

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ


**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

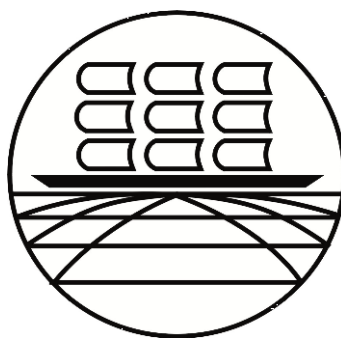
УТВЕРЖДАЮ

Начальник ММРК им. И.И. Месяцева  
ФГБОУ ВО «МГТУ»

  
(подпись)

И.В. Артеменко

«31» августа 2019 г.



## **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ПРАКТИЧЕСКИМ И ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

учебной дисциплины ПМ.01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)  
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)  
специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)  
по программе базовой подготовки  
форма обучения: очная, заочная

Мурманск  
2019

## Рассмотрено и одобрено на заседании

Методической комиссией преподавателей дисциплин профессионального цикла специальностей отделения судовой энергетики

Председатель МК

Миронов В.И.

Протокол от 29 мая 2019 г.

## Разработано

на основе ФГОС СПО по специальности 15.02.06. Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям), утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 18 апреля 2014г. № 348 Международной конвенции о подготовке и дипломированию моряков и несению вахты 1978 года и Кодекса по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции от 25 июня 2010 года (с учетом Манильских поправок) с поправками в части выполнения требований раздела А-III/1

Автор: Кручинин А.С., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Эксперт (рецензент):

Внутренний: Кумов М.Г., начальник отделения судовой энергетики, преподаватель высшей категории

Эксперт (рецензент)

Внешний: Заболотный А.В., заместитель директора ООО «Морской прибор».







## Введение

**1.1 Методические указания по практическим и лабораторным работам обучающихся по по ПМ.01 Ведение процесса по монтажу, технической эксплуатации и обслуживанию холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)** разработана в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом среднего профессионального образования по специальности 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям) базовой подготовки, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07 мая 2014 г. № и Международная конвенция о подготовке и дипломированию моряков и несении вахты 1978 года. Кодекс по подготовке и дипломированию моряков и несению вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции от 25 июня 2010 года (с учетом Манильских поправок) с поправками в части выполнения требований раздела А-III/1

### **1.2 Цели и задачи практической (лабораторной) работы требования к результатам освоения:**

В результате освоения профессионального модуля обучающийся должен

#### **уметь:**

- эксплуатировать холодильное оборудование;
- выполнять схемы монтажных узлов;
- осуществлять операции по монтажу холодильного оборудования;
- осуществлять операции по технической эксплуатации холодильного оборудования;
- осуществлять операции по обслуживанию холодильного оборудования;
- выбирать температурный режим работы холодильной установки;
- выбирать технологический режим переработки и хранения продукции;
- регулировать параметры работы холодильной установки;
- производить настройку контрольно-измерительных приборов;
- обеспечивать безопасную работу холодильной установки;

#### **знать:**

- устройство холодильно-компрессорных машин и установок;
- принцип действия холодильно-компрессорных машин и установок;
- свойства хладагентов и хладоносителей;
- технологические процессы организации холодильной обработки продуктов;
- технологию монтажа холодильного оборудования;
- виды инструктажей по безопасности труда и противопожарным мероприятиям;
- задачи и цели технической эксплуатации и обслуживания холодильной установки;
- решения производственно-ситуационных задач по обслуживанию и технической эксплуатации холодильной установки;
- конструкцию и принцип действия приборов автоматики.

Процесс изучения профессионального модуля направлен на формирование компетенций в соответствии с ФГОС СПО (табл. 1) и компетентностей в соответствии с требованиями Конвенции ПДНВ (табл. 1.1).\*

<b>Код компетенции</b>	<b>Содержание компетенции</b>	<b>Требования к знаниям, умениям, практическому опыту</b>
ОК 1.	Понимать сущность и социальную значимость своей будущей профессии, проявлять к ней устойчивый интерес.	Проявление и демонстрация устойчивого интереса к будущей профессии.
ОК 2.	Организовывать собственную деятельность, выбирать типовые методы и способы выполнения профессиональных задач, оценивать их эффективность и качество.	Мотивированное обоснование выбора и применения методов и способов решения, а также своевременность, правильность и полнота выполнения профессиональных задач.
ОК 3.	Принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность.	Демонстрация способности принимать решения в стандартных и нестандартных ситуациях и нести за них ответственность при выполнении профессиональных операций.
ОК 4.	Осуществлять поиск и использование информации, необходимой для эффективного выполнения профессиональных задач, профессионального и личностного развития.	Оперативность поиска и использования необходимой информации для качественного выполнения профессиональных задач. Широта использования различных источников информации, включая электронные.
ОК 5	Использовать информационно-коммуникационные технологии в профессиональной деятельности.	Применение математических методов и ПК в техническом нормировании и проектировании холодильных предприятий;
ПК 1.1.	Осуществлять обслуживание и эксплуатацию холодильного оборудования (по отраслям).	<p>Определение видов и способов работы по регламентному обслуживанию холодильного оборудования;</p> <p>Расчет и проверка параметров работы холодильного оборудования;</p> <p>Качество анализа и рациональность выбора режимов работы холодильного оборудования;</p> <p>Точность и грамотность оформления технической документации.</p>
ПК 1.2.	Обнаруживать неисправную работу холодильного оборудования и принимать меры для устранения и предупреждения отказов и аварий.	<p>Качество анализа конструктивно-технологических свойств холодильного оборудования и узлов входящих в него, исходя из их назначения;</p> <p>Определение видов и способов диагностики для предупреждения отказов холодильного оборудования;</p> <p>Определение видов и способов работы по устранению отказов холодильного оборудования;</p>
ПК 1.3.	Анализировать и оценивать режимы работы холодильного оборудования.	Расчет режимов работы холодильного оборудования и средств автоматики с

		учётом их функционального назначения, технических характеристик и правил эксплуатации;
ПК 1.4.	Проводить работы по настройке и регулированию работы систем автоматизации холодильного оборудования.	Расчет и проверка параметров работы средств автоматики; Качество анализа и рациональность выбора средств автоматики

Компетентности, формируемые профессиональным модулем в соответствии с Международной конвенцией ПДНВ

Таблица 1.1

Код компетентности	Компоненты компетентности, степень их реализации	Результаты обучения
Раздел А-III/1. Спецификация минимального стандарта компетентности для вахтенных механиков судов с обслуживаемым или периодически не обслуживаемым машинным отделением		
Судовые механические установки на уровне эксплуатации		
МК 1.1.	Компетентность «Несение безопасной машинной вахты» реализована полностью	Глубокое знание основных принципов несения машинной вахты. Меры безопасности, которые необходимо соблюдать во время несения вахты. Знать процедуры безопасности и порядок действий при авариях.
МК 1.2.	Компетентность «Использование английского языка в письменной и устной форме» реализована полностью	Достаточное знание английского языка, позволяющее лицу командного состава использовать технические руководства и исполнять обязанности механика.
МК 1.3.	Компетентность «Использование систем внутренней судовой связи» реализована полностью	Эксплуатация всех систем внутренней судовой связи.
Управление операциями судна и забота о людях на судне на уровне эксплуатации		
МК 1.4.	Компетентность «Обеспечение выполнения требований по предотвращению загрязнения» реализована полностью	Знание мер предосторожности, принимаемых для предотвращения загрязнения морской среды Меры по борьбе с загрязнением и все связанное с этим оборудование Важность действенных мер, направленных на защиту окружающей среды
МК 1.5.	Компетентность «Поддержание судна в мореходном состоянии» реализована полностью	Знание и применение знаний об остойчивости судна, посадке и напряжениях, диаграмм и устройств для расчета напряжений в корпусе. Понимание основных действий, которые должны предприниматься в случае частичной потери плавучести в неповрежденном состоянии Общее знание основных конструктивных

		элементов судна и правильных названий их различных частей
МК 1.6.	Компетентность «Предотвращение пожаров и борьба с пожарами на судах» реализована полностью	Умение организовывать учения по борьбе с пожаром. Знание видов и химического происхождения возгорания. Знание систем пожаротушения. Знание действий, которые необходимо принимать в случае пожара
МК 1.7.	Компетентность «Использование спасательных средств» реализована полностью	Умение организовывать учения по оставлению судна и умение обращаться со спасательными шлюпками, спасательными плотами и дежурными шлюпками, их спусковыми устройствами и приспособлениями, а также с их оборудованием, включая радиооборудование спасательных средств, спутниковые АРБ, транспондеры, используемые при поиске и спасании, гидрокостюмы и теплозащитные средства Знание способов выживания в море
МК 1.8.	Компетентность «Применение средств первой медицинской помощи» реализована полностью	Практическое применение медицинских руководств и медицинских консультаций, передаваемых по радио, включая умение принимать на их основе эффективные меры при несчастных случаях или заболеваниях, типичных для судовых условий
МК 1.9.	Компетентность «Контроль соблюдения требований законодательства» реализована полностью	Начальное рабочее знание соответствующих конвенций ИМО, касающихся охраны человеческой жизни на море и защиты морской среды
МК 1.10.	Компетентность «Применение навыков руководителя и умение работать в команде» реализована полностью	Рабочее знание вопросов управления персоналом судна и его подготовки. Знание соответствующих международных морских конвенций и рекомендаций, а также национального законодательства. Умение использовать методы управления задачами и рабочей нагрузкой
МК 1.11.	Компетентность «Вклад в безопасность персонала и судна» реализована полностью	Знание способов предотвращения пожара и умение бороться с огнем и тушить пожары. Знание приемов элементарной первой помощи. Знание личной безопасности и общественных обязанностей

## 2. Тематический план видов самостоятельной работы обучающихся

Наименование разделов и тем	Содержание самостоятельной работы обучающихся	Максимальная учебная нагрузка обучающегося, час	Аудиторная учебная нагрузка, час
1	2	3	4
<b>Раздел 1. . Монтаж холодильного оборудования</b>	.....		
Тема 1.2. Фундаменты для холодильного оборудования	.....		
	<b>Практическая работа</b>		
	1.Установка компрессора на фундаменте.		2
Тема 1.3. Монтаж компрес-соров, компрессорных агре-гатов			
	<b>Практическая работа</b>		
	1. Проверка соосности вала компрессора и вала электродвигателя.		2
Тема 1.6. Монтаж трубо-проводов			
	<b>Практическая работа</b>		
	1. Ознакомление с монтажными работами при установке трубопроводов и арматуры.		2
<b>Раздел 2. Эксплуатация холодильных установок</b>			
Тема 2.1. Холодильные машины			
	<b>Лабораторная работа</b>		
	1. Изучение конструкций теплообменных аппаратов с выполнением эскизов, схем включения.		6
	2.Разборка и сборка различных типов компрессоров, выполнение эскизов отдельных узлов и деталей. Описание конструкций. Спецификация деталей.		6
	3.Изучение конструкций вспомогательного оборудования с выполнением эскизов, схем включения.		6

	<b>Практическая работа</b>		
	1.Изучение тепловых диаграмм для хладагентов, построение циклов в диаграммах.		4
	2.Построение циклов и определение параметров точек циклов одноступенчатых холодильных машин по i-lg p диаграмме и таблицам холодильных агентов. Расчеты циклов для R717, R 134, A; R 22.		4
	3.Изображение схемы и построение цикла двухступенчатого сжатия с теплообменником в промежуточном сосуде в тепловой диаграмме, определение параметров узловых точек цикла. Расчет цикла.		2
	4.Изучение устройства отдельных деталей и узлов поршневых компрессоров в кабинетах (лабораториях) холодильных машин и установок среднего специального учебного заведения.		2
	5.Изучение конструкций ротационных и винтовых компрессоров в кабинете (лаборатории) среднего специального учебного заведения или в компрессорном цехе с современным оборудованием в форме урока на производстве.		2
	6.Тепловой расчет и подбор одноступенчатого компрессора (агрегата).		2
	7.Тепловой расчет и подбор двухступенчатого компрессора (агрегата).		2
	8.Расчет и подбор конденсаторов, водяных насосов и устройств для охлаждения оборотной воды.		2
	9.Расчет и подбор испарителей для охлаждения жидкостей, батарей и воздухоохладителей. Определение вместимости испарительной системы по R717.		2
	10.Расчет и подбор ресиверов, аммиачных циркуляционных насосов. Определение диаметра трубопроводов различного назначения и их подбор.		2
Тема 2.2. Холодильные установки			

	<b>Лабораторная работа</b>		
	1. Планировка холодильника по произведенным расчетам строительных площадей камер.		8
	2. Составление схемы холодильной установки по заданным вариантам.		10
	<b>Практическая работа</b>		
	1. Определение вместимости и строительной площади камер различного назначения и холодильника в целом.		4
	2. Изучение планировок холодильников различных типов.		4
	3. Расчет толщины теплоизоляционного материала в ограждениях холодильников.		4
	4. Составление схем отдельных узлов холодильной установки и агрегатированных холодильных машин.		4
	5. Определение теплопритоков Q1, Q2, Q3, Q4, Q5 в камеры холодильника.		2
	6. Определение холодопроизводительности компрессоров и камерного оборудования.		2
Тема 2.3. Льдотехника и холодильный транспорт			
	<b>Практическая работа</b>		
	1. Экскурсия на холодильное предприятие с целью изучения конструкций и устройства холодильных установок.		8
Тема 2.9. Пуск и остановка компрессоров			
	<b>Лабораторная работа</b>		
	1. Подготовка компрессора к пуску. Пуск и остановка компрессора.		2
Тема 2.10. Регулирование основных параметров режима работы холодильной установки			
	<b>Лабораторная работа</b>		

	1.Изучение устройства и настройка ТРВ. Построение статической характеристики.		4
	<b>Практическая работа</b>		
	1.Пользование пультом управления компрессорного агрегата.		4
Тема 2.11. Оптимальный режим работы холодильной установки			
	<b>Лабораторная работа</b>		
	1.Анализ режима работы холодильной установки.		2
	<b>Практическая работа</b>		
	1.Определение причин влажного хода компрессора и устранение отклонений.		2
Тема 2.12. Функциональные схемы автоматизации холодильных установок			
	<b>Практическая работа</b>		
	1.Составление схемы автоматической защиты и управления поршневого агрегата.		4
	2.Составление схем автоматизации узла циркуляционного ресивера и аммиачного насоса.		2
Тема 2.15. Системы вентиляции и кондиционирования воздуха			
	<b>Практическая работа</b>		
	1.Определение параметров воздуха по диаграмме «h – d»		2
	2.Изучение схем судовых систем кондиционирования воздуха		4
Тема 2.16. Технология холодильной обработки продукции			
	<b>Лабораторная работа</b>		
	1.Расчет калорийности мяса отдельных видов рыб.		4
	2.Определение теплоемкости сырья по его химическому составу		4

	3.Изучение способов консервирования.		2
	4.Изучение технологии производства охлажденной рыбы. Определение количества льда и тары необходимых для охлаждения рыбы		2
	5.Расчет холода на замораживание рыбы и изучение технологии производства мороженой рыбы		2
	6.Изучение технологии приготовления мороженого рыбного фарша		2
Тема 2.17. Организация эксплуатации холодильных установок			
	<b>Практическая работа</b>		
	1.Составление технического отчета по эксплуатации холодильной установки за месяц.		2
<b>Раздел 3. Обслуживание холодильных установок</b>			
Тема3.1. Техническое обслуживание компрессоров и компрессорных агрегатов			
	<b>Практическая работа</b>		
	1.Техническое обслуживание поршневого одноступенчатого агрегата.		4
	2.Техническое обслуживание винтового одноступенчатого агрегата.		4

# Раздел 1. Монтаж холодильного оборудования

## Практическое занятие № 1

### Тема практического занятия: Установка компрессора на фундаменте

#### Цель занятия:

1. Изучение конструкций фундаментов
2. Изучение приборов и инструментов используемых для установки компрессоров

#### Оборудование:

1. Компрессор небольшой массы.
2. Набор гаечных ключей, уровень, контрольная линейка.
3. Набор регулировочных подкладок, фундаментные болты.
4. Плакат компрессора.

#### Ход занятия

По обе стороны фундаментных болтов положите плоские подкладки на возможно близком расстоянии от болта. На плоские подкладки уложите пакет клиновых подкладок. В месте, где укладываете подкладки, поверхность фундамента не должна иметь неровностей и шероховатостей.

Подкладки притрите к поверхности фундамента. Подкладки можно укладывать с одной стороны фундаментного болта. Возле угловых фундаментных болтов подкладки установите с внутренней стороны. Подкладки должны выступать из-под края рамы на 20—30 мм. Высота устанавливаемых подкладок зависит от толщины подливки.

