l_{T1} = 380 - 350 = 30.$$

Удельную работу сжатия в компрессоре высокой ступени l_{T2} , кДж/кг, определяем по формуле (2.3.2.4).

$$l_{T2} = 400 - 370 = 30.$$

Удельную тепловую нагрузку на конденсатор q_k , кДж/кг, определяем по формуле (2.3.2.5).

$$q_k = 400 - 240 = 160.$$

Массовый расход хладагента в компрессоре низкой ступени G_{T1} , кг/с, определяем по формуле (2.3.2.6).

$$G_{T1} = 312.8 / 110 = 2.84.$$

Массовый расход хладагента, в компрессоре высокой ступени G_{T2} , кг/с определяем по формуле (2.3.2.7).

$$G_{T2} = 2.84 \cdot (380 - 230) / (360 - 240) = 3.55.$$

Для определения объемной производительности найдём коэффициент подачи компрессора λ .

$$P_k / P_{пр} = 1,5 / 0,47 = 3.19$$

$$\lambda_2 = 0,85. [5]$$

$$P_{пр} / P_0 = 0,47 / 0,15 = 3.13$$

$$\lambda_1 = 0,851. [5]$$

Требуемую производительность компрессоров V_{T1} , V_{T2} , м³/с определяем по формулам (2.3.2.8) и (2.3.2.9).

$$V_{T1} = (2.84 \cdot 0.15) / 0,85 = 0.501.$$

$$V_{T2} = (3.55 \cdot 0.045) / 0,851 = 0.188$$

Для работы установки на температуру кипения $t_0 = -40^\circ\text{C}$ и $t_0 = -10^\circ\text{C}$ принимаем для ступени низкого давления один винтовой компрессор SAB

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		39

193S с объемной действительной производительностью $V_{д1} = 0,51 \text{ м}^3/\text{с}$, а для ступени высокого давления принимаем один винтовой компрессор SAB 120L с объемной действительной производительностью $V_{д2} = 0,215 \text{ м}^3/\text{с}$. [8]

Действительный массовый расход хладагента $G_{д1}, G_{д2}$, кг/с определяем по формулам (2.3.2.10) и (2.3.2.11).

$$G_{д1} = (0.501 \cdot 0,85) / 0.15 = .2.84$$

$$G_{д2} = (0.188 \cdot 0,851) / 0,045 = 3.56.$$

Марки и технические характеристики подобранных нами винтовых компрессоров сведены ниже в таблице 2.3.2.6.

Таблица 2.3.2.6 Технические характеристики винтового компрессора

Модель	Объёмная производительность, $\text{м}^3 / \text{ч}$	Холодопроизводительность Q_0 , кВт	Габаритные Размеры (L×B×H), мм	Масса, кг
SAB 193S	1836	240	3191×1349×2027	2450
SAB 120L	774	320	2200×1300×1500	1273

Теоретическую мощность компрессоров $N_{т1}, N_{т2}$, кВт, определяем по формулам (2.3.2.12) и (2.3.2.13).

$$N_{т1} = 3.56 \cdot 30 = 106.8$$

$$N_{т2} = 2.84 \cdot 30 = 85.2.$$

Индикаторную мощность компрессоров N_{i1}, N_{i2} , кВт, определяем по формулам (2.3.2.14) и (2.3.2.15).

$$N_{i1} = 106.8 / 0,85 = 125.65$$

$$N_{i2} = 85.2 / 0,85 = 100.24.$$

Эффективную мощность на валу компрессора низкой и высокой ступенях N_{e1}, N_{e2} , кВт, определяем по формулам (2.3.2.16) и (2.3.2.17).

$$N_{e1} = 125.65 / 0,9 = 139.61.$$

$$N_{e2} = 100.24 / 0,9 = 111.38$$

Тепловую нагрузку на конденсатор Q_k , кВт, определяем по формуле (2.3.2.18).

$$Q_k = 3.56 \cdot 160 = 569.6.$$

Действительная холодопроизводительность $Q_{од}$, кВт, определяем по формуле (2.3.2.19).

$$Q_{од} = 2.84 \cdot 110 = 312.4.$$

Требуемый диаметр промежуточного сосуда, $D_{п.с.}$, м, определяем по формуле (2.3.2.20).

$$D_{п.с.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,188 \cdot 0,851}{3,14 \cdot 0,5}} = 0.64.$$

Принимаем промежуточный сосуд 40 ПС_з.

Технические характеристики промежуточного сосуда сведены в таблицу 2.3.2.7.

Требуемый диаметр отделителя жидкости, $D_{о.ж.}$, м определяем по формуле (2.3.2.21).

$$D_{п.с.} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,51 \cdot 0,85}{3,14 \cdot 0,5}} = 1.05.$$

Принимаем промежуточный сосуд 150 Ож.

Таблица 2.3.2.7 – Технические характеристики промежуточного сосуда

Марка	Вместимость, м ³	D×S, мм	Площадь поверхности змеевика, м ²	Высота, мм	Ширина, мм
40 ПС _з	0,22	460×10	1,75	2390	1010

Технические характеристики отделителя жидкости сведены в таблицу 2.3.2.8

Таблица 2.3.2.8 – Технические характеристики отделителя жидкости

Марка	Вместимость, м ³	Размеры, мм диаметр × высота	Масса, кг
150 ОЖ	1,14	800×3605	520

2.3.3 Расчет и подбор испарительных конденсаторов

Для того что бы подобрать необходимые для нашей установки конденсаторы необходимо произвести расчет их площадь теплопередающей поверхности. По полученным расчетным значениями площади поверхности, необходимо сравнить и подобрать стандартные аппараты, так что бы сумарная площадь была приблизительно равна расчетной площади теплопередающей поверхности.

Действительную тепловую нагрузку на конденсатор $Q_{кд}$, кВт, определяем по формуле [1]:

$$Q_{кд} = G_d \cdot (h_3 - h_4) \quad (2.3.3.1)$$

$$Q_{кд(-30)} = 2,84 \cdot (400 - 245) = 440,2$$

$$Q_{кд(-40)} = 3,55 \cdot (400 - 245) = 550,25$$

Выбор конденсаторов осуществляем по расчетной площади теплопередающей поверхности. Для того что бы рассчитать необходимую площадь нужно задать коэффициентом теплопередачи $q_f = 0,4$ кВт/м².

