

В настоящем проекте разработана схема холодильной установки фруктового холодильника емкостью 4400 тонн в городе Барнаул. Произведено обоснование температурных режимов, технико-экономическое обоснование проектных решений.

Произведен расчет и выбор планировки холодильника с использованием сборных конструкций из сэндвич-панелей, чтобы сократить стоимость и время строительства. Также было подобрано основное и вспомогательное оборудование на основании подробного расчета. Выбор, монтаж и компоновка оборудования производились с требованиями техники безопасности.

Проведен анализ современных технологий хранения плодов.

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
1 Техничо – экономическое обоснование проекта.....	6
2 Конструкторско–технологический раздел.....	9
2.1 Расчет и выбор планировки холодильника.....	9
2.2 Расчет теплоизоляционного слоя, определение действительного коэффициента теплопередачи .....	14
2.2.1 Покрытие охлаждаемых камер.....	15
2.2.2 Полы охлаждаемых помещений.....	16
2.2.3 Внутренние стены.....	18
2.2.4 Внутренние перегородки.....	19
2.2.5 Наружные стены.....	20
2.3 Расчет теплопритоков в охлаждаемых помещениях.....	22
2.3.1 Расчет теплопритока от окружающей среды.....	23
2.3.2 Расчет теплопритоков от продуктов.....	30
2.3.3 Расчет теплопритоков при вентиляции помещений.....	31
2.3.4 Расчет эксплуатационных теплопритоков.....	32
2.3.5 Расчет теплопритоков от фруктов и ягод при «дыхании».....	34
2.4 Расчет нагрузки на компрессоры.....	36
2.5 Расчет и подбор оборудования холодильной установки.....	38
2.5.1 Определение режимов работы холодильной установки.....	38
2.5.2 Расчет и подбор компрессоров.....	39
2.5.3 Расчет и подбор камерных приборов охлаждения .....	45
2.5.4 Расчет и подбор конденсаторов.....	47
2.5.5 Расчет и подбор циркуляционных ресиверов .....	48
2.5.6 Расчет и подбор дренажного ресивера.....	52
2.5.7 Расчет и подбор линейного ресивера.....	52
2.5.8 Расчет и подбор маслоотделителя.....	53
2.5.9 Расчет и подбор градирни.....	53
2.5.10 Расчет и подбор водяных насосов.....	53
2.5.11 Подбор маслосборника.....	54
2.5.12 Подбор воздухоотделителя.....	54
2.5.13 Расчет и подбор аммиачных насосов.....	54
2.6 Расчет и подбор трубопроводов.....	56
2.7 Описание схемы холодильной установки.....	57
2.7.1 Заполнение системы аммиаком.....	58
2.7.2 Удаление масла из системы.....	59

					<b>AK3.00.00.000.ПЗ</b>					
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>	Пояснительная записка			<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Разраб.</i>		Мельников НВ						3	81	
<i>Провер.</i>		Иваненко ОВ								
<i>Реценз.</i>										
<i>Н. Контр.</i>		Иваненко ОВ						КемТИПП, ХМнд-121		
<i>Утверд.</i>		Усов А.В.								

2.7.3 Оттаивание снеговой шубы.....	59
2.7.4 Отделение воздуха.....	59
3 Анализ современных технологий хранения плодов.....	60
3.1 Обычная атмосфера.....	63
3.2 Регулируемая атмосфера.....	70
3.3 Влияние содержания этилена в атмосфере камер.....	71
3.4 CO <sub>2</sub> – повреждения.....	73
3.5 Модифицированная атмосфера.....	76
Заключение.....	79
Литература.....	80
Приложения	

					АКЗ.00.00.000.ПЗ	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		4

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

Так же искусственный холод используют в химической промышленности, в машиностроении, в строительстве, фармацевтической промышленности и медицине.

Задачей данного проекта является разработка холодильной установки фруктового холодильника емкостью 4400 т. в городе Барнаул. При этом уделить внимание к снижению удельных капитальных затрат на строительство и монтаж холодильного оборудования.

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## ВВЕДЕНИЕ

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

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

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

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

Так же искусственный холод используют в химической промышленности, в машиностроении, в строительстве, фармацевтической промышленности и медицине.

Задачей данного проекта является разработка холодильной установки фруктового холодильника емкостью 4400 т. в городе Барнаул. При этом уделить внимание к снижению удельных капитальных затрат на строительство и монтаж холодильного оборудования.

					АК3.00.00.000.ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		5

## 1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

В данном дипломном проекте разработан проект холодильной установки фруктового холодильника емкостью 4400 т. расположенный в городе Барнаул.

Барнаул является столицей Алтайского края. Данный регион расположен на юго-востоке Западной Сибири, на стыке крупнейшей в мире Западно - Сибирской равнины и Алтайских гор. По географической широте ему соответствуют: на Западе - южный Урал, Среднее Поволжье, северная часть Украины; на востоке - юг Восточной Сибири, север Монголии, южная часть Камчатки. Северным соседом края является Новосибирская область, восточным - Кемеровская. Юго-восточная граница по горам проходит с Республикой Алтай, которая до 1991 года входила в состав Алтайского края как Автономная область. Юго-западная и западная границы являются государственными с Казахстаном. На территории Алтайского края расположено 11 городов, 60 административных районов. Население на 1 января 2016 г. - 2490714 человек.

Такое соседство является выгодным с точки зрения расположения в Барнауле фруктового холодильника тем, что Новосибирская и Кемеровская области достаточно густо населены, а климатические условия не позволяют выращивать фрукты в необходимых количествах. В результате чего на фрукты возникает повышенный спрос. Вместе с тем граница с Казахстаном позволяет ввозить достаточное количество фруктов.

Строительство фруктового холодильника именно в Барнауле обусловлено тем, что это крупнейший по численности населения город края. По данным Федеральной службы государственной статистики на 1 января 2016 г население Барнаула составило 597828 человек. Также строительство обусловлено из-за запрета ввоза в Россию «отдельных видов» сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия, страной происхождения которых является государство, введившее экономические санкции в отношении российских юридических и физических лиц в 2014 году.

Климат Алтайского края - резко континентальный. Свет и тепло в течение года поступают неравномерно. Алтай находится почти в центре Евразийского материка, океаны находятся за тысячи километров, поэтому в теплое время года суша сильно нагревается, температуры лета высокие. Зимой, наоборот, происходит быстрое охлаждение всего материка, и в это время года устанавливается ясная морозная погода с низкими температурами. В крае холодная зима и жаркое лето, что обуславливает сильное колебание температур. Годовая абсолютная амплитуда температуры воздуха равна 89,8 °С. Самый холодный месяц года - январь (средняя температура -17,5 °С), самый тёплый - июль (+19,8 °С). Абсолютный максимум (температура воздуха в тени) наблюдался в июле 1953 года и августе 2002 года (+38,2 °С). Абсолютный минимум - в январе 1951 года (-51,1 °С). Среднегодовая,

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

расчетная летняя, расчетная зимняя температура воздуха соответственно равны 1,1 °С, 31 °С, -39 °С.

В равнинных степных районах очень велико количество солнечных дней. И в этом отношении их можно сравнить с Южным Крымом и Северным Кавказом. Континентально-умеренный воздух, движущийся с юга на север из Центральной Азии, является основным и имеет резко выраженные свойства: летом сухой и жаркий, зимой - холодный. Морской умеренный воздух, идущий на Алтай с Атлантического океана, приносит в край основные атмосферные осадки. В степных районах выпадает до 800 - 900мм осадков. Часты сильные ливни с грозами и ветрами. Летние дожди сменяются ясной солнечной погодой. В степной части больше всего осадков наблюдается в июле, а минимальное количество - в феврале и марте. Относительная влажность в холодный период года варьируется в пределах 73-76 %, а в теплый период составляет около 62 %. Среднегодовое количество осадков составляет 539 мм, во время теплого сезона (апрель - октябрь) выпадает 65 % от общего их числа. Среднее количество дней с выпадением осадков составляет 180, из них 113 приходится на осенне-зимний период. Количество пасмурных, ясных и полу ясных дней в году - 130, 49 и 186 соответственно. Суммарная продолжительность солнечного сияния за год - 2180 часов.

В розе ветров Барнаула наблюдается преобладание юго - западных (30 %), западных (16 %) и южных (14 %) ветров, дующих со среднегодовой скоростью 3,6 м/с. Дней с сильными ветрами (15 м/с и более) бывает до сорока пяти в году: от четырёх до шести дней в месяц зимой и до трёх дней в месяц - летом.

В целом можно отметить, что климат Барнаула подходит для выращивания таких фруктов, как сливы, яблоки, вишня, черешня и др.

Барнаул - крупный транспортный узел, находится на ответвлении федеральной автомагистрали М52 «Чуйский тракт» Новосибирск - Монголия, здесь же начинается другая федеральная трасса А349 Барнаул - Рубцовск - Казахстан, а так же Павловский тракт (трасса Р380 Барнаул - Камень-на-Оби - Новосибирск). Через город проходят ветки Западно - Сибирской железной дороги. Железнодорожный вокзал города является связующим звеном со многими регионами России и ближним зарубежьем. Международный аэропорт Барнаула находится в 17 км к западу от города. На Оби существует пассажирский и грузовой речной порт. Таким образом транспортные потоки, проходящие через город, делают его привлекательным для строительства фруктохранилища.

Сохранение качества продуктов и сокращение его потерь зависит от технического уровня холодильного предприятия, его оснащённости современным оборудованием и применением прогрессивных методов термической обработки, а также от способов хранения пищевых продуктов.

В процессе холодильной обработки необходимо поддерживать определенные температурные режимы:

- при замораживании:  $t = -30^{\circ}\text{C}$ ;

- при хранении замороженных продуктов:  $t_{\text{кам}} = -20^{\circ}\text{C}$ ;

					<b>АКЗ.00.00.000.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

- при охлаждении и хранении охлажденной продукции:  $t_{кам} = 0^{\circ}\text{C}$ .

Предполагается, что необходимые температурные режимы в камерах холодильника будут поддерживаться с помощью аммиачной насосно-циркуляционной системы с экономайзером, с нижней подачей в приборы охлаждения.

Применение данной системы охлаждения позволит снизить эксплуатационные и энергетические затраты.

В проекте предполагается получить дополнительный эффект за счет установки агрегатов с винтовыми маслозаполненными компрессорами и экономайзерами. Они имеют следующие преимущества по сравнению с поршневыми: отсутствие клапанов, поршневых колец, отсутствие сопрягаемых быстроизнашивающихся деталей, исключается гидравлический удар. Благодаря этому увеличивается срок службы компрессора. Экономайзер позволит повысить холодопроизводительность системы. Предполагается, что в системе будут установлены горизонтальные циркуляционные ресиверы, которые будут выполнять роль отделителей жидкости, что позволит снизить суммарную стоимость оборудования и площадь компрессорного цеха. Из-за высокой расчетной летней температуры наружного воздуха необходимо использовать водяные кожухотрубные конденсаторы, которые позволят избежать аварийных режимов работы, а именно повышенной температуры конденсации.

В проектируемой установке применим воздухоохладители, которые будут установлены в камерах охлаждения и хранения охлажденной продукции, а так же в камерах хранения замороженной продукции. Они характерны интенсивной циркуляцией воздуха. Для замораживания продукции применяем флюидизационный скороморозильный туннель. Он отличается высоким качеством, оптимальными технико-эксплуатационными параметрами, конкурентной стоимостью и являются простыми в обслуживании.

					<b>AK3.00.00.000.ПЗ</b>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8



## 2 КОНСТРУКТОРСКО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

### 2.1 Расчет и выбор планировки холодильника

Фруктовый холодильник состоит из следующих основных частей: цеха товарной обработки, охлаждаемого склада, блока служебных помещений, компрессорного цеха, камеры заморозки фруктов, ягод в скороморозильном аппарате, а так же автомобильной и железнодорожной платформы, примыкающие к охлаждаемому складу с южной и северной сторон соответственно.

Принимаем одноэтажную планировку холодильника. Преимущества одноэтажного холодильника - высокий уровень механизации погрузочно–разгрузочных работ, позволяющих значительно уменьшить стоимость проведения грузовых работ. Использование сборных камер из сэндвич-панелей позволяет сократить время строительства.

Стены и потолок из пенополиуретановых сэндвич-панелей. Размер сетки колонн в охлаждаемом помещении 6x12 м, в компрессорном цехе 6x12, ширина транспортного коридора составляет 6 м.

Основную площадь холодильника занимают камеры хранения охлажденной продукции – 70%, камеры хранения замороженной продукции – 30% от общей емкости холодильника.

Суточное поступление груза на заморозку  $G_{сут}$ , т/сут, определяем по формуле

$$G_{сут} = 0,5\% \cdot E_{хол}, \quad (2.1)$$

где  $E_{хол}$  - емкость холодильника, т.

$$G_{сут} = 0,005 \cdot 4400 = 22.$$

По полученным данным подбираем флюидизационный скороморозильный аппарат TZF-2В, производительностью 1600 кг/ч. [см. Приложение А.1]

Емкость камер хранения охлажденной продукции  $E_{кам.хр.охл.пр.}$ , т, определяем по формуле

$$E_{кам.хр.охл.пр.} = 70\% \cdot E_{хол}, \quad (2.2)$$

$$E_{кам.хр.охл.пр.} = 0,7 \cdot 4400 = 3080.$$

Емкость камер хранения мороженой продукции  $E_{кам.мор.пр.}$ , т, определяем по формуле

						Лист
						9
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$E_{\text{кам.мор.пр.}} = 30\% \cdot E_{\text{хол}}, \quad (2.3)$$

$$E_{\text{кам.мор.пр.}} = 0,3 \cdot 4400 = 1320.$$

Емкость камер хранения продукции в регулируемой газовой среде  $E_{\text{кам.ргс}}$ , т, определяем по формуле

$$E_{\text{кам.ргс}} = 20\% \cdot E_{\text{кам.хр.охл.пр.}}, \quad (2.4)$$

$$E_{\text{кам.ргс}} = 0,2 \cdot 3080 = 616.$$

Удельную нагрузку от продукта принимаем:  $q_v=0,35$ , т/м<sup>3</sup>, [1,34].

Для камер хранения охлажденной продукции рассчитываем:

Грузовой объем  $V_{\text{гр}}$ , м<sup>3</sup>, определяем по формуле

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

$$V_{\text{гр}} = \frac{3080}{0,35} = 8800.$$

Строительную высоту принимаем равной 6 метров ( $H_{\text{стр}}=6$ ,м), [1,34], коэффициент использования площади ( $\beta=0,7$ ), [1,35], грузовая высота ( $h_{\text{гр}}=5$ ,м), [1,34], площадь одного строительного четырехугольника ( $f=6 \times 12$ ,м), [1,36].

Грузовую площадь  $F_{\text{гр}}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле

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

$$F_{\text{гр}} = \frac{8800}{5} = 1760.$$

Строительную площадь  $F_{\text{стр}}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле

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

$$F_{\text{стр}} = \frac{1760}{0,7} = 2514.$$

Количество строительных четырехугольников  $n$ , определяем по формуле

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

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		10

$$n = \frac{2514}{72} = 34,9 \approx 35.$$

Для камер хранения в регулируемой газовой среде рассчитываем:  
Грузовой объем определяем  $V_{гр}$ , м<sup>3</sup>, по формуле

$$V_{гр} = \frac{E_{кам.ггс}}{q_v}, \quad (2.9)$$
$$V_{гр} = \frac{616}{0,35} = 1760.$$

Грузовую площадь  $F_{гр}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.6)

$$F_{гр} = \frac{1760}{5} = 352.$$

Строительную площадь  $F_{стр}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.7)

$$F_{стр} = \frac{352}{0,7} = 503.$$

Количество строительных четырехугольников определяем по формуле (2.8)

$$n = \frac{503}{72} = 6,98 \approx 7.$$

Для камеры хранения мороженой продукции рассчитываем:  
Грузовой объем определяем  $V_{гр}$ , м<sup>3</sup>, по формуле

$$V_{гр} = \frac{E_{кам.мор.пр.}}{q_v}, \quad (2.10)$$
$$V_{гр} = \frac{1320}{0,35} = 3771.$$

Грузовую площадь  $F_{гр}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.6)

$$F_{гр} = \frac{3771}{5} = 754,2.$$

Строительную площадь  $F_{стр}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.7)

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		11

$$F_{\text{стр}} = \frac{754,2}{0,7} = 1077,4.$$

Количество строительных четырехугольников определяем по формуле (2.8)

$$n = \frac{1077,4}{72} = 14,96 \approx 15.$$

Для камеры заморозки рассчитываем:

Строительную площадь  $F_{\text{стр}}$ ,  $\text{м}^2$ , определяем по формуле

$$F_{\text{стр}} = F_{\text{сма}} \cdot n_{\text{сма}},$$

(2.11)

где  $n_{\text{сма}}$  – количество скороморозильных аппаратов, шт;

$F_{\text{сма}}$  – площадь скороморозильного аппарата,  $\text{м}^2$ , [см. Приложение А.1].

$$n_{\text{сма}} = \frac{G'_{\text{сут}}}{G_{\text{сма}} \cdot \tau},$$

(2.12)

где  $G'_{\text{сут}}$  – суточное поступление груза на заморозку, т/сут;

$G_{\text{сма}}$  – производительность скороморозильного аппарата, т/ч, [см. Приложение А.2];

$\tau$  – время работы скороморозильного аппарата, ч/сут.

$$n_{\text{сма}} = \frac{22}{1,6 \cdot 20} = 0,69 \approx 1.$$

$$F_{\text{стр}} = 47,04 \cdot 1 = 47,04.$$

Количество строительных четырехугольников  $n$ , определяем по формуле(2.8)

$$n = \frac{47,04}{72} = 0,65 \approx 1.$$

Для цеха товарной обработки рассчитываем:

Строительную площадь  $F_{\text{стр}}$ ,  $\text{м}^2$ , определяем по формуле

$$F_{\text{стр}} = 0,2 \cdot (F_{\text{стр.охл.}} + F_{\text{стр.мор.}}),$$

(2.13)

$$F_{\text{стр}} = 0,2 \cdot (2514 + 1077,4) = 718,3.$$

Количество строительных четырехугольников  $n$ , определяем по формуле(2.8)

						Лист
						12
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n = \frac{718,3}{72} = 9,98 \approx 10.$$

### Определение поступления и выпуска груза.

Поступаемый груз и выпускаемый  $G_{\text{пост}}$ , т/сут, определяем по формулам

$$G_{\text{пост}} = \frac{E_{\text{хол}} \cdot B}{365} \cdot m_{\text{пост}}, \quad (2.14)$$

$$G_{\text{вып}} = \frac{E_{\text{хол}} \cdot B}{253} \cdot m_{\text{вып}}, \quad (2.15)$$

где  $B$  – коэффициент оборачиваемости ( $B=12$ ), [1,23];

$m_{\text{пост}}$  – коэффициент учитывающий поступление груза ( $m_{\text{пост}}=2$ ), [1,22];

$m_{\text{вып}}$  – коэффициент учитывающий выпуск груза ( $m_{\text{вып}} = 1,1$ ), [1,22].

$$G_{\text{пост}} = \frac{4400 \cdot 12}{365} \cdot 2 = 289,3,$$

$$G_{\text{вып}} = \frac{4400 \cdot 12}{253} \cdot 1,1 = 229,6.$$

### Определение длин платформ.

Поступление автомобильного транспорта принимаем 30% ( $n=0,3$ ), железнодорожного – 70% ( $n=0,7$ ). Выпуск принимаем 60% ( $m=0,6$ ) автомобильного транспорта и 40% ( $m = 0,4$ ) ж/д транспорта, [1,23].

Выпуск и поступление груза ж/д транспортом  $G_{\text{ж/д}}$ , т/сут, и автомобильным транспортом  $G_{\text{авто}}$ , т/сут, определяем по формулам

$$G_{\text{ж/д}} = n \cdot G_{\text{пост}} + m \cdot G_{\text{вып}}, \quad (2.16)$$

$$G_{\text{авто}} = (1-n) \cdot G_{\text{пост}} + (1-m) \cdot G_{\text{вып}}, \quad (2.17)$$

где  $n$  - поступление автомобильным или ж/д транспортом;

$m$  – выпуск автомобильным или ж/д транспортом.

$$G_{\text{ж/д}} = 0,7 \cdot 289,3 + 0,4 \cdot 229,6 = 294,5,$$

$$G_{\text{авто}} = (1 - 0,7) \cdot 289,3 + (1 - 0,4) \cdot 229,6 = 224,55.$$

Количество поступающих вагонов  $n_{\text{ваг}}$ , и автомобилей на платформу  $n_{\text{авто}}$ , определяем по формуле

						Лист
						13
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$n_{\text{ваг}} = \frac{G_{\text{ж/д}}}{g_{\text{ваг}} \cdot \eta_{\text{исп}}}, \quad (2.18)$$

$$n_{\text{авто}} = \frac{G_{\text{авто}}}{g_{\text{авто}} \cdot \eta_{\text{исп}}}, \quad (2.19)$$

где  $g_{\text{ваг}}$  – грузоподъемность вагона ( $g_{\text{ваг}} = 40$  т);

$g_{\text{авто}}$  – грузоподъемность автомобиля ( $g_{\text{авто}} = 3$  т);

$\eta_{\text{исп}}$  – коэффициент использования транспорта (для вагонов  $\eta_{\text{исп}} = 0,75$ , для машин  $\eta_{\text{исп}} = 0,7$ ).

$$n_{\text{ваг}} = \frac{294,5}{40 \cdot 0,75} = 9,82 \approx 10,$$

$$n_{\text{авто}} = \frac{224,55}{3 \cdot 0,7} = 106,7 \approx 107.$$

Длину авто  $L_{\text{авто}}$ , м, и ж/д платформы  $L_{\text{ж/д}}$ , м, определяем по формулам

$$L_{\text{авто}} = \frac{n_{\text{авто}} \cdot v_{\text{авто}} \cdot m \cdot \psi \cdot \tau}{8}, \quad (2.20)$$

$$L_{\text{ж/д}} = \frac{n_{\text{ваг}} \cdot l_{\text{ваг}} \cdot m}{\Pi}, \quad (2.21)$$

где  $v_{\text{авто}}$  – ширина кузова машины, с учетом отступа от машин ( $v_{\text{авто}} = 4$  м);  
 $m$  – неравномерность поступления машин или вагонов (для машин  $m = 1,5$ , для вагонов  $m = 1,5$ );

$\psi$  – доля общего числа машин прибывающих в течении первой смены ( $\psi = 0,8$ );

$\tau$  – время разгрузки автомобиля ( $\tau = 0,7$  часа);

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

$\Pi$  – число подач вагонов в сутки ( $\Pi = 3$ ), [1,37].

$$L_{\text{авто}} = \frac{107 \cdot 4 \cdot 0,8 \cdot 0,7 \cdot 1,5}{8} = 44,94 \approx 45,$$

$$L_{\text{ж/д}} = \frac{10 \cdot 20 \cdot 1,5}{3} = 100.$$

Конструктивно принимаем длину автомобильной платформы  $L_{\text{авто}} = 64$ , м.

2.2 Расчет теплоизоляционного слоя, определение действительного коэффициента теплопередачи

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		14

Принимаем, что здание холодильника собрано из пенополиуритановых сэндвич-панелей; колонны сечением 400x400 мм, стропильные балки односкатные длиной 12 м и высотой 890 мм. Высота камер до низа балки 6 м. Крыша так же из пенополиуритановых сэндвич-панелей.

Для расчета толщины теплоизоляционного слоя ограждений необходимо знать температуру воздуха внутри камер и среднегодовую температуру наружного воздуха. Среднегодовую температуру наружного воздуха принимаем для г. Барнаул равной 1,1°C.

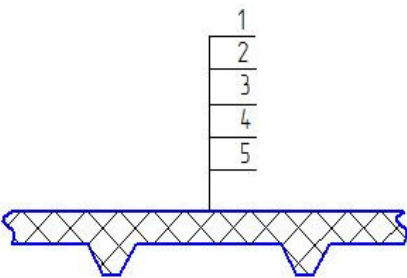
Толщину теплоизоляционного слоя ограждения рассчитываем для всех камер.