Опустите компрессор на деревянные брусья. Проверьте установку подкладок и клиньев.

Поднимите компрессор, выньте брусья и опустите компрессор на подкладки, проведите выверку осей компрессора относительно главных осей фундамента.

Равномерно затяните болты; подошва компрессора должна равномерно опираться на все подкладки. Проверьте плотность прилегания подошвы к подкладкам легким постукиванием по ним молотком, подкладки не должны при этом сдвигаться. Проверку можно произвести щупом толщиной 1 мм, который не должен проходить между верхней подкладкой и нижней поверхностью подошвы компрессора.

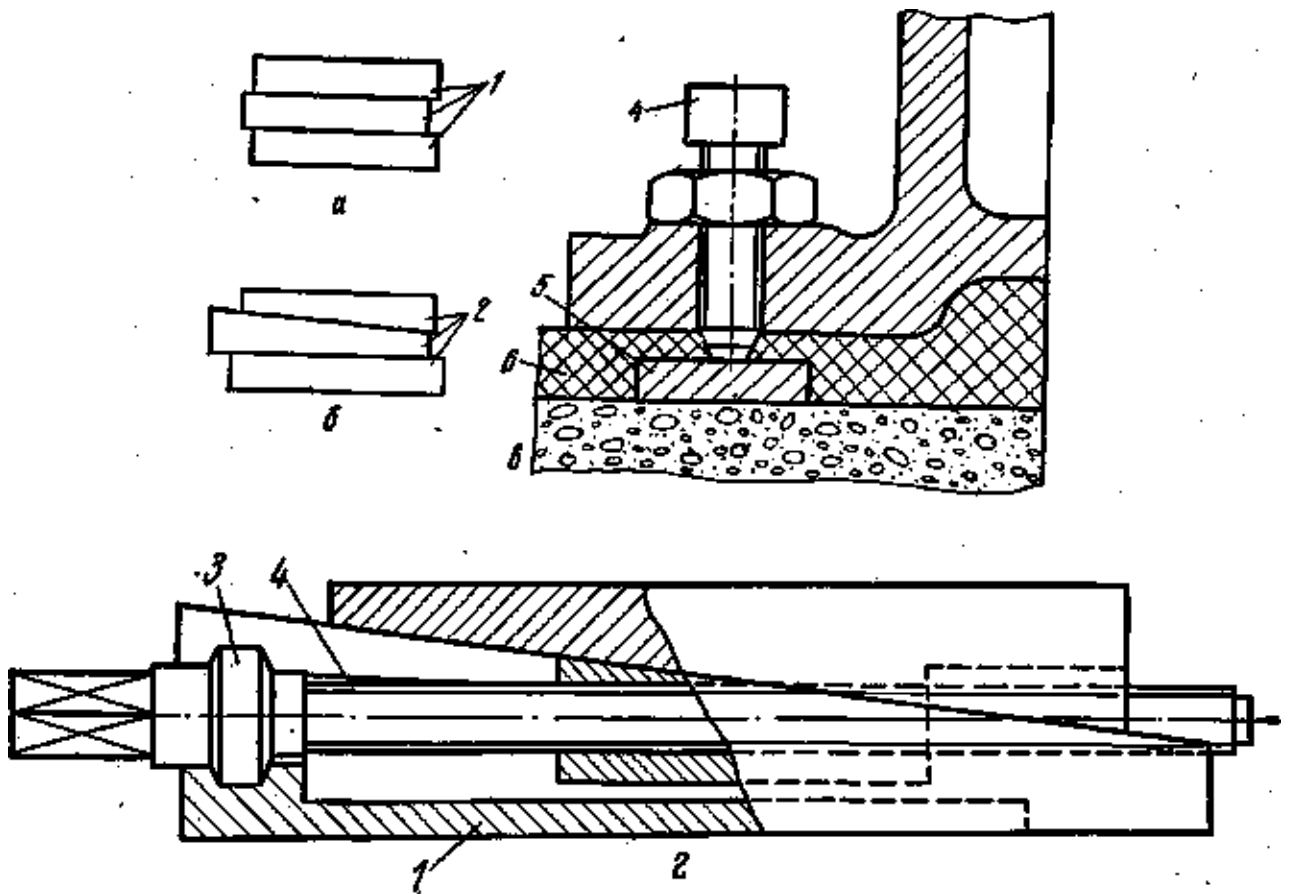
Горизонтальность установки компрессора проверьте по уровню. Если компрессор с вертикальным расположением цилиндров, контрольную линейку, на которую кладется уровень, положите на верхнюю плоскость блока цилиндров.

Если компрессор V-образный, уровень положите на фланец всасывающего патрубка в развале цилиндров.

При правильной установке компрессора воздушный пузырек уровня размещается между нулевыми рисками. Уровень при проверке на горизонтальность кладите в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Величину отклонения от горизонтальности подсчитайте как среднеарифметическую двух показаний; она не должна быть больше 0,1—0,2 мм вдоль оси вала и 0,2—0,5 мм — поперек оси вала.

Для проверки вертикальности установки компрессора закрепите хомутик со стрелкой на валу компрессора и замерьте расстояние от стрелки до вертикального отвеса, спущенного с осевой струны. Поверните вал на 180° и замерьте то же расстояние. Расстояния в верхнем и нижнем положениях должны быть равны.

Если на вал компрессора надет маховик, то замерьте расстояние от торцевой плоскости маховика до струны в верхнем и нижнем положениях.



**Рис. 1. Приспособления для выверки оборудования:**  
*а — пакет металлических плоских подкладок; б — пакет клиновых подкладок;*  
*в — рама с регулировочным винтом; г — регулируемое клиновое устройство;*  
*1 — плоские подкладки; 2 — клиновидные подкладки; 3 — втулка резьбовая;*  
*4 — винт регулировочный; 5 — подкладка под винт;*  
*б — бетонная подливка на фундаменте.*

**Отчет должен содержать краткое описание хода занятия, эскиз установки подошвы компрессора на подкладки, эскиз выверки осей компрессора и фундамента, эскиз метода проверки установки компрессора на вертикальность.**

#### **Контрольные вопросы**

1. Для чего компрессор устанавливают на подкладки?
2. Как производится выверка осей компрессора относительно главных осей фундамента?
3. Как производится проверка установки компрессора на горизонтальность?
4. Как производится проверка установки компрессора на вертикальность?
5. Какие виды фундаментов применяются для установки компрессоров?
6. Фундаментные и анкерные болты, виды и требования предъявляемые к ним.
7. Для чего необходимы отжимные (регулируемые) болты?
8. Какие виды подкладок используются при установке компрессора?
9. Где устанавливается уровень при монтаже V-образного компрессора?
10. Расскажите принцип действия регулируемого клинового устройства.

#### **Практическое занятие № 2**

**Тема практического занятия: Проверка соосности вала компрессора и вала электродвигателя.**

**Цель занятия:**

1. Изучение муфтовых соединений
2. Изучение методов проверки взаимного расположения компрессора и электродвигателя.

**Оборудование:**

1. Компрессор средней производительности, электродвигатель.
2. Набор регулировочных подкладок, приспособление из скоб для измерения радиального и осевого смещения вала.
3. Плакат компрессора.

**Ход занятия**

Установите салазки электродвигателя на фундамент и слегка закрепите их фундаментными болтами, салазки установите по уровню. Чтобы добиться горизонтальности салазок, установите под них подкладки.

Установите электродвигатель на салазки так, чтобы его можно было двигать для надевания ремней и компенсации их удлинения при эксплуатации.

Проверьте горизонтальность установки электродвигателя по уровню. Положите уровень на конец вала или на шкив, затем — на поверхность салазок в перпендикулярном положении к первоначальной укладке. Допускаемый уклон по оси вала 0,1 мм по оси салазок — 0,3 мм на 1 м.

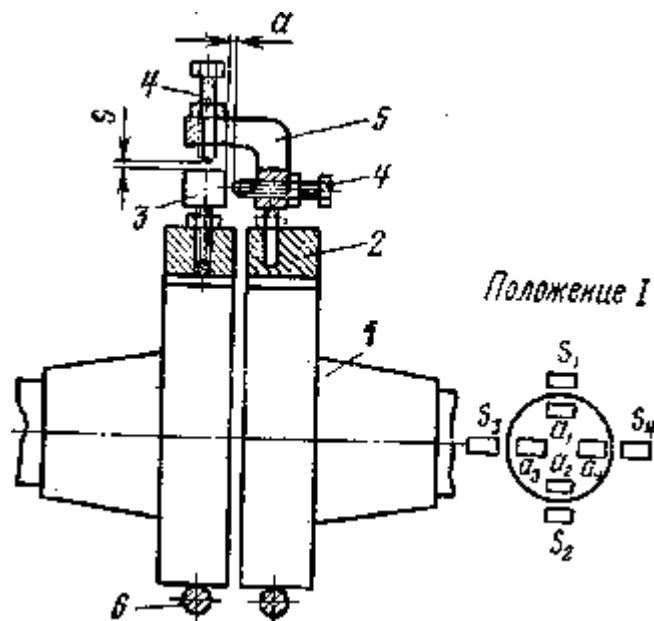
Установите на каждой полумуфте вала компрессора и электродвигателя с помощью болтов или бандажа центровочные скобы для измерения зазоров щупом. Соедините обе полумуфты пальцем. Между штифтом скобы и поверхностью полумуфты на глаз установите зазор 0,4 мм, застопорьте штифт гайкой.

Измерьте щупом радиальный зазор  $S_1$  в верхнем положении (положение I) и осевой зазор  $a_1$  и запишите их на круговой диаграмме (рисунок 2). Радиальный зазор запишите сверху над кругом, осевой — снизу внутри круга. Поверните полумуфты на  $90^\circ$  (положение II) и также запишите зазоры по круговой диаграмме. Поверните полумуфты от начального положения на  $180^\circ$  (положение III) и на  $270^\circ$  (положение IV). Разность радиальных зазоров в положениях I и III показывает, насколько конец вала электродвигателя лежит выше или ниже вала компрессора в вертикальной плоскости. Разность зазоров в положениях II и IV показывает, насколько вал электродвигателя сдвинут вправо или влево в горизонтальной плоскости от оси вала компрессора.

Осторожно измените положение электродвигателя; если необходимо, положите подкладки из металлической фольги.

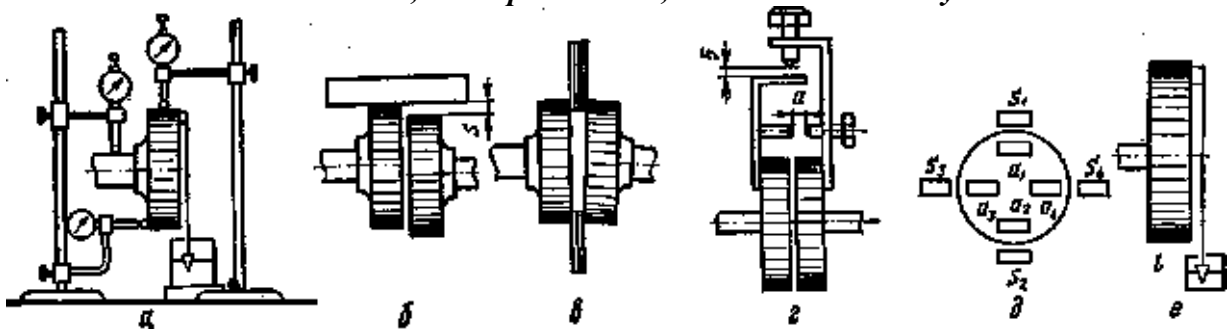
Снова проделайте замеры. Когда радиальные и осевые зазоры во всех четырех положениях будут равны между собой, это свидетельствует о правильной установке полумуфты электродвигателя по отношению к полумуфте компрессора.

При установке машин с пальцевыми муфтами принимают следующие допуски на перекося и несоосность валов: если диаметр муфт до 300 мм, то перекося на 1 м длины составит 0,2 мм, непараллельность 0,05 мм; если диаметр муфт свыше 300 мм, то перекося — 0,2 мм, непараллельность — 0,1 мм.



**Рис. 2. Приспособление для центрирования валов по полумуфтам и схема записи размеров:**

**1 — полумуфта; 2 — центровочное приспособление; 3 — упорная головка; 4 — винты; 5 — кронштейн; 6 — стяжной хомут**



**Рис. 3. Схемы проверки положения машин при муфтовом сцеплении:**

**а — проверка индикатором биения конца вала; б — проверка параллельного смещения валов; в — проверка перегиба валов; г — приспособление для центровки валов; д — схема записи замеров; е — проверка горизонтальности вала отвесом.**

Отчет должен содержать краткое описание хода занятия, эскиз приспособления для центрирования валов по полумуфтам и схему записи размеров, схемы проверки положения машин при муфтовом сцеплении.

#### Контрольные вопросы

1. Какие приспособления применяются для центрирования валов?
2. Какие измерительные инструменты необходимы при проверке взаимного расположения компрессора и электродвигателя?
3. Как проверяется параллельность валов компрессора и электродвигателя?
4. Как проверяется соосность компрессора и электродвигателя при муфтовом соединении?

#### Практическое занятие № 3.

Тема практического занятия: Ознакомление с монтажными работами при установке трубопроводов и арматуры.

### **Цель занятия:**

1. Ознакомиться с общими сведениями о монтаже трубопроводов.
2. Изучить устройства для компенсации тепловых деформаций трубопроводов.

### **Оборудование:**

1. Различные виды трубопроводов и компенсаторов.
2. Плакаты и стенды.

### **Общие сведения о трубопроводах**

Трубопроводы состоят из отрезков прямых труб, деталей трубопроводов, запорной и регулирующей арматуры, контрольно-измерительных приборов, средств автоматизации, опор и подвесок, крепежных материалов (болтов, гаек, шпилек и пр.). В зависимости от назначения трубопроводы разделяются на технологические и санитарно-технические.

Технологические трубопроводы холодильных установок — это трубопроводы, по которым циркулируют холодильные агенты (аммиак, фреон-12 и др.), или теплоносители (солевые растворы).

В зависимости от размещения технологические трубопроводы подразделяют на внутрицеховые и межцеховые. Внутрицеховые трубопроводы соединяют между собой отдельные аппараты и машины в пределах одной технологической установки или цеха. Они имеют сложную конфигурацию и большое количество деталей, арматуры и сварных соединений, что затрудняет монтаж.

Межцеховые трубопроводы характеризуются значительной длиной участков прямых труб и сравнительно небольшим количеством деталей и арматуры, что облегчает монтаж.

Санитарно-технические трубопроводы в холодильных установках являются вспомогательными: в них циркулирует вода, газ и другие среды. В зависимости от характера среды, температуры, давления, огнеопасности среды или отравляющих свойств ее все трубопроводы разделены на 5 категорий. Категории трубопровода обычно уточняются проектом по тому параметру, который позволяет отнести трубопровод к высшей категории.

Трубопроводы холодильных установок отнесены к следующим категориям: I — аммиачные, II — пропановые, III — фреоновые, V — рассольные и водяные. К каждой категории предъявляются особые технические требования.

Чтобы обеспечить достаточную прочность и надежность трубопроводов, необходимо при проектировании систем учитывать все условия их работы, в соответствии с ними выбирать трубы и детали трубопроводов.

Для монтажа трубопроводов принята следующая терминология:

линия — участок трубопровода, связывающий все аппараты отдельного участка схемы установки с одинаковыми техническими параметрами;

деталь — элементарная часть трубопровода, не имеющая разъемных соединений;

элемент — деталь трубопровода сваренная, не имеющая разъемных соединений;

узел — часть трубопровода, ограниченная по размерам, позволяющая вести ее монтаж и транспортировку. Он состоит из нескольких элементов и деталей в сборе. Узлы бывают: плоские,

расположенные в одной плоскости; пространственные, расположенные в нескольких плоскостях;

блок — часть трубопровода в сборе, состоящая из нескольких узлов с арматурой;

плеть — несколько сваренных между собой труб.

При монтаже всю запорную и регулирующую аппаратуру подбирают в зависимости от характеристики трубопроводов.

Трубопроводы характеризуются наружным диаметром, толщиной стенки, условным проходом, условным, пробным и рабочим давлениями.

Основными характеристиками трубопровода являются наружный диаметр  $D_n$  и толщина стенки  $S$ . Для каждого наружного диаметра трубопровода толщина стенки может быть различной, следовательно, трубопроводы с одинаковыми наружными диаметрами могут иметь различные внутренние диаметры. Внутренние диаметры всех элементов трубопровода (труб, арматуры и др.) определяются расчетом.

Условный проход ( $D_y$ ) характеризует внутренний номинальный диаметр труб, однако внутренние диаметры труб с равными условными проходами бывают разными в зависимости от толщины стенок труб. В зависимости от величины условного прохода подбирают соединительные части арматуры.