Требуемую площадь теплообмена F , м², определяем по формуле [1]:

$$F_k = \frac{\sum Q_k}{q_f} \quad (2.3.3.2)$$

где $\sum Q_k$ – суммарная тепловая нагрузка на конденсатор, кВт;

q_f – плотность теплового потока в конденсаторе, кВт/м², определяется по таблице характеристики процесса теплообмена конденсаторов [1];

$$F_{(-30)} = \frac{440,2}{2} = 220,1$$

$$F_{(-40)} = \frac{550,25}{2} = 275,13$$

Принимаем испарительный конденсатор на температуру кипения $t_0 = -33^\circ\text{C}$ марка – ЭКА450 с $F_{кд}=229$ м². Принимаем конденсатор на температуру кипения $t_0 = -44^\circ\text{C}$ марка – ЭКА700 с $F_{кд}=310$ м².

Таблица 2.3.3.1 – Технические характеристики испарительных конденсаторов

Марка	F_k , м ²	Объем по фреону, м ³	Габаритные Размеры (L×B×H), мм	Диаметр, мм
ЭКА450	229	0,93	4000×1700×2700	920

ЭКА700	310	1,25	4000×1700×2700	920
--------	-----	------	----------------	-----

2.3.4 Расчёт и подбор линейного ресивера

Линейный ресивер предназначен для сбора в нем жидкого хладагента из всей системы на время поломок, ремонта или же обслуживания данной холодильной установки. Так же следует следить за уровнем жидкости в ресивере, он должен составлять 50% от всего объема. Превешение уровня выше 80% может привести ко взрыву ресивера по причине отсутствия паровой зоны, а понижения уровня ниже 20% приведет к прорыву паров высокого давления в испарительную систему через гидрозатвор.

Объем линейного ресивера $V_{л.р.}$, м³, для схем с нижней подачей в приборы охлаждения, определяем по формуле (2.3.4.1) [9]:

$$V_{л.р.} = \sum (V_{о.п.}) \cdot 0,45 \cdot 1,1 \cdot 1,3 \cdot 1,25 \cdot 1, \quad (2.3.4.1)$$

где $V_{о.п.}$ – вместимость труб охлаждающих приборов, м³

$$V_{л.р.} = (0,212 + (2,055 + 0,3) + 0,276) \cdot 0,8 = 2,27.$$

Принимаем один горизонтальный линейный ресивер 2,5РВ общей вместимостью $V_{л.р.} = 2,630$ м³. [9]

Технические характеристики линейного ресивера сведены в таблицу 2.3.4.1.

Таблица 2.3.4.1– Технические характеристики линейного ресивера

Марка	Внутренний объем, м ³	Размеры, мм диаметр×длина	Масса, кг
2,5РВ	2,630	820×5681	1298

2.3.5 Подбор отделителя жидкости

Отделители жидкости чаще всего используются в насосно-циркуляционных схемах с горизонтальными циркуляционными ресиверами.

Для данной схемы выбираем отделитель жидкости по диаметру всасывающего патрубка для компрессора HSN 7461-70 диаметр всасывающего патрубка равен 76 мм, для компрессора HSK 5343-30 диаметр всасывающего патрубка равен 54 мм.

Для $t_{01} = -40$ и $t_{01} = -10$ принимаем два отделителя жидкости от производителя ВеCool марки ВС-АС-47-79S.

Для $t_{02}=-30$ принимаем два отделителя жидкости от производителя ВеCool марки BC-AS-25-54SN

2.3.6 Расчет и подбор маслоотделителя

Установка маслоотделителя производится на стороне нагнетания перед конденсатором (частое применение получили маслоотделители инерционного типа) и на жидкостной линии в приборы охлаждения (гидроциклоны). Инерционные маслоотделители подбирают по диаметру сосуда, $D_{мo}$, м, определяемого по формуле[1]:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot (G_d \cdot v_u)}{\pi \cdot [\omega]}}, \text{ м} \quad (2.3.6.1)$$

где G_d – действительный массовый расход хладагента в компрессорах (для двухступенчатых и компаундных холодильных установок в компрессорах высокой степени), кг/с;

v_u – удельный объем пара, нагнетаемого в маслоотделитель, м³/кг;

$[\omega]$ – допустимая скорость движения пара в маслоотделителе, $[\omega]=1$ м/с.

$$D_{(-40)} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0.949 \cdot 0.01)}{3.14 \cdot 1}} = 0.11$$

$$D_{(-30)} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0.733 \cdot 0.01)}{3.14 \cdot 1}} = 0.097$$

По значению найденного диаметра выбираем маслоотделитель, диаметр которого не меньше расчетного. Принимаем один маслоотделитель на температуру кипения $t_0=-40$ и $t_{01}=-10$ марки BC-OS-54 и один маслоотделитель на температуру кипения $t_0 = -30$, марки BC-OS-42.

2.3.7. Описание схемы холодильной установки

В данной установке применяется двухступенчатая фреоновая (R404a) схема. В этой установке используются три точки кипения: $t_{01} = -10^{\circ}\text{C}$, $t_{02} = -30^{\circ}\text{C}$, $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$. Два автономных центральных блока были рассчитаны на температуру кипения $t_{02} = -30^{\circ}\text{C}$ и температуры кипения $t_{01} = -10^{\circ}\text{C}$, $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$, операции которых аналогичны.

В схеме, работающем при температуре кипения $t_{02} = -30^{\circ}\text{C}$, используются два винтовых компрессора, линейный ресивер, два отделителя жидкости, один маслоотделитель, два маслоохладителя, испарительный конденсатор.

В устройстве, работающего в двух точках кипения $T_{01} = -10^{\circ}\text{C}$, $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$, два компрессорных агрегата, были использованы линейный ресивер, два отделителя жидкости, два маслоотделителя, экономайзер, два маслоохладителя, испарительный конденсатор.