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

### 2.2.1 Покрытие охлаждаемых камер

Потолочные сэндвич-панели состоят из наполнителя - пенополиуретана и защищающих его стальных профилированных листов толщиной 0,4-0,6 мм двухсторонне оцинкованных (275 г/м<sup>2</sup>) с защитным полимерным покрытием внешнего слоя "полиэстер", [см. Приложение Б.2]. Состав покрытия показан в таблице 2.1.

Таблица 2.1 - Состав покрытия охлаждаемых помещений

	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	Общий коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}$ , Вт/(м·К)
	1	Защитное полимерное покрытие	0,0001	-	0,025
	2	Профилированная сталь	0,0005	-	

	3	Теплоизоляционный слой (пенополиуритан)	-	0,022
	4	Профилированная сталь	0,0005	-
	5	Защитное полимерное покрытие	0,0001	-

В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию покрытия в камере хранения мороженой продукции. Требуемый коэффициент теплопередачи покрытия  $k_0^{mp}=0,217$  Вт/(м<sup>2</sup>·К). Коэффициент теплоотдачи для внутренней поверхности принимаем  $\alpha_в=9$  Вт/(м<sup>2</sup>·К),  $\alpha_н=23$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), [1,55].

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

$$\delta_{из}^{mp} = \lambda_{из} \left( \frac{1}{k_0^{mp}} - \left( \frac{1}{\alpha_н} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_в} \right) \right), \quad (2.22)$$

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

$k_0^{mp}$  - требуемый коэффициент теплопередачи, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\alpha_н$  - коэффициент теплоотдачи с наружной стороны ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\delta_i$  - толщина i-го слоя конструкции ограждения, м;

$\lambda_i$  - коэффициент теплопроводности i-го слоя конструкции ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К);

$\alpha_в$  - коэффициент теплоотдачи с внутренней стороны ограждения, Вт/(м<sup>2</sup>·К).

$$\delta_{из}^{mp} = 0,025 \left( \frac{1}{0,217} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,111.$$

Принимаем толщину изоляционного слоя 120 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой определяем действительное значение коэффициента теплопередачи  $k_0^o$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), по формуле



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

(2.23)

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,202.$$

## 2.2.2 Полы охлаждаемых помещений

Теплоизоляцию полов определяем аналогично покрытию камер. Состав пола показан в таблице 2.2. Необходимо отметить, что в камерах с отрицательным температурным режимом в полу монтируются электронагреватели, чтобы избежать промерзания грунта. В качестве расчетной конструкции принимаем конструкцию пола в камерах хранения мороженных продуктов  $t_g = -20^{\circ}\text{C}$ . Применяем пенополиуритановую теплоизоляцию, [см. Приложение Б.1].

Таблица 2.2 - Состав пола охлаждаемых помещений

	№	Наименование и материал слоя	Толщина $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	$\sum \frac{\delta_i}{\lambda_i}$ , $\text{м}^2 \cdot \text{K} / \text{Вт}$
	слоя				
	1	Монолитное бетонное покрытие	0,040	1,86	2,43
	2	Армобетонная стяжка	0,080	1,86	
	3	Пароизоляция (1 слой пергамина)	0,001	0,15	
	4	Теплоизоляция (пенополиуретановые панели)	-	0,025	
	5	Цементно-песчаный раствор	0,025	0,98	
	6	Уплотненный песок	1,35	0,58	

	7	Бетонная подготовка с электронагревателями	—	—	
--	---	--	---	---	--

Требуемый коэффициент теплопередачи пола  $k_0^{mp}=0,18$  Вт/(м<sup>2</sup>·К), [1,56].

Суммарное термическое сопротивление слоев конструкции (кроме теплоизоляции) принимаем по таблице 2.2

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

Требуемую толщину изоляционного слоя  $\delta_{из}^{mp}$ , м, рассчитаем по формуле (2.22)

$$\delta_{из}^{mp} = 0,025 \left( \frac{1}{0,18} - \left( 2,43 + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,074.$$

Принимаем толщину изоляционного слоя 80 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой определяем действительное значение коэффициента теплопередачи  $k_0^o$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), по формуле (2.23)

$$k_0^o = \frac{1}{\left( 2,43 + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,08}{0,025}} = 0,174.$$

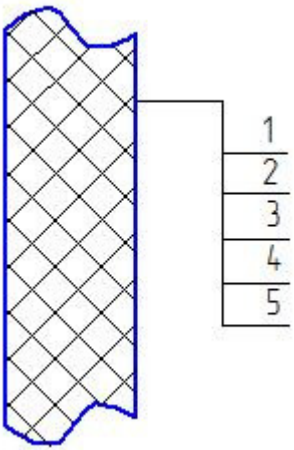
### 2.2.3 Внутренние стены

Принимаем, что стены между охлаждаемыми помещениями и грузовым коридором так же выполнены из пенополиуретановых сэндвич-панелей. Они состоят из наполнителя - пенополиуретана и защищающих его стальных профилированных листов толщиной 0,4-0,5 мм двухсторонне оцинкованных (275 г/м<sup>2</sup>) с защитным полимерным покрытием внешнего слоя "полиэстер", [см. Приложение Б.1].

Расчет толщины теплоизоляционного слоя проводим аналогично расчету покрытия холодильных камер. Состав стены показан в таблице 2.3.

Таблица 2.3 - Состав внутренних стен охлаждаемых помещений

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		18

	№ слоя	Наименование и материал слоя	Толщина $\delta$ , м	Коэффициент теплопроводности $\lambda$ , Вт/(м·К)	Общий коэффициент теплопроводности $\lambda_{из}$ , Вт/(м·К)
	1	Защитное полимерное покрытие	0,0001	-	0,025
	2	Профилированная сталь	0,0005	-	
	3	Теплоизоляционный слой (пенополиуритан)	-	0,022	
	4	Профилированная сталь	0,0005	-	
	5	Защитное полимерное покрытие	0,0001	-	

Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}^{mp}$ , м, рассчитаем по формуле (2.22)

$$\delta_{из}^{mp} = 0,025 \left( \frac{1}{0,23} - \left( \frac{1}{8} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,101.$$

Принимаем толщину изоляционного слоя 120 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой определяем действительное значение коэффициента теплопередачи  $k_0^o$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), по формуле (2.23)

$$k_0^o = \frac{1}{\left( \frac{1}{8} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,198$$

#### 2.2.4 Внутренние перегородки

Принимаем, что все внутренние перегородки так же выполнены из пенополиуретановых сэндвич-панелей. Они состоят из наполнителя - пенополиуретана и защищающих его стальных профилированных листов толщиной 0,4-0,5 мм двухсторонне оцинкованных (275 г/м<sup>2</sup>) с защитным

полимерным покрытием внешнего слоя "полиэстер", [см. Приложение Б.1]. Толщину теплоизоляционного слоя принимаем в зависимости от температур в камерах разделяемых перегородкой ( $t_n=0$  °С,  $t_{nm}=-20$  °С ). Состав перегородки показан в таблице 2.3.

Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}^{mp}$ , м, рассчитаем по формуле (2.22)

$$\delta_{из}^{mp} = 0,025 \left( \frac{1}{0,28} - \left( \frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,84 .$$

Принимаем толщину изоляционного слоя 100 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой определяем действительное значение коэффициента теплопередачи  $k_0^o$ , Вт/(м<sup>2</sup>·К), по формуле (2.23)

$$k_0^o = \frac{1}{\left( \frac{1}{9} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,1}{0,025}} = 0,237$$

## 2.2.5 Наружные стены

Принимаем, что все наружные стены так же выполнены из пенополиуретановых сэндвич-панелей. Они состоят из наполнителя - пенополиуретана и защищающих его стальных профилированных листов толщиной 0,4-0,5 мм двухсторонне оцинкованных ( $275 \text{ г/м}^2$ ) с защитным полимерным покрытием внешнего слоя "полиэстер", [см. Приложение Б.1]. В качестве расчетной конструкции наружных стен принимаем конструкцию стен в камерах хранения замороженных грузов  $t_g = -20^\circ\text{C}$ . Требуемый коэффициент теплопередачи покрытия  $k_0^{mp} = 0,23 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ , [2,48]. Состав перегородки показан в таблице 2.3.

Необходимую толщину теплоизоляционного слоя  $\delta_{из}^{mp}$ , м, рассчитаем по формуле (2.22)

$$\delta_{из}^{mp} = 0,025 \left( \frac{1}{0,23} - \left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) \right) = 0,103.$$

Принимаем толщину изоляционного слоя 120 мм. Поскольку принятая толщина теплоизоляции отличается от требуемой определяем действительное значение коэффициента теплопередачи  $k_0^{\delta}$ ,  $\text{Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  по формуле (2.23)

$$k_0^{\delta} = \frac{1}{\left( \frac{1}{23} + \frac{1}{9} \right) + \frac{0,12}{0,025}} = 0,202.$$

Результаты расчетов толщины теплоизоляции и коэффициентов теплопередачи ограждаемых конструкций определяем по формулам (2.22), (2.23) и сводим в таблицу 2.4.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		20

Таблица 2.4 - Результаты расчетов толщины теплоизоляции и коэффициентов теплопередачи ограждаемых конструкций

№ камеры	Вид стены	$t_{\text{камеры}},$ °С	$\lambda_{\text{из}},$ Вт/м К	$K_{\text{тр}},$ Вт/м <sup>2</sup> ·К	$\alpha_{\text{н}},$ Вт/м <sup>2</sup> ·К	$\alpha_{\text{вн}},$ Вт/м <sup>2</sup> ·К	$K_{\text{д}},$ Вт/м <sup>2</sup> ·К	$\sum_1^n R_i,$ м <sup>2</sup> ·К/Вт	$\delta_{\text{из}},$ мм
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5,6, 7,8,9	Наруж	0	0,025	0,42	23	9	0,202	-	120
16	Наруж	14	0,025	0,53	23	9	0,202	-	120
1,3	Наруж	-20	0,025	0,23	23	9	0,202	-	120
4,5,6,7,8, 9,10,11, 12,13,14	Внутр	0	0,025	0,42	8	9	0,199	-	120
1,2,3	Внутр	-20	0,025	0,23	8	9	0,199	-	120
15,16	Внутр	14	0,025	0,53	8	9	0,199	-	120
4,5,6,7,8, 9,10,11, 12,13,14	Перегор	0/0	0,025	0,59	9	9	0,237	-	100
2,3,4,10, 11,12	Перегор	0/-20	0,025	0,28	9	9	0,237	-	100
1,2,3	Перегор	-20/-20	0,025	0,59	9	9	0,237	-	100

5,14,15, 16	Перегор	0/14	0,025	0,36	9	9	0,237	-	100
----------------	---------	------	-------	------	---	---	-------	---	-----

Продолжение таблицы 2.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15,16	Перегор	14/14	0,025	0,59	9	9	0,237	-	100
1,2,3	Покрыт	-20	0,025	0,22	23	9	0,202	-	120
15,16	Покрыт	14	0,025	0,43	23	9	0,202	-	120
4,5,6,7,8, 9,10,11, 12,13,14	Покрыт	0	0,025	0,36	23	9	0,202	-	120
1,2,3	Пол	-20	0,025	0,18	-	9	0,174	2,43	80
4,5,6,7,8, 9,10,11, 12,13,14	Пол	0	Не нуждается в теплоизоляции						
15,16	Пол	14	Не нуждается в теплоизоляции						

где 1,2,3 – камеры хранения мороженой продукции;  
4,5,6,7,8,9– камеры хранения охлажденной продукции;  
10,11,12,13,14,15,16 – камеры с регулируемой газовой средой.

### 2.3 Расчет теплопритоков в охлаждаемых помещениях

При определении нагрузки на батареи и воздухоохладители учитывают следующие теплопритоки: от окружающей среды  $Q_1$ ; от продуктов  $Q_2$ ; от

вентиляции  $Q_3$ ; от различных источников при эксплуатации камер  $Q_4$ ; от фруктов и овощей в процессе “дыхания”  $Q_5$ .

### 2.3.1 Расчет теплопритока от окружающей среды

Теплоприток от окружающей среды  $Q_{1T}$ , кВт, с северной, западной, южной, восточной сторон, определяем по формуле

$$Q_{1T} = K_d \cdot F \cdot (t_n - t_g) \cdot 10^{-3}, \quad (2.24)$$

где  $K_d$  – действительный коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/м<sup>2</sup>К;

$F$  – расчетная площадь поверхности ограждения, м<sup>2</sup>;

$t_n$  – расчетная температура воздуха с наружной стороны ограждения, °С;

$t_g$  – расчетная температура воздуха внутри охлаждаемого помещения, °С.

Рассчитаем теплоприток от окружающей среды в камере хранения охлажденной продукции (камера №5) по формуле (2.24).

Необходимые данные для расчета теплопритока с северной стороны:  $K_d = 0,237$ , Вт/м<sup>2</sup>К, (см. таблицу 2.4),  $F = 150$ , м<sup>2</sup>, [1,71],  $t_n = 0$ , °С, [2,208],  $t_g = 0$ , °С, (см. таблицу 2.4).

$$Q_{1T} = 0,237 \cdot 150 \cdot (0 - 0) \cdot 10^{-3} = 0.$$

Необходимые данные для расчета теплопритока со стороны коридора:  $K_d = 0,199$  Вт/м<sup>2</sup>К, (см. таблицу 2.4),  $F = 73,5$ , м<sup>2</sup>, [1,71],  $t_n = 31$ , °С, [2,208],  $t_g = 0$ , °С, (см. таблицу 2.4).

Теплоприток от коридора  $Q_{1T}$ , кВт, рассчитываем по формуле

$$Q_{1T} = K_d \cdot F \cdot (t_n - t_g) \cdot 10^{-3} \cdot 0,6, \quad (2.25)$$
$$Q_{1T} = 0,199 \cdot 73,5 \cdot 0,6 \cdot (31 - 0) \cdot 10^{-3} = 0,272.$$

Необходимые данные для расчета теплопритока с восточной стороны:  $K_d = 0,237$ , Вт/м<sup>2</sup>К, (см. таблицу 2.4),  $F = 73,5$ , м<sup>2</sup>, [1,71],  $t_n = 14$ , °С, [2,208],  $t_g = 0$ , °С, (см. таблицу 2.4).

$$Q_{1T} = 0,237 \cdot 73,5 \cdot (14 - 0) \cdot 10^{-3} = 0,244.$$

						Лист
						23
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Необходимые данные для расчета теплопритока с южной стороны:  $K_d = 0,202$ , Вт/м<sup>2</sup>К, (см. таблицу 2.4),  $F = 150$ , м<sup>2</sup>, [1,71],  $t_n = 31$ , °С, [2,208],  $t_b = 0$ , °С, (см. таблицу 2.4).

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 150 \cdot (31 - 0) \cdot 10^{-3} = 0,939.$$

Необходимые данные для расчета теплопритока со стороны пола:  $m = 1$ , Вт/м<sup>2</sup>К, так как пол неизолированный и без обогрева.  $F_1 = 49,02$ , м<sup>2</sup>,  $F_2 = 49,02$ , м<sup>2</sup>,  $F_3 = 49,02$ , м<sup>2</sup>,  $F_4 = 147,3$ , м<sup>2</sup>, [1,74],  $K_1 = 0,45$ ,  $K_2 = 0,23$ ,  $K_3 = 0,12$ ,  $K_4 = 0,07$ ,  $t_n = 1$ , °С, [2,208],  $t_b = 0$ , °С, (см. таблицу 2.4).

Теплоприток со стороны пола рассчитываем по формуле

$$Q_{1T} = (t_n - t_{nm}) \cdot m \cdot \sum_{i=1}^4 (K_{ycl} \cdot F_i) \cdot 10^{-3}, \quad (2.26)$$

$$Q_{1T} = (31 - 0) \cdot 1 \cdot (0,45 \cdot 49,02 + 0,23 \cdot 49,02 + 0,12 \cdot 49,02 + 0,07 \cdot 147,3) \cdot 10^{-3} = 1,535.$$

Необходимые данные для расчета теплопритока со стороны крыши:  $K_d = 0,202$ , Вт/м<sup>2</sup>К, (см. таблицу 2.4),  $F = 294,36$ , м<sup>2</sup>, [1,71],  $t_n = 31$ , °С, [2,208],  $t_b = 0$ , °С, (см. таблицу 2.4).

$$Q_{1T} = 0,202 \cdot 294,36 \cdot (31 - 0) \cdot 10^{-3} = 2,826.$$

Необходимые данные для расчета теплопритока от солнечной радиации:  $K_d = 0,202$ , Вт/м<sup>2</sup>К, (см. таблицу 2.4),  $F = 294,36$ , м<sup>2</sup>, [1,71],  $\Delta t_c = 17,7$ , °С, [1,76].

Теплоприток от солнечной радиации рассчитываем по формуле

$$Q_{1C} = K_o \cdot F \cdot \Delta t_c \cdot 10^{-3}, \quad (2.27)$$

$$Q_{1C} = 0,202 \cdot 294,36 \cdot 17,7 \cdot 10^{-3} = 1,052.$$

Расчет теплопритоков от окружающей среды для остальных камер проводим аналогично. Результаты расчетов теплопритоков от окружающей среды на остальные камеры, приведены в таблице 2.5.

Таблица 2.5 - Результаты расчетов теплопритоков от окружающей среды

КАМЕРА 1 (-20°С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	$F$ , м <sup>2</sup>	$t_n$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{1T}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{1C}$ , кВт	$Q_{1об}$ , кВт
Стена наружная северная.	0,202	150	31	51	1,545	—	—	1,545

Внутренняя стена в кор.	0,199	112,91	–	35,7	0,802	–	–	0,802
Покрытие.	0,202	452,21	31	51	4,659	17,7	1,617	6,276
Пол.	0,174	452,21	1	21	1,652	–	–	1,652
							Итого	10,275

Продолжение таблицы 2.5

КАМЕРА 2, (-20 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_n$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{1об}$ , кВт
Стена внутренняя восточная	0,237	110,16	0	20	0,522	–	–	0,522
Внутренняя стена в кор.	0,199	110,16	–	35,7	0,783	–	–	0,783
Внутренняя стена южная	0,237	150	0	20	0,711	–	–	0,711
Покрытие.	0,202	441,18	31	51	4,545	17,7	1,577	6,122
Пол.	0,174	441,18	1	21	1,612	–	–	1,612
							Итого	9,75

КАМЕРА 3, (-20 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_n$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{1об}$ , кВт
Стена наружная северная	0,202	73,5	31	51	0,757	–	–	0,757
Внутренняя стена в коридор.	0,199	112,91	–	35,7	0,522	–	–	0,522
Внутренняя стена южная	0,237	73,5	0	20	0,348	–	–	0,348
Покрытие.	0,202	221,58	31	51	2,283	17,7	0,792	3,075
Пол.	0,174	221,58	1	21	0,81	–	–	0,81
							Итого	5,792

КАМЕРА 4 (0 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_n$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{1об}$ , кВт

Стена внутренняя северная	0,237	150	-20	-20	-0,711	-	-	-	0,711
Внутренняя стена в коридор	0,199	73,44	-	18,6	0,272	-	-	-	0,272
Покрытие.	0,202	294,12	31	31	1,842	17,7	1,051	-	2,893
Пол.	-	294,12	-	-	0,638	-	-	-	0,638
								Итого	3,092

Продолжение таблицы 2.5

КАМЕРА 5 ( 0 °С )									
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_{п}$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{Iоб}$ , кВт	
Стена наружная южная	0,202	150	31	31	0,939	-	-	0,939	
Внутренняя стена в коридор	0,199	73,5	-	18,6	0,272	-	-	0,272	
Стена внутренняя восточная	0,237	73,5	14	14	0,244	-	-	0,244	
Покрытие.	0,202	294,36	31	31	1,843	17,7	1,052	2,895	
Пол.	-	294,36	-	-	1,535	-	-	1,535	
								Итого	5,886

КАМЕРА 6 ( 0 °С )								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_{п}$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{Iоб}$ , кВт
Стена наружная северная	0,202	151,78	31	31	0,95	-	-	0,95
Внутренняя стена в коридор	0,199	112,91	-	18,6	0,418	-	-	0,418

Стена наружная восточная	0,202	113,65	31	31	0,712	8,5	0,195	0,907
Покрытие.	0,202	451,29	31	31	2,826	17,7	1,613	4,439
Пол.	-	451,29	-	-	2,411	-	-	2,411
							Итого	9,126

Продолжение таблицы 2.5

КАМЕРА 7 (0 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_{п}$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{Iоб}$ , кВт
Внутренняя стена в коридор	0,199	110,16	-	18,6	0,408	-	-	0,408
Наружная стена восточная	0,202	110,16	31	31	0,69	8,5	0,189	0,879
Покрытие.	0,202	440,28	31	31	2,757	17,7	1,574	4,331
Пол.	-	440,28	-	-	1,362	-	-	1,362
							Итого	6,979

КАМЕРА 8 (0 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_{п}$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{Iоб}$ , кВт
Внутренняя стена в коридор	0,199	73,44	-	18,6	0,272	-	-	0,272
Наружная стена восточная	0,202	73,44	31	31	0,46	8,5	0,126	0,586
Покрытие.	0,202	293,52	31	31	1,838	17,7	1,049	2,887
Пол.	-	293,52	-	-	0,751	-	-	0,751
							Итого	4,497

КАМЕРА 9 (0 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_{п}$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{Iоб}$ , кВт

Стена наружная южная	0,202	151,78	31	31	0,95	-	-	0,95
Внутренняя стена в коридор	0,199	73,13	-	18,6	0,271	-	-	0,271
Стена наружная восточная	0,202	73,87	31	31	0,462	8,5	0,127	0,589
Покрытие.	0,202	292,3	31	31	1,83	17,7	1,046	2,876
Пол.	-	292,3	-	-	1,828	-	-	1,828
Итого								6,515

Продолжение таблицы 2.5

КАМЕРА 10 (0 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_{п}$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{1об}$ , кВт
Внутренняя стена в коридор	0,199	36,72	-	18,6	0,136	-	-	0,136
Внутренняя стена северная	0,237	73,5	-20	-20	-0,348	-	-	-0,348
Внутренняя стена западная	0,237	36,72	-20	-20	-0,174	-	-	-0,174
Покрытие.	0,202	72,06	31	31	0,451	17,7	0,258	0,709
Пол.	-	72,06	-	-	0,156	-	-	0,156
Итого								0,479

КАМЕРА 11,12 (0 °С)								
	$K_d$ , Вт/м <sup>2</sup> К	F, м <sup>2</sup>	$t_{п}$ , °С	$\Theta$ , °С	$Q_{IT}$ , кВт	$\Delta t_c$ , °С	$Q_{IC}$ , кВт	$Q_{1об}$ , кВт
Внутренняя стена в коридор	0,199	36,72	-	18,6	0,136	-	-	0,136
Внутренняя стена западная	0,237	36,72	-20	-20	-0,174	-	-	-0,174
Покрытие.	0,202	72,06	31	31	0,451	17,7	0,258	0,709
Пол.	-	72,06	-	-	0,83	-	-	0,156
Итого								0,827

КАМЕРА 13 (0 °С)								
	$K_d, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$F, \text{м}^2$	$t_{п}, \text{°С}$	$\Theta, \text{°С}$	$Q_{IT}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, \text{°С}$	$Q_{IC}, \text{кВт}$	$Q_{Iоб}, \text{кВт}$
Внутренняя стена в коридор	0,199	36,72	-	18,6	0,136	-	-	0,136
Покрытие.	0,202	73,5	31	31	0,451	17,7	0,258	0,709
Пол.	-	73,5	-	-	0,83	-	-	0,156
Итого								1,001

Продолжение таблицы 2.5

КАМЕРА 14 (0 °С)								
	$K_d, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$F, \text{м}^2$	$t_{п}, \text{°С}$	$\Theta, \text{°С}$	$Q_{IT}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, \text{°С}$	$Q_{IC}, \text{кВт}$	$Q_{Iоб}, \text{кВт}$
Внутренняя стена в коридор	0,199	36,72	-	18,6	0,136	-	-	0,136
Покрытие.	0,202	73,5	31	31	0,451	17,7	0,258	0,709
Пол.	-	73,5	-	-	0,83	-	-	0,156
Итого								1,001

КАМЕРА 15 (0 °С)								
	$K_d, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$F, \text{м}^2$	$t_{п}, \text{°С}$	$\Theta, \text{°С}$	$Q_{IT}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, \text{°С}$	$Q_{IC}, \text{кВт}$	$Q_{Iоб}, \text{кВт}$
Внутренняя стена в коридор	0,199	36,72	-	18,6	0,136	-	-	0,136
Покрытие.	0,202	73,5	31	31	0,451	17,7	0,258	0,709
Пол.	-	73,5	-	-	0,83	-	-	0,156
Итого								1,001

КАМЕРА 16 (0 °С)								
	$K_d, \text{Вт/м}^2\text{К}$	$F, \text{м}^2$	$t_{п}, \text{°С}$	$\Theta, \text{°С}$	$Q_{IT}, \text{кВт}$	$\Delta t_c, \text{°С}$	$Q_{IC}, \text{кВт}$	$Q_{Iоб}, \text{кВт}$
Внутренняя стена в коридор	0,199	36,41	-	18,6	0,135	-	-	0,135



### 2.3.2 Расчет теплопритоков от продуктов

При холодильной обработке продуктов (охлаждении, замораживании и домораживании) каждый килограмм продукта выделяет теплоту, кроме того, если происходит холодильная обработка в таре, то необходимо добавить теплоту, выделяющуюся при её охлаждении. В камерах хранения мороженых грузов хранятся мороженая черешня, вишня, клубника. В камерах хранения охлажденных грузов хранятся абрикосы, яблоки, виноград. В камерах с регулируемой газовой средой хранятся яблоки и груши.