Сортамент труб выбирают в зависимости от рабочего давления. Рабочим давлением  $p_p$  называют давление, которое испытывают стенки труб и трубопроводов при нормальной их эксплуатации в условиях наиболее тяжелых режимов.

Прочность трубопроводов контролируют с помощью условных и пробных давлений. Условным давлением  $p_y$  называют давление, которое должно выдерживать трубы при температуре среды от 0 до 200°C (первая температурная ступень<sup>1</sup>).

<sup>1</sup> При более высоких температурах снижается прочность стенок металлических труб, что необходимо учитывать при проектировании и ремонте технологических трубопроводов, работающих при высоких температурах.

Пробным давлением  $p_n$  называется давление при гидравлическом испытании, проводимом для проверки прочности стенок труб. Согласно стандартам пробные давления должны превышать условные в 2 раза для труб с  $p_{раб}$  до  $1 \cdot 10^6$  Па и в 1,5 раза для труб с  $p_{раб}$  свыше  $1 \cdot 10^5$  Па.

### Устройства для компенсации тепловых деформаций трубопроводов

При охлаждении все трубопроводы укорачиваются, а при нагревании удлиняются. Удлинение трубопровода из углеродистой стали на участке длиной 10 м составляет 12—13 мм при нагреве на 100°C. Линейное удлинение труб, изготовленных из легированных сталей, значительно больше.

Чтобы защитить трубопровод от тепловых деформаций, при проектировании и монтаже предусматривают возможность удлинения при нагреве или укорачивания при охлаждении отдельных участков или узлов трубопровода без появления предельных напряжений в металле труб и опорных конструкций. Способность трубопровода деформироваться под действием тепловых удлинений в пределах допускаемых напряжений в металле труб называется компенсацией тепловых удлинений.

Способность трубопроводов компенсировать тепловые удлинения в результате изменения своей геометрической формы и упругих свойств металла без специальных устройств называется самокомпенсацией.

Самокомпенсация участка трубопровода, закрепленного в двух неподвижных точках, может осуществляться благодаря изгибам и поворотам его. При этом плечи по возможности одинаковой длины должны быть взаимно перпендикулярны. Плавный поворот трубопровода у места изгиба компенсирует часть удлинения его благодаря своей эластичности, а остальная часть удлинения компенсируется вследствие упругих свойств металла прямого участка. Примеры выполнения схем самокомпенсирующихся участков трубопровода приведены на рис. 4.

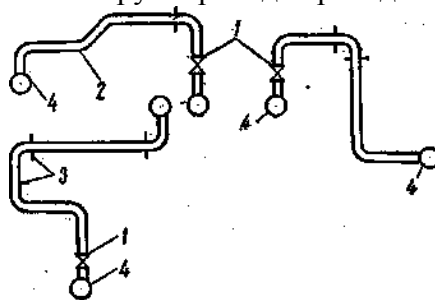


Рис. 4. Схемы участков трубопроводов:

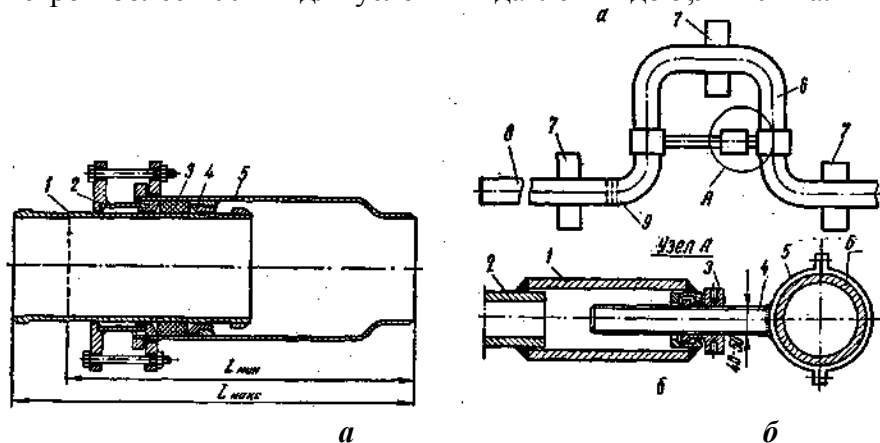
- 1 — запорная арматура; 2 — самокомпенсирующиеся участки;  
3 — подвижные опоры; 4 — магистральный трубопровод.

В тех случаях, когда в трубопроводе отсутствует возможность самокомпенсации или размеры трубопровода недостаточны, в него встраивают специальные устройства — компенсаторы.

В прямых трубопроводах большой длины применяют компенсаторы: линзовые, волнистые, лирообразные и П-образные из гнутых труб.

Линзовые компенсаторы состоят из ряда последовательно включенных в трубопровод линз. Линзы представляют собой сварную конструкцию, состоящую из двух тонкостенных

штампованных полулинз специальной формы, благодаря которой они сравнительно легко могут сжиматься на 10—16 мм. Число линз компенсатора принимают, исходя из необходимой компенсирующей способности трубопровода. Линзовые компенсаторы применяют на трубопроводах диаметром более 100 мм для условных давлений до  $5,9 \cdot 10^5$  Па.



**Рис. 5. Компенсаторы трубопроводов:**

- а* — сальниковые: 1 — труба; 2 — грундбукса; 3 — сальниковое уплотнение; 4 — упорное кольцо; 5 — фасонный патрубок;
- б* — гнутые из труб П-образные с распором: 1 — отрезок трубы; 2 — распорка; 3 — гайка; 4 — винт; 5 — хомут; 6 — вылетный участок компенсатора; 7 — подвижные опоры; 8 — место приварки компенсатора; 9 — неправильное место приварки компенсатора; узел А — распорное приспособление.

Волнистые компенсаторы имеют тонкостенную стальную гофрированную оболочку, особо прочную и эластичную, с волнами омегаобразной формы. Эта форма позволяет гибкому элементу каждой волны уменьшаться или увеличиваться по длине на 10—30 мм, а также изгибаться при изменении давления. Внутри гибкого элемента предусматривается стальная тонкостенная обечайка для снижения гидравлического сопротивления. Чтобы защитить гибкий элемент от разрушения при повышенных давлениях, компенсаторы снабжают ограничительными полукольцами.

Сальниковые компенсаторы (рис. 5, а) представляют собой сочетание трубы и фасонного патрубка, вставленных один в другой. В зазоре между патрубками размещают сальниковое уплотнение с грундбуксой. Эти компенсаторы имеют высокую компенсирующую способность, небольшие габариты. Их применяют при невысоких давлениях, в условиях, не требующих большой герметизации, например в водопроводах низкого давления и других системах.

Компенсаторы гнутые из труб показаны на рис. 5, б. Они могут быть лиро- и П-образной формы. П-образные компенсаторы наиболее широко применяют в технологических трубопроводах из-за простоты устройства и удобства эксплуатации их. П-образные компенсаторы, изготовленные из цельных труб и из труб с крутоизогнутыми отводами, используют на аммиачных трубопроводах и паропроводах с любыми параметрами (давление, температура). Они обладают большой компенсирующей способностью, которая зависит от радиуса изгиба отводов и величины вылета. Компенсирующая способность их тем выше, чем больше радиус изгиба и длина вылетной части. Недосток таких компенсаторов — значительные размеры. Эти компенсаторы монтируют при горизонтальном расположении вылета, для чего требуется дополнительное место и дополнительные опорные конструкции.

**Отчет должен содержать краткое описание монтажных работ при установке трубопроводов и арматуры, схему участков трубопроводов, эскиз компенсатора трубопроводов.**

### Контрольные вопросы

1. Перечислить классификацию трубопроводов.
2. Дать основные характеристики трубопроводов.
3. Дать определение условного и пробного давления.
4. Дать определение самокомпенсации.
5. Перечислить виды компенсаторов.

## **Раздел 2. Эксплуатация холодильных установок**

### **Практическое занятие № 1, №2, №3**

#### **Тема практического занятия :**

“Тепловые диаграммы “S-T” и “h-lgP”. Расположение основных линий и основные свойства диаграмм. Определение значений параметров в диаграммах “S-T” и “h-lgP”.

#### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме» «Термодинамические основы рабочих процессов холодильных машин”.
2. Приобрести практические навыки при пользовании и определении значений параметров в диаграммах “S-T” “h-lgP”.

#### **Оборудование:**

1. Тепловые диаграммы “S-T” и “h-lgP”.
2. Методические указания к практическому занятию.
3. Чертежные принадлежности.

#### **Перечень используемых источников:**

1. Сластухин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

Для анализа работы холодильной машины и ее теплового расчета используют таблицы параметров насыщенных паров и тепловые диаграммы, составленные в соответствии с данными экспериментов и расчетов, для каждого хладагента.

Тепловые процессы, протекающие в холодильных машинах, изображают в s-Tи h-lgp– диаграммах. По двум известным независимым параметрам на диаграмме находят точку, по которой определяют остальные параметры состояния. На диаграммы наносят линии, изображающие процессы, происходящие в холодильных машинах, и определяют параметры цикла. Данные диаграмм используют для теплового расчета холодильной машины. На каждой диаграмме показаны области жидкости, влажного насыщенного (смесь пара и жидкости) и

перегретого пара, а также линии постоянных значений параметров состояния:  $t, p, u, s, h$ , и  $x$  (паросодержание).

Линия, разделяющая области жидкости и влажного насыщенного пара, называется *левой пограничной кривой* (насыщенной жидкости), а линия, разделяющая области влажного и перегретого пара, - *правой пограничной кривой* (сухого насыщенного пара). Левая и правая пограничные кривые сходятся в критической точке  $K$ . Выше критической точки вещество может находиться только в газообразном состоянии, ниже критической точки при одной и той же температуре (и давлении) – в двух состояниях одновременно: жидком (на линии насыщенной жидкости) и парообразном (на линии сухого насыщенного). Линия насыщенной жидкости соответствует линии постоянного паросодержания  $x = 0$ , а линия сухого насыщенного пара – линии  $x = 1$ .

Превращение кипящей жидкости в сухой насыщенный пар (и, наоборот) при неизменном давлении происходит при постоянной температуре. Поэтому в диаграммах изобары в области влажного пара совпадают с изотермами.

Величины параметров  $t, p, u, h$  точек, расположенных на пограничных кривых определяют по таблицам насыщенных паров хладагентов или по диаграммам. Величины параметров состояния в области перегретого пара находят по диаграммам или таблицам перегретого пара. В диаграммах значения температуры даны в градусах Цельсия. Отсчет энтропии и энтальпии в диаграммах проводят от условного нуля, так как в тепловых расчетах используют не абсолютные значения этих параметров, а их разность.

В таблицах и диаграммах для хладагентов R12, R22 и R502 энтальпия насыщенной жидкости при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  принята равной  $400\text{ кДж/кг}$ , а для хладагента R717 –  $419\text{ кДж/кг}$ . Линии  $u = \text{const}$  имеют излом на правой пограничной кривой. Изохоры вблизи левой пограничной кривой и в области жидкости на диаграммах не изображаются, так как величина удельных объемов жидкости намного меньше величины объема пара. Величины удельных объемов жидкости определяют по таблицам насыщенных паров хладагентов.

Для проведения анализов работы холодильной машины и выявления эффективности холодильного цикла удобна  $h$ - $T$ -диаграмма. Для практических расчетов используют  $h$ - $lgr$ -диаграмму. Если в  $s$ - $T$ -диаграмме количество теплоты условно изображено в виде участка (площади), то в  $h$ - $lgr$ -диаграмме оно также условно изображено отрезками прямых, что значительно упрощает расчеты.

В  $s$ - $T$ -диаграмме (рис. 1, а) по оси ординат откладываются значения температуры (в  $K$  или  $^{\circ}\text{C}$ ), а по оси абсцисс – энтропию. Изотермы  $T = \text{const}$  изображают горизонтальными прямыми, параллельными оси абсцисс; адиабаты  $s = \text{const}$  – вертикальными прямыми, параллельными оси ординат; изобары  $p = \text{const}$  – ломаной линией. Изобары жидкости практически совпадают с левой пограничной кривой; изобары влажного пара совпадают с изотермами, а изобары перегретого пара круто поднимаются вверх. Постоянные энтальпии ( $h = \text{const}$ ) изображаются кривыми линиями, в области влажного пара они круче, чем в области перегретого пара.

В  $s$ - $T$ -диаграмме (рис. 1, а) подведенное к рабочему телу (или отведенное от него) удельное количество теплоты условно изображено в виде участка (площади), ограниченного линией термодинамического процесса, крайними ординатами и осью абсцисс. Удельная работа цикла холодильной машины графически также изображается участком, ограниченным линиями холодильного цикла.

На рис. 2, а изображены участки, соответствующие (в масштабе) количеству подводимой удельной теплоты в процессах фазовых превращений жидкости. Линия 1-2 изображает процесс нагревания жидкости от температуры  $T_1$  до температуры кипения  $T_2$ . Удельная теплота жидкости  $h$  представлена в виде площади  $a$ -1-2- $b$  под этой линией. Процесс превращения 1 кг кипящей жидкости в пар при  $T_2 = T_3 = \text{const}$  изображен линией 2-3. Площадь  $b$ -2-3- $c$  показывает удельную теплоту парообразования  $r$ , а площадь  $c$ -3-4- $d$  под линией 3-4 – удельную теплоту  $q_{\text{н}}$ , подведенную к сухому насыщенному пару для перегрева его от  $T_3$  до  $T_4$ .

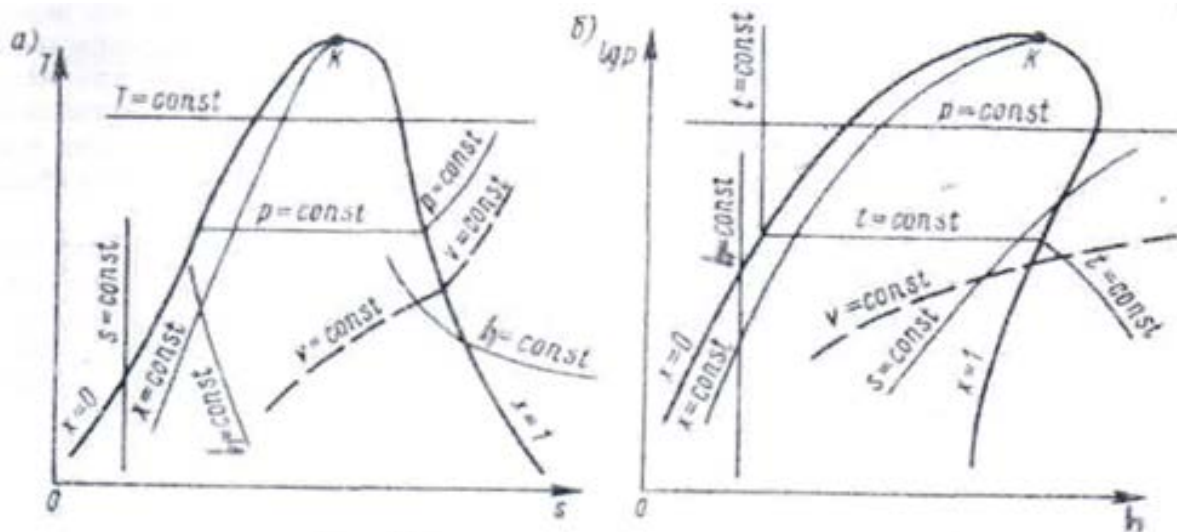


Рис. 1. Термодинамические диаграммы

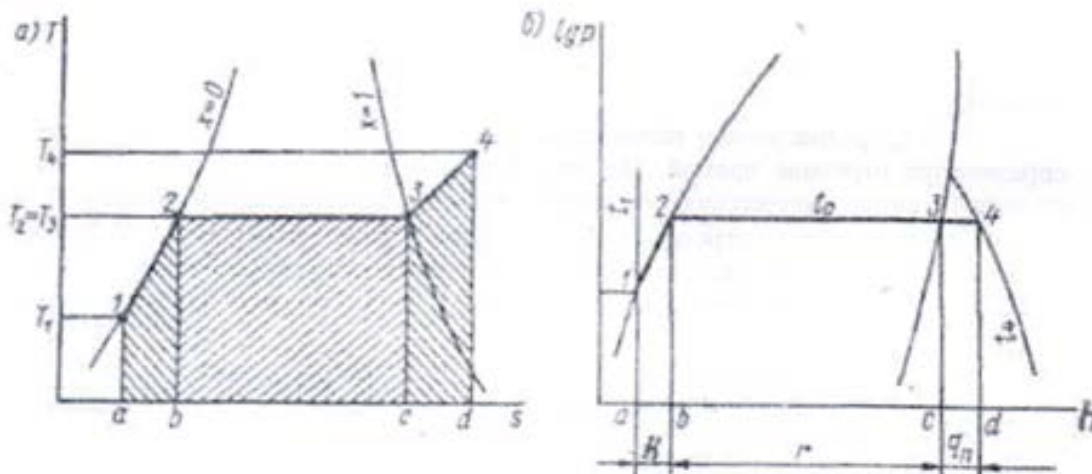


Рис. 2. Количество теплоты  $h'$ ,  $g$  и  $q_n$  на  $s$ - $T$  и  $h$ - $lg p$ -диаграммах

Энтальпия состояния хладагента в  $s$ - $T$ -диаграмме определяется площадью между двумя вертикальными линиями, проходящими через точку, характеризующую состояние хладагента, и точку на левой пограничной кривой с температурой  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $273\text{ K}$ ), осью абсцисс и изобарой, проходящей через точку данного состояния хладагента. Энтальпия насыщенной жидкости при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  в диаграммах принимается равной  $400$  или  $419\text{ кДж/кг}$ .