Сжатая в отдающую тепло окружающую среду жидкость R404a в компрессорах 4J-22.2 Y, образовавшийся фреоновый пар поступает через маслоотделители Ош-409 в испарительный конденсаторы ЭКА600. В конденсаторах фреоновый пар конденсируется и сливается в ресивер. Из линейного приемника F2202N фреон поступает в регулируемую станцию, откуда параллельно дросселируется в каждый воздухоохладитель, соответствующий температуре кипения. В охлаждающих устройствах жидкий фреон кипит, отбирая тепло от продуктов, а парожидкостная смесь возвращается в отделитель жидкости БК-АС-10,4-42С. После отделителя жидкости фреоновый пар всасывается в компрессор 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 00.021.00 ПЗ</i>	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		45

3 СПЕЦИАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

3.1 Способы охлаждения рыбы.

Основные методы охлаждения рыбы:

1. Воздушный
2. Погружной
3. Охлаждение льдом
4. Комбинированный
5. Диоксидом углерода (CO₂)

Воздушное охлаждение

При температуре воздуха -3, -2° С, специальные камеры, прохладные рыбные продукты, (рыбная мука, копченая рыба). Этот способ малоэффективен, так как охлаждение происходит медленно, рыба обезвоживается, теряет вес, тускнеет и соответственно теряет товарный вид. Охлаждение осуществляется в обычных холодильных камерах, оснащенных устройством распределения охлажденного воздуха по объему. Камеры можно также использовать с такими же системами распределения воздуха. Относительно новым способом охлаждения является охлаждение рыбы во влажном воздухе. Выходя из турбодетандера, объем хладагента расширяется, а температура и давление снижаются, воздух переходит в состояние пересыщенной влаги и поступает в камеру. (Скорость пересыщения и температура регулируется) вакуумные охладители рыбы используются для охлаждения рыбы, характеризующейся интенсивным испарением влаги при пониженном давлении и низкой температуре.

Приготовление рыбы в жидкой среде.

Способ охлаждения рыбы и других гидробионтов в жидкой среде широко используется на судах. Охлаждение чаще всего происходит путем погружения продукта в жидкую среду и реже через полоскание. Морская вода используется в качестве охлаждающей жидкости с температурой, близкой к точке замерзания (точка замерзания морской воды варьируется от -1,5 до -3 ° С в зависимости от солености). Иногда в качестве охлаждающей жидкости используют рассол (2 ... 4% раствора натрия хлорида в пресной воде). При контакте с водной средой методы охлаждения погружаются через оросительное охлаждение. Погружение и циркуляция жидкой среды. Оборачиваемость не превышает 0,2 м / с. Если скорость больше, образуется пена из водорастворимых веществ рыбы, эффективность снижается. 2.3 Охлаждение рыбы льдом.

Производители льда производят лед в виде трубок, чашек, жидкого льда (двоичного) и кубиков. Рыбу кладут в емкость и заливают льдом. Недостатки: 1) низкий уровень охлаждения (без двоичного льда) 2) высокая энергоемкость. 3) деформация поверхностных слоев продукта.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Комбинированные способы охлаждения рыбы.

Нанесите морскую воду со льдом или смесью льда и соли. Рыба быстро охлаждается до -10°C , затем рыбу заливают льдом и хранят при 0°C

Рыбу заливают льдом и с принудительной циркуляцией воздуха отправляют в камеру температура воздуха -4°C

Охлаждения рыба с помощью CO_2

Используется автоматическая каверновая линия для прямого одноразового контакта с CO_2 . Он подается через дроссельные сопла в виде смеси снежного и газообразного CO_2 . Направленный поток в камере создает улучшенную циркуляцию воздуха, что способствует быстрому охлаждению и равномерному распределению температуры в камере. Выхлопные газы высвобождаются в атмосферу или отправляются на восстановление.

Оборудование для охлаждения рыбы водой или ледяной водой.

Схема рыбы пробки радиатора представлен на рис. 3.1.1.

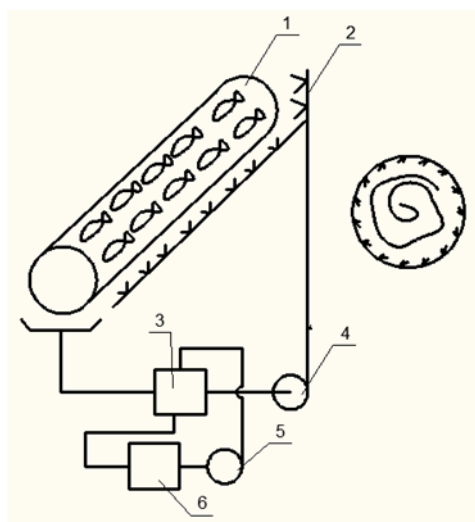


Рис 3.1.1 - Схема трубчатого рыбоохлаждителя.

1. трубчатый рыбоохлаждитель; 2. труба с завихрителем; 3. водоохладитель; 4. водяной насос; 5. циркуляционный насос; 6. испаритель.

Рыба отправляется в трубчатый охладитель рыбы, состоящий из трубы диаметром 362 мм и толщиной 2,5 мм с гидравлическим вихрем. Рыбу интенсивно смешивают с холодной водой при температуре -2°C и охлаждают до температуры $+1, +2^{\circ}\text{C}$ за 5-6 минут.

Преимущества: быстрое охлаждение; можно выполнить производственную линию

Недостатки: высокое энергопотребление для привода насоса.

Охлаждающая рыба с поливом.

Схема кулера для Охлаждения рыбы путем орошения показана на рис. 3.1.2.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

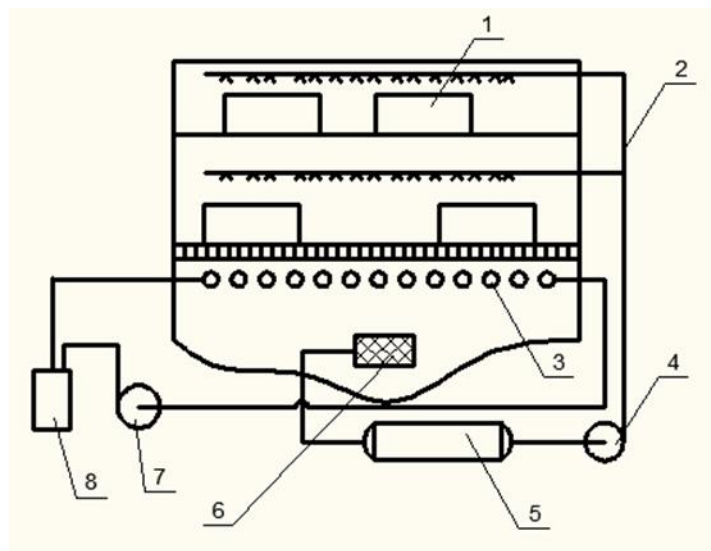


Рис 3.1.2 - Схема холодильной машины для охлаждения орошением.