Теплоприток  $Q_{2п}$ , кВт от продуктов определяется по формуле

$$Q_{2гр} = \frac{M_{сут} \cdot (h_n - h_k) \cdot 10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.28)$$

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

$$Q_{2т} = \frac{M_t \cdot c_t \cdot (t_n - t_k) 10^3}{24 \cdot 3600} \quad (2.29)$$

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

$M_t$  – суточное поступление тары, т/сут;

$h_n$  – начальная энтальпия продукта, кДж/кг;

$h_k$  – конечная энтальпия продукта, кДж/кг;

$t_n, t_k$  – начальная и конечная температура продукта, °С;

$c_t$  – удельная теплоемкость тары, кДж/кгК.

Суточное поступление тары  $M_t$ , т/сут, и продуктов  $M_{сут}$ , т/сут, определяем по формулам

$$M_{сут} = (6 \div 8\%) \cdot E_{камеры} \quad (2.30)$$

$$M_t = 20\% \cdot M_{сут} \quad (2.31)$$

где  $E_{камеры}$  – емкость камеры, т/сут.

Необходимые данные для расчета теплопритока  $Q_{2п}$ , кВт от груза в камере хранения охлажденных абрикосов (камера № 5 (0 °С)):  $h_n = 307$  кДж/кг, [1,79],

$h_k = 236$  кДж/кг, [1,79],  $t_n = 20$ , °С, [1,79],  $t_k = 0$ , °С, [1,79],  $c_t = 2,09$ , кДж/кгК, [1,81].

Определяем  $M_{сут}$ , т/сут, по формуле (2.30)

$$M_{сут} = 0,06 \cdot 352,8 = 21,168.$$

						Лист
						30
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



Определяем  $M_T$ , т/сут, по формуле (2.31)

$$M_T = 0,2 \cdot 21,168 = 4,234,$$

$$Q_{2пр} = \frac{21,168 \cdot (307 - 236) \cdot 10^3}{24 \cdot 3600} = 17,395,$$

$$Q_{2Т} = \frac{4,234 \cdot 2,09 \cdot (20 - 0) \cdot 10^3}{24 \cdot 3600} = 2,048.$$

Общий теплоприток от продукта  $Q_{об}$ , кВт, рассчитываем по формуле

$$Q_{об} = Q_{2гр} + Q_{2Т}, \quad (2.32)$$

$$Q_{об} = 17,395 + 2,048 = 19,443.$$

Для остальных камер расчет проводим аналогичным образом. Результаты расчетов теплопритоков от продукта на остальные камеры, приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 - Результаты расчетов теплопритоков от продукта.

№ кам	Ек, т	Суточное поступление (М), т/сут		Температура, °С		Удельная энтальпия, кДж/кг		Q <sub>2пр</sub> , кВт	Q <sub>2Т</sub> , кВт	Q <sub>2об</sub> , кВт
		продукта	тары	t <sub>н</sub>	t <sub>к</sub>	h <sub>н</sub>	h <sub>к</sub>			
1,2	604,8	36,288	7,2576	-18	-20	7,5	0	3,1500	0,3511	3,5011
3	264,6	15,876	3,1752	-18	-20	6,7	0	1,2311	0,1536	1,3847
4,5,8,9	352,8	21,168	4,2336	20	0	307	236	17,3950	2,0482	19,4432
6,7	604,8	36,288	7,2576	20	0	347	272	31,5000	3,5112	35,0112
10,...,16	81,9	6,552	1,3104	20	0	347	272	5,6875	0,5066	6,1941

### 2.3.3 Теплопритоки при вентиляции помещений.

Теплопритоки от наружного воздуха  $Q_3$ , кВт, рассчитываются по формуле

$$Q_3 = \frac{V_k \cdot a \cdot \rho_{ПМ} \cdot (h_H - h_{ПМ})}{24 \cdot 3600}, \quad (2.33)$$

где  $V_k$  – объем вентилируемого помещения, м<sup>3</sup>;

$a$  – кратность обмена воздуха в сутки, принимается от 3 до 4.

$\rho_{ПМ}$  – плотность воздуха при температуре и относительной влажности воздуха в камере, кг/м<sup>3</sup>;

$h_H$ ,  $h_{ПМ}$  – удельная энтальпия наружного воздуха и воздуха в камере, кДж/кгК,

										Лист
										31
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						

Необходимые данные для расчета теплопритока от наружного воздуха в камере хранения охлажденных абрикосов (камера №5 (0 °С)):  $h_n = 62,5$  , кДж/кг, [2,214],  $h_{пм} = 8$  , кДж/кг, [2,214],  $V_k=1440$ , м<sup>3</sup> ,  $\rho_{пм} = 1,28$  кг/ м<sup>3</sup>.

Определяем  $Q_3$  , кВт по формуле (2.33)

$$Q_3 = \frac{1440 \cdot 3 \cdot 1,28 \cdot (62,5 - 8)}{24 \cdot 3600} = 3,49 .$$

Результаты расчетов теплопритоков от наружного воздуха на остальные камеры, приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 - Результаты расчетов теплопритоков от наружного воздуха.

№ кам	п, чел.	$\rho_{пм}$	V	а - кратность обмена в сутки	$h_n$ , кДж/кг	$h_{пм}$ , кДж/кг	Q3, кВт
1	4	1,28	2160,00	3,00	62,50	-19,50	-
2	4	1,28	2160,00	3,00	62,50	-19,50	-
3	3	1,28	1080,00	3,00	62,50	-19,50	-
4	3	1,28	1440,00	3,00	62,50	8,00	3,49
5	3	1,28	1440,00	3,00	62,50	8,00	3,49
6	4	1,28	2160,00	3,00	62,50	8,00	5,23
7	4	1,28	2160,00	3,00	62,50	8,00	5,23
8	3	1,28	1440,00	3,00	62,50	8,00	3,49
9	3	1,28	1440,00	3,00	62,50	8,00	3,49
10	2	1,28	155,00	3,00	62,50	8,50	0,37
11	2	1,28	155,00	3,00	62,50	8,50	0,37
12	2	1,28	155,00	3,00	62,50	8,50	0,37
13	2	1,28	155,00	3,00	62,50	8,50	0,37
14	2	1,28	155,00	3,00	62,50	8,50	0,37
15	2	1,28	155,00	3,00	62,50	8,50	0,37
16	2	1,28	155,00	3,00	62,50	8,50	0,37

#### 2.3.4 Расчет эксплуатационных теплопритоков

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

Теплоприток от освещения  $Q_1$ , кВт, рассчитывают по формуле

$$Q_1 = q \cdot \eta_{одн} \cdot F \cdot 10^{-3}, \quad (2.34)$$

где  $q$  – теплота выделяемая источниками освещения в единицу времени на  $1 \text{ м}^2$  площади пола, Вт/  $\text{м}^2$ ;

$\eta_{одн}$  – коэффициент одновременности включения светильников,  $\eta_{одн}=0,6$ .

$F$  – площадь камеры,  $\text{м}^2$ ;

Теплоприток от работающего оборудования  $Q_2$ , кВт, рассчитывают по формуле

$$Q_2 = \sum N_{э} \cdot \eta_{одн}, \quad (2.35)$$

где  $N_{э}$  – суммарная мощность электродвигателей, кВт;

$\eta_{одн}$  - коэффициент одновременности работы оборудования,  $\eta_{одн}=0,7$ .

Теплоприток от работающих людей в помещении  $Q_3$ , кВт, рассчитывают по формуле

$$Q_3 = 0,35 \cdot n, \quad (2.36)$$

где  $n$  – число людей работающих в данной камере;

0,35 – тепловыделение одного человека при физической работе.

Теплоприток от открывания дверей  $Q_4$ , кВт, рассчитывают по формуле

$$Q_4 = \beta \cdot q_{дп} \cdot F_{дп} \cdot (1 - \eta), \quad (2.37)$$

где  $\beta$  – коэффициент, учитывающий частоту и длительность проведения грузовых операций;

$q_{дп}$  – плотность теплового потока в дверном проеме, кВт/  $\text{м}^2$ ;

$F_{дп}$  – площадь дверного проема,  $\text{м}^2$ ;

$\eta$  – коэффициент, учитывающий наличие воздушной завесы,  $\eta=0,8$ .

Эксплуатационные теплопритоки  $Q_{4об}$ , кВт, определяются как сумма теплопритоков отдельных видов и определяется по формуле

$$Q_{4об} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4. \quad (2.38)$$

Необходимые данные для расчета эксплуатационного теплопритока в камере хранения охлажденных абрикосов (камера № 5 ( $0 \text{ }^\circ\text{C}$ )):  $q=6$ , Вт/  $\text{м}^2$ , [2,60],  $F=294,36$ ,  $\text{м}^2$ , (см. таблица 2.3.1),  $n=3$ , [2,60],  $N_{э}=3$ , кВт, [2,60],  $q_{дп}=3,8$ , Вт/  $\text{м}^2$ , [2,61].  $F_{дп}=6$ ,  $\text{м}^2$ ,  $\beta=0,15$ , [2,61].

						Лист
						33
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$Q_1 = 6 \cdot 294,36 \cdot 0,6 \cdot 10^{-3} = 1,06,$$

$$Q_2 = 0,7 \cdot 3 \cdot 0,88 = 1,848,$$

$$Q_3 = 0,35 \cdot 3 = 1,05,$$

$$Q_4 = 0,15 \cdot 3,8 \cdot 6 \cdot (1 - 0,8) = 0,684,$$

$$Q_{406} = 1,06 + 1,848 + 1,05 + 0,684 = 4,6417.$$

Результаты расчетов эксплуатационных теплопритоков на остальные камеры, приведены в таблице 2.8.

Таблица 2.8 - Результаты расчетов эксплуатационных теплопритоков.

№ кам	Fп, м <sup>2</sup>	Ндв, кВт	п, человек	Q1, Вт	Q2, Вт	Q3, Вт	Q4, Вт	Q4об, кВт
1	452,2095	3	4	1627,954	1848	1400	1710,00	6,5860
2	441,1800	3	4	1588,248	1848	1400	1710,00	6,5462
3	221,5845	2	3	797,704	1232	1050	1710,00	4,7897
4	294,1200	3	3	1058,832	1848	1050	684,00	4,6408
5	294,3651	3	3	1059,714	1848	1050	684,00	4,6417
6	451,2870	4	4	1624,633	2464	1400	684,00	6,1726
7	440,2800	4	4	1585,008	2464	1400	684,00	6,1330
8	293,5200	3	3	1056,672	1848	1050	684,00	4,6387
9	292,2970	3	3	1052,269	1848	1050	684,00	4,6343
10	72,0600	3	2	259,416	1848	700	456,00	3,2634
11	72,0600	3	2	259,416	1848	700	456,00	3,2634
12	72,0600	3	2	259,416	1848	700	456,00	3,2634
13	72,0600	3	2	259,416	1848	700	456,00	3,2634
14	72,0600	3	2	259,416	1848	700	456,00	3,2634
15	72,0600	3	2	259,416	1848	700	336,00	3,2634
16	71,4595	3	2	257,254	1848	700	336,00	3,2613

### 2.3.5 Расчет теплоприток от фруктов и ягод при «дыхании»

Эти теплопритоки возникают от дыхания охлажденных фруктов и овощей.

Теплоприток от дыхания  $Q_5$ , кВт, определяется по формуле

$$Q_5 = E_{КАМ} \cdot (0,1 \cdot q_{ВХ} + 0,9 \cdot q_{ХРАН}), \quad (2.39)$$

где  $E_{КАМ}$  - емкость камеры;

$q_{ВХ}, q_{ХРАН}$  - выделение тепла продукта при охлаждении и хранении.

						Лист
						34
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Необходимые данные для расчета теплопритока от дыхания фруктов в камере хранения охлажденных абрикосов (камера № 5 (0 °C)):  $E_{\text{КАМ}}=352,8$  т/сут;  $q_{\text{вх}}=102$  Вт/т;  $q_{\text{хран}}=17$  Вт/т;

Определяем  $Q_5$ , кВт, по формуле (2.39)

$$Q_5 = 352,8 \cdot (0,1 \cdot 102 + 0,9 \cdot 17) \cdot 10^{-3} = 8,996.$$

Результаты расчетов теплопритоков от дыхания фруктов приведены в таблице 2.9.

Таблица 2.9 - Результаты расчетов теплопритоков от дыхания фруктов

№ кам	Наименование продукта	qохл, Вт/т	qхр, Вт/т	Екам, т	Q <sub>5</sub> , кВт
1	Черешня, вишня	-	-	604,8	0
2	Черешня, вишня	-	-	604,8	0
3	Клубника	-	-	264,6	0
4	Абрикосы	102	17	352,8	8,996
5	Виноград	36	9	352,8	4,128
6	Яблоки (ранних сортов)	60	19	604,8	13,971
7	Яблоки (ранних сортов)	60	19	604,8	13,971
8	Яблоки (ранних сортов)	60	19	352,8	8,150
9	Яблоки (ранних сортов)	60	19	352,8	8,150
10	Яблоки (ранних сортов)	60	19	81,9	1,892
11	Яблоки (ранних сортов)	60	19	81,9	1,892
12	Яблоки (поздних сортов)	31	10	81,9	0,991
13	Яблоки (поздних сортов)	31	10	81,9	0,991
14	Груши (ранних сортов)	63	20	81,9	1,990
15	Груши (ранних сортов)	63	20	81,9	1,990
16	Груши (поздних сортов)	56	10	81,9	1,196

Все результаты расчетов теплопритоков приводим в сводную таблицу 2.10.

Таблица 2.10 - Результаты расчетов теплопритоков.

№ кам	Назначение	Температура, °С		Нагрузка на камерное оборудование, кВт					
		t <sub>в</sub>	t <sub>о</sub>	Q <sub>1об</sub>	Q <sub>2об</sub>	Q <sub>3об</sub>	Q <sub>4об</sub>	Q <sub>5об</sub>	ΣQ <sub>об</sub>
1	Кхр.зам.прод.	-20	-30	10,2754	3,5011	0	6,5860	0	20,3624
2	Кхр.зам.прод.	-20	-30	9,7503	3,5011	0	6,5462	0	19,7976
3	Кхр.зам.прод.	-20	-30	5,7925	1,3847	0	4,7897	0	11,9669
Итого при t <sub>о</sub> = -30 °С				25,8181	8,3870	0	17,9219	0	52,1270
4	Кхр.охл.прод.	0	-10	3,8034	19,4432	3,49	4,6408	8,996	40,3719
5	Кхр.охл.прод.	0	-10	5,8864	19,4432	3,49	4,6417	4,128	37,5871
6	Кхр.охл.прод.	0	-10	9,1260	35,0112	5,23	6,1726	13,971	70,0570
7	Кхр.охл.прод.	0	-10	6,9794	35,0112	5,23	6,1330	13,971	65,0888
8	Кхр.охл.прод.	0	-10	4,4967	19,4432	3,49	4,6387	8,150	40,5338
9	Кхр.охл.прод.	0	-10	6,5145	19,4432	3,49	4,6343	8,150	44,5228
10	К РГС	0	-10	1,0012	6,1941	0,37	3,2634	1,892	12,7225
11	К РГС	0	-10	1,0012	6,1941	0,37	3,2634	1,892	12,7225
12	К РГС	0	-10	1,0012	6,1941	0,37	3,2634	0,991	11,8216
13	К РГС	0	-10	1,0012	6,1941	0,37	3,2634	0,991	11,8216
14	К РГС	0	-10	1,0012	6,1941	0,37	3,2634	1,990	12,8208
15	К РГС	0	-10	1,0012	6,1941	0,37	3,2634	1,990	12,8208
16	К РГС	0	-10	1,8915	6,1941	0,37	3,2613	1,196	12,9145
Итого при t <sub>о</sub> = -10 °С				44,7049	191,1537	27,02	53,7029	68,880	385,81
17	ФСМА	-30	-40	0	95,0	0	0	0	95,0
Итого при t <sub>о</sub> = -40 °С				0	0	0	0	0	95,0

## 2.4 Расчет нагрузки на компрессоры

Тепловая нагрузка на компрессор складывается из всех видов теплопритоков, но они учитываются не полностью [1.88]:

$$t_0 = -10 \text{ °С}$$

$$Q_{\text{KM}} = 0,6 \cdot \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + \Sigma Q_3 + 0,5 \cdot \Sigma Q_4 + \Sigma Q_5,$$

(2.40)

									Лист
									36
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

$$t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$(2.41) \quad Q_{\text{KM}} = 0,8 \cdot \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,7 \cdot \Sigma Q_4,$$

$$t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$(2.42) \quad Q_{\text{KM}} = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,75 \cdot \Sigma Q_4.$$

Расчетную (требуемую) холодопроизводительность для подбора компрессоров, кВт определяем по формуле [1.88]

$$(2.43) \quad Q_{2T} = k \cdot Q_{\text{KM}},$$

где  $k$  – коэффициент, учитывающий потери в трубопроводах аппаратах холодильной установки.

$$t_0 = -10 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{KM}} = 0,6 \cdot 44,705 + 191,154 + 27,02 + 0,5 \cdot 53,703 + 68,88 = 340,733,$$
$$Q_{2T} = 1,05 \cdot 340,733 = 357,770,$$

$$t_0 = -30 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{KM}} = 0,8 \cdot 25,818 + 8,387 + 0,7 \cdot 17,922 = 41,587,$$
$$Q_{2T} = 1,07 \cdot 41,587 = 44,498,$$

$$t_0 = -40 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q_{\text{KM}} = \Sigma Q_1 + \Sigma Q_2 + 0,75 \cdot \Sigma Q_4 = 95.$$
$$Q_{2T} = 1,1 \cdot 95 = 104,5.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		37

## 2.5 Расчет и подбор оборудования холодильной установки

### 2.5.1 Определение режимов работы холодильной установки

Схема установки – насосно-циркуляционная с экономайзером, нижней подачей в приборы охлаждения. Конденсаторы вертикальные кожухотрубные.

Расчетная летняя температура  $t_{p.лет.} = 31^{\circ}\text{C}$ .

Расчетная летняя влажность воздуха  $\varphi_{p.лет.} = 44\%$ .

Температура влажного термометра  $t' = 22^{\circ}\text{C}$ .

Производительность установки:

при  $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_0 = 357,8$  кВт;

при  $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_0 = 44,5$  кВт;

при  $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_0 = 104,5$  кВт.

Температура воды  $t_{w1}, ^{\circ}\text{C}$ , входящей в конденсатор после градирни определяем по формуле

$$t_{w1} = t' + \Delta t_w \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right), \quad (2.44)$$

где  $\Delta t_w = (3 \div 5)^{\circ}\text{C}$  - средний нагрев воды;

$\eta$  - коэффициент эффективности градирни,  $\eta = 0,45$ .

$$t_{w1} = 22 + 5 \left( \frac{1}{0,45} - 1 \right) = 28,1.$$

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

$$t_{w2} = t_{w1} + \Delta t_w, \quad (2.45)$$
$$t_{w2} = 28,1 + 5 = 33,1.$$

Температура конденсации  $t_k, ^{\circ}\text{C}$ , определяем по формуле

$$t_k = t_{w2} + (2 \div 4), \quad (2.46)$$
$$t_k = 33,1 + 3,9 = 37.$$

Принимаем  $t_k = 37^{\circ}\text{C}$ .

						Лист
						38
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 2.5.2 Расчет и подбор компрессоров

Принимаем насосно-циркуляционную схему с экономайзером на три температуры кипения.

Расчет циклов на температуры кипения  $t_o = -30^\circ\text{C}$ ,  $t_o = -40^\circ\text{C}$ , проводим в соответствии с рисунком 1.

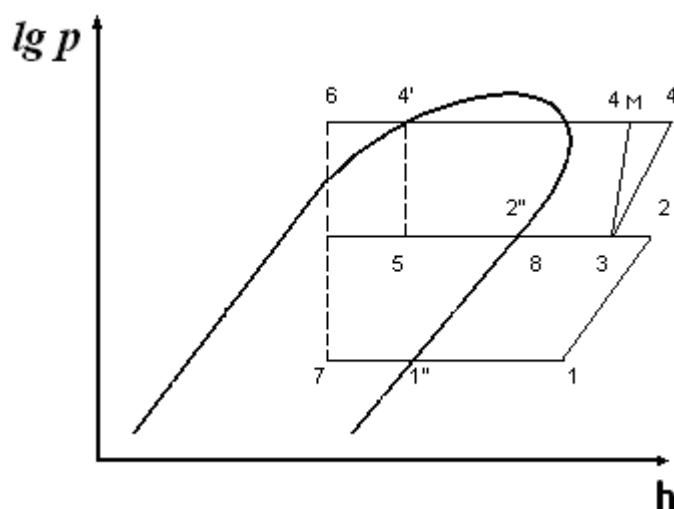


Рис. 1 - Цикл насосно-циркуляционной холодильной установки с экономайзером при  $t_o = -30^\circ\text{C}$ ,  $t_o = -40^\circ\text{C}$ .

Параметры узловых точек цикла при  $t_o = -30^\circ\text{C}$ , приведены в таблице 2.11. Перегрев и переохлаждение хладагента принимаем 5, К. [см. Приложение В.2]

Таблица 2.11 - Параметры узловых точек при  $t_o = -30^\circ\text{C}$

Пар-ры	1	1''	2	2''	3	4	4M	4'	5	6	7	8
t, C	-25	-30	55	0	49	149	90	37	0	5	-30	5
P, МПа	0,125	0,125	0,42	0,42	0,42	1,45	1,45	1,45	0,42	1,45	0,122	0,42
h, кДж/кг	1650	1640	1815	1675	1798	2010	1830	590	590	425	425	1690
v, м <sup>3</sup> /кг	0,93	0,9	0,36	0,29	0,35	0,138	-	-	-	-	-	-

Параметры узловых точек цикла при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$ , приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 - Параметры узловых точек при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$

Пар-ры	1	1''	2	2''	3	4	4м	4'	5	6	7	8
t, C	-35	-40	66	-8	49	170	90	37	-8	-3	-40	-3
P, МПа	0,072	0,072	0,32	0,32	0,32	1,45	1,45	1,45	0,32	1,45	0,072	0,32
h, кДж/кг	1685	1625	1820	1665	1801	2060	1830	590	590	420	420	1680
v, м <sup>3</sup> /кг	1,58	1,52	0,51	0,38	0,48	0,15	-	-	-	-	-	-

Расчет цикла на температуру кипения  $t_o = -10^\circ\text{C}$ , проводим в соответствии с рисунком 2.