Если на рис. 2, а принять температуру хладагента в точке 1, лежащей на левой пограничной кривой, равной  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $273\text{ K}$ ), то разность энтальпий насыщенной жидкости в точках 2-1 будет изображаться площадью  $a$ -1-2- $b$ , а удельная теплота жидкости будет равна  $h' = h_2 - h_1$ . Энтальпия сухого насыщенного пара изображается площадью  $a$ -1-2-3- $c$ , а перегретого пара – площадью  $a$ -1-2-3-4- $d$ . Теплота парообразования равна разности энтальпий в точках 3 и 2, т.е.  $r = h_3 - h_2$ , а удельная теплота для перегрева пара  $q_n$  равна разности энтальпий в точках 4 и 3, т.е.  $q_n = h_4 - h_3$ .

В  $h$ - $lg p$ -диаграмме (рис. 1, б) по оси абсцисс откладывают значение энтальпий, а по оси ординат – величину абсолютного давления (обычно в логарифмическом масштабе). Изобары изображаются горизонтальными прямыми, параллельными оси абсцисс; изоэнтальпы – вертикальными прямыми, параллельными оси ординат. Изотермы  $t = \text{const}$  (обычно в  $^{\circ}\text{C}$ ) в области перегретого пара линии постоянных температур круто идут вниз,

а в области жидкости круто поднимаются. Адиабаты  $t = \text{const}$  изображаются наклонными кривыми.

В  $h$ - $lgr$ -диаграмме подведенное или отведенное удельное количество теплоты определяется отрезком прямой. На рис. 2, б показаны отрезки прямых (на оси абсцисс), соответствующие количеству подводимой удельной теплоты в процессе фазовых превращений жидкости. В процессе нагревания жидкости от  $0^\circ\text{C}$  до температуры кипения  $t_0 = t_2 = t_3$  (линия 1-2) отрезок а-б показывает удельную теплоту жидкости  $h' = h_b - h_a = h_2 - h_1$ ,

Отрезок в-с определяет в процессе парообразования (линия 2-3) удельную теплоту парообразования  $r = h_c - h_b$ .

Количество теплоты, подведенной в процессе перегрева пара (линия 3-4), изображается отрезком с-д и выражается разностью энтальпий конца и начала процесса  $q_{п} = h_d - h_c = h_4 - h_3$ .

**Пример 1.1.** Определить параметры состояния хладагентов в точках 1, 2, 3 и 4 (см. рис. 2), а также удельное и общее количество теплоты, подведенной к 50 кг хладагента R22, в процессе его нагрева от  $-50^\circ\text{C}$  до точки кипения, в период кипения при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$  и перегрева паров до температуры  $-20^\circ\text{C}$ .

Величины параметров, представленных точками 1, 2, 3, определяем по таблице (см. прилож. I, табл. Ш.3), а точкой 4 – по  $h$ - $lgr$ -диаграмме (см. прилож. IV.2).

Удельное количество теплоты, подведенное для нагрева жидкости от  $-50$  до  $-40^\circ\text{C}$ ,  $h' = h_2 - h_1 = 354 - 343 = 11 \text{ кДж/кг}$ . Удельная теплота парообразования при температуре кипения  $t_0 = -40^\circ\text{C}$   $r = h_3 - h_2 = 487 - 354 = 233 \text{ кДж/кг}$ . Удельное количество теплоты, подведенное для перегрева пара от  $-40$  до  $-20^\circ\text{C}$ ,  $q_{п} = h_4 - h_3 = 600 - 587 = 13 \text{ кДж/кг}$ . Удельное количество теплоты, сообщенное хладагенту в процессах фазового превращения,  $q = h' + r + q_{п} = 11 + 233 + 13 = 257 \text{ кДж/кг}$ . Общее количество теплоты, подведенное к 50 кг хладагента R22,  $Q = 257 * 50 = 12850 \text{ кДж/кг}$ .

Величины параметров, представленные точками, лежащими на пограничных кривых, можно определить и по  $h$ - $lgr$ -диаграмме (кроме ив точках 1 и 2).

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какие физические процессы применяют для снижения температуры рабочего тела.
2. Как формулируется первый закон термодинамики.
3. В чем сущность второго закона термодинамики.
4. Какие процессы называют круговыми (циклами).
5. Из каких процессов состоит обратный цикл Карно.
6. Что такое холодопроизводительность машины.
7. Что такое холодильный коэффициент.
8. Для чего нужны тепловые диаграммы холодильного агента.
9. Сущность диаграммы “ $s$ - $T$ ” и порядок пользования ею.
10. Объясните расположение основных линий в диаграмме “ $s$ - $T$ ”.
- 11.
12. Какова сущность диаграммы “ $h$ - $lgr$ ” и порядок пользования ею.
13. Объясните расположение основных линий в диаграмме “ $h$  –  $lgr$ ”.
14. Назовите основные свойства диаграммы “ $h$  –  $lgr$ ” р.
15. Объясните принцип определения параметров состояния хладагента в различных точках в диаграммах “ $s$ - $T$ ” и “ $h$  –  $lgr$ ”.
16. Дайте сравнительную характеристику диаграмм “ $s$ - $T$ ” и “ $h$  –  $lgr$ ”.

## Практическое занятие №4, №5

### Тема практического занятия:

«Построение циклов в тепловых диаграммах одноступенчатых холодильных машин. Тепловой расчет циклов аммиачной и хладоновой холодильных машин.»

### Цель занятия:

1. Закрепить теоретические знания по теме: “Схемы и циклы одноступенчатого сжатия”.
2. Приобрести практические навыки при использовании тепловыми диаграммами, построении и расчете циклов.

### Оборудование:

1. Тепловые диаграммы состояния холодильных агентов: аммиак, хладон-22, хладон-12.
2. Методические указания к практическому занятию №4, №5.
3. Чертежные принадлежности.
4. Калькуляторы

### Перечень используемых источников:

1. Сластухин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

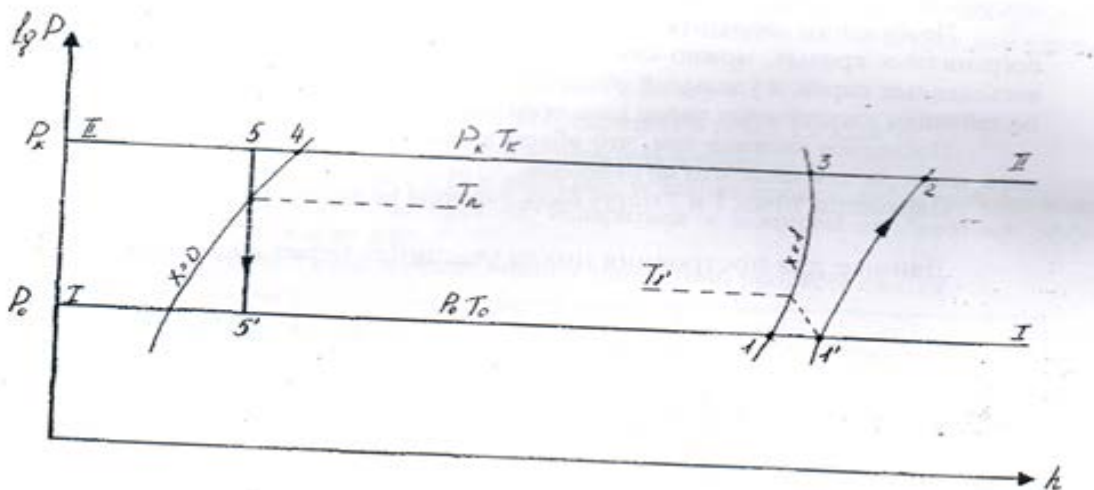
### **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

Для построения и расчета цикла должно быть задано:

- хладагент;
- перегрев паров на всасывании;
- температура конденсации хладагента;
- температура кипения хладагента;
- температура переохлаждения хладагента;
- рабочая холодопроизводительность.

При выполнении данной практической работы рекомендуется следующая схема:

1. Построить цикл в S-Тили h-IgP диаграмме (цикл следует так же начертить в тетради).
2. Определить параметры узловых точек цикла (по диаграмме) и произвести расчет цикла.
3. Построение цикла в диаграмме h-IgP, которая более удобна для теплового расчета.



Соответственно давлениям  $P_{01}$   $P_k$  проводим (см. рис) I-I', II - II, которые между пограничными прямыми совпадают с изотермами.

Изобара I - I' между пограничными кривыми показывает процесс кипения в испарителе, который протекает при постоянной температуре  $T_0$  и давлении  $P_0$ .

Изобара II - II' между пограничными кривыми показывает процесс конденсации в конденсаторе, который протекает при постоянной температуре  $T_k$  и давлении  $P_k$ .

Точка 1 получается при пересечении продолжения изобары  $P_0$  с верхней пограничной кривой ( $x=1$ ).

Точка 1' получается при пересечении продолжения изобары  $P_0$  с изотермой  $t_1'$ . Перегрев паров на всасывании может быть задан или принят.

- $5^\circ \div 15^\circ \text{C}$  для аммиачных машин;
- $15^\circ \div 30^\circ \text{C}$  для фреоновых машин

Следовательно,  $t_1' = t_0 + (5^\circ \div 15^\circ \text{C})$  или  $(15^\circ \div 30^\circ \text{C})$ , в зависимости от вида машин холодильной установки.

Из точки 1 проводим адиабату до пересечения с продолжением изобары II - II' получаем точку 2.

Точка 3 и 4 получается при пересечении изобары  $P_k$  с пограничными кривыми.

Точка 5 получается пересечением изобары 2 - 2' и изотермы переохлаждения (теплохладильного агента водой при наличии в схеме регенеративного теплообменника). Точку 5 находят из формулы теплового баланса:  $q_{\text{пер}} = q_{\text{п}}$  (теплота перегрева паров равна теплоте переохлаждения жидкого хладагента, т.е.  $h_1 - h_1' = h_4 - h_5 \Rightarrow h_5 = h_4 - (h_1 - h_1')$ ).

Значит, в регенеративном цикле для нахождения точки 5 находим из этой формулы  $h_5$  и построим точку 5 на пересечении изоэнтальпы  $h_5$  с  $P_0$ .

Точка 5' получается при пересечении изоэнтальпы, проведенной из точки 5 до пересечения с изобарой  $P_0$ .

Необходимо знать, что изобара в области жидкости в S-T диаграмме совпадает с нижней пограничной кривой, в h-lgP диаграмме горизонтальна.

S-T диаграмма для хладона-12 имеет некоторые особенности.

Изобары для жидкости совпадают с нижней границей кривой для области влажного пара - они горизонтальны, для перегретого пара проходят слева вверх направо, а цифровые значения давлений указаны по оси абсцисс.

Необходимо обратить внимание на то, что параметры точек, лежащих на пограничных кривых, можно снять на диаграммах S-T и h-lgP, так же по таблицам насыщенных паров, а удельный объем жидкого холодильного агента (точки 4 и 5) только по таблицам насыщенных паров холодильного агента.

Последнее вызвано тем, что объем жидкости очень мал по сравнению с объемом пара, изохоры для жидкости не нанесены.

Параметры точек 1 и 2 могут быть найдены по таблицам перегретого пара. Данные для построения цикла учащийся берет из следующей таблицы:

Алфавит	Хладагент	Показатель политропы	Перегрев паров на всасывании, °С	Температура конденсации хладагента	Температура переохлаждения хладагента, °С	Температура кипения хладагента, °С	Относительное вредное пространство	Рабочая холодопроизводительность, Q <sub>кВт</sub>
А, Б	Аммиак	1,3	5	45	+40	+10	0,01	25
В, Г	Аммиак	1,3	7	45	+35	+5	0,012	30
Д, Е	Аммиак	1,3	10	40	+35	+1	0,014	35
Ё, Ж	Аммиак	1,3	12	35	+30	-2	0,016	40
З, И	Аммиак	1,3	15	35	+30	-5	0,018	45
К, Л	Хладон-12	1,14	15	30	+25	-8	0,02	50
М, Н	Хладон-12	1,14	17	30	+25	-11	0,024	60
О, П	Хладон-12	1,14	20	25	+20	-14	0,025	90
Р, С	Хладон-12	1,14	25	20	+20	-17	0,027	110
Т, У	Хладон-12	1,14	30	19	+15	-20	0,03	120
Ф, Х	Хладон-22	1,16	5	16	+15	-23	0,035	150
Ц, Ч	Хладон-22	1,16	7	15	+10	-26	0,04	160
Ш, Щ	Хладон-22	1,16	10	11	+10	-29	0,042	180
Э, Ю	Хладон-22	1,16	12	10	+10	-32	0,045	200
Я	Хладон-22	1,16	15	8	+8	-35	0,05	220

Данные для задания учащийся берет из следующих граф:

1. Против начальной буквы фамилия (графа 1) по горизонтали из граф 1,2,3.
2. Против начальной буквы имени по горизонтали из граф 4,5,6.
3. Против начальной буквы отчества по горизонтали из граф 7,8.

Определяем параметры узловых точек цикла (по диаграмме) и полученные результаты записываем в таблицу следующей формы:

Параметры точки	Давление МПа	Р,	Температура t, °С	Удельный объем V, м <sup>3</sup> /кг	Энтальпия h, кДж/кг
1					
1'					
2					
3					
4					
5					
5'					

Определив параметры основных точек цикла, переходят к его расчету:

1. Определяем холодопроизводительность 1 кг холодильного агента или удельную холодопроизводительность:

$$q_0 = h_1 - h_5, \text{ (кДж/кг)}$$

где  $h_1$  – энтальпия пара, отсасываемого из испарителя в точке 1 в кДж/кг

$h_5$  – энтальпия пара, поступающего в испаритель в точке 5.

Перегрев пара (процесс I – I') в реальных условиях происходит в трубопроводах и вспомогательных аппаратах по пути от испарителя к компрессору, поэтому эффекта охлаждения в испарителе не дает.

2. Работа компрессора в теоретическом адиабатном процессе сжатия

$$l_{ад} = h_2 - h_1', \text{ (кДж/кг)}$$

где  $h_2$  и  $h_1'$  – энтальпия пара, выходящего из компрессора и поступающего в компрессор, кДж/кг

3. Количество теплоты, отводимой в конденсаторе от 1 кг холодильного агента

$$q_k = h_2 - h_4, \text{ (кДж/кг)}$$

где  $h_2$  и  $h_4$  – энтальпия перегретого пара, поступающего в конденсатор и насыщенной жидкости, выходящей из конденсатора, кДж/кг

4. Количество теплоты, отводимой в процессе переохлаждения в кДж/кг

$$q_n = h_4 - h_5, \text{ (кДж/кг)}$$

где  $h_4$  и  $h_5$  – энтальпия жидкого холодильного агента до и после переохлаждения, кДж/кг

При отсутствии в схеме специального переохладителя теплота, отведенная в конденсаторе от холодильного агента будет равна сумме  $q_k$  и  $q_n$ . В цикле с регенеративным теплообменником теплота, равная  $h_4$  и  $h_5$  идет на перегрев пара в процессе перегрева I – I' (теплота  $h_1' - h_1$ ), т.е.  $q_{пер} = q_n$

$$q_0$$

5. Холодильный коэффициент  $\epsilon = \frac{q_0}{l_{ад}}$

6. Степень термодинамического совершенства

$$\eta_c = \frac{\epsilon}{\epsilon_k}, \text{ где } \epsilon_k = \frac{T_0}{T_k - T_0} - \text{холодильный коэффициент обратного цикла}$$

Карно, осуществленного в том же диапазоне  $T_0$  и  $T_k$ , что и рассчитываемый в данном случае цикл паровой компрессионной холодильной машины.