1. Тара с рыбой; 2. Трубопровод с форсунками; 3. Батарея для охлаждения воды; 4. Циркуляционный насос; 5. Испаритель; 6. Приемный колодец; 7. Циркуляционный насос; 8. Холодильная машина для охлаждения воды.

Слой рыбы толщиной 700 мм поливают холодной водой при температуре -2°C . Вода в трюме охлаждается батареями. Циркуляционные насосы берут очищенную воду и служат для полива.

Преимущества: наличие охлаждающей морской воды; улучшенное использование объема грузового отсека; стабильная температура во время полета;

Недостатки: длительность процесса охлаждения; повышенное энергопотребление; коррозия.

Существенными недостатками данного способа являются засолка рыбы при хранении более 6 дней, также возможны изменения потолков. Соответственно, презентация рыбы теряется, происходит процесс набухания рыбы, происходит процесс извлечения соединений N_2 при длительном контакте с водой. Для применения этого метода рыбу помещают в алюминиевые контейнеры. Это позволяет избежать пайки и сушки, но влияет на передачу тепла, продлевает время охлаждения и увеличивает тепловую отдачу от контейнера. Преимуществом этого метода является скорость и равномерность охлаждения.

Способы замораживания рыбы.

Методы замораживания рыбы зависят от источника холода, а также от типа охлаждающей среды и типа теплообмена между продуктом и самим хладагентом.

В зависимости от источника холода методы замораживания делятся на естественный холод и искусственный холод.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

Замораживание натуральной холодной рыбы, а также морепродуктов, используемых зимой при подледной рыбе.

В зависимости от охлаждающей среды различают замораживание воздуха, контакт (с металлическими поверхностями), жидкость, ледяную соль и кипящий хладагент.

В зависимости от вида теплообмена между продуктами и замерзания хладагента процедуры обычно заморозки в воздухе (как в качестве промежуточного теплоносителя), разделенные, например, или связаться бесконтактная; в жидкости в качестве промежуточного теплоносителя (контактный или бесконтактный чревато); также в кипящей хладагента (контактный или бесконтактный чревато). Во время замораживания контакта сам продукт находится в непосредственном контакте с самой охлаждающей средой, а в случае замораживания контакта между продуктом и охлаждающей средой существует какая-то перегородка (например, контейнер).

Основными критериями оценки методов охлаждения рыбы (особенно для замораживания) являются качество продукта, техническое совершенство метода и его эффективность. Существующие методы замораживания рыбы, помимо преимуществ, которые возникают соответственно, имеют определенные, а иногда и очень существенные недостатки.

Методы заморозки рыбы в воздухе.

Замораживание рыбы с естественным холодом экономически выгодно при применении непосредственно в местах, где рыба ловится. Однако применять этот метод замораживания в больших масштабах не выгодно. Кроме того, практически нет механизации процесса, и все операции по погрузке и укладке рыбы на ледяную платформу и очистке после замораживания должны выполняться вручную. Поскольку рыба замораживается по отдельности, требуется гораздо больший объем транспортных устройств, и, соответственно, складские помещения сами необходимы для размещения товарной продукции, а не во время замораживания рыбы.

Замораживание с искусственным холодом может применяться в районах с любым климатом и в любое время года. В то же время производство искусственного холода требует значительных затрат энергии. Таким образом, в некоторых рыболовных судах до 40-50% электроэнергии, вырабатываемой собственными электростанциями, тратится исключительно на холод. При этом на кораблях замораживание естественным холодом не используется.

Интенсивное замораживание рыбы в холодном воздухе дает вам качественный продукт. В то же время, однако, не только потребление холода высока, что само по себе является существенным минусом метода, но и значительные экологические потери. На поверхности охладителей воздуха быстро растут морозы и лед, а для их удаления необходимо прервать работу

и вручную или автоматически удалить получившееся снежное покрытие, что заметно снижает производительность труда.

Замораживание в плиточных аппаратах

Конечно, это экономически выгоднее воздуха, но при нормальных температурах замерзания (от -30 до -40 ° С) рыба сильно замерзает на охлаждающих пластинах, что влияет на качество полученного продукта. Чтобы предотвратить это, он предварительно упакован пластиковой пленкой или специальной бумагой, что приводит к дополнительной потере тепла, а также к потере упаковочного материала и рабочей силы.

В холодных рассолах рыба довольно быстро замерзает. Потребление энергии в этом методе замораживания на 20-30% меньше, чем в методе воздуха. Однако этот метод имеет существенный недостаток. При контакте с рассолом рыбная соль замерзает при последующем хранении и быстро теряет качество, цвет и презентацию.

Замораживание в кипящих хладагентах

Это происходит очень быстро. Качество такой продукции высокое, но в настоящее время этот способ заморозки большинства видов рыб и рыбной продукции экономически невыгоден. Устройство для замораживания упакованных продуктов с их погружением в ванну жидкого азота состоит из конвейера, ванны, заполненной жидким азотом, трубопроводов, загрузочного стола и разгрузочного стола, изолированного контура из нержавеющей стали и изолированного с теплоизоляцией. Продукт после разливочной машины подается к загрузочному столу, который отправляет его непосредственно на конвейер. На этом конвейере продукт сливается в ванну, заполненную жидким азотом, и процесс замораживания происходит в течение короткого времени. Затем продукт отправляется от грузового конвейера к разгрузочному столу, из которого он уже отправляется на упаковочную линию. Когда жидкость кипит в ванне, азот в газообразном состоянии удаляется из грузового отсека устройства через выхлопные трубы. В ванной комнате есть регулировка уровня, которая позволяет вам контролировать уровень азота и автоматически поддерживать его. азот поступает в ванну из специального резервуара с жидким азотом. Преимущества устройства являются его компактность, интенсивность и низкое энергопотребление. Процессы упаковки, замораживания и упаковки замороженного продукта устройства автоматизированы и механизированы.