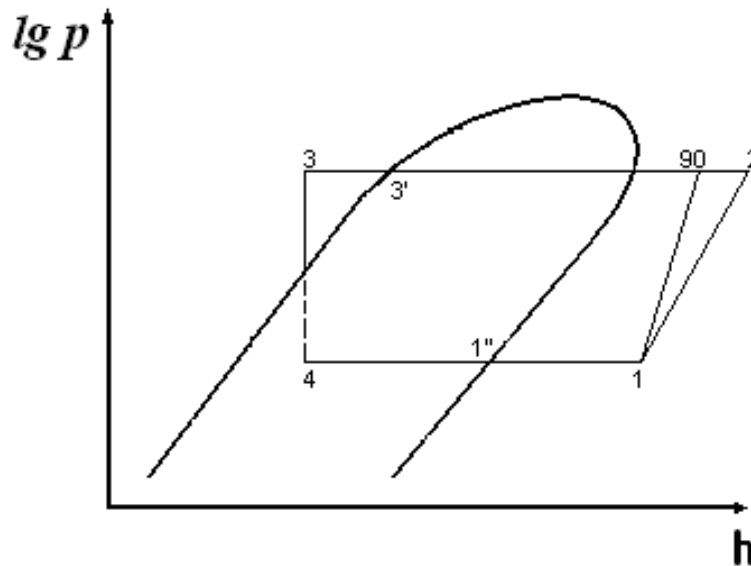


Рис. 2 - Цикл насосно-циркуляционной холодильной установки с экономайзером при  $t_0 = -10^\circ\text{C}$ .

Параметры узловых точек цикла при  $t_0 = -10^\circ\text{C}$ , приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 - Параметры узловых точек при  $t_0 = -10^\circ\text{C}$ .

Параметры	1''	1	2	2м (90)	3'	3	4
t, C	-10	-5	113	90	37	32	-10
P, МПа	0,28	0,28	1,45	1,45	1,45	1,45	0,28
h, кДж/кг	1665	1680	1925	1870	590	560	560
v, м <sup>3</sup> /кг	0,42	0,43	0,12	-	-	-	0,065

Массовый расход циркулирующего хладагента  $G_{01, \text{кг/с}}$ , на температуру кипения  $t_{01} = -10^{\circ} \text{C}$ , вычисляем по формуле

$$G_{01} = \frac{Q_{2T}}{h_{1''} - h_4}, \quad (2.47)$$

$$G_{01} = \frac{357,77}{1665 - 560} = 0,324$$

Массовый расход циркулирующего хладагента нижней ступени  $G_{021, \text{кг/с}}$ , на температуру кипения  $t_{02} = -30^{\circ} \text{C}$ , вычисляем по формуле

$$G_{021} = \frac{Q_{2T}}{h_{1''} - h_7}, \quad (2.48)$$

$$G_{021} = \frac{44,498}{(1640 - 425)} = 0,037.$$

Массовый расход циркулирующего хладагента нижней ступени  $G_{031, \text{кг/с}}$ , на температуру кипения  $t_{03} = -40^{\circ} \text{C}$ , вычисляем по формуле (2.48)

$$G_{031} = \frac{104,5}{(1625 - 420)} = 0,087.$$

Определяем коэффициент подачи  $\lambda$  [1,73],

$$\text{для } t_{03} = -40^{\circ} \text{C}; \text{ при } \frac{P_{np}}{P_o} = \frac{0,32}{0,072} = 4,44 \Rightarrow \lambda_3 = 0,83,$$

$$\text{для } t_{02} = -30^{\circ} \text{C}; \text{ при } \frac{P_{np}}{P_o} = \frac{0,42}{0,122} = 3,44 \Rightarrow \lambda_2 = 0,89,$$

$$\text{для } t_{01} = -10^{\circ} \text{C}; \text{ при } \frac{P_{\kappa}}{P_o} = \frac{1,45}{0,28} = 5,18 \Rightarrow \lambda_1 = 0,81.$$

Расчетную теоретическую объемную производительность компрессоров  $V_T, \text{м}^3/\text{с}$ , вычисляем по формулам

$$V_{m31} = \frac{G_{031} \cdot v_1}{\lambda_3}, \quad (2.49)$$

$$V_{m21} = \frac{G_{021} \cdot v_1}{\lambda_2}, \quad (2.50)$$

$$V_{m1} = \frac{G_{01} \cdot v_1}{\lambda_1}, \quad (2.51)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						41

где  $v$  – удельный объем пара, всасываемого в компрессор,  $\text{м}^3/\text{кг}$ ;

$$V_{m3I} = \frac{0,087 \cdot 1,58}{0,83} = 0,165 = 596,2,$$

$$V_{m2I} = \frac{0,037 \cdot 0,93}{0,89} = 0,038 = 139,2,$$

$$V_{m1} = \frac{0,324 \cdot 0,43}{0,81} = 0,16 = 577,8.$$

Массовый расход циркулирующего хладагента верхней ступени  $G_{03II}$ ,  $\text{кг}/\text{с}$ , на температуру кипения  $t_{03} = -40^\circ\text{C}$ , вычисляем по формуле

$$G_{03II} = \frac{G_{03I} \cdot (h_8 - h_6)}{h_8 - h_4}, \quad (2.52)$$

$$G_{03II} = \frac{0,087 \cdot (1680 - 420)}{1680 - 590} = 0,1.$$

Массовый расход циркулирующего хладагента верхней ступени  $G_{02II}$ ,  $\text{кг}/\text{с}$ , на температуру кипения  $t_{02} = -30^\circ\text{C}$ , вычисляем по формуле

$$G_{02II} = \frac{G_{02I} \cdot (h_8 - h_6)}{h_8 - h_4}, \quad (2.53)$$

$$G_{02II} = \frac{0,037 \cdot (1690 - 425)}{1690 - 590} = 0,043.$$

Из уравнения смешения сжимаемых газов и газов поступающих из экономайзера на повторное сжатие, выражаем  $h_3$ ,  $\text{кДж}/\text{кг}$

$$G_{II} \cdot h_2 + (G_{III} - G_{II}) \cdot h_8 = G_{III} \cdot h_3, \Rightarrow h_3 = \frac{G_{II} \cdot h_2 + (G_{III} - G_{II}) \cdot h_8}{G_{III}},$$

$$h_{3(-30)} = \frac{0,037 \cdot 1815 + (0,043 - 0,037) \cdot 1690}{0,043} = 1797,6,$$

$$h_{3(-40)} = \frac{0,087 \cdot 1820 + (0,101 - 0,087) \cdot 1680}{0,101} = 1800,6.$$

Полученные значения заносятся в таблицы 2.11 и 2.12 соответственно.

Выбираем винтовые компрессорные агрегаты фирмы York, работающие на хладагенте R717, по расчетной теоретической объёмной производительности, и сводим в таблицу 2.14. [см. Приложение В.2]

						Лист
Изм.	Лист	№ докИзм.	Подпись	Дата		42

Таблица 2.14 - Характеристики компрессоров

Марка КМ	$t_0, ^\circ C$	$V_o, m^3 / ч$	Масса, кг	Габариты, мм
SAB 151 L	-40	708	2339	2800×1300×1800
SAB 120 M	-30	255	1171	2200×1300×1500
SAB 151 L	-10	708	2339	2800×1300×1800

Действительный массовый расход хладагента  $G_{од}, кг/с$ , вычисляем по формулам

$$G_{о1} = \frac{V_{о1} \cdot \lambda_1}{v_1} \quad (2.54)$$

$$G_{о2} = \frac{V_{о2} \cdot \lambda_2}{v_1}, \quad (2.55)$$

$$G_{о3} = \frac{V_{о3} \cdot \lambda_3}{v_1}, \quad (2.56)$$

$$G_{о1} = \frac{0,197 \cdot 0,81}{0,43} = 0,37,$$

$$G_{о2} = \frac{0,071 \cdot 0,89}{0,93} = 0,068,$$

$$G_{о3} = \frac{0,197 \cdot 0,83}{1,58} = 0,103.$$

Тепловые нагрузки на конденсатор в теоретическом цикле  $Q_{к.теор.}, кВт$ , определяем по формулам

$$Q_{кд.теор.} = G_{о3} \cdot (h_4 - h_{4'}), \quad (2.57)$$

$$Q_{кд.теор.} = G_{о2} \cdot (h_4 - h_{4'}), \quad (2.58)$$

$$Q_{кд.теор.} = G_{о1} \cdot (h_2 - h_{3'}), \quad (2.59)$$

$$Q_{кд.теор.(-40)} = 0,103 \cdot (1830 - 590) = 127,72,$$

$$Q_{кд.теор.(-30)} = 0,068 \cdot (1830 - 590) = 84,32,$$

$$Q_{кд.теор.(-10)} = 0,37 \cdot (11870 - 590) = 473,6.$$

Действительные холодопроизводительности  $Q_{од}, кВт$ , определяем по формулам

$$Q_{од.(-40)} = \frac{Q_{2T(-40)} \cdot V_{о3}}{V_{m.3}}, \quad (2.60)$$



Индикаторную мощность компрессоров  $N_{i,кВт}$ , вычисляем по формуле

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i}, \quad (2.69)$$

где  $\eta_i$  - индикаторный КПД, принимают  $\eta_i = 0,7 \div 0,8$  [1,74];

$$N_{i1} = \frac{90,65}{0,8} = 113,31,$$

$$N_{i2} = \frac{25,66}{0,8} = 32,08,$$

$$N_{i3} = \frac{42,04}{0,8} = 52,55.$$

Эффективная мощность компрессоров  $N_{e,кВт}$ , вычисляем по формуле

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{мех}}, \quad (2.70)$$

где  $\eta_{мех}$  - механический КПД, принимают  $\eta_{мех} = 0,85 \div 0,9$  [1,74];

$$N_{e1} = \frac{113,31}{0,9} = 125,9,$$

$$N_{e2} = \frac{32,08}{0,9} = 35,61,$$

$$N_{e3} = \frac{52,55}{0,9} = 58,39.$$

Электрическая мощность, потребляемую компрессорами из сети  $N_{э,кВт}$ , вычисляем по формуле

$$N_{э} = \frac{N_e}{\eta_{эл}}, \quad (2.71)$$

где  $\eta_{эл}$  - КПД электродвигателя, принимают  $\eta_{эл} = 0,9 \div 0,95$  [1,74];

$$N_{э1} = \frac{125,9}{0,9} = 139,89,$$

$$N_{э2} = \frac{35,61}{0,9} = 39,57,$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		45

$$N_{33} = \frac{56,22}{0,9} = 62,47.$$

### 2.5.3 Расчет и подбор камерных приборов охлаждения

Площадь теплопередающих поверхностей  $F$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Theta_m}, \quad (2.72)$$

где  $Q$  - нагрузка на камерное оборудование, кВт;

$k$  - общий коэффициент теплопередачи, [3,120] ;

$\Theta_m$  - расчетная разность температур, °C, [3,120] .

Для камер I и II, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 20,362$  кВт ,  $k = 12,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10$  °C .

$$F = \frac{20,362 \cdot 1000}{12,2 \cdot 10} = 166,9.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 066C/112;  $\Sigma F = 189,6$  м<sup>2</sup> ;  $\Sigma V = 0,096$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камеры III:  $Q = 11,967$  кВт ,  $k = 12,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10$  °C .

$$F = \frac{11,967 \cdot 1000}{12,2 \cdot 10} = 98,06.$$

Выбираем 2 воздухоохладителя марки IAGHN 051C/17;  $\Sigma F = 101,8$  м<sup>2</sup> ;  $\Sigma V = 0,024$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камер IV и V, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 42,456$  кВт ,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10$  °C .

$$F = \frac{42,456}{14 \cdot 10} = 303,26.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 046C/27;  $\Sigma F = 326$  м<sup>2</sup> ;  $\Sigma V = 0,08$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

										Лист
										46
Изм.	ЛиДа	№ докум.	Подпись	Дата						



Для камер VI и VII, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 70,238$  кВт,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10^\circ \text{C}$ .

$$F = \frac{70,238}{14 \cdot 10} = 501,7.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 066C/210;  $\Sigma F = 528$  м<sup>2</sup>;  $\Sigma V = 0,192$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камер VIII и IX, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 38,208$  кВт,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10^\circ \text{C}$ .

$$F = \frac{38,208}{14 \cdot 10} = 272,91.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 051C/210;  $\Sigma F = 293$  м<sup>2</sup>;  $\Sigma V = 0,104$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камер X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 13,61$  кВт,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10^\circ \text{C}$ .

$$F = \frac{13,61}{14 \cdot 10} = 97,21.$$

Выбираем 2 воздухоохладителя марки IADHN 051C/17;  $\Sigma F = 101,8$  м<sup>2</sup>;  $\Sigma V = 0,028$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Д.2]

Характеристики подобранных воздухоохладителей приведены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 - Характеристики воздухоохладителей

Типоразмер	Площадь поверхности теплообмена, F, м <sup>2</sup>	Вместимость аппарата, м <sup>3</sup>	кол-во, шт.
IAGHN 046C/27	81,5	0,02	8
IAGHN 051C/17	50,9	0,014	2
IAGHN 051C/210	73,3	0,026	8
IAGHN 066C/210	132	0,048	8
IAGHN 066C/112	47,4	0,024	8
IADHN 051C/17	50,9	0,014	14

#### 2.5.4 Расчет и подбор конденсаторов

										Лист
										47
Изм.	ЛиДа	№ докум.	Подпись	Дата						

Действительная тепловая нагрузка на конденсатор  $Q_{кд.}$ , кВт, определяется по формуле

$$\sum Q_{кд.} = Q_{кд(-40)} + Q_{кд(-30)} + Q_{кд(-10)}, \quad (2.73)$$

$$\sum Q_{кд.} = 473,6 + 84,32 + 127,72 = 685,64.$$

Требуемая площадь теплопередающей поверхности  $F_k, м^2$ , определяется по формуле

$$F_k = \frac{\sum Q_{кд.}}{q_f}, \quad (2.74)$$

где  $q_f$  – плотность теплового потока в конденсаторе, кВт/м<sup>2</sup>;

$$F_k = \frac{685,64}{3} = 228,55.$$

Принимаем 2 водяных вертикальных конденсатора марки АКС150 с площадью теплопередающей поверхности  $F_k = 150, м^2$ . Площадь действительной теплопередающей поверхности  $F_{к.д.} = 300, м^2$  [см. Приложение Е].

### 2.5.5 Расчет и подбор циркуляционных ресиверов

Расчет и подбор циркуляционного ресивера на температуру кипения  $t_o = -40, °C$ .

Вместимость циркуляционного ресивера  $V_{цр.(-40)}, м^3$ , определяется по формуле

$$V_{цр.(-40)} = k \cdot (V_{наг.м.н.} + 0,21 \cdot V_{н.о.} + 0,3 \cdot V_{вс.м.н.}), \quad (2.75)$$

где  $k$  - коэффициент запаса, для сосудов совмещающих функции отделителя жидкости  $k = 3$ ;

$V_{н.о.}$  - вместимость приборов охлаждения работающих на температуру кипения  $t_o = -40, °C, м^3$ ;

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	48

$V_{\text{наг.т.п.}}$  - вместимость нагнетательного трубопровода  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{вс.т.п.}}$  - вместимость всасывающего трубопровода  $\text{м}^3$ ;

Вместимость нагнетательного трубопровода  $V_{\text{наг.т.п.}}$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$\begin{aligned} V_{\text{наг.т.п.}} &= 0,04 \cdot V_{\text{н.о.(-40)}}, \\ V_{\text{наг.т.п.}} &= 0,04 \cdot 0,884 = 0,035. \end{aligned} \quad (2.76)$$

Вместимость всасывающего трубопровода  $V_{\text{вс.т.п.}}$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$\begin{aligned} V_{\text{вс.т.п.}} &= 0,06 \cdot V_{\text{общ.(-40)}}, \\ V_{\text{вс.т.п.}} &= 0,06 \cdot 0,884 = 0,053, \\ V_{\text{ур.(-40)}} &= 3 \cdot (0,035 + 0,21 \cdot 0,884 + 0,3 \cdot 0,053) = 0,711. \end{aligned} \quad (2.77)$$

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ-1,25 общей вместимостью  $V_{\text{р.(-40)}} = 1,25, \text{м}^3$ ,  $D = 1,02, \text{м}$ . [1.179]

Ресиверы, выполняющие роль отделителя жидкости проверяем на возможность выполнения этой функции. Скорость движения пара в ресивере ( $W_{\text{п}}$ ) не должна превышать допустимое значение ( $W_{\text{п}} \leq W_{\text{д}}$ ), которое для горизонтальных аппаратов находится по формуле

$$W_{\text{д.г.}} = 2W_{\text{о.к.}} \cdot \frac{l_{\text{р}}}{D_{\text{р}}}, \quad (2.78)$$

где  $W_{\text{о.к.}}$  - скорость осаждения капель хладагента,  $W_{\text{о.к.}} = 0,5 \text{ м/с}$ ;

$l_{\text{р}}$  - расстояние между патрубками ресивера, м;

$D_{\text{р}}$  - внутренний диаметр ресивера, м.

Скорость движения пара в ресивере  $W_{\text{п}}$ , м/с, определяем по формуле

$$W_{\text{п}} = V_{\text{п}} / S_{\text{р}}, \quad (2.79)$$

где  $V_{\text{п}}$  – объемный расход пара через ресивер,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$S_{\text{р}}$  – площадь сечения аппарата по которому движется пар,  $\text{м}^2$ .

Объемный расход пара через ресивер  $V_{\text{п}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяем по формуле

						Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V_{\pi} = G_{\text{км}} \cdot v'', \quad (2.80)$$

где  $v''$  – удельный объем сухого насыщенного пара при температуре кипения,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

Площадь сечения аппарата по которому движется пар  $S_p$ ,  $\text{м}^2$ , определяем по формуле

$$S_p = \pi \cdot \frac{D_p^2}{8}, \quad (2.81)$$

Для ресивера марки РЦЗ – 1,25 на  $t_o = -40^\circ\text{C}$

$$W_{\text{д.г.}} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,83}{1,02} = 0,814,$$

$$V_{\pi} = 0,101 \cdot 1,58 = 0,16,$$

$$S_p = 3,14 \cdot 1,02^2 / 8 = 0,41,$$

$$W_{\pi} = 0,16 / 0,41 = 0,39.$$

( $0,39 \leq 0,814$ ) условие проверки выполнено.

Расчет и подбор циркуляционного ресивера на температуру кипения  $t_o = -30,^\circ\text{C}$  проводим аналогично ресиверу на температуру кипения  $t_o = -40,^\circ\text{C}$ .

Вместимость циркуляционного ресивера  $V_{\text{ур.}(-30)}, \text{м}^3$ , определяем по формуле (2.75)

Вместимость нагнетательного трубопровода  $V_{\text{наг.т.п.}} \text{м}^3$ , определяем по формуле (2.76)

$$V_{\text{наг.т.п.}} = 0,04 \cdot 0,216 = 0,009.$$

Вместимость всасывающего трубопровода  $V_{\text{вс.т.п.}} \text{м}^3$ , определяем по формуле (2.77)

$$V_{\text{вс.т.п.}} = 0,06 \cdot 0,216 = 0,013,$$

$$V_{\text{ур.}(-30)} = 3 \cdot (0,009 + 0,21 \cdot 0,216 + 0,3 \cdot 0,013) = 0,174.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ-1,25 общей вместимостью  $V_{p.(-30)} = 1,25, м^3$ ,  $D = 1,02, м$ . [1.179]

Скорость движения пара в ресивере ( $W_{п}$ ) не должна превышать допустимое значение ( $W_{п} \leq W_{д}$ ), которое для горизонтальных аппаратов находится по формуле (2.78)

Скорость движения пара в ресивере  $W_{п}$ , м/с, определяем по формуле (2.79)

Объемный расход пара через ресивер  $V_{п}$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле (2.80)

$$V_{п} = 0,068 \cdot 0,93 = 0,06,$$

Площадь сечения аппарата по которому движется пар  $S_p$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.81)

$$S_p = 3,14 \cdot \frac{1,02^2}{8} = 0,41,$$

Для ресивера марки РЦЗ – 1,25 на  $t_0 = -30$  °С

$$W_{д.г.} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,83}{1,02} = 0,814,$$

$$W_{п} = 0,06 / 0,41 = 0,15.$$

(0,15 ≤ 0,814) условие проверки выполнено.

Вместимость циркуляционного ресивера  $V_{к.цр.(-10)}, м^3$ , определяем по формуле (2.75)

Вместимость нагнетательного трубопровода  $V_{наг.т.п.}, м^3$ , определяем по формуле (2.76)

$$V_{наг.т.п.} = 0,04 \cdot 0,892 = 0,036.$$

Вместимость всасывающего трубопровода  $V_{вс.т.п.}, м^3$ , определяем по формуле (2.77)

$$V_{вс.т.п.} = 0,06 \cdot 0,892 = 0,054,$$

$$V_{цр.(-10)} = 3 \cdot (0,036 + 0,21 \cdot 0,892 + 0,3 \cdot 0,054) = 0,717.$$

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ-1,25 общей вместимостью  $V_{p.(-10)} = 1,25, м^3$ ,  $D = 1,02, м$  [1.179].

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Скорость движения пара в ресивере ( $W_{\text{п}}$ ) не должна превышать допустимое значение ( $W_{\text{п}} \leq W_{\text{д}}$ ), которое для горизонтальных аппаратов находится по формуле (2.78)

Скорость движения пара в ресивере  $W_{\text{п}}$ , м/с, определяем по формуле (2.79)

Объемный расход пара через ресивер  $V_{\text{п}}$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле (2.80)

$$V_{\text{п}} = 0,371 \cdot 0,43 = 0,16,$$

Площадь сечения аппарата по которому движется пар  $S_{\text{р}}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.81)

$$S_{\text{р}} = 3,14 \cdot \frac{1,02^2}{8} = 0,41,$$

Для ресивера марки РЦЗ – 1,25 на  $t_0 = -10$  °С

$$W_{\text{д.г.}} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,83}{1,02} = 0,814,$$

$$W_{\text{п}} = 0,16 / 0,41 = 0,39.$$

( $0,39 \leq 0,814$ ) условие проверки выполнено.

#### 2.5.6 Расчет и подбор дренажного ресивера

Вместимость дренажного ресивера  $V_{\text{др.р.}}$ , м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{\text{др.р.}} = V_{\text{наиб.}} \cdot 1,4, \quad (2.82)$$

где  $V_{\text{наиб.}}$  - наибольшая вместимость циркуляционного ресивера м<sup>3</sup>, в данном случае принимаем объем аммиака в циркуляционном ресивере с  $t_0 = -40, ^\circ \text{C}$ ;

$$V_{\text{др.р.}} = 1,4 \cdot 0,884 = 1,24.$$

Принимаем один горизонтальный дренажный ресивер AS-1,5 общей вместимостью  $V_{\text{др.р.}} = 1,68 \text{ м}^3$ . [см. Приложение Ж]

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					52

### 2.5.7 Расчет и подбор линейного ресивера

Вместимость линейного ресивера  $V_{л.р.}$ , м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{л.р.} = \sum V_{в.о} \cdot 0,65, \quad (2.83)$$
$$V_{л.р.} = 1,992 \cdot 0,65 = 1,29.$$

Принимаем один горизонтальный линейный ресивер AS-1,5 общей вместимостью  $V_{л.р.} = 1,68 \text{ м}^3$ . [см. Приложение Ж]

### 2.5.8 Расчет и подбор маслоотделителя

Диаметр маслоотделителя  $d_{м.о.}$ , м, определяем по формуле

$$d_{м.о.} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum G_{действ.} \cdot V_{наг.}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.84)$$

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

$$d_{м.о.} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,38 \cdot 0,12 + 0,068 \cdot 0,138 + 0,103 \cdot 0,15)}{3,14 \cdot 1}} = 0,3.$$

Принимаем маслоотделитель 80 МА диаметром  $d_{м.о.} = 0,325 \text{ м}$ . [1.193]

### 2.5.9 Расчет и подбор градирни

Производительность градирни  $Q_{гр.}$ , кВт, определяем по формуле

$$Q_{ep.} = \sum Q_{кд} + \sum N_i ,$$

$$Q_{ep} = 473,6 + 84,32 + 127,72 + 113,31 + 32,05 + 50,6 = 881,6. \quad (2.85)$$

Принимаем две градирни конструкции Град-90 производительностью  $Q_{гр} = 550$ , кВт. [1.204]

### 2.5.10 Расчет и подбор водяных насосов

Подбор насосов подающих воду на конденсаторы производим исходя из тепловой нагрузке на конденсаторы,  $\sum Q_{кд}$ .