### **Выводы и предложения**

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Сущность диаграммы “h – l<sub>гр</sub>” и порядок пользования ею.
2. Дайте определения понятия “энтальпия”.
3. Дайте определение влажного пара, сухого насыщенного пара и перегретого пара.
4. Что такое степень сухости?
5. Что такое “переохлаждение жидкости” и где оно происходит?
6. Дайте определение “сухого” и “влажного” ходов компрессора.
7. Изобразите цикл с отделителем жидкости в диаграмме “h – l<sub>гр</sub>”.
8. Изобразите цикл с переохлаждением холодильного агента в диаграмме “h – l<sub>гр</sub>”.
9. Изобразите цикл с регенеративным теплообменником в диаграмме “h – l<sub>гр</sub>”.
10. Как определяется и что характеризует холодильный коэффициент цикла.
11. Причина возникновения и влияния дроссельных потерь на работу цикла холодильной машины.

12. Назначение процесса перегрева в цикле работы холодильной машины.
13. Назначение процесса переохлаждения в цикле работы холодильной машины.

### **Практическое занятие №6, №7, №8**

#### **Тема практического занятия:**

«Построение циклов двухступенчатого сжатия в тепловых диаграммах. Определение параметров узловых точек процессов циклов. Тепловой расчет двухступенчатого цикла.»

#### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: “Схемы и циклы многоступенчатого сжатия”.
2. Приобрести практические навыки при пользовании тепловыми диаграммами, построении и расчете циклов двухступенчатого сжатия.

#### **Оборудование:**

1. Тепловые диаграммы состояния холодильных агентов: аммиак, хладон-12, хладон-22.
2. Методические указания к практическому занятию №6, №7, №8.
3. Чертежные принадлежности.
4. Калькуляторы.
5. График для определения коэффициента подачи ( $\lambda$ ).

#### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

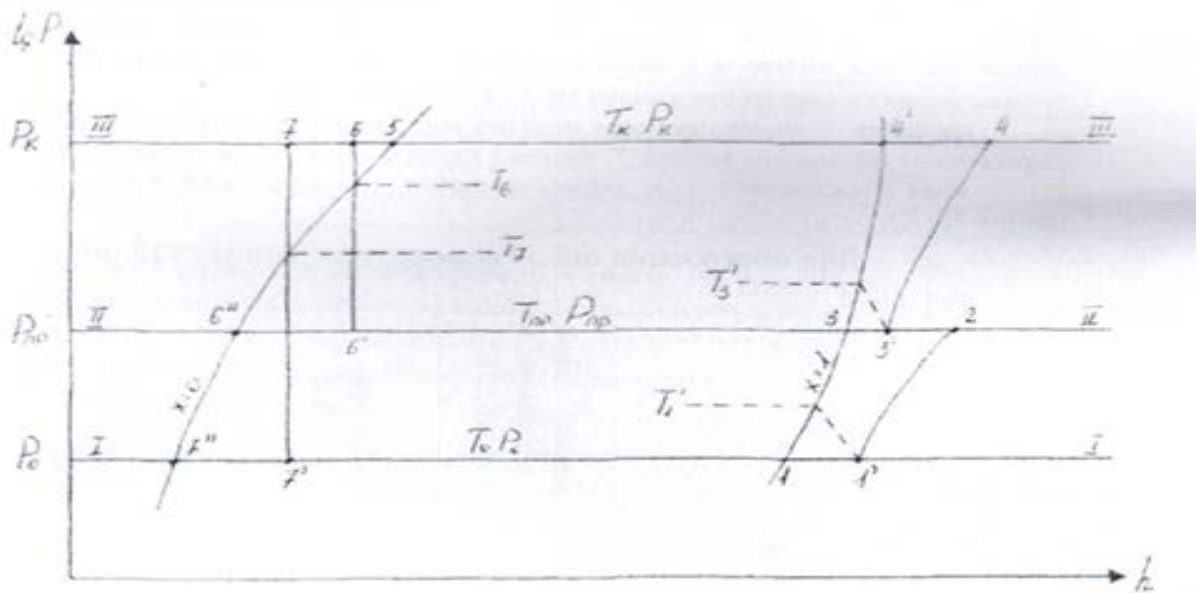
Для построения и расчета цикла должно быть задано:

- холодильный агент
- перегрев паров на всасывании компрессора, °С;
- температура конденсации,  $T_k$ ;
- температура кипения,  $T_0$ ;
- холодопроизводительность,  $Q_0$ .

По температурам кипения и конденсации в зависимости от применяемого холодильного агента находим давление  $P_0$  и  $P_k$ , а затем промежуточное давление  $P_{пр}$ .

$$P_{пр} = \sqrt{P_0 P_k}, \text{ (МПа)}$$

Определив давления  $P_{пр}$ ,  $P_0$  и  $P_k$  строим цикл в диаграмме.



Соответственно определенным давлениям проводим изобары I – I, II – II, III – III, которые между пограничными кривыми совпадают с изотермами  $T_0$ ,  $T_k$ ,  $T_{пр}$ .

Изобара I – I, между пограничными кривыми изображает процесс кипения ХА в испарителе при постоянной температуре и давлении. Состояние пара на выходе из испарителя обозначим точкой 1. Температура пара в точке 1 равна температуре кипения  $T_0$ . Но в практическом цикле для предотвращения влажного хода компрессора необходим оптимальный перегрев паров на всасывании. Тогда состояние пара на всасывании ЦВД (точка 1') и изотермы, соответствующей необходимому перегреву.

Из точки 1' линия процесса идет по адиабате до пересечения с изобарой II – II. Пересечение обозначим точкой 2, которая характеризует состояние пара в конце сжатия в ЦВД.

В промежуточном сосуде при постоянном давлении происходит промежуточное охлаждение перегретого пара (линия 2 – 3). На всасывании в ЦВД так же необходим перегрев пара 5 – 7 °С. Состояние пара на всасывании (точка 3') определяем пересечением изобары II – II и изотермы, соответствующей необходимому перегреву.

Из точки 3' линия процесса идет по адиабате до пересечения с изобарой III – III. Пересечение обозначим точкой 4, которая характеризует состояние пара в конце сжатия ЦВД.

Начиная с точки 4 происходит, охлаждение паров (сбив перегрева) линия 4 – 4', а затем конденсация (линия 4' – 5) и частичное переохлаждение (линия 5 – 6) жидкого ХА в конденсаторе.

Точка 6 характеризует состояние жидкого ХА на выходе из конденсатора и определяется пересечением изобары III – III с изотермой, соответствующей переохлаждению ХА в конденсаторе. Температура переохлаждения на 4 – 5 °С ниже  $T_k$  при охлаждении водой конденсатора  $T_п = T_k - (4 \div 6)$ .

Из точки 6 линия процесса идет по изоэнтальпе до пересечения с изобарой II – II. Пересечение обозначим точкой 6', которая характеризует количество жидкости (состояние 6'') и пара (состояние 3), образовавшихся в промсосуде после дросселирования (линия 6-6').

Состояние жидкого ХА на выходе из змеевика промежуточного сосуда определяем пересечением изобары III – III с изотермой, соответствующей температуры переохлаждения жидкости и обозначим точкой 7. Температура ХА на выходе из змеевика промежуточного сосуда принимаем на 3 – 8 °С выше  $T_{пр}$ .

Из точки 7 линия процесса идет по изоэнтальпе до пересечения с изобарой I – I. Пересечение обозначим точкой 7', которая характеризует количество жидкости (состояние 7'') и пара (состояние ), образовавшихся в испарителе после дросселирования (линия 7 – 7').

Для построения цикла используем данные таблицы:

Таблица 1

Алфавит	Хладагент	Перегрев паров на всасывании в компрессор, °С	Температура конденсации	Температура кипения испарителя, °С	Рабочая холодопроизводительность, кВт
А, Б	Хладон-22	5	50	-35	40
В, Г	Хладон-22	5	50	-38	50
Д, Е	Хладон-22	-7	48	-38	60
Ё, Ж	Хладон-22	-7	48	-40	70
З, И	Хладон-22	10	46	-40	80
К, Л	Хладон-12	10	46	-42	90
М, Н	Хладон-12	12	44	-42	100
О, П	Хладон-12	15	44	-44	110
Р, С	Аммиак	15	42	-44	120
Т, У	Аммиак	15	42	-6	150
Ф, Х	Аммиак	7	40	-46	200
Ц, Ч	Аммиак	7	40	-48	250
Ш, Щ	Аммиак	9	38	-48	300
Э, Ю	Аммиак	10	38	-50	400
Я	Аммиак	10	25	-50	500
0	1	2	3	4	5

Данные для задания учащийся берет из следующих граф:

1. Против начальной буквы фамилия (графа 0) по горизонтали из граф 1,2.
2. Против начальной буквы имени по горизонтали из граф 3,4.
3. Против начальной буквы отчества по горизонтали из графы 5.

По заданным условиям работы строим цикл в диаграмме и полученные из диаграммы параметры узловых точек заносят в таблицу, от куда берут их для расчета:

Параметры точки	Давление МПа	Р,	Температура t, °С	Удельный объем V, м <sup>3</sup> /кг	Энтальпия h, кДж/кг
1					
1'					
2					
3					
3'					
4					
4'					
5					
6					
6'					
6''					
7					
7'					
7''					

Последовательность расчета приведена ниже.

По значению  $t_0$  и  $t_k$ , используя таблицу насыщенных паров, определяем  $P_0 = 0,071$  МПа и  $P_k = 1,17$  МПа. Степень сжатия  $P_k/P_0 = 1,17/0,071 \approx 16,5$ , при таком отношении  $P_k/P_0$  рекомендуется применять схему двухступенчатого сжатия.

Промежуточное давление  $P_{пр} = \sqrt{0,071 \cdot 1,17} = 0,288$ , МПа; этому давлению соответствует температура кипения R717 в промежуточном сосуде  $t_{пр} = -10$  °С.

Принимаем температуры перегрева пара перед всасыванием в компрессор первой ступени КМ1  $10$  °С [ $t_{1'} = (-40) + 10 = 30$  °С], перегрева паров на всасывании в компрессор второй ступени КМ2  $5$  °С [ $t_{2'} = (-10) + 5 = -5$  °С] переохлаждения жидкого аммиака в конденсаторе  $2$  °С ( $t_5 = 30 - 2 = 28$  °С) и переохлаждения в змеевике ПС до температуры на  $3$  °С выше  $t_{пр}$ , т.е.  $t_8 = (-10) + 3 = -7$  °С.

По  $h$ - $lgr$ -диаграмме (см. прилож. IV, рис. ПIV.1) и таблице насыщенных паров (см. прилож. I, табл. Ш.1) определяем параметры, необходимые для расчета. Энтальпия в основных точках цикла, кДж/кг,  $h_1 = 1627$ ,  $h_{1'} = 1650$ ,  $h_2 = 1840$ ,  $h_3 = 1671$ ,  $h_{2'} = 1681$ ,  $h_4 = 1888$ ,  $h_5 = h_6 = 551$ ,  $h_8 = h_9 = 387$ . Рассчитаем основные параметры цикла: удельная массовая теплота кипения

$$q_0 = h_1 - h_9;$$

массовая подача пара КМ1

$$G_c = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{Q_0}{h_1 - h_9} = \frac{58}{1240} = 0,047 \text{ кг/с}$$

массовая подача пара КМ2, определяемая из теплового баланса ПС,

$$G_c = \frac{G_c (h_2 - h_3)}{h_4 - h_{2'}} = \frac{0,047(1840 - 387)}{1671 - 551} = 0,061 \text{ кг/с}$$

адиабатная мощность КМ1 и КМ2

$$N_H = G_H (h_2 - h_{1'}) = 0,047(1840 - 1650) = 8,93 \text{ кВт}$$

$$N_d = G_d (h_4 - h_{2'}) = 0,061(1888 - 1681) = 12,6 \text{ кВт}$$

холодильный коэффициент

$$\epsilon = \frac{Q_0}{N_H + N_d} = \frac{58}{8,93 + 12,6} = 2,69$$

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите причины перехода от одноступенчатого к двухступенчатому сжатию.
2. Назовите недостатки одноступенчатого сжатия.
3. Охарактеризуйте преимущества двухступенчатого сжатия.
4. В чем заключается различие схем с полным и неполным промежуточным охлаждением.
5. Объясните, из каких аппаратов и механизмов состоит холодильная установка с двухступенчатым сжатием.
6. Охарактеризуйте работу холодильной установки с двухступенчатым сжатием по диаграмме “ $h - lgr$ ”.
7. Как определяется промежуточное давление ( $P_{пр}$ ).

Назначение промежуточного сосуда.

## **Практическое занятие № 9.**

### **Тема практического занятия:**

«Тепловой расчет и подбор компрессоров. Определение мощности.»

### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: "Компрессоры холодильных машин".
2. Приобрести практические навыки при проведении теплового расчета компрессоров.
3. Приобрести практические навыки в подборе и в определении мощности компрессоров.

### Оборудование:

1. Методические указания к практическому занятию №9.
2. График для определения коэффициента подачи ( $\lambda$ ).
3. График для определения индикаторного КПД ( $\eta$ )
4. Калькуляторы

### Перечень используемых источников:

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010
4. Таблицы подбора компрессоров

### **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

К выполнению данного практического занятия приступают после завершения практической работы № 4, 5, так как для теплового расчета одноступенчатой холодильной машины используются данные, взятые из таблиц №1 и №2.

При выполнении данного практического задания необходимо определить:

- объем, описанный поршнем компрессора и подобрать компрессор;
- эффективную мощность  $N_c$ ;
- мощность двигателя компрессора  $N_z$ ;
- действительный эффективный холодильный коэффициент  $c_e$ ;
- количество теплоты, отводимой от холодильного агента при конденсации и переохлаждении.

#### ПОРЯДОК РАСЧЕТА:

1. Определяем массу пара, всасываемого компрессором:

$$G = Q_o / q_o$$

2. Действительный объем пара, всасываемого компрессором:

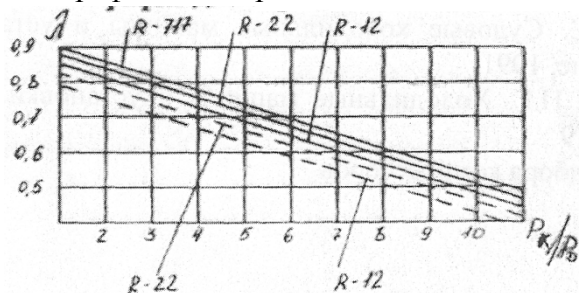
$$V = G \cdot v_1'$$

3. Объем описанный поршнем:

$$V_k = V / \lambda,$$

где  $\lambda$  находят по графику при степени сжатия  $P_k/P_0$

#### График для определения $\lambda$



Сплошные линии - для открытых (сальниковых) компрессоров. Пунктирные - для бессальниковых компрессоров. На пересечении перпендикуляра от оси абсцисс с соответствующим  $P_k/P_0$  снимаем на оси  $\lambda$

4. По найденному значению  $V_k$  подбираем компрессор.
5. Адиабатную мощность компрессора:

$$N_{ад} = G(h_2 - h_1')$$

6. Индикаторную мощность:

$$N_i = N_{ад} / \eta_i$$

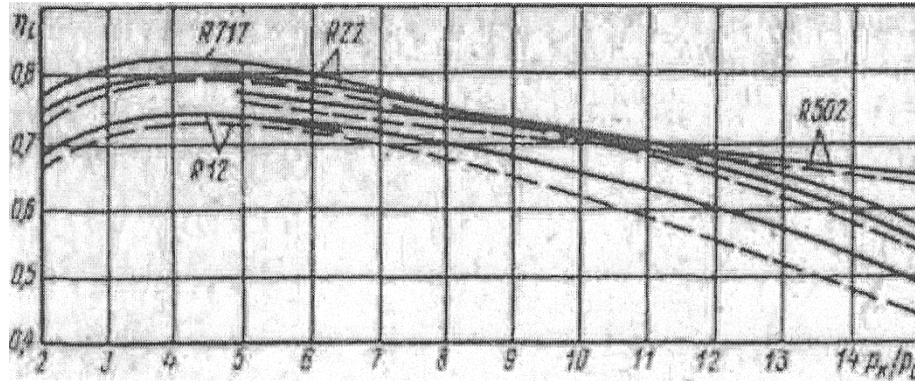
7. Мощность трения:

$$N_{\text{тр}} = V_k \cdot P_{\text{итр}}$$

8. Эффективную мощность:

$$N_e = N_i + N_{\text{тр}}$$

График для определения  $\eta_i$



9. Мощность электродвигателя  $N_э = N_e / \eta_n \cdot \eta_э$

10. Действительный эффективный холодильный коэффициент:  $\varepsilon_e = Q_0 / N_e$

11. Действительный электрический холодильный коэффициент:  $\varepsilon_э = Q_0 / N_э$

12. Теплота, отведенная в конденсаторе:  $Q_k = G(h_2 - h_4)$

13. Теплота, отведенная в теплообменнике от жидкости в процессе 4 – 5 и подведенная к пару в процессе 1 – 1'

$$G(h_4 - h_5) = Q_{\text{п}}$$

$$G(h_1' - h_1) = Q_{\text{пер}}$$

При наличии регенеративного теплообменника они равны.