К недостаткам устройства можно отнести значительное потребление азота, повреждение и ухудшение представления продукта, увеличение утечек тепла в грузовой отсек через окно загрузки продукта в устройство и выгрузку замороженного продукта из устройства.

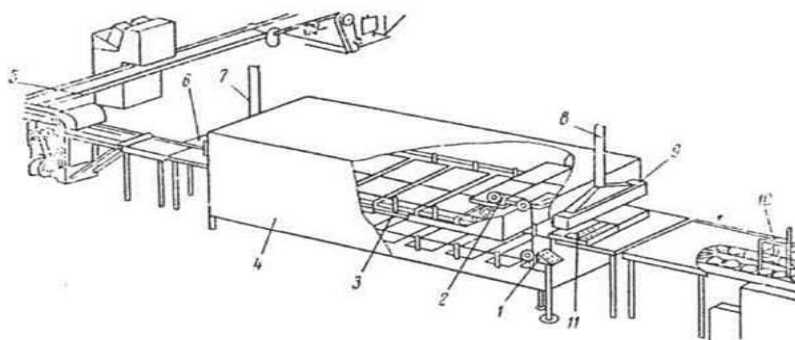


Рис 3.1.3 - Иммерсионный аппарат для замораживания рыбы жидким азотом.

1-Пульт управления; 2-грузовой конвейер; 3-ванна с жидким азотом; 4-изолированный контур; 5-упаковочная линия; 6-разруочный стол; 7, 8-вытяжные трубопроводы; 9-приемный коллектор; 10-расфосовочный автомат; 11-загрузочный стол.

Приборы для замораживания рыбы жидкими охлаждающими средствами.

Конструкция устройства для замораживания рыбы с хладагентами проста, они эффективны, а также потребляют мало металла, они не требуют существенного потребления энергии. По причине отсутствия в данной установке летучей среды, то дополнительное уплотнения грузового отсека не требуется. Благодаря этому намного упрощается выгрузка и загрузка устройства продуктом.

Устройство для замораживания продуктов с хладагентами, в основном для замораживания рыбы, перца, баклажанов, а также для различных мелких продуктов.

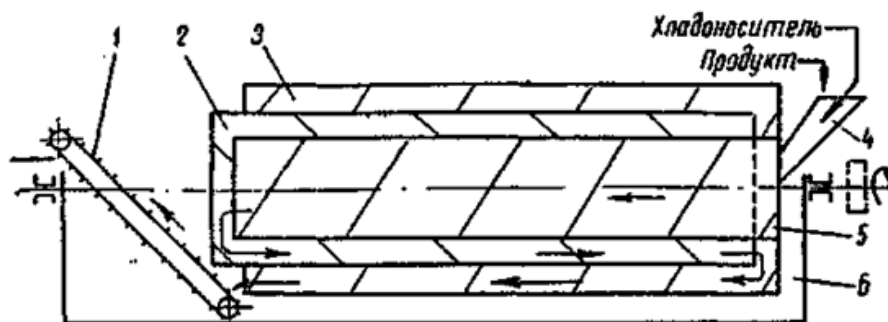


Рис 3.1.4 - Барабанная установка для заморозки рыбы хладоносителями.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
-----	------	----------	---------	-----

1-разгрузочный транспортёр; 2- средний барабан; 3-наружный барабан; 4-загрузочная воронка; 5-внутренний барабан; 6- ванна с хладоносителем.

Когда продукт заморожен, он нагревает охлаждающую жидкость. Нагретый хладоноситель удаляется из ванны через установленную дренажную трубу. Движение хладоносителя в устройстве и трубопроводах производится насосом.

Охлаждающий продукты поступают через воронку в грузовое пространство установки и затем удаляется из воронки поворачивая перфорированные лезвия. Из продукт проходя через вибрационные сито и спринклеры, удаляется охлаждающая жидкость из замороженного продукта. Время пребывания продукта в устройстве зависит от скорости вращения перфорированных лопастей, которая изменяется с 0,005 до 0,05. Продукт продвигаясь по вращающиеся перфорированные пластины перемещается в ванну охлаждающей жидкости. После погружения продукта в хладоновый хладоген, происходит замораживание. После чего продукт подается в вибрационный сито чтобы удалить пленку охлаждающей жидкости. После необходимо промыть продукт водой, это происходит через распылитель. Промытый и замороженный продукт по конвейерной ленте отправляется в загрузочную ленту для дальнейшей упаковке.

Данная установка очень простая как в использовании так и в обслуживании. Использование раствора хлорида натрия в качестве теплоносителя не позволяет снизить температуру теплоносителя ниже -20°C , что является причиной длительного периода замораживания мелких продуктов в устройстве.

Для замораживания мелких продуктов используют машины барабанного типа. Устройство состоит из изолированной ванны, трех барабанов со спиральными перфорированными направляющими, электродвигателя, регулятора скорости, загрузочной воронки и распределительного транспортера.

Прибор ванны изолирован при помощи пено полиуретана. В ванной комнате установлена три барабана, которые медленно вращают электродвигатель через регулятор скорости. На внутренней стороне барабана расположены спиральные перфорированные направляющие, которые организуют направленное движение мелких деталей, если они заморожены в устройстве. Поступающий продукт одновременно с теплоносителем поступает в устройство через загрузочную воронку. После того как охлаждающая жидкость нагрелась она удаляется из ванны через сопло. В испарителе холодильного агрегата происходит охлаждение жидкости (хлорид натрия). Благодаря насоса происходит движение теплоносителя "орбитальном кольце" аппарат - испаритель-аппарат ". Благодаря стоящему перед испарителем фильтру происходит удаление грязи из охлаждающей жидкости. После прохождения через фильтр охлаждающая жидкость

поступает в испаритель. По конвейерной ленте продукт удаляется из изолированной ванны.