Объемный расход охлаждающей воды  $V_w$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле

$$\sum V_w = \frac{\sum Q_{кд}}{\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w},$$

(2.86)

где  $\rho_w = 1000$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность воды;

$c_w = 4,19$ , кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды;

$\Delta t = 5 \dots 10$ , °С – подогрев воды в конденсаторе.

$$\sum V_w = \frac{685,64}{1000 \cdot 4,19 \cdot 5} = 0,033$$

Принимаем 3 водяных центробежных насоса К80-50-200 с объемной суммарной подачей  $V_w = 150$ , м<sup>3</sup>/ч, и один насос предусмотрен в резерв. [1.195]

Подбор насосов подающих воду на градирни производим исходя из тепловой нагрузке на градирни,  $Q_{гр}$ .

Объемный расход охлаждающей воды  $V_w$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле

$$\sum V_w = \frac{Q_{ep}}{\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w},$$

(2.87)

$$\sum V_w = \frac{941,45}{1000 \cdot 4,19 \cdot 5} = 0,045.$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						53



Принимаем 2 водяных центробежных насоса К100-80-60 с объемной суммарной подачей  $V_w = 200, \text{м}^3/\text{ч}$ , и один насос предусмотрен в резерв. [1.195]

### 2.5.11 Подбор маслосборника

В связи с повышенной вместимостью обусловленной необходимостью принятия масла из винтовых компрессоров, в качестве маслосборника принимаем сосуд маслозаправочный 60МЗС.

### 2.5.12 Подбор воздухоотделителя

В связи с необходимостью удаления из системы неконденсирующихся газов, принимаем отделитель неконденсирующихся газов марки Purger фирмы Grasso [см. Приложение 3].

### 2.5.13 Расчет и подбор аммиачных насосов

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения  $t_o = -40, ^\circ \text{C}$ .  
Необходимая объемная подача аммиака  $V_{\text{NH}_3}, \text{м}^3/\text{ч}$ , определяется по формуле

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{\sum Q_{об} \cdot n}{r_a \cdot \rho_a}, \quad (2.88)$$

где  $\sum Q_{об}$  - суммарный теплоприток в камерах работающих на данную температуру кипения, кВт;

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

$r_a, \text{кДж/кг}$  - теплота парообразования аммиака;

$\rho_a, \text{кг/м}^3$  - плотность жидкого аммиака.

При температуре кипения  $t_o = -40, ^\circ \text{C}$ :  $r_a = 1389,973, \text{кДж/кг}$  ;  
 $\rho_a = 0,69, \text{кг/м}^3$

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{104,5 \cdot 5}{1389,973 \cdot 0,69} = 1,78.$$

					Лист
					54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения  $t_o = -30,^{\circ}C$ .  
 Необходимую объемную подачу аммиака  $V_{NH_3}, м^3/ч$  определяем по формуле (2.87)

При температуре кипения  $t_o = -30,^{\circ}C$ :  $r_a = 1360,793, кДж/кг$  ;  
 $\rho_a = 0,678, кг/м^3$

$$V_{NH_3} = \frac{44,5 \cdot 5}{1360,793 \cdot 0,678} = 1,02.$$

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения  $t_o = -10,^{\circ}C$ .  
 Необходимую объемную подачу аммиака  $V_{NH_3}, м^3/ч$  определяем по формуле (2.87)

При температуре кипения  $t_o = -10,^{\circ}C$ :  $r_a = 1294,478, кДж/кг$  ;  
 $\rho_a = 0,652, кг/м^3$  ,

$$V_{NH_3} = \frac{357,8 \cdot 5}{1294,478 \cdot 0,652} = 7,63.$$

Для  $t_o = -40,^{\circ}C$  принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦНГ-70М-1 с объемной подачей  $V_{NH_3} = 8, м^3/ч$ . [1.194]

Для  $t_o = -30,^{\circ}C$  принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦНГ-70М-1 с объемной подачей  $V_{NH_3} = 8, м^3/ч$ . [1.194]

Для  $t_o = -10,^{\circ}C$  принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦНГ-70М-1 с объемной подачей  $V_{NH_3} = 8, м^3/ч$ . [1.194]

## 2.6 Расчет и подбор трубопроводов

Диаметр  $d_n$ , м нагнетательного трубопровода рассчитываем по формуле

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum V_{наг.}}{\pi \cdot [\omega]}} , \quad (2.89)$$

где  $[\omega] = 30, м/с$  - скорость движения хладагента.

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,197 + 0,071 + 0,197)}{3,14 \cdot 39}} = 0,123.$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 125, \text{ мм}.$  [2.152]

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

Диаметр  $d_{\text{вс.}}$ , м всасывающего трубопровода определяется по формуле

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{всас.}}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.90)$$

где  $V_{\text{всас.}}$  - объем всасывающийся компрессором;

$[\omega] = 25, \text{ м/с}$  - допустимая скорость всасывания хладагента.

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,197}{3,14 \cdot 25}} = 0,1.$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 100, \text{ мм}.$  [2.152]

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

Диаметр  $d_{\text{вс.}}$ , м всасывающего трубопровода определяем по формуле (2.90)

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,071}{3,14 \cdot 25}} = 0,06.$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 70, \text{ мм}.$  [2.152]

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

Диаметр  $d_{\text{вс.}}$ , м всасывающего трубопровода определяем по формуле (2.90)

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,197}{3,14 \cdot 25}} = 0,1.$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						57

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 100, мм.$  [2.152]

Диаметр  $d_{[\omega]}$ , м водяного трубопровода определяем по формуле (2.89).

Допустимая скорость движения воды  $[\omega] = 1,69, м/с$

$$d_{[\omega]} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,055}{3,14 \cdot 1,69}} = 0,204.$$

Принимаем стальную, стальную бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 200, мм.$  [2.152]

## 2.7 Описание схемы холодильной установки

Проектом предусмотрена аммиачная, насосно-циркуляционная схема, работающая по схеме «экономайзер», с нижней подачей хладагента в приборы охлаждения. Установка работает на 3 температурных режима.

Первый режим: температура кипения  $t_0 = -40^\circ C$ .

Второй режим: температура кипения  $t_0 = -30^\circ C$ .

Третий режим: температура кипения  $t_0 = -10^\circ C$ .

На первый температурный режим работает по схеме «экономайзер» один винтовой компрессорный агрегат SAB 151 L. В состав агрегата входят: компрессор, электродвигатель, маслоохладитель, маслоотделитель, фильтры очистки, перепускной и обратный клапан, переохладитель («экономайзер»). Данная схема позволяет увеличить холодопроизводительность системы, так как представляет из себя фактически цикл двухступенчатого сжатия, функции промежуточного сосуда выполняет переохладитель. Подача холодильного агента к приборам охлаждения осуществляется от горизонтального циркуляционного защитного ресивера РЦЗ-1,25, насосами ЦНГ -70М-1.

На второй температурный режим работает по схеме «экономайзер» винтовой компрессорный агрегата SAB 120 M. В состав агрегата входят: компрессор, электродвигатель, маслоохладитель, маслоотделитель, фильтры очистки, перепускной и обратный клапан, переохладитель («экономайзер»). Подача холодильного агента к приборам охлаждения осуществляется от горизонтального циркуляционного защитного ресивера РЦЗ-1,25 насосами ЦНГ -70М-1.

На третий температурный режим работает один винтовой компрессорный агрегат SAB 151 L. В состав агрегата входят: компрессор, электродвигатель, маслоохладитель, маслоотделитель, фильтры очистки, перепускной и обратный клапан. Подача холодильного агента к приборам охлаждения

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						58

осуществляется от горизонтального циркуляционного защитного ресивера РЦЗ-1,25 насосами ЦНГ -70М-1.

В схему включены 2 вертикальных кожухотрубных конденсатора АКС 150. Вода из конденсаторов подается в 2 градирни Град-90, при помощи 2 водяных насосов К100-80-60, а из градирни в конденсаторы при помощи 3 водяных насосов К80-50-200. Так же в схему включен один линейный ресивер АС-1,5, для сбора жидкого хладагента при оттаивании, предусмотрен дренажный ресивер АС-1,5. В компрессорном цехе установлен общий маслоотделитель 80МА и маслосборник 60МЗС для сбора масла из аппаратов холодильной установки.

### 2.7.1 Заполнение системы аммиаком

Зарядку системы аммиаком производят через коллектор регулирующей станции по трубопроводу через вентили. Баллоны присоединяются к вентилю стальной трубкой накидной гайкой. При зарядке прекращается питание циркуляционных ресиверов из линейного ресивера, и подача аммиака производится из баллонов. Для того чтобы из баллона выходила жидкость его кладут на деревянный лежак, вентилем вниз. Перемещение жидкости из баллонов наблюдают по обледенению трубки.

Также предусмотрена заправка системы из железнодорожных и автомобильных цистерн. Перемещение жидкого аммиака из цистерн происходит за счет разности давлений. Давление быстро выравнивается и для дальнейших перемещений разность давлений должна поддерживаться работающим компрессором.

### 2.7.2 Удаление масла из системы

Выпуск осуществляется через маслосборник, для чего в нем понижается давление до давления всасывания путем подключения к циркуляционному ресиверу на  $t_0 = -40$  °С. Затем закрывают этот вентиль, открывается соответствующий вентиль и масло перемещают из аппаратов в маслосборник.

### 2.7.3 Оттаивание снеговой шубы

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						59

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

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

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

Собранный в дренажном ресивере хладагент выдерживается некоторое время для того, чтобы повысилась температура, и произошло расслоение хладагента и масла. Масло из дренажного ресивера удаляют в маслосорник. А оставшийся жидкий хладагент из дренажного ресивера удаляется при помощи выдавливания горячими парами. При этом в полость через паровой патрубок ресивера подается горячий пар из маслоотделителя и за счет изменения давления жидкий аммиак выходит через жидкостный патрубок на всасывающий трубопровод аммиачных насосов.

#### 2.7.4 Отделение воздуха

В данной холодильной установке используется автоматический отделитель неконденсирующихся газов Purger. Внутри теплообменника по трубам циркулирует фреон. При этом происходит отделение неконденсирующихся газов, от аммиака. Жидкий аммиак сливается в линейный ресивер, а газы удаляются барбатируя через воду.

## 2.5 Расчет и подбор оборудования холодильной установки

### 2.5.1 Определение режимов работы холодильной установки

Схема установки – насосно-циркуляционная с экономайзером, нижней подачей в приборы охлаждения. Конденсаторы вертикальные кожухотрубные.

Расчетная летняя температура  $t_{p.лет.} = 31^{\circ}\text{C}$ .

Расчетная летняя влажность воздуха  $\varphi_{p.лет.} = 44\%$ .

Температура влажного термометра  $t' = 22^{\circ}\text{C}$ .

Производительность установки:

при  $t_0 = -10^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_0 = 357,8$  кВт;

при  $t_0 = -30^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_0 = 44,5$  кВт;

при  $t_0 = -40^{\circ}\text{C}$ ,  $Q_0 = 104,5$  кВт.

Температура воды  $t_{w1}, ^{\circ}\text{C}$ , входящей в конденсатор после градирни определяем по формуле

$$t_{w1} = t' + \Delta t_w \left( \frac{1}{\eta} - 1 \right), \quad (2.44)$$

где  $\Delta t_w = (3 \div 5)^{\circ}\text{C}$  - средний нагрев воды;

$\eta$  - коэффициент эффективности градирни,  $\eta = 0,45$ .

$$t_{w1} = 22 + 5 \left( \frac{1}{0,45} - 1 \right) = 28,1.$$

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

$$\begin{aligned} t_{w2} &= t_{w1} + \Delta t_w, \\ t_{w2} &= 28,1 + 5 = 33,1. \end{aligned} \quad (2.45)$$

Температура конденсации  $t_k, ^{\circ}\text{C}$ , определяем по формуле

$$\begin{aligned} t_k &= t_{w2} + (2 \div 4), \\ (2.46) \quad t_k &= 33,1 + 3,9 = 37. \end{aligned}$$

Принимаем  $t_k = 37^{\circ}\text{C}$ .

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		38

## 2.5.2 Расчет и подбор компрессоров

Принимаем насосно-циркуляционную схему с экономайзером на три температуры кипения.

Расчет циклов на температуры кипения  $t_o = -30^\circ\text{C}$ ,  $t_o = -40^\circ\text{C}$ , проводим в соответствии с рисунком 1.

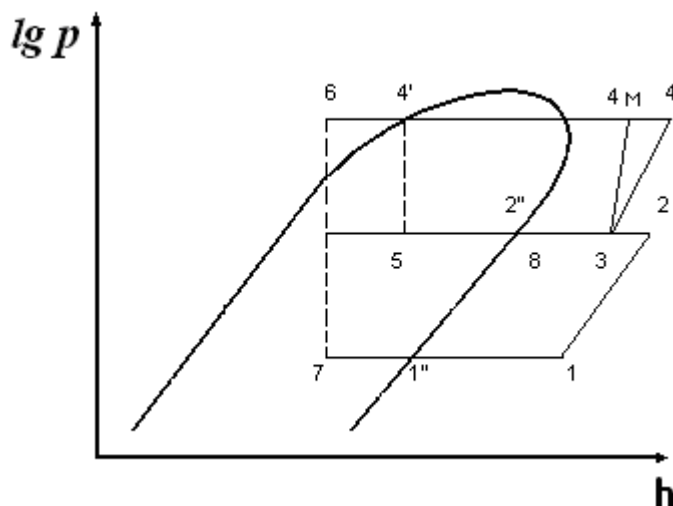


Рис. 1 - Цикл насосно-циркуляционной холодильной установки с экономайзером при  $t_o = -30^\circ\text{C}$ ,  $t_o = -40^\circ\text{C}$ .

Параметры узловых точек цикла при  $t_o = -30^\circ\text{C}$ , приведены в таблице 2.11. Перегрев и переохлаждение хладагента принимаем 5, К. [см. Приложение В.2]

Таблица 2.11 - Параметры узловых точек при  $t_o = -30^\circ\text{C}$

Пар-ры	1	1''	2	2''	3	4	4м	4'	5	6	7	8
t, С	-25	-30	55	0	49	149	90	37	0	5	-30	5
P, МПа	0,125	0,125	0,42	0,42	0,42	1,45	1,45	1,45	0,42	1,45	0,122	0,42
h, кДж/кг	1650	1640	1815	1675	1798	2010	1830	590	590	425	425	1690
v, м <sup>3</sup> /кг	0,93	0,9	0,36	0,29	0,35	0,138	-	-	-	-	-	-



Параметры узловых точек цикла при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$ , приведены в таблице 2.12.

Таблица 2.12 - Параметры узловых точек при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$

Пар-ры	1	1''	2	2''	3	4	4м	4'	5	6	7	8
t, C	-35	-40	66	-8	49	170	90	37	-8	-3	-40	-3
P, МПа	0,072	0,072	0,32	0,32	0,32	1,45	1,45	1,45	0,32	1,45	0,072	0,32
h, кДж/кг	1685	1625	1820	1665	1801	2060	1830	590	590	420	420	1680
v, м <sup>3</sup> /кг	1,58	1,52	0,51	0,38	0,48	0,15	-	-	-	-	-	-

Расчет цикла на температуру кипения  $t_o = -10^\circ\text{C}$ , проводим в соответствии с рисунком 2.

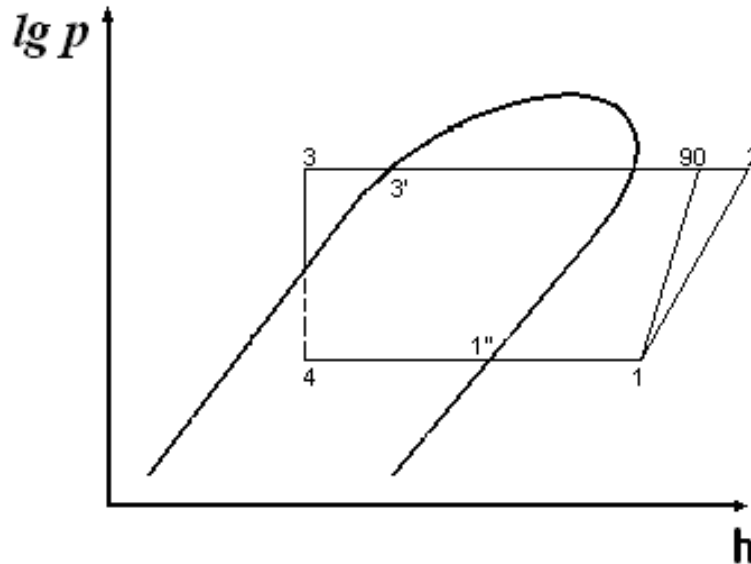


Рис. 2 - Цикл насосно-циркуляционной холодильной установки с экономайзером при  $t_0 = -10^\circ\text{C}$ .

Параметры узловых точек цикла при  $t_0 = -10^\circ\text{C}$ , приведены в таблице 2.13.

Таблица 2.13 - Параметры узловых точек при  $t_0 = -10^\circ\text{C}$ .

Параметры	1''	1	2	2м(90)	3'	3	4
t, C	-10	-5	113	90	37	32	-10
P, МПа	0,28	0,28	1,45	1,45	1,45	1,45	0,28
h, кДж/кг	1665	1680	1925	1870	590	560	560
v, м <sup>3</sup> /кг	0,42	0,43	0,12	-	-	-	0,065

Массовый расход циркулирующего хладагента  $G_{01}, \text{кг/с}$ , на температуру кипения  $t_{01} = -10^{\circ}\text{C}$ , вычисляем по формуле

$$G_{01} = \frac{Q_{2T}}{h_{1''} - h_4}, \quad (2.47)$$

$$G_{01} = \frac{357,77}{1665 - 560} = 0,324$$

Массовый расход циркулирующего хладагента нижней ступени  $G_{021}, \text{кг/с}$ , на температуру кипения  $t_{02} = -30^{\circ}\text{C}$ , вычисляем по формуле

$$G_{021} = \frac{Q_{2T}}{h_{1''} - h_7}, \quad (2.48)$$

$$G_{021} = \frac{44,498}{(1640 - 425)} = 0,037.$$

Массовый расход циркулирующего хладагента нижней ступени  $G_{031}, \text{кг/с}$ , на температуру кипения  $t_{03} = -40^{\circ}\text{C}$ , вычисляем по формуле (2.48)

$$G_{031} = \frac{104,5}{(1625 - 420)} = 0,087.$$

Определяем коэффициент подачи  $\lambda$  [1,73],

$$\text{для } t_{03} = -40^{\circ}\text{C}; \text{ при } \frac{P_{np}}{P_o} = \frac{0,32}{0,072} = 4,44 \Rightarrow \lambda_3 = 0,83,$$

$$\text{для } t_{02} = -30^{\circ}\text{C}; \text{ при } \frac{P_{np}}{P_o} = \frac{0,42}{0,122} = 3,44 \Rightarrow \lambda_2 = 0,89,$$

$$\text{для } t_{01} = -10^{\circ}\text{C}; \text{ при } \frac{P_{\kappa}}{P_o} = \frac{1,45}{0,28} = 5,18 \Rightarrow \lambda_1 = 0,81.$$

Расчетную теоретическую объемную производительность компрессоров  $V_T, \text{м}^3/\text{с}$ , вычисляем по формулам

$$V_{m31} = \frac{G_{031} \cdot v_1}{\lambda_3}, \quad (2.49)$$

$$V_{m21} = \frac{G_{021} \cdot v_1}{\lambda_2}, \quad (2.50)$$

$$V_{m1} = \frac{G_{01} \cdot v_1}{\lambda_1}, \quad (2.51)$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						41



Таблица 2.14 - Характеристики компрессоров

Марка КМ	$t_0, ^\circ C$	$V_0, m^3 / ч$	Масса, кг	Габариты, мм
SAB 151 L	-40	708	2339	2800×1300×1800
SAB 120 M	-30	255	1171	2200×1300×1500
SAB 151 L	-10	708	2339	2800×1300×1800

Действительный массовый расход хладагента  $G_{ад}, кг/с$ , вычисляем по формулам

$$G_{\partial 1} = \frac{V_{\partial 1} \cdot \lambda_1}{v_1} \quad (2.54)$$

$$G_{\partial 2} = \frac{V_{\partial 2} \cdot \lambda_2}{v_1}, \quad (2.55)$$

$$G_{\partial 3} = \frac{V_{\partial 3} \cdot \lambda_3}{v_1}, \quad (2.56)$$

$$G_{\partial 1} = \frac{0,197 \cdot 0,81}{0,43} = 0,37,$$

$$G_{\partial 2} = \frac{0,071 \cdot 0,89}{0,93} = 0,068,$$

$$G_{\partial 3} = \frac{0,197 \cdot 0,83}{1,58} = 0,103.$$

Тепловые нагрузки на конденсатор в теоретическом цикле  $Q_{к.теор.}, кВт$ , определяем по формулам

$$Q_{кд.теор.} = G_{\partial 3} \cdot (h_4 - h_{4'}), \quad (2.57)$$

$$Q_{кд.теор.} = G_{\partial 2} \cdot (h_4 - h_{4'}), \quad (2.58)$$

$$Q_{кд.теор.} = G_{\partial 1} \cdot (h_2 - h_{3'}), \quad (2.59)$$

$$Q_{кд.теор.(-40)} = 0,103 \cdot (1830 - 590) = 127,72,$$

$$Q_{кд.теор.(-30)} = 0,068 \cdot (1830 - 590) = 84,32,$$

$$Q_{кд.теор.(-10)} = 0,37 \cdot (11870 - 590) = 473,6.$$

Действительные холодопроизводительности  $Q_{од.}, кВт$ , определяем по формулам

$$Q_{од.(-40)} = \frac{Q_{2T(-40)} \cdot V_{\partial 3}}{V_{m.3}}, \quad (2.60)$$

$$Q_{од.(-30)} = \frac{Q_{2T(-30)} \cdot V_{\partial 2}}{V_{m2}}, \quad (2.61)$$

$$Q_{од.(-10)} = \frac{Q_{2T(-10)} \cdot V_{\partial 1}}{V_{m1}}, \quad (2.62)$$

$$Q_{од.(-40)} = \frac{104,5 \cdot 0,197}{0,165} = 121,81,$$

$$Q_{од.(-30)} = \frac{44,498 \cdot 0,071}{0,038} = 83,14,$$

$$Q_{од.(-10)} = \frac{357,77 \cdot 0,197}{0,16} = 440,5.$$

Средний коэффициент рабочего времени компрессоров  $v$ , определяем по формулам

$$v_3 = \frac{V_{m3}}{V_{\partial 3}}, \quad (2.63)$$

$$v_2 = \frac{V_{m2}}{V_{\partial 2}}, \quad (2.64)$$

$$v_1 = \frac{V_{m1}}{V_{\partial 1}}, \quad (2.65)$$

$$v_3 = \frac{0,169}{0,197} = 0,86,$$

$$v_2 = \frac{0,038}{0,071} = 0,54,$$

$$v_1 = \frac{0,16}{0,38} = 0,42.$$

Теоретическую мощность компрессоров  $N_T, кВт$ , вычисляем по формулам

$$N_{T1} = G_{\partial 1} \cdot (h_2 - h_1), \quad (2.66)$$

$$N_{T2} = G_{\partial 2} \cdot (h_2 - h_1 + h_4 - h_3), \quad (2.67)$$

$$N_{T3} = G_{\partial 3} \cdot (h_2 - h_1 + h_4 - h_3), \quad (2.68)$$

$$N_{T1} = 0,37 \cdot (1925 - 1680) = 90,65,$$

$$N_{T2} = 0,068 \cdot (1815 - 1650 + 2010 - 1798) = 25,64,$$

$$N_{T3} = 0,103 \cdot (1820 - 1685 + 2060 - 1802) = 40,48.$$

Индикаторную мощность компрессоров  $N_{i,кВт}$ , вычисляем по формуле

$$N_i = \frac{N_T}{\eta_i}, \quad (2.69)$$

где  $\eta_i$  - индикаторный КПД, принимают  $\eta_i = 0,7 \div 0,8$  [1,74];

$$N_{i1} = \frac{90,65}{0,8} = 113,31,$$

$$N_{i2} = \frac{25,66}{0,8} = 32,08,$$

$$N_{i3} = \frac{42,04}{0,8} = 52,55.$$

Эффективная мощность компрессоров  $N_{e,кВт}$ , вычисляем по формуле

$$N_e = \frac{N_i}{\eta_{мех}}, \quad (2.70)$$

где  $\eta_{мех}$  - механический КПД, принимают  $\eta_{мех} = 0,85 \div 0,9$  [1,74];

$$N_{e1} = \frac{113,31}{0,9} = 125,9,$$

$$N_{e2} = \frac{32,08}{0,9} = 35,61,$$

$$N_{e3} = \frac{52,55}{0,9} = 58,39.$$

Электрическая мощность, потребляемую компрессорами из сети  $N_{э,кВт}$ , вычисляем по формуле

$$N_{э} = \frac{N_e}{\eta_{эл}}, \quad (2.71)$$

где  $\eta_{эл}$  - КПД электродвигателя, принимают  $\eta_{эл} = 0,9 \div 0,95$  [1,74];

$$N_{э1} = \frac{125,9}{0,9} = 139,89,$$

$$N_{э2} = \frac{35,61}{0,9} = 39,57,$$

						Лист
						45
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$N_{33} = \frac{56,22}{0,9} = 62,47.$$

### 2.5.3 Расчет и подбор камерных приборов охлаждения

Площадь теплопередающих поверхностей  $F$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле

$$F = \frac{Q}{k \cdot \Theta_m}, \quad (2.72)$$

где  $Q$  - нагрузка на камерное оборудование, кВт;

$k$  - общий коэффициент теплопередачи, [3,120] ;

$\Theta_m$  - расчетная разность температур, °C, [3,120] .