### Выводы и предложения:

### Вопросы для самоконтроля:

1. Изобразить в координатах "P-V" индикаторную диаграмму действительного поршневого компрессора, привести описание процессов.
2. Что такое "мертвое пространство" и как оно влияет на работу компрессора?
3. Виды мощности в компрессоре холодильной установки.
4. Что такое "вредное пространство" компрессора?
5. Что такое "сухой ход" компрессора и что он обеспечивает?
6. Что такое "влажный ход" и как он влияет на работу компрессора?
7. Назовите виды потерь при работе поршневого компрессора.
8. Дайте определение: что такое холодопроизводительность компрессора.
9. Перечислите пути снижения потерь при работе поршневого компрессора.
10. Как произвести подбор компрессора?

### Лабораторная работа №1.

#### Тема лабораторной работы:

«Изучение конструкция поршневых компрессоров».

### **Цель работы:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: “Компрессоры холодильных машин”.
2. Изучить типовые конструкции поршневых компрессоров, уметь объяснить принцип их работы и дать сравнительную характеристику.

### **Оборудование:**

1. Макеты сальниковых и бессальниковых поршневых компрессоров.
2. Основные детали поршневых компрессоров.
3. Методические указания к лабораторной работе №1.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

## **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

Поршневые компрессоры делят на одноступенчатые и двухступенчатые.

**Одноступенчатые компрессоры.** Каждая конструкция компрессора имеет условное обозначение. Обозначения марок компрессоров, находящихся в эксплуатации следующие: А – аммиачный, Ф – хладоновый; затем указываются расположения цилиндров и степень герметичности компрессора: В – вертикальный, UU-образный, W-веерообразный, БС – бессальниковый, Г – герметичный, Гэ – герметичный экранированным статором. За буквами цифрами указываются холодопроизводительность (в тысячах стандартных ккал/ч) при стандартном температурном режиме ( $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 30^\circ\text{C}$ ,  $t_n = -25^\circ\text{C}$ ,  $t_{bc} = -10^\circ\text{C}$ ); буквы за цифрами обозначают: РЭ – с электромагнитным регулированием холодопроизводительности.

Например, марка компрессора ФУУ-80РЭ расшифровывается следующим образом: хладоновый, UU-образный, холодопроизводительностью 80 тыс. стандартных ккал/ч (92,8 кВт), регулирование холодопроизводительности осуществляется электромагнитным отжатием всасывающих клапанов. Если марка компрессора начинается с цифр 22, это значит, что компрессор предназначен для работы на R22.

Узлы и детали конструкций компрессоров с различной холодопроизводительностью, но с одинаковым ходом поршня (50, 70 и 130 мм) максимально унифицированы и стандартизированы.

Унифицированными узлами и деталями являются: картеры, блок-картеры, валы, шатуны, поршни, поршневые пальцы, поршневые кольца, клапаны, сальники, масляные насосы.

Основные технические характеристики некоторых унифицированных одноступенчатых компрессоров, находящихся в эксплуатации на судах, приведены в табл. 2.3.

Компрессоры ФВ-6, ФВБС-6, ФУБС-9, ФУБС-12, ФУУБС-18, ФУУБС-25, АВ-100, ВУ-200, ВУУ-400 и некоторые другие с производства снимаются и заменяются новой серией унифицированных компрессоров универсальных конструкций для работ на разных хладагентах.

Унифицированный ряд средних компрессоров с ходом поршня 66 мм заменяет компрессоры с ходом поршня 70мм, а некоторые крупные компрессоры с ходом поршня 82 мм заменяются компрессорами с ходом поршня 130 мм.

Основные параметры нового ряда поршневых одноступенчатых холодильных компрессоров, выпускаемых промышленностью, приведены в табл. 2.4, где номинальные холодопроизводительность и потребляемая мощность указаны для спецификационного режима  $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 30^\circ\text{C}$ ,  $t_{bc} = 20^\circ\text{C}$ . Для компрессоров типа П в таблице приведена мощность на валу компрессора, для остальных типов (ПГ и ПБ) – электрическая мощность. В марках новых компрессоров цифры обозначают номинальную холодопроизводительность в тыс. ккал/ч при работе на R22.

Компрессоры марок ПБ7, ПБ10, ПБ14 и ПБ20 максимально унифицированы с серийно выпускаемыми компрессорами марок 2ФВБС-4, 2ФВБС-6, 2ФУБС-9 и 2ФУБС-12. Особенностью компрессоров этих марок ПБ является новая конструкция газового тракта, улучшающая теплотехнические показатели компрессоров. В компрессорах ПБ14 и ПБ20 применена новая конструкция маслонасоса с внутренним зацеплением.

Таблица 2.3. Основные характеристики одноступенчатых хладоновых и аммиачных компрессоров

Марка компрессора	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Частота вращения вала, с <sup>-1</sup>	Объем, см <sup>3</sup> на один поршень, м <sup>3</sup> /ч	Холодопроизводительность при t <sub>0</sub> = -15 °С, t <sub>к</sub> = 30 °С, ϕ <sub>к</sub>		Потребляемая мощность, кВт	
						на R12	на R17	на R12	на R17
ФГ-0,7	2	36	18	24	3,16	0,812	-	0,35	-
ФГ-1,1	2	36	27	24	4,14	1,279	-	0,55	-
ФГ-1,8	2	50	24	24	8,15	2,093	-	0,90	-
ФГ-2,8	2	50	35	24	11,9	3,256	-	1,40	-
ФВ-6	2	67,5	50	16	20,5	5,47	8,15	1,75	3
ФУ-12	4	67,5	50	16	31	6,96	11	2,50	4,2
					41,4	10,93	16,30	3,50	5,6
ФУУ-25	8	67,5	50	16	61,9	14	22,10	-	8
					82,8	21,9	33,20	-	11,2
ФУБС-12	4	67,5	50	16	124,2	28	44,20	-	16
					41,4	10,50	17,48	-	6,4
АУ-45	4	81,88	70	16	61,9	14	22,10	-	9,5
					85	22,10	36,10	-	10,6
22ФУ-45	4	81,88	70	24	131,8	33,70	53,60	37	16
					170	44,30	72,20	55,80	32
22ФУУ-90	8	81,88	70	24	255,6	67,50	107,10	74,50	21,20
					130,7	36,10	-	11,50	-
ФУ-40, ФУ-40РЭ	4	101,6	70	16	195,8	50,10	-	17,50	-
					261	69,80	-	22,50	-
ФУУ-80, ФУУ-80РЭ	8	101,6	70	16	396	97,80	-	35	-
					198	-	-	87	25
АВ-100	2	150	130	12	263,9	-	-	-	33
АУ-200	4	150	130	12	396	-	-	-	50
АУУ-400	8	150	130	16	527,8	-	-	-	66
					792	232	-	100	-
АУ-300	4	200	150	12	1054,8	-	-	-	133
					816	-	-	-	125

Таблица 2.4. Основные характеристики нового ряда поршневых одноступенчатых холодильных компрессоров типов ПГ (герметичных), ПБ (бессальниковых) и П (сальниковых)

Марка компрессора	Количество цилиндров	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Частота вращения вала, с <sup>-1</sup>	Объем, описываемый поршнем, м <sup>3</sup> /ч	Холодопроизводительность, кВт	Потребляемая мощность, кВт
ПГ5	2	42	32	48	14,8	5,8	2,6
ПГ7	3	42	32	48	22,2	8,7	3,9
ПГ10	4	42	32	48	29,6	11,6	5,2
ПБ5	1	67,5	45	24	13,9	6,5	2,5
ПБ7	1	67,5	65	24	20	9,5	3,5
ПБ10	2	67,5	45	24	27,7	13	5
ПБ14	2	67,5	65	24	40	19	6,9
П14	2	67,5	65	24	40	20,5	6,7
ПБ20	4	67,5	45	24	55,4	26	10
П20	4	67,5	45	24	55,4	28,4	9,1
ПБ28	4	67,5	65	24	79,9	38	13,8
П28	4	67,5	65	24	79,9	41	13,3
ПБ40	4	76	66	24	104	45,3	15
П40	4	76	66	24	104	46,5	13,7
ПБ60	6	76	66	24	155,9	68	22,5
П60	6	76	66	24	155,9	69,8	20,8
ПБ80	8	76	66	24	208,1	90,6	30
П80	8	76	66	24	208,1	93	27,5
ПБ110	4	115	82	24	300,6	127,5	41
П110	4	115	82	24	300,6	131,1	37
ПБ220	8	115	82	24	601,2	255	82
П220	8	115	82	24	601,2	262	74

**Малые компрессоры.** По конструкции малые компрессоры делятся на сальниковые, бессальниковые и герметичные. Они применяются в холодильных шкафах, холодильных установках провизионных кладовых, автономных кондиционерах и домашних холодильниках. Компрессоры рассчитаны для работы на R12, R22, R142 и R502.

Герметичные компрессоры выпускают для трех режимов работы: среднетемпературного (марка ФГ) с диапазоном температуры кипения  $t_0 = -25 \div 10$  °С, низкотемпературного (марка ФГН) с диапазоном температуры кипения  $t_0 = (-40) \div (-25)$  °С, высокотемпературного (плюсового) (марка ФП) с диапазоном температуры кипения  $t_0 = (-10) \div 10$  °С.

Компрессор ФГ-0,7~3 является базовым для других модифицированных герметичных компрессоров.

Компрессор ФГ-0,7~3 (рис. 2.33) номинальной холодопроизводительностью 812 Вт (при  $t_0 = -15$  °С,  $t_k = 30$  °С) – поршневой, двухцилиндровый, непрямочный. В марках компрессоров вторая цифра указывает род применяемого тока (трехфазный ~3, однофазный ~1). Эксцентриковый вал со съемными противовесами 11 расположен вертикально, а два цилиндра, находящиеся под углом 90°, - горизонтально.

Между цилиндрами в корпусе 5 расположен общий нагнетательный глушитель 13. Цилиндры, глушитель и верхний подшипник эксцентрикового вала отлиты из серого чугуна заодно, с корпусом, в верхнюю часть которого запрессован статор электродвигателя 4.

К нижней части корпуса прикреплен чугунный фланец, служащий нижним коренным подшипником. К фланцу прикреплена стальная термообработанная пятка, которая является опорой вала. Корпус компрессора укреплен в нижней половине герметичного кожуха 6 на трех пружинных подвесках 8.

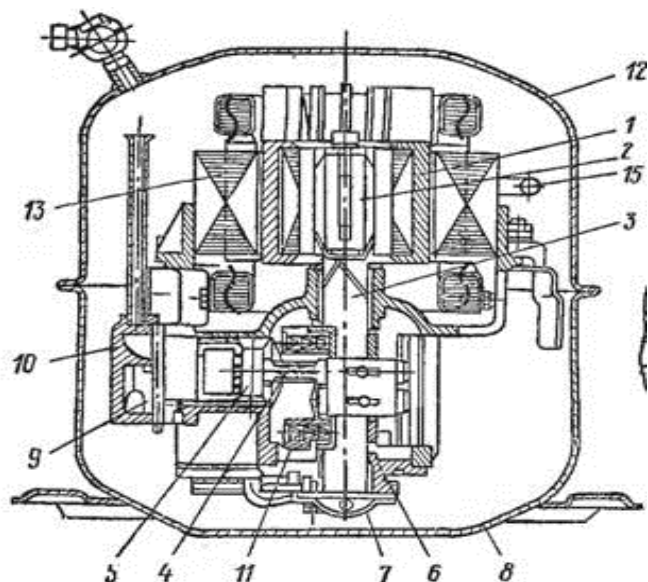


Рис. 2.33. Герметичный компрессор ФГ-0,7~3

На шатунных шейках эксцентрикового вала 10 размещены бронзовые шатуны с неразъемными головками. На верхний хвостовик вала насажен ротор 13. Вал изготовлен из стали 45. Эксцентриковая шейка вала и его нижний конец закалены токами высокой частоты. Поршни 12 изготовлены из автоматной стали А-12. Вместо уплотнительных колец на поршне проточены канавки.

Уплотнений между поршнем и цилиндром достигается благодаря малому зазору и высокой точности обработки. Масляная пленка в зазоре между поршнем и цилиндром также создает уплотнение. Поршневые пальцы стальные, плавающего типа со вставными алюминиевыми пробками на торцах. Пальцы закаливают токами высокой частоты, шлифуют и притирают.

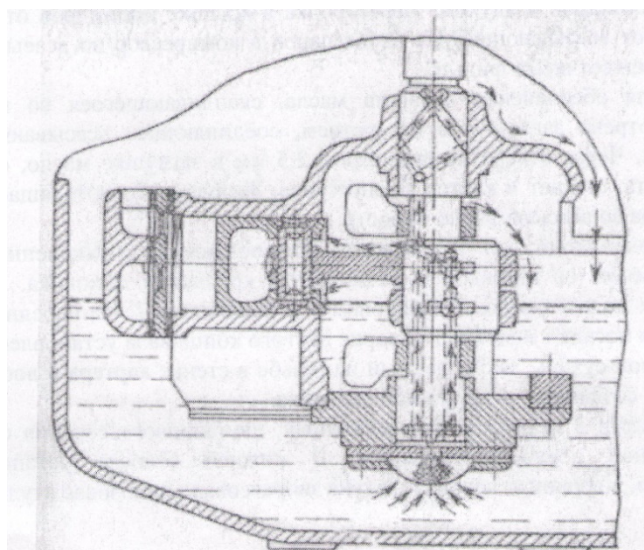


Рис. 2.34. Схема смазки герметичного компрессора ФГ-0,7~3

Клапаны всасывающие и нагнетательные пластинчатые (лепестковые), изготовляют из стальной ленты 70С2ХА толщиной 0,25 мм. Клапаны установлены на общей стальной клапанной плите 14. Всасываемый пар поступает в трубку 1, охлаждая по пути обмотку электродвигателя. Крыльчатка 2 способствует охлаждению двигателя. Пар из компрессора выходит через штуцер 7.

Смазка подается по двум вертикальным сверлениям (рис. 2.34) в валу к верхней коренной и шатунной шейкам. Вертикальные каналы соединены радиальными отверстиями с коротким центральным каналом. Подача масла к трущимся парам осуществляется под действием центробежных сил, возникающих при вращении вала.

Для разгрузки электродвигателя при пуске в цилиндре компрессора на середине хода поршня сделаны отверстия диаметром 0,5мм. Они соединяют полость цилиндра со стороной всасывания. После остановки компрессора поршни перемещаются до тех пор пока не откроются отверстия. Они закрываются в начале хода сжатия.

**Компрессор ФВ-6** широко используется в холодильных установках провизионных кладовых на судах СРТР, СРТМ и др. Характеристики компрессора приведены в табл.23

Компрессор ФВ-6 (рис. 2.35) состоит из картера 1, блока цилиндров 2, коленчатого вала 5, шатунно-поршневой группы 3, клапанной доски 4, сальника 11, крышки цилиндров 5. Картер компрессора чугунный, литой. Верхнее отверстие картера служит для монтажа коленчатого вала в сборе с шатунно-поршневой группой. В торцевой передней стенке картера установлен корпус 9 коренного подшипника с крышкой 10, в которой расположено стальное кольцо сальника.

В картере имеются два отверстия с пробками, одна из которых служит для заливки масла, а другая – для слива масла. На боковой стенке картера расположено смотровое стекло для контроля за уровнем масла в компрессоре. Фланец в верхней части картера служит для крепления к нему блока цилиндров.

Блок цилиндров объединяет два цилиндра в одну чугунную отливку с двумя фланцами: верхний предназначен для присоединения клапанной доски 4 с крышкой цилиндра 5, а нижний – для соединения с картером. С двух сторон блока цилиндров имеются два прилива: первый, полость которого проходит по всей высоте блока, служит для присоединения всасывающего вентиля, другой – для присоединения нагнетательного вентиля. На наружной поверхности блока имеются ребра, способствующие охлаждению блока цилиндров воздухом. Перегородка в крышке цилиндров отделяет нагнетательную полость от всасывающей. На входе паров в компрессор во всасывающей полости блока установлен сетчатый фильтр.

Для обеспечения возврата масла, скапливающегося во всасывающей полости, предусмотрена заглушка с отверстием, соединяющим всасывающую полость блока картером. Через отверстие диаметром 2,5 мм в заглушке масло, отделившееся от паров хладагента, стекает в картер компрессора. Заглушка предотвращает также выброс масла из картера во всасывающую полость.