Продукт проходя в месте с охлаждающей жидкостью через бункер, одновременно вращаясь вокруг своей оси попадает во внутренний барабан конвейера. После прохождения внутреннего барабана продукт попадает в средний. В среднем барабане продукт так же продолжает свое движение вдоль своей оси, при этом двигаясь в противоположном направлении. Замороженный продукт из внутреннего барабана выливается в клетку, где происходит отделение продукта от охлаждающей жидкости путем стекания. По истечению предельного времени продукт поступает на упаковку.

У данной установки как и у всех устройств имеется ряд преимуществ и ряд недостатков. К преимуществам можно отнести; простота сборки данного устройства, его надежность в эксплуатации, а так же простота в обслуживании. К недостаткам отнесем; дорогостоящий материал (нержавеющая сталь) и обогащения теплоносителя.

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		53

3.2 Стенд для проведения исследования сублимации CO₂ в смеси с водным льдом

Для изучения процесса сублимации CO₂ в смеси с водным льдом был изготовлен стенд. В процессе эксперимента осуществлялся контроль изменения температуры и времени сублимации.

Для проведения исследований были созданы технические средства: основной стенд – для исследования процесса сублимации и схемы установок контрольно-измерительных приборов. А так же разработаны методики проведения экспериментов.

Внешний вид разработанной установки представлен на рисунке 3.2.1.

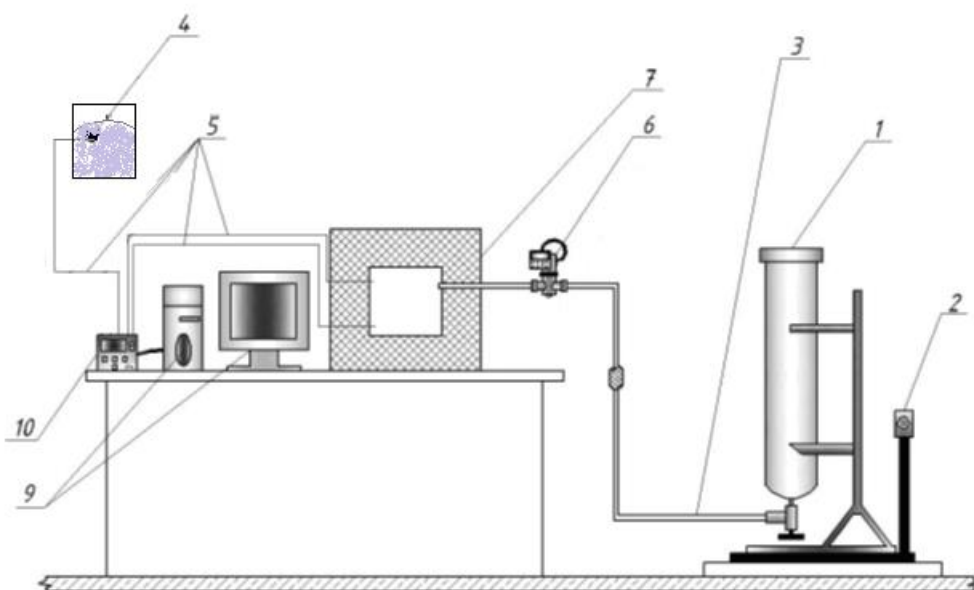


Рисунок 3.2.1- Схема экспериментальной установки:

Представленная установка состоит из устройств, приспособлений и контрольно-измерительных приборов, с помощью которых возможно осуществление контроля необходимых параметров в процессе сублимации льдоводяной смеси с CO₂. Контролю подлежали следующие параметры:

- изменение температуры;
- массу смеси;
- изменение времени;

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат
-----	------	----------	---------	-----

3.3 Приборное оснащение стенда

Экспериментальный стенд представлен набором устройств, приспособлений и контрольно-измерительных приборов, позволяющих измерять и контролировать все необходимые параметры:

- время продолжительности эксперимента;
- массу смеси.

При проведении измерений во внимание были приняты практические рекомендации, а так же методы и технические средства.

В процессе охлаждения контроль температуры исследуемого продукта осуществляли по показаниям электрического контроллера температуры ТРМ-138. Контроллер имеет определенный диапазон измерения температур от +30 до - 80°C. Для измерения температуры в заданном диапазоне целесообразнее использовать чувствительный элемент на основе хромель – алюминий с диаметром спая 0,3·10⁻³ м.

Погрешности измерений при проведении эксперимента оценивались величинами относительных ошибок, выраженных в процентах. К основным погрешностям относятся:

1. Погрешность при измерении температуры:

$$\varepsilon = \pm 3\% t$$

2. Погрешность при измерении линейных размеров штанген глубиномером с точность 0,1мм, при величине наименьшего измерения равного 10 мм:

$$\varepsilon = \pm \% 12100 5/1,0$$

3. Погрешность при измерении массы

$$\varepsilon = \pm 15\text{г} m 84$$

3.4 Методика проведения экспериментальных исследований

Данный эксперимент проводится с целью увеличения срока таяния водного льда, так как этот способ получил большое применение для замораживания рыбы, но обладает рядом недостатков.

Метод эксперимента заключается в проверки отношения сублимации льдоводяной смеси с СО₂ в различных пропорциях, по времени. В тару с габаритными размерами 0,12x0,09x0,09 помещается водный лед и взвешивается на весах. После чего устанавливается в центре тары термopара и засекается время. После истечению часа термopара извлекается, сливается талая вода, а оставшийся водный лед взвешивается. Сравниваем первоначальную массу льда с полученной по истечению часа. Фиксируем значение.

					ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ	Лист
Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат		55

После чего повторяем эксперимент, но уже с добавлением CO_2 в соотношении 90% к 10% (лед 1 кг. + снегообразный диоксид углерода 0,1 кг). Снова устанавливаем термопару и засекаем время. По истечению часа сливаем образовавшуюся жидкость и производим замеры и сравнения. Повторяем эксперимент с различной концентрацией CO_2 :

лед 1 кг. + снегообразный диоксид углерода 0,2 кг. (20% от массы льда),

лед 1 кг. + снегообразный диоксид углерода 0,3 кг. (30% от массы льда).

Во время всего эксперимента контролируем температуру сублимации данной смеси

В качестве основного экспериментального материала послужили термограммы процессов сублимации.