Для камер I и II, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 20,362$  кВт ,  $k = 12,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10$  °C .

$$F = \frac{20,362 \cdot 1000}{12,2 \cdot 10} = 166,9.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 066C/112;  $\Sigma F = 189,6$  м<sup>2</sup> ;  $\Sigma V = 0,096$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камеры III:  $Q = 11,967$  кВт ,  $k = 12,2$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10$  °C .

$$F = \frac{11,967 \cdot 1000}{12,2 \cdot 10} = 98,06.$$

Выбираем 2 воздухоохладителя марки IAGHN 051C/17;  $\Sigma F = 101,8$  м<sup>2</sup> ;  $\Sigma V = 0,024$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камер IV и V, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 42,456$  кВт ,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10$  °C .

$$F = \frac{42,456}{14 \cdot 10} = 303,26.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 046C/27;  $\Sigma F = 326$  м<sup>2</sup> ;  $\Sigma V = 0,08$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

										Лист
										46
Изм.	ЛиДа	№ докум.	Подпись	Дата						

Для камер VI и VII, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 70,238$  кВт ,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10^\circ C$  .

$$F = \frac{70,238}{14 \cdot 10} = 501,7.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 066C/210;  $\Sigma F = 528$  м<sup>2</sup>;  $\Sigma V = 0,192$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камер VIII и IX, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 38,208$  кВт ,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10^\circ C$  .

$$F = \frac{38,208}{14 \cdot 10} = 272,91.$$

Выбираем 4 воздухоохладителя марки IAGHN 051C/210;  $\Sigma F = 293$  м<sup>2</sup>;  $\Sigma V = 0,104$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Г.2]

Для камер X, XI, XII, XIII, XIV, XV, XVI, расчет производим по камере с наибольшей тепловой нагрузкой:  $Q = 13,61$  кВт ,  $k = 14$  Вт/(м<sup>2</sup>·к),  $\Theta_m = 10^\circ C$  .

$$F = \frac{13,61}{14 \cdot 10} = 97,21.$$

Выбираем 2 воздухоохладителя марки IADHN 051C/17;  $\Sigma F = 101,8$  м<sup>2</sup>;  $\Sigma V = 0,028$  м<sup>3</sup>. [см. Приложение Д.2]

Характеристики подобранных воздухоохладителей приведены в таблице 2.15.

Таблица 2.15 - Характеристики воздухоохладителей

Типоразмер	Площадь поверхности теплообмена, F, м <sup>2</sup>	Вместимость аппарата, м <sup>3</sup>	кол-во, шт.
IAGHN 046C/27	81,5	0,02	8
IAGHN 051C/17	50,9	0,014	2
IAGHN 051C/210	73,3	0,026	8
IAGHN 066C/210	132	0,048	8
IAGHN 066C/112	47,4	0,024	8
IADHN 051C/17	50,9	0,014	14

#### 2.5.4 Расчет и подбор конденсаторов



Действительная тепловая нагрузка на конденсатор  $Q_{кд.}$ , кВт, определяется по формуле

$$\sum Q_{кд.} = Q_{кд(-40)} + Q_{кд(-30)} + Q_{кд(-10)}, \quad (2.73)$$

$$\sum Q_{кд.} = 473,6 + 84,32 + 127,72 = 685,64.$$

Требуемая площадь теплопередающей поверхности  $F_k, м^2$ , определяется по формуле

$$F_k = \frac{\sum Q_{кд.}}{q_f}, \quad (2.74)$$

где  $q_f$  – плотность теплового потока в конденсаторе, кВт/м<sup>2</sup>;

$$F_k = \frac{685,64}{3} = 228,55.$$

Принимаем 2 водяных вертикальных конденсатора марки АКС150 с площадью теплопередающей поверхности  $F_k = 150, м^2$ . Площадь действительной теплопередающей поверхности  $F_{к.д.} = 300, м^2$  [см. Приложение Е].

### 2.5.5 Расчет и подбор циркуляционных ресиверов

Расчет и подбор циркуляционного ресивера на температуру кипения  $t_o = -40, °C$ .

Вместимость циркуляционного ресивера  $V_{цр.(-40)}, м^3$ , определяется по формуле

$$V_{цр.(-40)} = k \cdot (V_{наг.м.н.} + 0,21 \cdot V_{н.о.} + 0,3 \cdot V_{вс.м.н.}), \quad (2.75)$$

где  $k$  - коэффициент запаса, для сосудов совмещающих функции отделителя жидкости  $k = 3$ ;

$V_{н.о.}$  - вместимость приборов охлаждения работающих на температуру кипения  $t_o = -40, °C, м^3$ ;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		48

$V_{\text{наг.т.п.}}$  - вместимость нагнетательного трубопровода  $\text{м}^3$ ;

$V_{\text{вс.т.п.}}$  - вместимость всасывающего трубопровода  $\text{м}^3$ ;

Вместимость нагнетательного трубопровода  $V_{\text{наг.т.п.}}$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$\begin{aligned} V_{\text{наг.т.п.}} &= 0,04 \cdot V_{\text{н.о.(-40)}}, \\ V_{\text{наг.т.п.}} &= 0,04 \cdot 0,884 = 0,035. \end{aligned} \quad (2.76)$$

Вместимость всасывающего трубопровода  $V_{\text{вс.т.п.}}$ ,  $\text{м}^3$ , определяется по формуле

$$\begin{aligned} V_{\text{вс.т.п.}} &= 0,06 \cdot V_{\text{общ.(-40)}}, \\ V_{\text{вс.т.п.}} &= 0,06 \cdot 0,884 = 0,053, \\ V_{\text{ур.(-40)}} &= 3 \cdot (0,035 + 0,21 \cdot 0,884 + 0,3 \cdot 0,053) = 0,711. \end{aligned} \quad (2.77)$$

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ-1,25 общей вместимостью  $V_{\text{р.(-40)}} = 1,25, \text{м}^3$ ,  $D = 1,02, \text{м}$ . [1.179]

Ресиверы, выполняющие роль отделителя жидкости проверяем на возможность выполнения этой функции. Скорость движения пара в ресивере ( $W_{\text{п}}$ ) не должна превышать допустимое значение ( $W_{\text{п}} \leq W_{\text{д}}$ ), которое для горизонтальных аппаратов находится по формуле

$$W_{\text{д.г.}} = 2W_{\text{о.к.}} \cdot \frac{l_{\text{р}}}{D_{\text{р}}}, \quad (2.78)$$

где  $W_{\text{о.к.}}$  - скорость осаждения капель хладагента,  $W_{\text{о.к.}} = 0,5 \text{ м/с}$ ;

$l_{\text{р}}$  - расстояние между патрубками ресивера, м;

$D_{\text{р}}$  - внутренний диаметр ресивера, м.

Скорость движения пара в ресивере  $W_{\text{п}}$ , м/с, определяем по формуле

$$W_{\text{п}} = V_{\text{п}} / S_{\text{р}}, \quad (2.79)$$

где  $V_{\text{п}}$  – объемный расход пара через ресивер,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$S_{\text{р}}$  – площадь сечения аппарата по которому движется пар,  $\text{м}^2$ .

Объемный расход пара через ресивер  $V_{\text{п}}$ ,  $\text{м}^3/\text{с}$ , определяем по формуле

						Лист
						49
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

$$V_{\pi} = G_{\text{км}} \cdot v'', \quad (2.80)$$

где  $v''$  – удельный объем сухого насыщенного пара при температуре кипения,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

Площадь сечения аппарата по которому движется пар  $S_p$ ,  $\text{м}^2$ , определяем по формуле

$$S_p = \pi \cdot \frac{D_p^2}{8}, \quad (2.81)$$

Для ресивера марки РЦЗ – 1,25 на  $t_o = -40^\circ\text{C}$

$$W_{\text{д.г.}} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,83}{1,02} = 0,814,$$

$$V_{\pi} = 0,101 \cdot 1,58 = 0,16,$$

$$S_p = 3,14 \cdot 1,02^2 / 8 = 0,41,$$

$$W_{\pi} = 0,16 / 0,41 = 0,39.$$

( $0,39 \leq 0,814$ ) условие проверки выполнено.

Расчет и подбор циркуляционного ресивера на температуру кипения  $t_o = -30,^\circ\text{C}$  проводим аналогично ресиверу на температуру кипения  $t_o = -40,^\circ\text{C}$ .

Вместимость циркуляционного ресивера  $V_{\text{ур.}(-30)}, \text{м}^3$ , определяем по формуле (2.75)

Вместимость нагнетательного трубопровода  $V_{\text{наг.т.п.}} \text{м}^3$ , определяем по формуле (2.76)

$$V_{\text{наг.т.п.}} = 0,04 \cdot 0,216 = 0,009.$$

Вместимость всасывающего трубопровода  $V_{\text{вс.т.п.}} \text{м}^3$ , определяем по формуле (2.77)

$$V_{\text{вс.т.п.}} = 0,06 \cdot 0,216 = 0,013,$$

$$V_{\text{ур.}(-30)} = 3 \cdot (0,009 + 0,21 \cdot 0,216 + 0,3 \cdot 0,013) = 0,174.$$

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		50

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ-1,25 общей вместимостью  $V_{p.(-30)} = 1,25, м^3$ ,  $D = 1,02, м$ . [1.179]

Скорость движения пара в ресивере ( $W_{п}$ ) не должна превышать допустимое значение ( $W_{п} \leq W_{д}$ ), которое для горизонтальных аппаратов находится по формуле (2.78)

Скорость движения пара в ресивере  $W_{п}$ , м/с, определяем по формуле (2.79)

Объемный расход пара через ресивер  $V_{п}$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле (2.80)

$$V_{п} = 0,068 \cdot 0,93 = 0,06,$$

Площадь сечения аппарата по которому движется пар  $S_p$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.81)

$$S_p = 3,14 \cdot \frac{1,02^2}{8} = 0,41,$$

Для ресивера марки РЦЗ – 1,25 на  $t_0 = -30$  °С

$$W_{д.г.} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,83}{1,02} = 0,814,$$

$$W_{п} = 0,06 / 0,41 = 0,15.$$

(0,15 ≤ 0,814) условие проверки выполнено.

Вместимость циркуляционного ресивера  $V_{к.цр.(-10)}, м^3$ , определяем по формуле (2.75)

Вместимость нагнетательного трубопровода  $V_{наг.т.п.}, м^3$ , определяем по формуле (2.76)

$$V_{наг.т.п.} = 0,04 \cdot 0,892 = 0,036.$$

Вместимость всасывающего трубопровода  $V_{вс.т.п.}, м^3$ , определяем по формуле (2.77)

$$V_{вс.т.п.} = 0,06 \cdot 0,892 = 0,054,$$

$$V_{цр.(-10)} = 3 \cdot (0,036 + 0,21 \cdot 0,892 + 0,3 \cdot 0,054) = 0,717.$$

Принимаем один горизонтальный циркуляционный ресивер РЦЗ-1,25 общей вместимостью  $V_{p.(-10)} = 1,25, м^3$ ,  $D = 1,02, м$  [1.179].

									Лист
									51
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					

Скорость движения пара в ресивере ( $W_{\text{п}}$ ) не должна превышать допустимое значение ( $W_{\text{п}} \leq W_{\text{д}}$ ), которое для горизонтальных аппаратов находится по формуле (2.78)

Скорость движения пара в ресивере  $W_{\text{п}}$ , м/с, определяем по формуле (2.79)

Объемный расход пара через ресивер  $V_{\text{п}}$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле (2.80)

$$V_{\text{п}} = 0,371 \cdot 0,43 = 0,16,$$

Площадь сечения аппарата по которому движется пар  $S_{\text{р}}$ , м<sup>2</sup>, определяем по формуле (2.81)

$$S_{\text{р}} = 3,14 \cdot \frac{1,02^2}{8} = 0,41,$$

Для ресивера марки РЦЗ – 1,25 на  $t_0 = -10$  °С

$$W_{\text{д.г.}} = 2 \cdot 0,5 \cdot \frac{0,83}{1,02} = 0,814,$$

$$W_{\text{п}} = 0,16 / 0,41 = 0,39.$$

( $0,39 \leq 0,814$ ) условие проверки выполнено.

#### 2.5.6 Расчет и подбор дренажного ресивера

Вместимость дренажного ресивера  $V_{\text{др.р.}}$ , м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{\text{др.р.}} = V_{\text{наиб.}} \cdot 1,4, \quad (2.82)$$

где  $V_{\text{наиб.}}$  - наибольшая вместимость циркуляционного ресивера м<sup>3</sup>, в данном случае принимаем объем аммиака в циркуляционном ресивере с  $t_0 = -40$ , °С ;

$$V_{\text{др.р.}} = 1,4 \cdot 0,884 = 1,24.$$

Принимаем один горизонтальный дренажный ресивер AS-1,5 общей вместимостью  $V_{\text{др.р.}} = 1,68 \text{ м}^3$ . [см. Приложение Ж]

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		52

### 2.5.7 Расчет и подбор линейного ресивера

Вместимость линейного ресивера  $V_{л.р.}$ , м<sup>3</sup>, определяем по формуле

$$V_{л.р.} = \sum V_{в.о} \cdot 0,65, \quad (2.83)$$
$$V_{л.р.} = 1,992 \cdot 0,65 = 1,29.$$

Принимаем один горизонтальный линейный ресивер AS-1,5 общей вместимостью  $V_{л.р.} = 1,68 \text{ м}^3$ . [см. Приложение Ж]

### 2.5.8 Расчет и подбор маслоотделителя

Диаметр маслоотделителя  $d_{м.о.}$ , м, определяем по формуле

$$d_{м.о.} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum G_{действ.} \cdot V_{наг.}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.84)$$

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

$$d_{м.о.} = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,38 \cdot 0,12 + 0,068 \cdot 0,138 + 0,103 \cdot 0,15)}{3,14 \cdot 1}} = 0,3.$$

Принимаем маслоотделитель 80 МА диаметром  $d_{м.о.} = 0,325 \text{ м}$ . [1.193]

### 2.5.9 Расчет и подбор градирни

Производительность градирни  $Q_{гр.}$ , кВт, определяем по формуле

$$Q_{ep.} = \sum Q_{кд} + \sum N_i ,$$

$$Q_{ep.} = 473,6 + 84,32 + 127,72 + 113,31 + 32,05 + 50,6 = 881,6. \quad (2.85)$$

Принимаем две градирни конструкции Град-90 производительностью  $Q_{гр} = 550$ , кВт. [1.204]

### 2.5.10 Расчет и подбор водяных насосов

Подбор насосов подающих воду на конденсаторы производим исходя из тепловой нагрузке на конденсаторы,  $\sum Q_{кд}$ .

Объемный расход охлаждающей воды  $V_w$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле

$$\sum V_w = \frac{\sum Q_{кд}}{\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w},$$

(2.86)

где  $\rho_w = 1000$ , кг/м<sup>3</sup> – плотность воды;

$c_w = 4,19$ , кДж/(кг·К) – удельная теплоемкость воды;

$\Delta t = 5 \dots 10$ , °С – подогрев воды в конденсаторе.

$$\sum V_w = \frac{685,64}{1000 \cdot 4,19 \cdot 5} = 0,033$$

Принимаем 3 водяных центробежных насоса К80-50-200 с объемной суммарной подачей  $V_w = 150$ , м<sup>3</sup>/ч, и один насос предусмотрен в резерв. [1.195]

Подбор насосов подающих воду на градирни производим исходя из тепловой нагрузке на градирни,  $Q_{гр}$ .

Объемный расход охлаждающей воды  $V_w$ , м<sup>3</sup>/с, определяем по формуле

$$\sum V_w = \frac{Q_{ep.}}{\rho_w \cdot c_w \cdot \Delta t_w},$$

(2.87)

$$\sum V_w = \frac{941,45}{1000 \cdot 4,19 \cdot 5} = 0,045.$$

Принимаем 2 водяных центробежных насоса К100-80-60 с объемной суммарной подачей  $V_w = 200, \text{м}^3/\text{ч}$ , и один насос предусмотрен в резерв. [1.195]

### 2.5.11 Подбор маслосборника

В связи с повышенной вместимостью обусловленной необходимостью принятия масла из винтовых компрессоров, в качестве маслосборника принимаем сосуд маслозаправочный 60МЗС.

### 2.5.12 Подбор воздухоотделителя

В связи с необходимостью удаления из системы неконденсирующихся газов, принимаем отделитель неконденсирующихся газов марки Purger фирмы Grasso [см. Приложение 3].

### 2.5.13 Расчет и подбор аммиачных насосов

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения  $t_o = -40, ^\circ \text{C}$ .  
Необходимая объемная подача аммиака  $V_{\text{NH}_3}, \text{м}^3/\text{ч}$ , определяется по формуле

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{\sum Q_{об} \cdot n}{r_a \cdot \rho_a}, \quad (2.88)$$

где  $\sum Q_{об}$  - суммарный теплоприток в камерах работающих на данную температуру кипения, кВт;

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

$r_a, \text{кДж/кг}$  - теплота парообразования аммиака;

$\rho_a, \text{кг/м}^3$  - плотность жидкого аммиака.

При температуре кипения  $t_o = -40, ^\circ \text{C}$ :  $r_a = 1389,973, \text{кДж/кг}$  ;  
 $\rho_a = 0,69, \text{кг/м}^3$

$$V_{\text{NH}_3} = \frac{104,5 \cdot 5}{1389,973 \cdot 0,69} = 1,78.$$

					Лист
					54
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	



Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения  $t_o = -30,^{\circ}C$ .  
Необходимую объемную подачу аммиака  $V_{NH_3}, м^3/ч$  определяем по формуле (2.87)

При температуре кипения  $t_o = -30,^{\circ}C$ :  $r_a = 1360,793, кДж/кг$  ;  
 $\rho_a = 0,678, кг/м^3$

$$V_{NH_3} = \frac{44,5 \cdot 5}{1360,793 \cdot 0,678} = 1,02.$$

Расчет и подбор аммиачных насосов на температуру кипения  $t_o = -10,^{\circ}C$ .  
Необходимую объемную подачу аммиака  $V_{NH_3}, м^3/ч$  определяем по формуле (2.87)

При температуре кипения  $t_o = -10,^{\circ}C$ :  $r_a = 1294,478, кДж/кг$  ;  
 $\rho_a = 0,652, кг/м^3$  ,

$$V_{NH_3} = \frac{357,8 \cdot 5}{1294,478 \cdot 0,652} = 7,63.$$

Для  $t_o = -40,^{\circ}C$  принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦНГ-70М-1 с объемной подачей  $V_{NH_3} = 8, м^3/ч$  . [1.194]

Для  $t_o = -30,^{\circ}C$  принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦНГ-70М-1 с объемной подачей  $V_{NH_3} = 8, м^3/ч$  . [1.194]

Для  $t_o = -10,^{\circ}C$  принимаем один рабочий и один резервный насос марки ЦНГ-70М-1 с объемной подачей  $V_{NH_3} = 8, м^3/ч$  . [1.194]

## 2.6 Расчет и подбор трубопроводов

Диаметр  $d_{н.}$ , м нагнетательного трубопровода рассчитываем по формуле

$$d_{н.} = \sqrt{\frac{4 \cdot \sum V_{наг.}}{\pi \cdot [\omega]}} , \quad (2.89)$$

где  $[\omega] = 30, м/с$  - скорость движения хладагента.

$$d_n = \sqrt{\frac{4 \cdot (0,197 + 0,071 + 0,197)}{3,14 \cdot 39}} = 0,123.$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 125, \text{ мм}.$  [2.152]

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

Диаметр  $d_{\text{вс.}}$ , м всасывающего трубопровода определяется по формуле

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot V_{\text{всас.}}}{\pi \cdot [\omega]}}, \quad (2.90)$$

где  $V_{\text{всас.}}$  - объем всасывающийся компрессором;

$[\omega] = 25, \text{ м/с}$  - допустимая скорость всасывания хладагента.

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,197}{3,14 \cdot 25}} = 0,1.$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 100, \text{ мм}.$  [2.152]

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

Диаметр  $d_{\text{вс.}}$ , м всасывающего трубопровода определяем по формуле (2.90)

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,071}{3,14 \cdot 25}} = 0,06.$$

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 70, \text{ мм}.$  [2.152]

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

Диаметр  $d_{\text{вс.}}$ , м всасывающего трубопровода определяем по формуле (2.90)

$$d_{\text{вс.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,197}{3,14 \cdot 25}} = 0,1.$$

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						57

Принимаем стальную, бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 100, мм.$  [2.152]

Диаметр  $d_{[\omega]}$ , м водяного трубопровода определяем по формуле (2.89).

Допустимая скорость движения воды  $[\omega] = 1,69, м/с$

$$d_{[\omega]} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,055}{3,14 \cdot 1,69}} = 0,204.$$

Принимаем стальную, стальную бесшовную трубу с условным проходом  $d_y = 200, мм.$  [2.152]

## 2.7 Описание схемы холодильной установки

Проектом предусмотрена аммиачная, насосно-циркуляционная схема, работающая по схеме «экономайзер», с нижней подачей хладагента в приборы охлаждения. Установка работает на 3 температурных режима.

Первый режим: температура кипения  $t_0 = -40^\circ C$ .

Второй режим: температура кипения  $t_0 = -30^\circ C$ .

Третий режим: температура кипения  $t_0 = -10^\circ C$ .

На первый температурный режим работает по схеме «экономайзер» один винтовой компрессорный агрегат SAB 151 L. В состав агрегата входят: компрессор, электродвигатель, маслоохладитель, маслоотделитель, фильтры очистки, перепускной и обратный клапан, переохладитель («экономайзер»). Данная схема позволяет увеличить холодопроизводительность системы, так как представляет из себя фактически цикл двухступенчатого сжатия, функции промежуточного сосуда выполняет переохладитель. Подача холодильного агента к приборам охлаждения осуществляется от горизонтального циркуляционного защитного ресивера РЦЗ-1,25, насосами ЦНГ -70М-1.

На второй температурный режим работает по схеме «экономайзер» винтовой компрессорный агрегата SAB 120 M. В состав агрегата входят: компрессор, электродвигатель, маслоохладитель, маслоотделитель, фильтры очистки, перепускной и обратный клапан, переохладитель («экономайзер»). Подача холодильного агента к приборам охлаждения осуществляется от горизонтального циркуляционного защитного ресивера РЦЗ-1,25 насосами ЦНГ -70М-1.

На третий температурный режим работает один винтовой компрессорный агрегат SAB 151 L. В состав агрегата входят: компрессор, электродвигатель, маслоохладитель, маслоотделитель, фильтры очистки, перепускной и обратный клапан. Подача холодильного агента к приборам охлаждения

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						58

осуществляется от горизонтального циркуляционного защитного ресивера РЦЗ-1,25 насосами ЦНГ -70М-1.