Коленчатый вал 6 стальной, штампованный, двухколенный, двухопорный, без противовесов, со шпонкой и резьбой для крепления маховика. Вал вращается в двух коренных подшипниках – шариковом 8 и роликовом 7. На переднем конце вала имеется конус для посадки маховика. В торце другого конца вала установлен шарик, опирающийся на стальной сухарь, закрепленный на резьбе в стенке картера и воспринимающий осевую нагрузку, создаваемую пружиной сальника.

Шатун 3 стальной, штампованный, двугаврового сечения с разъемной нижней и неразъемной верхней головками. В нижней головке установлены тонкостенные вкладыши, в верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая втулка.

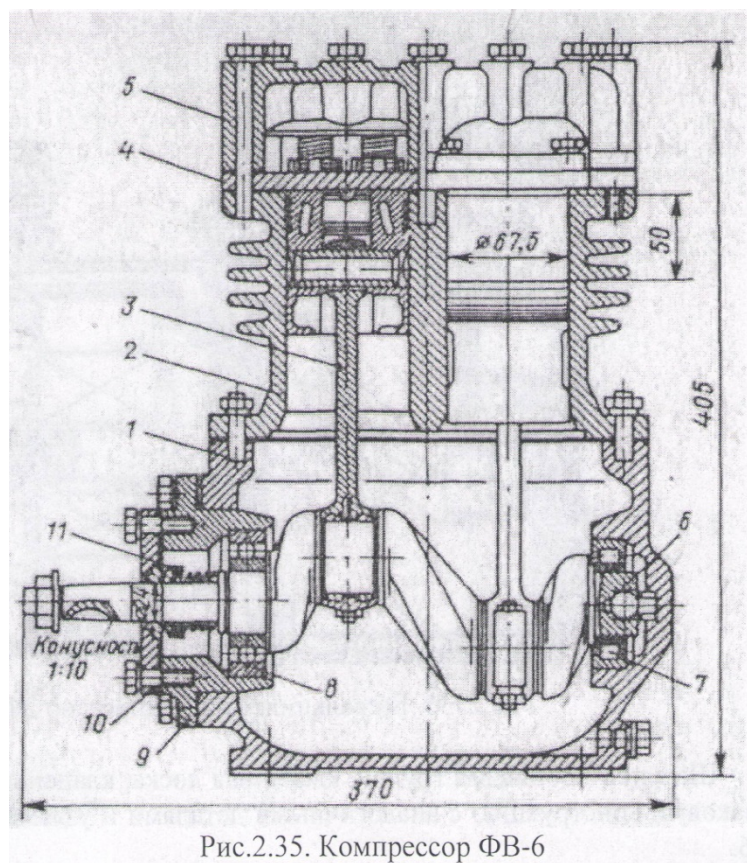


Рис.2.35. Компрессор ФВ-6

Поршень тронкового типа, непроходной выполнен из алюминиевого сплава с двумя уплотнительными и одним масляесъемным кольцами. Палец стальной, плавающего типа, от осевого перемещения стопорится по торцам пружинными кольцами, вставленными в канавки бобышек поршня.

В верхней части компрессора между блоком цилиндров 2 и крышкой цилиндров 5 установлена клапанная доска 4, состоящая из клапанной плиты, всасывающих самопружинящихся полосовых и нагнетательных пяточковых клапанов с пружинами.

Сальник компрессора односторонний, самоустанавливающийся с торцевым уплотнением графитовыми и стальными кольцами.

Смазка трущихся пар компрессора осуществляется разбрызгиванием. Шатунные шейки коленчатого вала смазываются через наклонные каналы, высверленные в верхней части нижней головки шатуна.

Компрессоры марок ФВБС и ФУБС унифицированы между собой и с сальниковыми компрессорами ФА-6 и ФУ-12.

**Бессальниковый компрессор 2ФВБС-6** (рис. 2.36) поршневой, вертикальный, двухцилиндровый, непрямоточный, номинальной холодопроизводительностью 7,2 кВт при  $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 30^\circ\text{C}$ ,  $t_{вс} = 15^\circ\text{C}$ ,  $t_{п} = 25^\circ\text{C}$  и в частоте вращения  $24\text{ с}^{-1}$  (1440 об/мин). Блок-картер компрессора и корпус электродвигателя 2 выполнены в виде единой отливки.

В нижней части картера имеется люк с крышкой 7 для доступа к шатунно-поршневой группе; в торце корпуса – люк с крышкой 4 для монтажа и выемки вала и двигателя. В гнезда блок-картера запрессованы цилиндрические гильзы 3. Коленчатый вал 6 с противовесами 1 установлен на двухрядной шариковом и роликовом подшипниках.

На конце вала закреплен ротор электродвигателя и диск 5, захватывающий масло и подающий его в отверстия вала для смазки шатунно-поршневой группы. Всасываемый холодный пар хладагента проходит по зазору между ротором и статором во всасывающую полость блок-картера, при этом охлаждает обмотку статора.

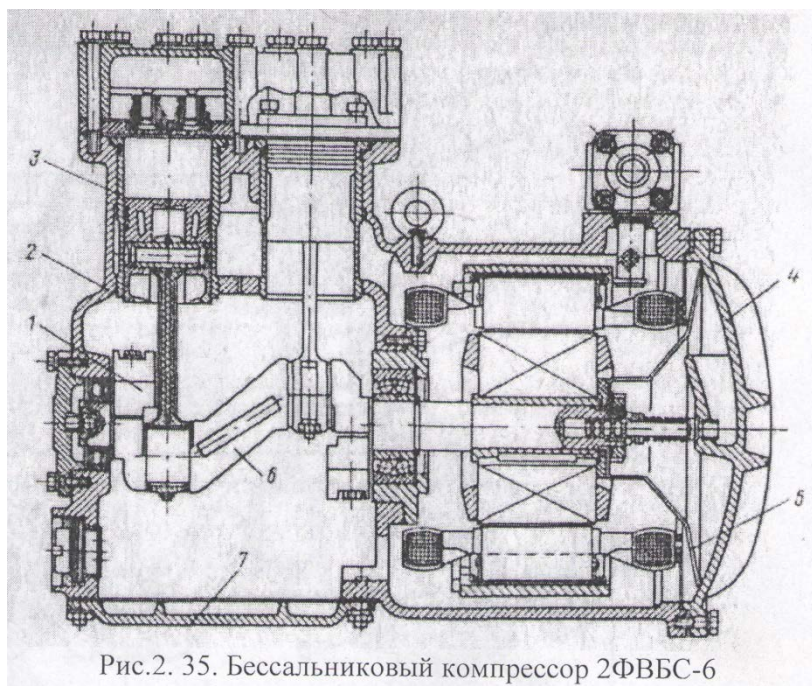


Рис.2. 35. Бессальниковый компрессор 2ФВБС-6

Шатунно-поршневая группа, клапанная доска, клапаны, крышки цилиндров имеют одинаковую конструкцию с аналогичными деталями и узлами сальникового компрессора ФВ-6.

Компрессоры марок ПБ7, ПБ10, ПБ14 и ПБ20 предназначены для замены серийно выпускаемых бессальниковых компрессоров 2ФВБС-4 и 2ФВБС-6 (ПБ7 и ПБ10) 2ФУБС-9 (ПБ14 и 4ПБ14) и 2ФУБС-12 (ПБ20 и 4ПБ20).

Новые компрессоры предназначены для работы в составе автоматизированных стационарных и транспортных холодильных установок и кондиционеров. Они рассчитаны на работу с различными хладагентами и маслами при степени повышения давления  $p_k/p_0 \leq 9$  и разности  $p_k - p_0 = 1,4$  МПа.

Компрессоры ПБ7, ПБ10 работают при следующей температуре кипения  $t_0 = 5 \div (-40)^\circ\text{C}$  с хладагентом R22;  $t_0 = 10 \div (-30)^\circ\text{C}$  с хладагентом R12;  $t_0 = 20 \div (-5)^\circ\text{C}$  с хладагентом R142. Компрессоры могут работать при температуре конденсации  $t_k$ :  $42^\circ\text{C}$  с хладагентом R22,  $64^\circ\text{C}$  с хладагентом R22 и  $85^\circ\text{C}$  с хладагентом R142.

Особенность одноцилиндрового компрессора ПБ7 является то, что ротор встроенного электродвигателя расположен между коренными подшипниками вала, а шатунная шейка – консольно. Для уменьшения стенки неравномерности вращения вала компрессора в конструкцию включен маховик. Всасывающий и нагнетательный клапаны пластинчатые кольцевые. Седлом пластины кольцевого всасывающего клапана является буртик цилиндровой гильзы, а седлом нагнетательного клапана – клапанная плита, закрепленная между крышкой цилиндра и блок-картером. Смазка трущихся пар компрессора осуществляется разбрызгиванием.

**Средние компрессоры.** К этой группе относится типовой ряд прямооточных компрессоров, имеющих следующие базовые размеры: диаметр цилиндра  $D_{ц} = 81,88$  мм, ход поршня  $S = 70$  мм. К этому ряду относятся компрессоры АВ-22, АУ-45 и АУУ – 90, отличающиеся друг от друга количеством и расположением цилиндров. Компрессоры 22ФВ-22, 22ФУ-45 и 22ФУУ-90, работающие на R22, отличаются от аммиачных только специальной арматурой. У всех компрессоров этого ряда одинаковые узлы и детали.

Непрямоточные компрессоры ФУ-40 и ФУУ-80 (ФУ-40РЭ и ФУУ-80РЭ), работающие на R12, имеют следующие базовые размеры:  $D_{ц} = 101,6$  мм,  $S = 70$  мм.

Компрессоры АВ-100 средней холодопроизводительности (116 кВт при стандартном режиме  $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 30^\circ\text{C}$ ,  $t_{вс} = -10^\circ\text{C}$  и  $t_{п} = 25^\circ\text{C}$ ) с базовыми размерами  $D_{ц} = 150$  мм и  $S = 130$  мм относятся к типовому ряду компрессоров АУ-200, АУ-400.

Непрямоточные компрессоры новой серии П40, П60, П80, ПБ40, ПБ60 и ПБ80 непрямоточные с числом цилиндров 4, 6 и 8, имеют базовые размеры  $D_{ц} = 76$  мм и  $S = 66$  мм. Их

выпускают универсальными, т.е. работающими на различных хладагентах (R12, R22 и R717) и в разных температурных режимах: высокотемпературном ( $t_0 = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), среднетемпературном [ $t_0 = (-15) \div (-25)\text{ }^{\circ}\text{C}$ ] и низкотемпературном ( $t_0 = -35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

Компрессоры ФУ-40 и ФУУ-80 в составе агрегатов МАК-40 и МАК-60 применены на судах ЖМС типа “Днепр” и СРСТ типа “Альпинист” для охлаждения грузовых помещений. На судах СТ типа “Тибия” установлены агрегаты МАК40РЭ и МАК80РЭ с компрессорами ФУ-40РЭ и ФУУ-80РЭ, предназначенные для замораживания тунца в рассоле и его хранения.

Компрессорами типа 22ФУУ-90 оборудованы холодильные установки на ТР типа “Татарстан” и ТР типа “Радужный”, обеспечивающие охлаждение грузовых помещений. На РКЗ типов “Кораблестроитель Клопотов” и “Андрей Захаров” для производства льда и охлаждения провизионных кладовых используют компрессоры марки АВ-100.

**Компрессор ФУУ-80РЭ** поршневой, восьмицилиндровый, УУ-образный, непрямоточный, одноступенчатый. Технические характеристики компрессора приведены в табл. 2.3. Чугунные литые гильзы запрессованы в гнезде блок-картера. Верхний торец гильзы является седлом всасывающего клапана. Вал двухколенный, стальной, штампованный, с противовесами, двухопорный на подшипниках качения. Колена вала расположены под углом  $180^{\circ}$ .

На каждой шатунной шейке установлены четыре шатуны. Поршни компрессора непроходные.

Шатуны штампованные с неразъемной верхней и разъемной головками. В нижнюю головку шатуна установлены вкладыши, залитые баббитом. В верхнюю головку запрессованы бронзовые втулки для плавающих пальцев. Каждая всасывающая и нагнетательная полости цилиндров объединены своим коллектором. В полостях расположены запорные вентили. Между полостями расположен предохранительный клапан.

Сальник торцевого типа, двусторонний, маслозаполненный. Торцевое уплотнение достигается парой трения сталь-графит.

Смазка нижних головок шатуна компрессора происходит под давлением от шестеренного насоса. Масло забирается из нижней части картера через фильтр грубой очистки и подается насосом на поверхность шатунных шеек. Одновременно масло через фильтр тонкой очистки поступает в корпус сальника. В смазочной системе имеется перепускной регулирующий клапан, поддерживающий необходимое давление масла.

Смазка коренных подшипников, верхних головок шатунов и поверхности цилиндров происходит в результате разбрызгивания масла. Контроль за уровнем масла в картере ведется через смотровое стекло на боковой крышке картера.

Отличительной особенностью конструкции компрессора является наличие электромагнитного отжимного устройства для автоматического изменения холодопроизводительности. Для этого компрессор снабжен электромагнитными катушками, встроенными в корпус узла всасывающего и нагнетательного клапанов (рис.2.37). Отверстия для прохода хладагента в цилиндр, которые выполнены в буртике цилиндрической гильзы, перекрываются кольцевой пластиной 5 всасывающего клапана. Пластина прижимается к седлу 4 цилиндрическими пружинами 6, которые упираются в розетку 7.

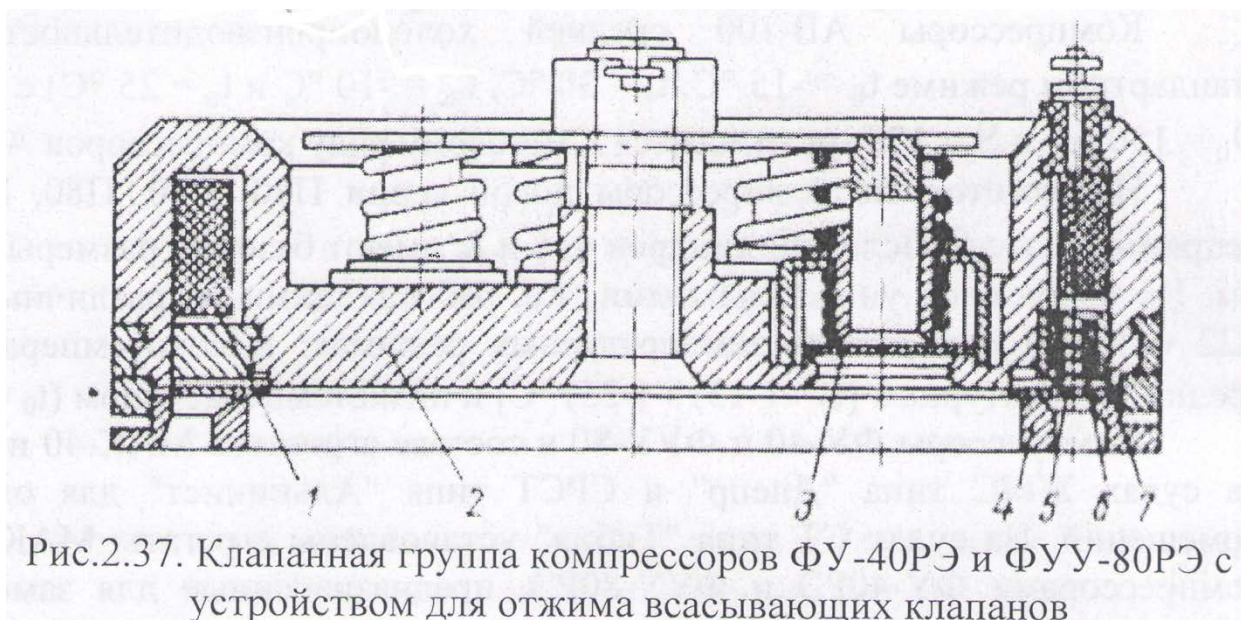


Рис.2.37. Клапанная группа компрессоров ФУ-40РЭ и ФУУ-80РЭ с устройством для отжима всасывающих клапанов

В корпусе клапанов размещены пластины 3 семи нагнетательных пяточковых клапанов. При движении поршня вниз давление в цилиндре понижается, пластина 5 под действием разности давлений поднимается на высоту 2,8 – 3 мм, преодолевая упругость пружин и пропускает пар из полости всасывания компрессора в рабочую полость цилиндра.

При обратном ходе поршня пластина 5 опускается на седло 4, давление в цилиндре возрастает и, преодолевая давление в нагнетательной полости компрессора и упругости пружин клапана, пар нагнетается в конденсатор. Высота подъема пластин нагнетательных клапанов 1,1 – 1,5 мм.