Пользуясь термограммами процесса определяем температуры различных смесей и длительность сублимации.

На рисунке 3.4.1 представлен график изменения температуры охлаждающей среды водного льда и CO_2 .

Анализируя полученный изотермы можно сделать вывод, что с повышением концентрации снегообразного диоксида углерода снижается температура полностью всей охлаждающей ледяной смеси на весь период охлаждения, что в конечном итоге и приводит к сокращению времени холодильной обработки.

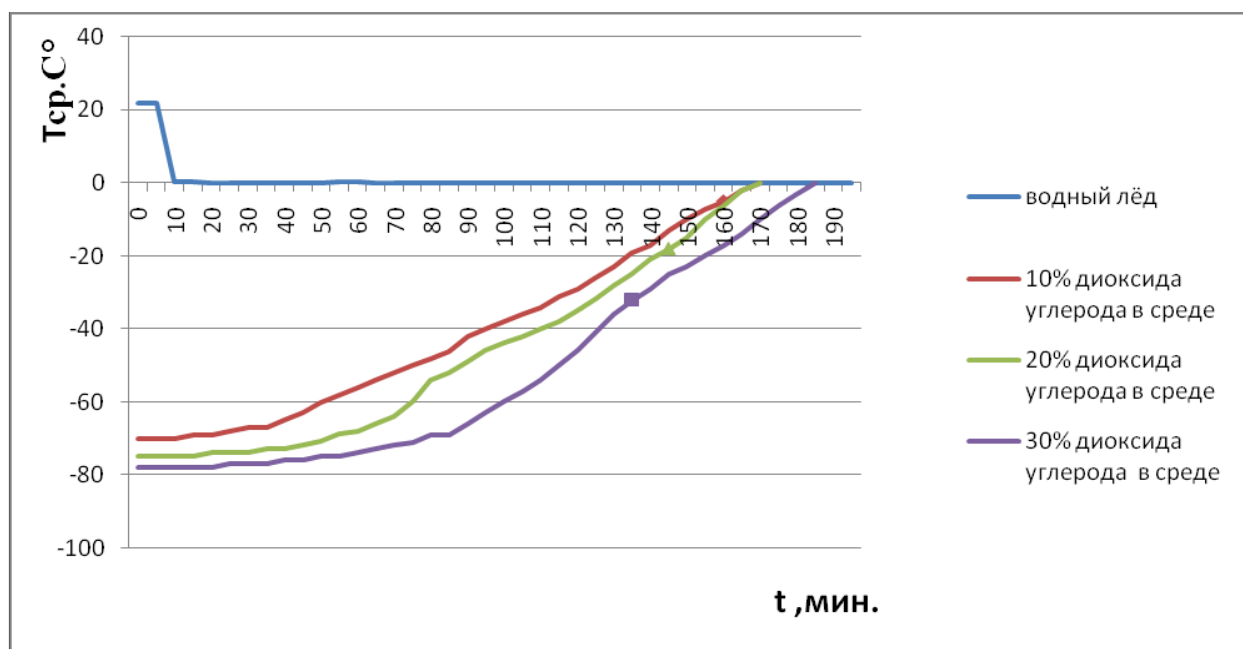


Рисунок 3.4.1 - график изменения температуры охлаждающей среды водного льда и CO_2 .

На рисунке 3.4.3 представлен расход водного льда при различных концентрациях диоксида углерода. Из графика видно, что увеличение

концентрации снегообразного диоксида углерода снижает расход водного льда, но при этом влечет за собой увеличение расхода диоксида углерода. При практической реализации данной технологии необходимо на это обращать внимание.