В схему включены 2 вертикальных кожухотрубных конденсатора АКС 150. Вода из конденсаторов подается в 2 градирни Град-90, при помощи 2 водяных насосов К100-80-60, а из градирни в конденсаторы при помощи 3 водяных насосов К80-50-200. Так же в схему включен один линейный ресивер АС-1,5, для сбора жидкого хладагента при оттаивании, предусмотрен дренажный ресивер АС-1,5. В компрессорном цехе установлен общий маслоотделитель 80МА и маслосборник 60МЗС для сбора масла из аппаратов холодильной установки.

### 2.7.1 Заполнение системы аммиаком

Зарядку системы аммиаком производят через коллектор регулирующей станции по трубопроводу через вентили. Баллоны присоединяются к вентилю стальной трубкой накидной гайкой. При зарядке прекращается питание циркуляционных ресиверов из линейного ресивера, и подача аммиака производится из баллонов. Для того чтобы из баллона выходила жидкость его кладут на деревянный лежак, вентилем вниз. Перемещение жидкости из баллонов наблюдают по обледенению трубки.

Также предусмотрена заправка системы из железнодорожных и автомобильных цистерн. Перемещение жидкого аммиака из цистерн происходит за счет разности давлений. Давление быстро выравнивается и для дальнейших перемещений разность давлений должна поддерживаться работающим компрессором.

### 2.7.2 Удаление масла из системы

Выпуск осуществляется через маслосборник, для чего в нем понижается давление до давления всасывания путем подключения к циркуляционному ресиверу на  $t_0 = -40$  °С. Затем закрывают этот вентиль, открывается соответствующий вентиль и масло перемещают из аппаратов в маслосборник.

### 2.7.3 Оттаивание снеговой шубы

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

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						59

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

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

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

Собранный в дренажном ресивере хладагент выдерживается некоторое время для того, чтобы повысилась температура, и произошло расслоение хладагента и масла. Масло из дренажного ресивера удаляют в маслосорник. А оставшийся жидкий хладагент из дренажного ресивера удаляется при помощи выдавливания горячими парами. При этом в полость через паровой патрубок ресивера подается горячий пар из маслоотделителя и за счет изменения давления жидкий аммиак выходит через жидкостный патрубок на всасывающий трубопровод аммиачных насосов.

#### 2.7.4 Отделение воздуха

В данной холодильной установке используется автоматический отделитель неконденсирующихся газов Purger. Внутри теплообменника по трубам циркулирует фреон. При этом происходит отделение неконденсирующихся газов, от аммиака. Жидкий аммиак сливается в линейный ресивер, а газы удаляются барбатируя через воду.

### 3 АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ХРАНЕНИЯ ПЛОДОВ

Свежие фрукты и овощи – ценный источник витаминов, минеральных веществ, каротиноидов, кислот, сахаров, фенольных и др. биологически активных соединений, крайне необходимых для нормальной жизнедеятельности человеческого организма.

По данным Всемирной организации здравоохранения, для надежной защиты организма человека от преждевременного старения и развития многих заболеваний необходимо, чтобы в ежедневном рационе доля фруктов и овощей составляла не менее 40%, т.е. 700-800 г.

Важность свежих плодов, овощей и продуктов их переработки отмечается в распоряжении правительства РФ от 25 октября 2010 года № 1873 – «Об утверждении основ государственной политики Российской Федерации в области здорового питания населения на период до 2020 года».

В связи с этим актуальной проблемой является разработка и освоение прогрессивных технологий хранения свежих плодов, ягод и овощей.

По своим биологическим особенностям наиболее длительно (6 – 11 месяцев) способны храниться плоды яблони, продолжительность хранения которых ограничиваются, преимущественно из-за поражения физиологическими и грибными заболеваниями, снижения качества, что стимулирует исследования по разработке новых и совершенствованию существующих технологий хранения.

На базе данных по изучению физиолого-биохимических процессов, происходящих в плодах в послеуборочный период, было разработано несколько технологий их хранения: от простейшей – естественное охлаждение, далее – искусственное охлаждение (ОА), модифицированная атмосфера (МА, состав атмосферы зависит от генотипа сорта, свойств пленки и др.,  $O_2$  – 13-19 %), стандартная регулируемая атмосфера (РА,  $O_2$ – 1,5-2,5%), регулируемая атмосфера с ультранизким содержанием кислорода (УСК,  $O_2$ – 0,8-1,2%), до самой совершенной – динамичная регулируемая атмосфера (ДРА,  $O_2$ – 0,4-0,6%).

На основе анализа отечественной, зарубежной литературы было установлено, что основной причиной развития заболеваний и снижения качества является избыточное накопление этилена внутри плодов и окружающей среде [8, 9]. Он синтезируется плодами (эндогенный) или поступает из окружающей среды (экзогенный) и в крайне низких концентрациях активизирует их созревание, перезревание и старение, что приводит к развитию многих физиологических и грибных заболеваний, потере качества.

Наиболее эффективное ингибирование этилена обеспечивается в динамичной регулируемой атмосфере. В последний период ДРА осваивается в некоторых странах. Однако эта технология предъявляет ряд особых требований к герметичности камер, оборудованию, обеспечивающему

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						60

создание и поддержание заданных параметров атмосферы, квалификации технического персонала, качеству плодов, в том числе их физиологической однородности, что повышает затраты на ее осуществление [8, 9].

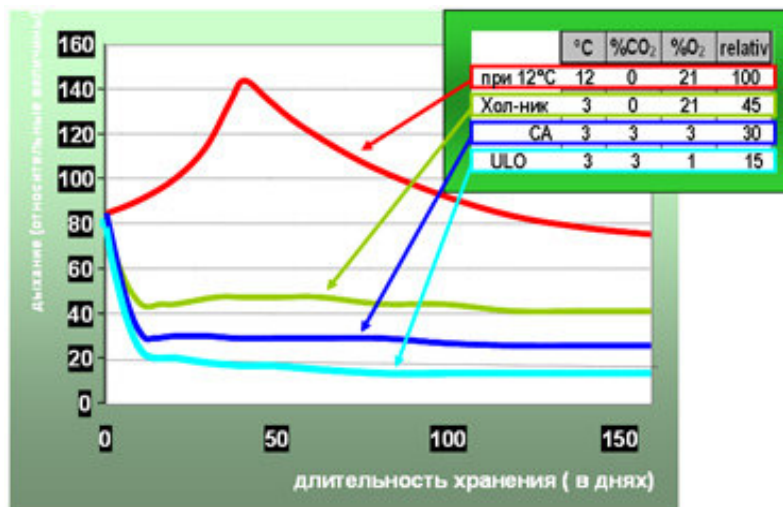


Рис. 3.1 – Дыхание яблок в различных условиях хранения

Наиболее эффективное ингибирование этилена обеспечивается в динамичной регулируемой атмосфере. В последний период ДРА осваивается в некоторых странах. Однако эта технология предъявляет ряд особых требований к герметичности камер, оборудованию, обеспечивающему создание и поддержание заданных параметров атмосферы, квалификации технического персонала, качеству плодов, в том числе их физиологической однородности, что повышает затраты на ее осуществление [8, 9].

В настоящее время в мировой практике основной технологией хранения плодов является УСК.

В России пока наиболее распространенной технологией хранения является ОА, в передовых хозяйствах осваиваются РА и УСК.

ОА не обеспечивает длительного хранения плодов многих сортов, а РА позволяет хранить плоды отдельных сортов в течение 6-9 месяцев, однако эта технология не гарантирует защиты плодов от загара. Кроме того, после выгрузки из камер с РА (на стадии доведения до потребителя) у плодов некоторых сортов резко снижается качество (потеря твердости, сочности, внутреннее и внешнее побурение тканей), что ограничивает сроки их реализации и потребления.

В связи с этим во многих научных центрах ведутся исследования по совершенствованию существующих и разработке новейших технологий хранения, направленных на поиски новых, менее затратных и технологичных способов ингибирования биосинтеза этилена.

Ученые Университета штата Северная Каролина (США) синтезировали эффективное соединение 1-метилциклопропен (1-МЦП), послеуборочная обработка которым позволяет ингибировать синтез этилена, процессы созревания и старения, значительно снизить потери и сохранить качество плодов. Ученые Российского химико-технологического университета им. Д.И. Менделеева синтезировали отечественный аналог – препарат Фитомаг, а во ВНИИС им. И.В. Мичурина разработали технологию его применения при различных технологиях хранения. Препарат прошел регистрацию и разрешен для практического применения в России, Украине, Молдавии, Белоруссии.

Механизм действия ингибитора этилена состоит в том, что молекулы действующего вещества 1-МЦП после обработки плодов прочно присоединяются к рецепторам этилена на клеточной мембране, т.е. занимают его место рис. 3.2. Поэтому этилен уже не может присоединиться к рецепторам и образовывать активные комплексы, ускоряющие созревание и старение плодов.



Рис. 3.2 – Механизм ингибирования биосинтеза этилена 1-метилциклопропеном

Использование ингибитора биосинтеза этилена – инновационный подход к совершенствованию существующих и разработке новых технологий хранения и транспортировки плодов, ягод и овощей.



Для обеспечения эффективности инновационных технологий на хранение следует закладывать качественные плоды, соответствующие требованиям высшего и I товарных сортов. Качество плодов и их потенциальная лежкоспособность формируется (конструируется) в саду, путем целенаправленного использования комплекса агроприемов (обрезка, минеральное питание, регуляторы роста, антистрессанты, иммунопротекторы и др.) с учетом сорта, особенностей типа и возраста насаждений, нагрузки урожаем, физиологического состояния растений и плодов, экологических условий (напряженность стресс-факторов).

Состояние зрелости плодов при съеме является одним из важнейших факторов, определяющих качество и продолжительность их хранения. Как рано, так и поздно снятые плоды в большей мере поражаются многими физиологическими заболеваниями рис. 3.3.



Рис. 3.3 – Влияние сроков съема на восприимчивость плодов к физиологическим заболеваниям

При ранних сроках съема плоды (особенно расположенные в теневой части кроны) отличаются низким уровнем накопления естественных антиоксидантов, несбалансированным минеральным составом, что повышает их восприимчивость к загару, подкожной пятнистости, грибным гнилям.

Период оптимального срока съема зависит от генотипа сорта, экологических и агротехнических факторов выращивания.

### 3.1 Обычная атмосфера

Более 90% плодов в России хранится в ОА. Из-за низкого уровня ингибирования этилена и, как следствие, незначительного торможения процессов послеплодочного созревания плодов в ОА, сроки их хранения ограничены (1,5-3 месяца), ввиду поражения физиологическими и грибными заболеваниями, потери качества, которое в рыночных условиях имеет решающее значение.

Технологии хранения плодов яблони в ОА, с использованием отечественного ингибитора биосинтеза этилена показали, что эффективность действия препарата Фитомаг проявляется уже в первые дни после обработки и сохраняется при хранении и доведении до потребителя. Это подтверждается следующими данными. Интенсивность выделения углекислого газа необработанными и обработанными препаратом Фитомаг плодами сорта Антоновка обыкновенная через 5 дней после съема плодов, 5 месяцев хранения, 5 месяцев хранения + 5 дней при  $t+22^{\circ}\text{C}$  составляла – 1,06 и 0,77; 1,6 и 1,2, 11,2 и 8,7 мл/кг час соответственно, интенсивность выделения этилена – 0,65 и 0,06; 16,31 и 5,53; 27,6 и 12,7 мкл/кг час, содержание эндогенного этилена в плодах – 24,8 и 0,57; 123,9 и 14,7; 396,7 и 57,6 ppm соответственно. На этапе доведения до потребителя твердость плодов в необработанных и обработанных партиях составляла 4,6 и 8,3 кг/см<sup>2</sup>, а потери от загара – 100 и 0,2% соответственно.

Товарные и потребительские качества, лежкоспособность плодов во многом обусловлены генотипическими особенностями сорта [11].

В результате анализа установлено, что повышенной интенсивностью дыхания и выделения этилена отличаются плоды сортов: Антоновка обыкновенная, Жигулевское, Лобо, Мартовское, Синап Орловский, что объясняет высокие темпы их созревания, особенно при повышении температуры хранения и на стадии доведения до потребителя табл. 3.1.

Сорт Богатырь отличается низкой интенсивностью дыхания и выделения этилена, что обеспечивает возможность эффективного управления обменными процессами при хранении и определяет достаточно высокую лежкоспособность плодов.

Установлено, что плоды, выращенные в средней полосе России, чаще всего отличаются более высокой интенсивностью дыхания и выделения этилена, по сравнению с плодами южной зоны (Ренет Симиренко, Гренни Смит и др., что в том числе, определяет их высокую восприимчивость к физиологическим и микробиологическим заболеваниям, сравнительно низкую лежкоспособность.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						64



## Разложение

На примере обработанных препаратом Фитомагпартий было показано, что через 6 месяцев хранения в ОА содержание эндогенного этилена составляло в плодах сорта Ренет Симиренко 308,7 и 75,2 ppm соответственно, сорта Жигулевское и 1804,7 и 397,2 ppm соответственно. После 6 месяцев хранения в ОА + 7 дней в комнатных условиях потери от разложения (мучнистость, побурение тканей) составили 25,0; 0,1% и 22,0; 0,1% соответственно. Обработанные партии имели привлекательный вид, высокую твердость плодов, у сорта Ренет Симиренко данный показатель составил – 6,9 (контроль 5,1), у сорта Жигулевское – 6,2 (контроль 4,5) кг/см<sup>2</sup>.

## Загар

Плоды многих промышленных сортов средней и южной зоны садоводства поражаются загаром, что резко снижает их качество и цену реализации.

В результате анализа установлено, что основной причиной развития загара является накопление в покровном воске кожицы плодов непредельного углеводорода фарнезена и продуктов его окисления, причем основную роль в развитии заболевания отводят конъюгированным триенам (КТ281) [9, 10]. Ряд исследователей установили так же важную роль этилена в развитии загара [8, 9, 10]. С одной стороны, этилен индуцирует накопление фарнезена и продуктов его окисления, что повышает восприимчивость плодов к заболеванию, с другой – этилен стимулирует биосинтез естественных антиоксидантов – фенольных соединений, которые наоборот ингибируют окисление фарнезена, образование КТ281 и сдерживают развитие загара [10]. Степень поражения плодов загаром определяется своеобразным балансом между уровнем накопления в кутикуле фенольных соединений и КТ281, чем ниже это соотношение, тем выше вероятность появления загара, однако пусковым механизмом созревания и старения плодов является этилен [8, 9].

Зависимость развития загара от уровня содержания эндогенного этилена, КТ281, фенольных соединений подтверждена на примере плодов различных сортов – Антоновка обыкновенная, Мартовское, Синап Орловский, Северный Синап, Грэнни Смит, РедДелишес, Ренет Симиренко, Джонаголд, обладающих высокой восприимчивостью к этому заболеванию.

Важную роль в развитии загара играет и экзогенный этилен. Так, после 4,5 месяцев хранения контрольных плодов сорта Северный синап в ОА с разным уровнем экзогенного этилена – 1,5 – 2,5 и 50,0 – 200,0 ppm (в камере), содержание КТ281 составляло 2,92 и 34,7 нмоль/см<sup>2</sup>, поражаемость загаром 0,2 и 100% соответственно. Аналогичные данные получены на сортах Антоновка обыкновенная, Мартовское.

Учитывая исключительно важную физиологическую роль эндогенного и экзогенного этилена в жизнедеятельности плодов и сохранении их качества,

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						66

необходимо систематически контролировать его содержание не только в плодах, но и в атмосфере камеры.

Этилен выполняет важную роль в жизни растений. В вегетационный период (от формирования завязи до созревания плодов и листопада) в ответ на стрессовые ситуации закономерно происходит повышение эндогенного этилена в листьях и плодах, что может служить диагностическим показателем стрессового состояния растений.

### Мокрый ожог

Некоторые сорта яблони – Антоновка обыкновенная, Мартовское, Богатырь, Орловское полосатое и др. (особенно при съеме плодов в поздние сроки, нарушении температурных условий) в период хранения поражаются мокрым ожогом. Потери от заболевания в отдельных партиях могут достигать 30% и более. Обработка препаратом Фитомаг обеспечивает надежную защиту плодов от поражения мокрым ожогом. Так, при хранении контрольной и обработанной ингибитором этилена партий плодов сорта Антоновка обыкновенная в ОА потери от мокрого ожога через 4,5 месяца хранения составили 12,1 и 0% соответственно. Аналогичные данные получены по сорту Мартовское, Богатырь.

### Маслянистость кожицы.

При длительном хранении плодов в ОА у многих сортов яблони (Мартовское, Жигулевское, Ветеран, Оранжевое, Декабренок, Джонаголд и др) в результате окислительных процессов на поверхности кожицы появляются маслянистые выделения, что резко снижает их товарные и вкусовые качества. Чаще всего в маслянистых плодах содержание эндогенного этилена превышает 1000 ppm (что вероятно связано с затруднением диффузии летучих соединений из-за маслянистой пленки на поверхности кожицы). Обработка плодов ингибитором этилена интенсивно замедляет процессы их созревания и старения, исключает или значительно снижает развитие маслянистости кожицы.

### Подкожная пятнистость

Подкожная пятнистость – физиологическое заболевание, которое появляется в саду, но в большей степени – при хранении, оказывает существенное влияние на внешний вид, резко снижает товарное качество продукции. У восприимчивых к заболеванию сортов Синап Орловский,

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						67

Память Мичурина, Интерпрайс, Бреберн, Ред Делишес, Ренет Симиренко, Ред Чив, Северный синап и др. потери могут достигать 30% и более.

Причиной развития болезни является нарушение минерального баланса плодов: недостаточное количество Са, избыток N, K, Mg, повышенный уровень физиологически активных гиббереллинов, вызывающих интенсивный рост побегов [38]. В большей степени этим заболеванием поражаются плоды, снятые с интенсивно растущих, молодых, малоурожайных и сильно обрезанных деревьев. Развитию болезни способствует избыточное внесение азотных и калийных удобрений, резкое колебание влажности и температуры почвы, поздний полив перед съемом урожая, низкая нагрузка урожаем [11].

Крупные плоды с интенсивно растущих насаждений, наряду с дисбалансом минеральных веществ, отличаются высокой интенсивностью дыхания и выделения этилена, что способствует накоплению фарнезена и продуктов его окисления. Так, на момент съема в вариантах Контроль и Обрезка (сорт Антоновка обыкновенная) содержание Са составляло 5,2 и 2,75 мг% (норма > 5), соотношение K+Mg/Ca – 21 и 87 (норма < 25), содержание этилена - 0,8 и 42,1 ppm, фарнезена - 20,63 и 99,33 нмоль/см<sup>2</sup>; КТ281 - 1,0 и 5,23 нмоль/см<sup>2</sup> соответственно, через 3 месяца хранения потери от подкожной пятнистости составили 0,1 и 7,2%, от загара - 22,5 и 52,8%, соответственно. В партиях, обработанных препаратом Фитомаг, потери от подкожной пятнистости составили 0,1 и 8,4%, от загара – 0,5 и 2,1%, соответственно.

Таким образом, у плодов с интенсивно растущих насаждений, наряду с повышением восприимчивости к подкожной пятнистости возможно повышение потерь и от загара (у предрасположенных к заболеванию сортов — Синап Орловский, Бреберн, Ред Делишес, Ренет Симиренко, Ред Чив, Северный синап). Послеуборочная обработка таких партий препаратом Фитомаг исключает, либо существенно снижает потери от загара, но не от подкожной пятнистости (возможно увеличение степени ее проявления). Поэтому для снижения (возможно – исключения) потерь от заболевания необходимо обеспечить оптимальные условия выращивания плодов.

В результате анализирования препарата Фитомагустановлено положительное влияние препарата на сохранение биологически активных соединений, характеризующих вкус и питательную ценность плодов, твердость, т.е. их качество. Так, биохимические показатели контрольных и обработанных плодов сорта Антоновка обыкновенная через 3 месяца хранения составляли: антиокислительная активность сока – 170 и 250 мкг/мл, титруемая кислотность 0,94 и 1,45%, сухие растворимые вещества 10,7 и 11,8% , твердость плодов – 2,4 и 5,2 кг/см<sup>2</sup> соответственно.

Установлено, что эффективность использования ингибитора этилена повышается при обработке плодов в оптимальные сроки. Оптимальные сроки загрузки камер для различных сортов яблони, обеспечивающие высокую эффективность обработки препаратом Фитомаг, они составляют:

- для сортов с высокой интенсивностью созревания плодов (выделения CO<sub>2</sub>, этилена) – Антоновка обыкновенная, Мартовское, Жигулевское, Орловское полосатое, Тамбовское, Орлик и др. – 1-2 дня;

- для сортов с меньшей интенсивностью созревания плодов – Синап орловский, Северный синап, Богатырь и др. – 3-4 дня.

Использование послеуборочной обработки ингибитором этилена обеспечивает продление сроков хранения плодов средней и южной зоны в ОА в среднем на 2 – 2,5 месяца, по сравнению с контрольными партиями. При дальнейшем хранении повышается восприимчивость плодов к загару и другим заболеваниям, снижается их качество.

Для районированных и перспективных сортов яблони средней зоны садоводства нами разработаны условия и сроки хранения при использовании технологий ОА и ОА + Фитомаг, определены основные потери при хранении табл. 3.2.

Обработанные препаратом Фитомаг плоды могут проявлять устойчивость к физиологическим заболеваниям (без существенных потерь твердости) в течении 1,0-2,5 месяцев хранения (в зависимости от сорта) в помещениях без искусственного охлаждения (при температуре окружающей среды). Возможно, это обстоятельство поможет рационально распорядиться полученным урожаем при недостаточных объемах фруктовых холодильников.

Таблица 3.2 – Рекомендуемые условия и сроки хранения плодов различных сортов яблони при использовании технологии ОА и ОА+Фитомаг.

Сорт	t, °С	Срок хранения, месяцев.	
		ОА	ОА+Фитомаг
Антоновка обыкновенная	3-3,5	до 1	3-4
Апорт	3	2,5-3	4-5
Апрельское	1-1,5	3-4	5-6
Богатырь	1,5-2	до 3,5	6-7
Беркутовское	0,5-1	2,5-3,0	5-6
Ветеран	0,5-1	3-3,5	5-5,5
Вишневое	0,5-1	до 2,5	4-5
Декабренок	2	2-2,5	3,5-4
Жигулевское	0,5-1	2,5-3	4,5-5,5
Зимнее полосатое	0,5-1	3-3,5	4-5,5
Имрус	0,5-1	до 2,5	4-5
Коричное новое	1,5-2	3,5-4	5-6
Куйбышевское	0,5-1	2,5-3	4-5,5
Куликовское	0,5-1	2,5-3	4-5,5
Лобо	0,5-1	3-3,5	5-6
Мартовское	3-3,5	до 1,5	5-6
Мекинтош	1,5-2	3-3,5	5-6





5,8 и 7,3 кг/см<sup>2</sup> соответственно. Подобная закономерность подтверждена и на таких сортах южной зоны садоводства, как Ред Делишес, Моргендуфт, Джонаголд, Корей, Ред Чиф и др.

Из сортов средней зоны садоводства, максимально высокая эффективность действия препарата Фитомаг выявлена на плодах зимних сортов с низкой интенсивностью дыхания и выделения этилена (Синап Орловский, Северный Синап, Богатырь, Беркутовское), снятых в оптимальные сроки. Так, после 7 месяцев хранения в РА контрольных и обработанных ингибитором этилена плодов сорта Северный синап содержание эндогенного этилена составляло – 300,7 и 7,8 ppm, продуктов окисления фарнезена – 12,2 и 0,11 нмоль/см<sup>2</sup>, потери от загара 67,0 и 0,1 % соответственно, твердость – 7,2 и 8,7 кг/см<sup>2</sup>.

После 6 месяцев хранения в РА контрольных и обработанных ингибитором этилена плодов сорта Мартовское (отличающегося более высокой интенсивностью созревания, по сравнению с сортом Северный синап) содержание эндогенного этилена составляло – 583,4 и 15,1 ppm, продуктов окисления фарнезена – 29,2 и 5,2 нмоль/см<sup>2</sup>, потери от загара составили 100 и 0,1 % соответственно, твердость – 6,8 и 8,3 кг/см<sup>2</sup>.

В обработанных партиях хорошо сохраняется твердость и сочность плодов, что обеспечивает их реализацию по более высокой товарной категории. Подобные результаты получены и на примере таких сортов средней зоны садоводства, как, Жигулевское, Богатырь (рис.3.4), а также Синап Орловский, Синап Белорусский, Лобо и др.

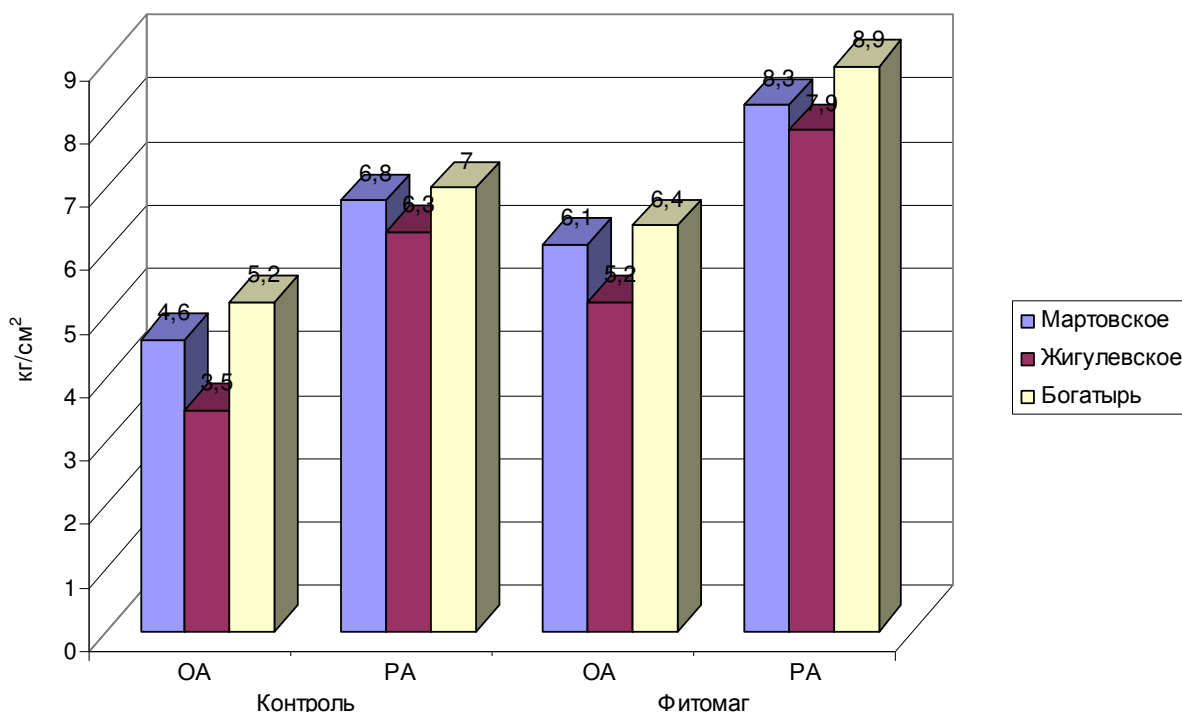


Рис. 3.4 Твердость плодов яблоки при хранении в ОА и РА (O<sub>2</sub>-1,2-1,5%; CO<sub>2</sub>-1,2-1,5%). Срок хранения 6 месяцев.

### 3.3 Влияние содержания этилена в атмосфере камер

Экзогенный этилен может оказывать существенное влияние на качество и лежкоспособность многих сортов яблони.

В настоящее время крупные плодородческие хозяйства не закладывают необработанные ингибитором биосинтеза этилена плоды, особенно сортов, восприимчивых к загару на хранение в РА и УСК, из-за высоких рисков потерь от заболевания (до 100%).

На примере сорта Мартовское показано, что послеуборочная обработка плодов препаратом Фитомаг в условиях как пониженного (7 – 9 ppm), так и высокого (70 – 92 ppm) уровня экзогенного этилена в камерах с УСК, интенсивно ингибирует биосинтез эндогенного этилена – 9,8 и 10,6 (контроль – 245,6 и 450,3) ppm соответственно, накопление продуктов окисления КТ281 – 4,8 и 5,2 (контроль – 15,8 и 24,3) нмоль/см<sup>2</sup> соответственно и обеспечивает защиту плодов от загара (0%) после 7 месяцев хранения и при доведении до потребителя (контроль – 60 и 100%, после 5 дней в комнатных условиях – 90 и 100% соответственно) табл.3.3. Таким образом, при сьеме плодов в оптимальные сроки и своевременной обработке препаратом Фитомаг отрицательная роль высокого уровня экзогенного этилена в камерах с РА (УСК) на развитие загара не установлена. Аналогичные данные получены на сортах Антоновка обыкновенная, Синап Орловский, Богатырь, Северный синап.

При хранении плодов (сорт Мартовское) в среде с высоким содержанием кислорода (17-18%), содержании экзогенного этилена в пределах 10-20 ppm в необработанных партиях уже через 3 месяца хранения содержание КТ281 достигло 24,3 нмоль/см<sup>2</sup>, а потери от загара составили 100%. Обработка плодов препаратом Фитомаг в течении 5 месяцев контролировала развитие загара, а после 7 месяцев хранения +5 дней в комнатных условиях потери от заболевания составили 25% (при содержании КТ281. – 16,6 нмоль/см<sup>2</sup>). Вероятно, повышенный уровень этилена – 10-20 ppm (физиологический минимум <1 ppm) стимулировал созревание плодов, а высокое содержания кислорода (17-18%) способствовало свободно-радикальному окислению фарнезена, накоплению конъюгированных триенов, что вызвало появление загара в ранние сроки. В силу указанных причин, эффективность послеуборочной обработки препаратом Фитомаг плодов, хранившихся в РА (СО<sub>2</sub>-3-4%, О<sub>2</sub> -17-18%) была ниже, чем плодов, хранившихся в УСК (О<sub>2</sub>- 0,8-1,2%) табл.3.3.

Таблица 3.3 – Влияние условий хранения и содержания экзогенного этилена на биохимические показатели и восприимчивость плодов сорта Мартовское к загару. 7 месяцев хранения.

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						72

Способ хранения	Вариант	Этилен, ppm		КТ <sub>281</sub> , нмоль/см <sup>2</sup>	Твердость, кг/см <sup>2</sup>	Загар, % +	
		экзогенный	эндогенный			При хранении	+5 дней при T=+22°C
РА CO <sub>2</sub> 3-4% O <sub>2</sub> -17-18%	контроль	10-20	534	37,0	5,3	100***	100***
	Фитомаг		45	16,6	7,0	5*	25*
УСК O <sub>2</sub> -0,8-1,2%	контроль	70-92	450,3	24,3	6,2	100**	100**
	Фитомаг		10,6	5,2	8,1	0	0
УСК O <sub>2</sub> -0,8-1,2%	контроль	7-9	245,6	15,8	6,9	60**	90**
	Фитомаг		9,8	4,8	8,7	0	0

Обработка плодов препаратом Фитомагрезко снижает биосинтез и накопление этилена не только в плодах, но и атмосфере камеры. Результаты практических исследований показывают, что даже в герметичных камерах (РА, УСК) с обработанной продукцией (при соблюдении технологических регламентов) содержание экзогенного этилена возможно поддерживать на уровне 5-10 ppm, без обработки – содержание этилена достигает 100 ppm и более.

Таким образом, в результате анализа установлена важная физиологическая роль этилена в окружающей атмосфере и необходимость его контроля в период хранения. Содержание экзогенного этилена в камере может быть одним из показателей прогнозирования физиологического состояния плодов, сроков их хранения и программирования системы воздухообмена.

### 3.4 CO<sub>2</sub> – повреждения

Биологической особенностью некоторых сортов яблони и груши является повышенная восприимчивость кожицы к высоким концентрациям CO<sub>2</sub>, что проявляется в виде некрозов (ожогов). К сортам с высокой восприимчивостью к заболеванию относятся: Мекинтош, Кортланд, Empire, Бреберн, Ред Чив, Айдаред, Корей, Голден Делишес, Ренет Симиренко, Жигулевское, Синап Орловский, Богатырь, Апрельское, сорта груши – Любимица Яковлева, Осенняя Яковлева и др. Потери от заболевания могут достигать 30%.

Существенное влияние на восприимчивость плодов к внешним CO<sub>2</sub>-повреждениям оказывает уровень содержания антиоксидантов (в том числе фенольных соединений) в кожице плодов [11]. Установлено, что повреждения

в основном возникают на неокрашенной стороне плода, а также на плодах, с несформировавшимся кутикулярным комплексом и низким содержанием антиоксидантов (при съеме в очень ранние сроки).

На примере сорта Жигулевское показано, что в плодах с содержанием СФС – 1025,8 мг/100г сырой массы кожицы, ее антиокислительной активностью в пределах 3,2 мг/г сырой массы, CO<sub>2</sub> – повреждения не отмечаются. В плодах с низким содержанием этих соединений (716,6 мг% и 1,5 мг/г сырой массы) потери от заболевания достигают 30%.

Аналогичные данные были получены на сортах Мартовское, Богатырь, Апрельское, Старкрымсон. Обработка препаратом Фитомаг может усилить степень повреждения плодов, т.к. она опосредованно ингибирует биосинтез фенольных соединений. Данные об ингибировании синтеза фенольных соединений препаратом Фитомаг подтверждены на сортах Жигулевское, Мартовское, Антоновка обыкновенная, Голден делишес, Ред Делишес и др.

Разработаны условия и сроки хранения плодов яблони в РА + Фитомаг для сортов средней зоны садоводства, выявлены основные заболевания табл. 3.4.

Таблица 3.4 Рекомендуемые условия и сроки хранения плодов сортов яблони ЦЧЗ при использовании технологии РА+Фитомаг.

Сорт	Регулируемая атмосфера			
	t, °C	O <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub>	сроки, мес.
Антоновка обыкновенная	Не рекомендуется			
Апорт	3,0	1,2-1,5	1,2-1,5	6-7
Апрельское	Не рекомендуется			
Богатырь	1,5-2	1,2-1,5	1,2-1,5	8-9
Беркутовское	0,5-1	1,2-1,5	1,2-1,5	7-8
Ветеран	0,5-1	1,2-1,5	1,2-1,5	6-7
Вишневое	0,5-1	1,2-1,5	1,2-1,5	6-7
Жигулевское	0,5-1	1,2-1,5	0,8-1	7-8
Зимнее полосатое	0,5-1	1,2-1,5	1,2-1,5	6-7
Имрус	0,5-1	1,2-1,5	1,5-2	6-7
Коричное новое	1,5-2	1,2-1,5	1,2-1,5	7-8
Куйбышевское	0,5-1	1,5-2	2-2,5	7-8
Куликовское	0,5-1	1,5-2	2-2,5	7-8
Лобо	0,5-1	1,2-1,5	2-3	7-8
Мартовское	3-3,5	1,2-1,5	1,2-1,5	7-8
Мекинтош	2-2,5	1,2-1,5	1,5-2	7-8

Норис	0,5-1	1,2-1,5	2-2,5	6-7
Орлик	0,5-1	1,2-1,5	1,5-2	6-7
Орловское полосатое	3	1,2-1,5	1,5-2	4-5
Память Воину	0,5-1	1,2-1,5	1,5-2	6-7
Память Мичурина	1-1,5	1,2-1,5	2-2,5	6-7
Пепин шафранный	1,5-2	1,2-1,5	2-2,5	7-8
Ренет Черненко	0,5-1	1,2-1,5	1,5-2	7-8
Ренет Курский золотой	0,5-1	1,2-1,5	1,5-2	7-8
Россошанское полосатое	0,5-1	1,2-1,5	2-2,5	6-7
Северный Синап	0,5-1	1,2-1,5	1,2-1,5	8-9
Синап Орловский	0,5-1	1,2-1,5	2-2,5	7-8
Синап Белорусский	1,5-2	2-2,5	0,8-1	6
Спартан	1-1,5	1,2-1,5	1,5-2	7-8
Скороплодное	0,5-1	1,2-1,5	1,5-2	6-7
Тамбовское	0,5-1	1,2-1,5	1,5-2	3,5-4
Уэлси	1,5-2	1,2-1,5	1,5-2	7-8

Обработка препаратом Фитомаг продлевает сроки хранения плодов в РА на 2-3 месяца при максимальном сохранении их твердости, сочности, вкуса при хранении и доведения до потребителя. Таким образом, использование технологии РА+ Фитомаг® обеспечивает сохранение плодов яблони зимних сортов средней зоны садоводства в течении 6-9 месяцев, а плодов зимних сортов южной зоны –до 7-11 месяцев, т.е. до нового урожая.

Разработаны условия и сроки хранения плодов и овощей в ОА и РА табл. 3.5.

Таблица.3.5–Примеры сроков хранения плодов и овощей ОА и РА

Продукт	Обыкновенный склад-холодильник (ОА)			Фруктовый холодильник (РА)				
	t, °С	Влажность воздуха	Срок хранения (дни)	t, °С	Влажность воздуха	CO <sub>2</sub> в %	O <sub>2</sub> в %	Срок хранения (дни)
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Сливы	-1 до 0	90-95	14 – 35	0	95	макс. 8	1 – 2	макс.

Персики	-1 до 0	90-95	14 – 42	0	95	3	1 – 2	до 42
Виноград	-1 до -0,5	90-95	60 – 180		95	1 – 3	2 – 5	90 – 120
Черника	-1 до 0	90-95	макс. 21	0 – 2	90-95	20 – 25		28
Красная смородина	0	90-95	14 – 21	0 – 2	90-95	20 – 25		28
Крыжовник	0 до 1	90	макс. 21					
Апельсины	8 до 10	85-90	до 120					
Мандарины	5 до 6	90	42					
Грейпфрут	10 до 12	85-90	90					
Ананас	10	85-90	21-28					
Авокадо	10 до 12	85-90	21-28	10 – 12	85-90	5 – 8	2	до 42
Финики	0	85	до 60					
Хурма	-1 до 0	90-95	60 – 90					
Киви	-0,5 до +0,5	90-95	макс. 180	0	95	6(6)	2 (15)	210 – 240

Продолжение таблицы 3.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Дыня (и арбуз)	10 до 15	80 – 90	14 – 21					
Манго	10 до 14	90	до 42	12 – 15	90-93	3 – 5	2 – 3	до 42
Яблоки						2 – 3	1,2 – 1,8	210
Лимоны	12	85-90	120					

### 3.5 Модифицированная атмосфера (МА)

Модифицированная атмосфера (МА) – способ хранения, основанный на использовании полимерных упаковок. Благодаря жизнедеятельности плодов, овощей и селективным свойствам пленки, в пакетах повышается содержание углекислого газа, снижается содержание кислорода и обеспечивается 100% относительная влажность воздуха. С одной стороны, это способствует снижению интенсивности дыхания, убыли массы плодов и сохранению товарных и вкусовых качеств продукции, с другой – обеспечивает накопление

экзогенного этилена, который стимулирует созревание и повышает восприимчивость плодов яблони к загару и распаду, повреждениям от высокого содержания  $\text{CO}_2$ . Высокий уровень относительной влажности в упаковке способствует поражению плодов грибными гнилями. Указанные причины ограничивают использование МА для хранения плодов и овощей [12, 13]. Поэтому были проведены исследования по изучению эффективности использования МА в сочетании с обработкой плодов препаратом Фитомаг (МА+Фитомаг) на ряде сортов средней (Богатырь, Синап Орловский, Лобо, Жигулевское) и южной зоны садоводства (Голден Делишес, Гала). В результате исследований и производственной проверки было установлено, что технология хранения МА+Фитомаг для некоторых сортов оказалась очень эффективной. Главные преимущества этой технологии – сдерживается накопление эндогенного и экзогенного этилена, в 2-3 раза снижается убыль массы плодов, исключается их увядание, исключаются либо существенно снижаются потери от загара, мокрого ожога,  $\text{CO}_2$  –повреждений, грибных заболеваний, плоды в течение длительного времени (8-9 месяцев) сохраняют сочность, твердость, привлекательность, питательную ценность [13, 14].

Для выявления роли экзогенного этилена на развитие загара плодов были проведены специальные исследования. В одну упаковку были заложены плоды сорта Богатырь предварительно обработанные ингибитором этилена и без обработки. После 8 месяцев хранения в пакетах уровень экзогенного этилена достиг 117 ppm, а уровень эндогенного этилена в контрольной партии составлял – 377,4 ppm, в обработанной препаратом Фитомаг – 4,9 ppm, содержание КТ281 – 12 и 0,6 нмоль/см<sup>2</sup>, поражаемость загаром – 8,0 и 0,1% (при доведении до потребителя – 60 и 0,1 %), твердость – 5,3 и 8,1 кг/см<sup>2</sup> соответственно.

Подобные зависимости получены и на других сортах средней зоны садоводства – Синап Орловский, Северный Синап, Лобо. Эти данные подтверждают, что обработка плодов ингибитором этилена обеспечивает их надежную защиту от загара и других заболеваний, сохранение высокого качества и при высоком уровне экзогенного этилена.

Положительные результаты получены при хранении обработанных Фитомагом плодов южной зоны садоводства сорта Голден Делишес в контейнерах с полиэтиленовыми вкладышами, создающими МА (промышленное испытание, ЗАО «Сад-Гигант») [13, 14]. Убыль массы в этих партиях снизилась в 3-3,5 раза, по сравнению с ОА. Потери от грибных болезней после 7 месяцев хранения в варианте МА+ Фитомаг не превышали 1%, плоды прекрасно сохранили сочность, твердость, привлекательность. В пакете с необработанными плодами (МА + контроль) уровень экзогенного этилена повышался до 50 ppm, эндогенного – до 125 ppm, из-за высокой влажности и низкой твердости плодов (2,8 кг/см<sup>2</sup>) наблюдалось их растрескивание и поражение грибными гнилями (до 30% и более). В варианте МА+ Фитомаг – такие потери отсутствовали в связи с высокой

лежкоспособностью обработанной партии (эндогенный этилен – 1,2 ppm, твердость – 6,7 кг/см<sup>2</sup>). Подобные закономерности получены и на сорте Гала.

В результате анализа выявлено, что обработку плодов, предназначенных для хранения в МА эффективно проводить через упаковку (пакет, вкладыш), что упрощает освоение технологии в производственных условиях.

Технология МА+ Фитомаг может быть альтернативой РА для сортов, склонных к увяданию (Голден Делишес, Гала, Лобо, Ренет Черненко, Богатырь и др.) и наиболее эффективна для партий длительного срока хранения.

Технология МА+ Фитомаг оказалась очень эффективной для хранения капусты брокколи, цветной, китайской и белокочанной, МА – для кратковременного хранения и транспортировки плодов вишни, черешни, ягод земляники, малины, черной и красной смородины, жимолости, боярышника.

Максимальная эффективность при освоении инновационных технологий хранения плодов, ягод и овощей достигается при использовании продукции высокого качества, которое обеспечивается на стадии выращивания, уборки и транспортировки до мест хранения. Таким образом, для получения продукции высокого качества и конечного результата необходимо все элементы технологии: производство, уборка, хранение, товарная обработка и доведение продукции до потребителя – объединить в единую систему.

Технологии хранения плодов, ягод и овощей в ОА, РА, МА с использованием отечественного ингибитора этилена препарата Фитомаг обеспечивают:

- максимальное сохранение исходного качества (свежести, привлекательности, твердости, сочности, хрустящей консистенции, вкуса) и питательной ценности (антиоксидантной активности, кислотности и др.) плодов, ягод и овощей при хранении и доведении до потребителя;
- исключают или резко снижают поражение плодов загаром, распадом от старения, мокрым ожогом, развитие маслянистости кожицы и грибных гнилей, снижают потери веса;
- обеспечивают продажу свежих плодов высокого качества круглый год (подбор сортов, технологий хранения);
- позволяют проводить поэтапную реализацию продукции из камер с ОА и РА;
- снижают затраты на электроэнергию при хранении.

Использование инновационных технологий позволяет получать экономический эффект в размере 5-8 тыс. рублей на 1 т плодов, повышает конкурентоспособность предприятия на рынке.



## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате выполненной работы произведено оптимальное размещение оборудования для централизованного холодоснабжения, камер хранения различных продуктов.

В целях повышения экономической эффективности холодильных установок, в схеме использовалось современное оборудование, что позволило автоматизировать холодильную установку и создать благоприятные условия работы обслуживающего персонала.

Для отвода теплоты конденсации выбраны водяные вертикальные конденсаторы.

В камерах хранения охлажденной продукции, а также в камерах хранения замороженной продукции установлены воздухоохладители, что обусловлено более равномерным распределением температуры воздуха в камере, высоким значением коэффициента теплоотдачи от продуктов к воздуху при их термической обработке.

В специальной части проведен анализ современных технологий хранения плодов.

Проект холодильной установки фруктового холодильника емкостью 4400 т. в городе Барнаул, выполнен в соответствии с современными требованиями по проектированию производственных холодильников.

						Лист
						79
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

## ЛИТЕРАТУРА

1. Комарова Н.А.. Холодильные установки: Учеб. пособие для специальности «Холодильные, криогенные установки и кондиционирование», часть 1, книга 1, книга 2– Кемерово.: 2004.–241 с.
2. Явнель Б.К. Курсовое и дипломное проектирование холодильных установок и систем кондиционирования воздуха. – М.: Агропромиздат, 1989.
3. Методическое указание по выполнению курсовой работы для студентов специальности 101700 «Холодильные, криогенные установки и системы кондиционирования» всех форм обучения. Составил: Кирюхина А.Н.
4. Быков А.В. Теплообменные аппараты, приборы автоматизации и испытания холодильных машин. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1984. – 248 с.
5. Курылев Е.С., Герасимов Н.А. Холодильные установки. – Л.: Машиностроение, 1980.
6. Богданов С.Н. и др. Свойства веществ. Справочник. – М.: Агропромиздат, 1985.
7. Методические указания для студентов, обучающихся по специальности 140504.65 «Холодильная, криогенная техника и кондиционирование» всех форм обучения, 2011 Н.А. Комарова, А.В. Усов, О.В. Иваненко, Ю.П. Михайлов.
8. Гудковский В.А. Причины повреждения плодов загаром и система мер борьбы с этим заболеванием / В.А. Гудковский // Повышение эффективности садоводства в современных условиях Т.3: Материалы Всероссийской научно-практической конференции. МичГАУ, 2003 – С.207-216.
9. Гудковский В.А. Современные и новейшие технологии хранения плодов (физиологические основы, преимущества и недостатки) / В.А. Гудковский, Л.В. Кожина, А.Е. Балакирев // Труды Всероссийского научно-исследовательского института садоводства им. И.В. Мичурина. Научные основы садоводства: Сб. науч. Трудов. – Воронеж.: Кварта, 2005. – С. 309-325.
10. Гудковский В.А. Влияние генотипа сорта на лежкоспособность плодов яблони / В.А. Гудковский, Л.В. Кожина, А.Е. Балакирев, Ю.Б. Назаров // Плодоводство и ягодоводство России: Сб. науч. Работ/ВСТИСП.-М., 2009.- ТХХI. С.82-91.
11. Гудковский В.А. Роль минерального состава, гормонов и антиоксидантов в защите плодов и растений от физиологических заболеваний / В.А. Гудковский, Ю.Б. Назаров, Л.В. Кожина // Инновационные технологии производства, хранения и переработки плодов и ягод: Материалы науч.-практ. конф. 5-6 сентября 2009г, Мичуринск. 2009. С. 26-40.
12. Гудковский В.А. Инновационные технологии хранения плодов / В.А. Гудковский, Л.В. Кожина, А.Е. Балакирев, Ю.Б. Назаров // Достижения науки и техники в АПК, 2010. - №8. - С. 72-74.
13. Гудковский В.А. Эффективность модифицированной атмосферы и ингибитора биосинтеза этилена для хранения плодов, ягод и овощей./ В.А. Гудковский,

					Лист
					80
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	

Л.В. Кожина, А.Е. Балакирев, Ю.Б. Назаров // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета, 2009, № 1. Мичуринск – наукоград РФ. С. 53-64.

14. Гудковский В.А. Прогрессивные технологии хранения плодов / В.А. Гудковский, А.А. Кладь, Л.В. Кожина, А.Е. Балакирев, Ю.Б. Назаров // Достижения науки и техники в АПК, 2009. - №2. - С. 66-68.

						Лист
						81
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		