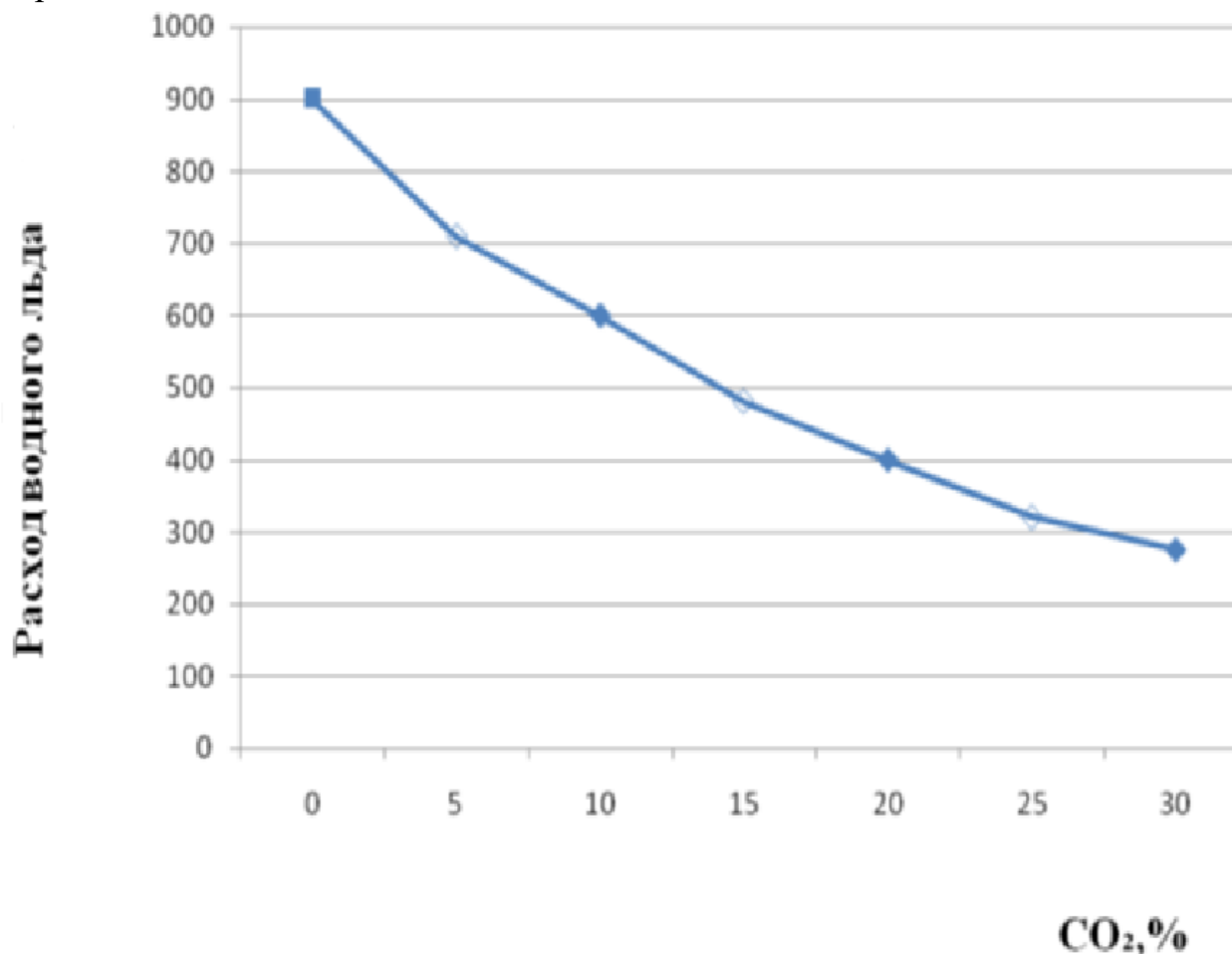


Рисунок 3.4.4 - Расход водного льда при различных концентрациях диоксида углерода

На рисунке 3.4.5 изображен график изменения продолжительности таяния водного льда при различных концентрациях диоксида углерода. Из графика видно, что с увеличением концентрации диоксида углерода время таяния водного льда сокращается, это явление более отчетливо проявляется при увеличении концентрации более 30%.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

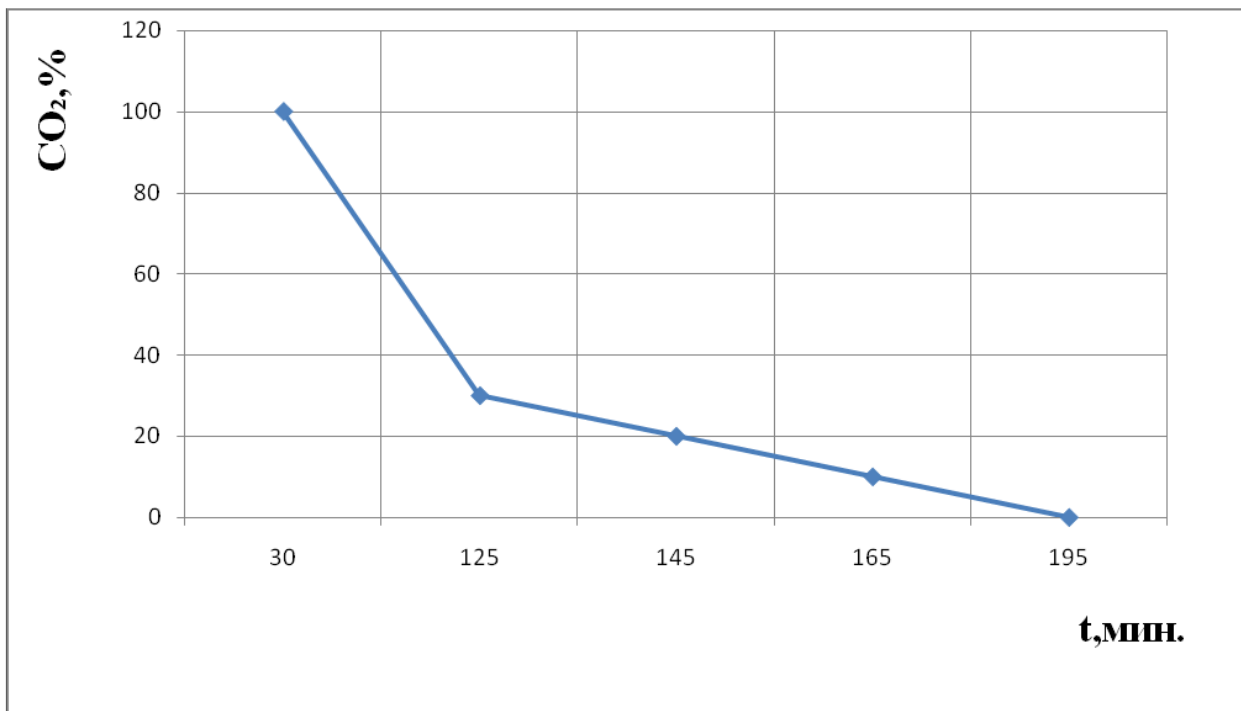


Рисунок 3.4.5- график изменения продолжительности таяния водного льда при различных концентрациях диоксида углерода.

Анализируя рисунки 3.4.4 и 3.4.5 можно сделать вывод, как и следовало ожидать, с повышением концентрации диоксида углерода продолжительность сублимации значительно увеличивается, что приводит к уменьшению таяния водного льда. Что позволит уменьшить расход льда и соответственно электроэнергии на привод двигателя компрессора и вентилятора конденсатора холодильной установки льдогенератора.

Изм	Лист	№ докум.	Подпись	Дат

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Благодаря проделанной работы было выполнена планировка холодильника рыбоперерабатывающего предприятия.

Разработана хладоновая схема на три температуры кипения $t_{01} = -10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{02} = -30\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{03} = -40\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Система использует современное оборудование, которое позволяет автоматизировать охлаждающее устройство и создавать благоприятные условия труда для персонала.

В камерах хранения замороженных и готовых продуктов, а так же в камере замораживания расположены воздухоохладители, которые позволяют обеспечить равномерное распределение и поддержание заданной температуры воздуха, и повышение безопасности при эксплуатации холодильного агрегата.

В специальной части было проведено исследование по применению смеси водного льда с диоксидом углерода для замораживания рыбы.

Проект холодильной установки производственного холодильника производительностью 35 тонн в сутки в городе Владивосток выполнен в соответствии с современными требованиями по проектированию производственных холодильников. Данный разработанный холодильник направлен для обеспечения рыбной продукцией не только города Владивосток но и пригородных городов.

					<i>ВКР ПХМ-161 00.021.00 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дат</i>		59