Над всасывающей кольцевой пластиной 5 в корпусе 2 клапанов встроена электромагнитная катушка 1. При подаче импульса (напряжение 24 В) в катушке возникает магнитное поле, под действием которого пластина 5 поднимается, отключая цилиндр из работы. При снятии напряжения 24 В, а затем подачи напряжения 6 В пластина 5 размагничивается, опускается на седло и цилиндр включается в работу.

При отключении одной пары цилиндров холодопроизводительность компрессора снижается на 25% номинальной, при отключении второй пары цилиндров – на 50%, третьей – на 75%. При пуске компрессора напряжение 24 В подается на все катушки, в результате чего обеспечивается полная разгрузка компрессора.

Компрессоры ФУУ-80РЭ и ФУ-40РЭ имеют такие же базовые размеры ( $D_{ц} = 101,6$  мм,  $S = 70$  мм), как и компрессоры ФУУ-80 и ФУ-40, отличаются они от последних наличием электромагнитных отжимных устройств.

**Крупные компрессоры.** К группе крупных унифицированных аммиачных хладоновых и одноступенчатых, поршневых, прямооточных компрессоров относятся компрессоры АУ-200, 22ФУ-200, ФУ-175 и ФУУ-400 с диаметром цилиндра 150 мм и ходом поршня 130 мм.

Компрессоры АУ-200 входят в состав холодильных установок, эксплуатирующихся на БМРТ типов “Алтай”, “Кронштадт”, “Пионер Латвии”, БММРТ типа “Лучегорск”.

Компрессорами АУУ-400 оборудованы холодильные установки на РМБ типа “Пятидесятилетие СССР”.

Компрессоры АВ-100, АУ-200 и АУ-400 в настоящее время сняты с производства и заменены непрямочными компрессорами П110 и П220, рассчитанными для работы на аммиаке и хладонах.

Компрессор АУ-200 – бескрейцкопфный, четырехцилиндровый, прямооточный, U – образный, базовый, холодопроизводительностью 212 кВт (рис. 2.38). Блок-картеры компрессоров отлиты из чугуна и имеют сменные цилиндрические гильзы. В верхней части цилиндров расположены водяные рубашки. Штампованный стальной двухопорный коленчатый вал с двумя коленами, расположенными под углом  $180^\circ$ , опирается на радиально-упорные самоустанавливающиеся роликовые подшипники качения.

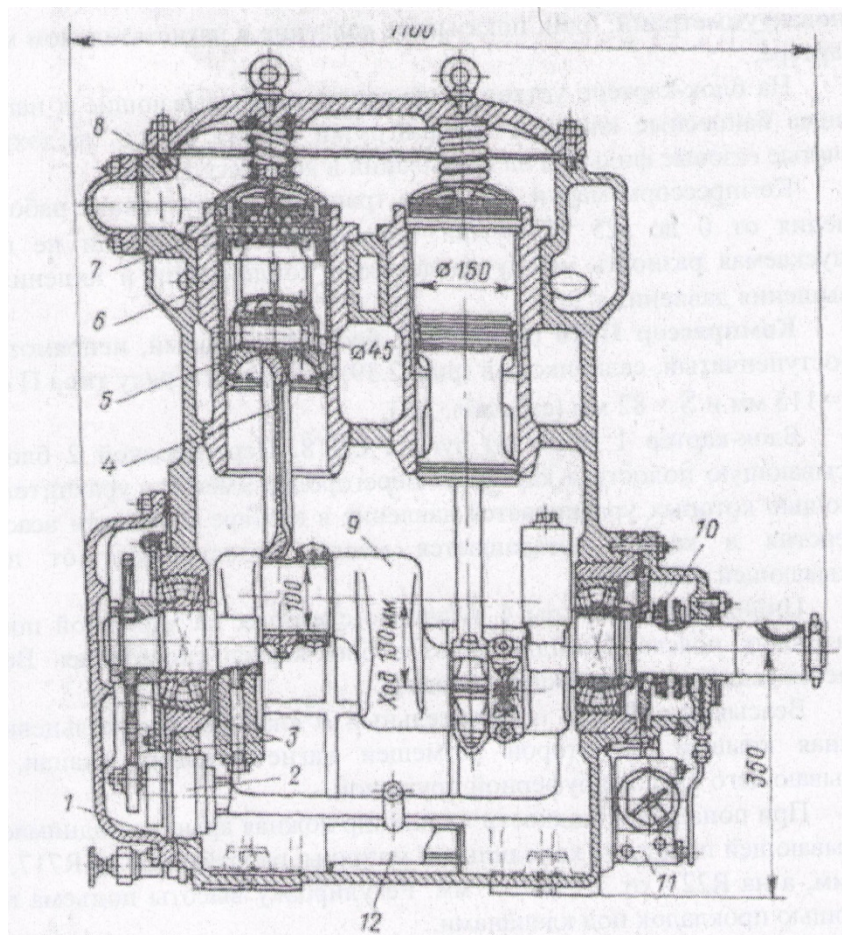


Рис.2.38. Одноступенчатый, прямоточный, U-образный базовый компрессор АУ-200: 1- блок картер; 2-шестеренный масляный насос; 3-привод насоса; 4-шатун;5-поршень;6-цилиндрическая гильза;7-всасывающий клапан;8-ложная крышка;9-коленчатый вал; 10- сальник; 11-щелевой масляный фильтр;12-заборный масляный фильтр.

На одной шатунной шейке устанавливают по два шатуна. Шатуны стальные, штампованные, двутаврового сечения. В верхнюю головку шатуна запрессована втулка, нижняя головка разъемная со стальными толстостенными вкладышами, залитыми баббитом Б-38. Поршни изготовлены из алюминиевого сплава АЛ10В. Пальцы поршня – пустотелые, плавающие.

Всасывающий и нагнетательный клапаны пластинчатые полосовые. Всасывающий клапан закреплен на головке поршня, а нагнетательный клапан – на торцевой поверхности гильзы. Седло клапана притерто к гильзе и прижимается к ней буферной пружиной. Сальник компрессора торцевой, самоустанавливающийся, пружинный, двусторонний.

Уплотнение по валу осуществляется кольцами из малостойкой а по торцам сальника – графитовыми и стальными кольцами. Смазка сальника и шатунных подшипников принудительная от шестеренного масляного насоса; смазка цилиндров, поршней, поршневых пальцев и коренных подшипников выполняется путем разбрызгивания. Смазка подводится к сальнику, от которого по сверлениям в коленчатом валу подается к нижним головкам шатунных подшипников.

Для смазки трущихся пар применяют масло ХА-30 и ХА-23. Масло фильтруется дважды – сетчатым фильтром маслоприемника насоса и пластинчатым фильтром, включенным в систему последовательно после насоса. Контроль уровня масла визуальный через смотровое стекло. Требуемое давление масла контролируется двумя мановакуумметрами: один показывает давление в нагнетательном маслопроводе, другой в картере.

На блок-картере установлены запорные всасывающие и нагнетательные клапаны, ручные байпасные клапаны для разгрузки машин пуска, предохранительные клапаны, сетчатые газовые фильтры на всасывании в компрессор.

Компрессоры марки АУ-200 в транспортных условиях работают при температуре кипения от 0 до -25 °С и при температуре конденсации не превышающей 40 °С. Допускаемая разность между давлениями конденсации и кипения 1,2 Мпа, а степень повышения давления  $\leq 9$ .

**Компрессор П220** поршневой, бескрейцкопфный, непрямоточный, UU-образный, одноступенчатый, сальниковый (рис.2.39) относится к ряду типа П с базовыми размерами  $D_{ц} = 115$  мм и  $S = 82$  мм (см. табл. 2.3).

Блок-картер 1 отлит из чугуна СЧ18. Перегородкой 2 блок-картер разделен на всасывающую полость и картер. В перегородке имеются уравнивательные отверстия 13, с помощью которых уравнивается давление в картере и полости всасывания; через эти же отверстия в картер возвращается масло, отделившееся от паров хладагента во всасывающей полости.

Цилиндровые гильзы 4 чугунные съемные, на наружной поверхности имеют два посадочных пояса. Посадка гильз в блок-картер скользящая. Верхний торец гильзы является седлом всасывающего клапана.

Всасывающий 5 и нагнетательный 6 клапаны однокольцевые, подпружиненные. Ложная крышка, в которой размещен нагнетательный клапан, прижата к розетке всасывающего клапана буферной пружиной.

При попадании жидкости в цилиндр ложная крышка поднимается. Высоту подъема всасывающей пластины холодильной машины, работающей на R717, принимают от 0,9 до 1,3 мм, а на R22 – от 1,7 до 2,1 мм. Регулировку высоты подъема пластин производят с помощью прокладок под клапанами.

Стальной (сталь 45) штампованный коленчатый вал 7 опирается на две опоры (роликовые и сферические подшипники). Колена выполнены под углом 180°. На каждой шатунной шейке установлены четыре шатуна 3. Противовесы изготовлены за одно целое с валом.

Поршни 12 литые из алюминиевого сплава АЛ-10 с двумя уплотнительными и одним маслосъемным кольцами. Верхняя часть поршня имеет форму, соответствующую форме корпуса всасывающего клапана, что уменьшает линейное “мертвое” пространство от 0,8 до 1,4 мм или  $\sim 0,01D$ ). Поршневой палец запрессован в бобышку поршня и зафиксирован от возможных продольных перемещений замковыми шайбами. Поршневые кольца изготовлены из капрона со стальными экспандерами для создания необходимой упругости колец.

Шатуны 3 стальные штампованные. В верхнюю головку шатуна запрессована бронзовая (ОФ10-1) втулка. В нижнюю головку, имеющую косой разъем, установлены тонкостенные биметаллические вкладыши с антифрикционным слоем из алюминиевого сплава АСМ.

Смазка компрессора комбинированная. Под давлением от затопленного шестеренного насоса 11 смазываются пары трения сальника и шатунные подшипники. Коренные подшипники, поршневые пальцы и цилиндры смазываются разбрызгиванием. Масляный насос засасывает из картера масло через сетчатый фильтр грубой очистки 10 и через фильтр тонкой очистки 9 подается в полость сальника 8. Сальник пружинный, двусторонний, с парами трения сталь-графит, маслозаполненный.

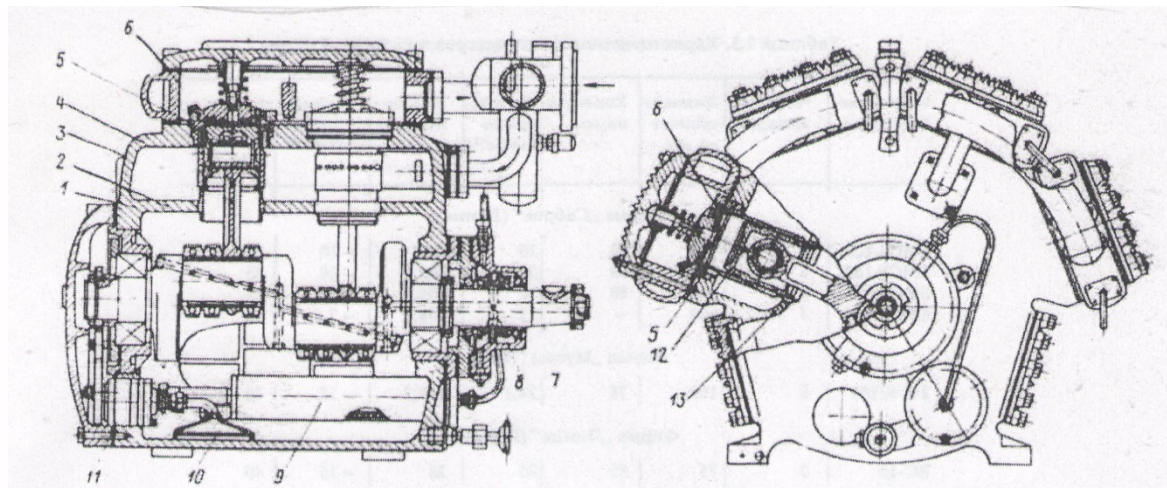


Рис. 2.39 Бескрейцкопфный, непрямочный, UU-образный, одноступенчатый, сальниковый компрессор П220

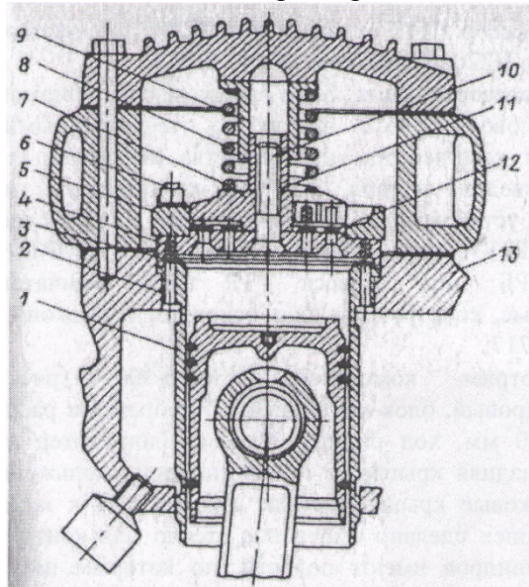


Рис.2.40 Клапанная группа компрессора П220:

1 - цилиндровая втулка-седло; 2-отверстия; 3-кольцо всасывающего клапана; 4-корпус всасывающего клапана; 5-фланец; 6-шпилька; 7-розетка; 8-буферная пружина; 9,11-направляющие втулки; 10-винт; 12-пластины нагнетательного клапана; 13-блок-картер

Таблица 2.5. Характеристики компрессоров зарубежных фирм

Марка компрессора	Число цилиндров	Диаметр цилиндра, мм	Ход поршня, мм	Частота вращения, с <sup>-1</sup>	Холодопроизводительность, кВт	Температура, °С	
						кипения	конденсации
Фирма „Саброе” (Дания)							
SMC4-100	4	100	80	20	70,6	-10	25
SMC6-100	6	100	80	20	104,8	-10	25
SVC8-100	8	100	80	20	144,9	-10	25
SMC4-100	4	180	—	12	348,9	-7,5	35
Фирма „Мусом” (Япония)							
2W-6/100	6	100	75	24,1	104,7	-15	40
Фирма „Линде” (Германия)							
RC-10	2	75	85	25	28	-15	40
Фирма WSK (Польша)							
3W-92S <sub>x</sub>	3	92	75	16,66	28,3	-15	40
10W-92S <sub>x</sub>	10	92	75	16,66	94,3	-15	40

Компрессор П110 отличается от П220 количеством цилиндров. Клапанная группа компрессоров П220 изображена на рис. 2.40.

**Компрессоры типа SMC** выпускаются фирмой “Саброе” (Дания). На судах рыбопромыслового флота наряду с отечественными компрессорами находятся в эксплуатации компрессоры производства иностранных фирм, краткая характеристика которых приведена в табл. 2.5. Так, компрессоры типа SMC применяют в составе холодильных установок для

технологических нужд и судовых систем кондиционирования воздуха на РТК-С типа “Наталья Ковшова”, БМРТ типа “Рембрандт”, БМРТ типа “Грумант”, РБ типа “Спасск”, ТР типа “Камчатские горы”. Эти компрессоры непрямоточные, конструкции их в основном одинаковы, рассчитаны они для работы в R12, R22 и R717.

Рассмотрим компрессор SMC6-100 (рис. 2.41). Этот компрессор шестицилиндровый, блок-картерный с W-образным расположением цилиндров. Диаметр цилиндра 60мм, ход поршня 80 мм. Блок-картер имеет четыре съемные крышки. Передняя и задняя крышки с подшипниками скольжения служат опорами коленчатого вала, две боковые крышки служат для доступа к механизму движения. На одной из боковых крышек сделано смотровое стекло для контроля за уровнем масла в картере. Крышки цилиндров имеют полости, по которым циркулирует охлаждающая вода. В гнезде блок-картера устанавливаются чугунные цилиндрические гильзы, закрываемые ложными крышками с помощью буферных пружин.

Коленчатый вал компрессора двухопорный, двухколенный. На каждой шатунной шейке вала находится по три шатуна. Всасывающий и нагнетательный клапаны пластинчатые кольцевые, нагруженные несколькими пружинами, расположенными по окружности. Седлом всасывающего клапана является буртик цилиндра.

Из испарительной системы пар поступает через всасывающий клапан и сетчатый фильтр во всасывающую полость, общую для всех цилиндров. Пластина клапана при ходе поршня вниз поднимается и пары хладагента заполняют цилиндр. Сжатые пары через общую нагнетательную трубу направляются в конденсатор.

Сальник пружинный, графитостальной, односторонний, маслозаполненный. Чугунное кольцо сальника запрессовано в крышку, графитовое кольцо вращается вместе с валом. Плотность прилегания колец по торцам достигается притиркой рабочих поверхностей и пружиной, прижимающей подвижное кольцо к неподвижному. Осевое уплотнение обеспечивается упругими кольцами из специальной резины.

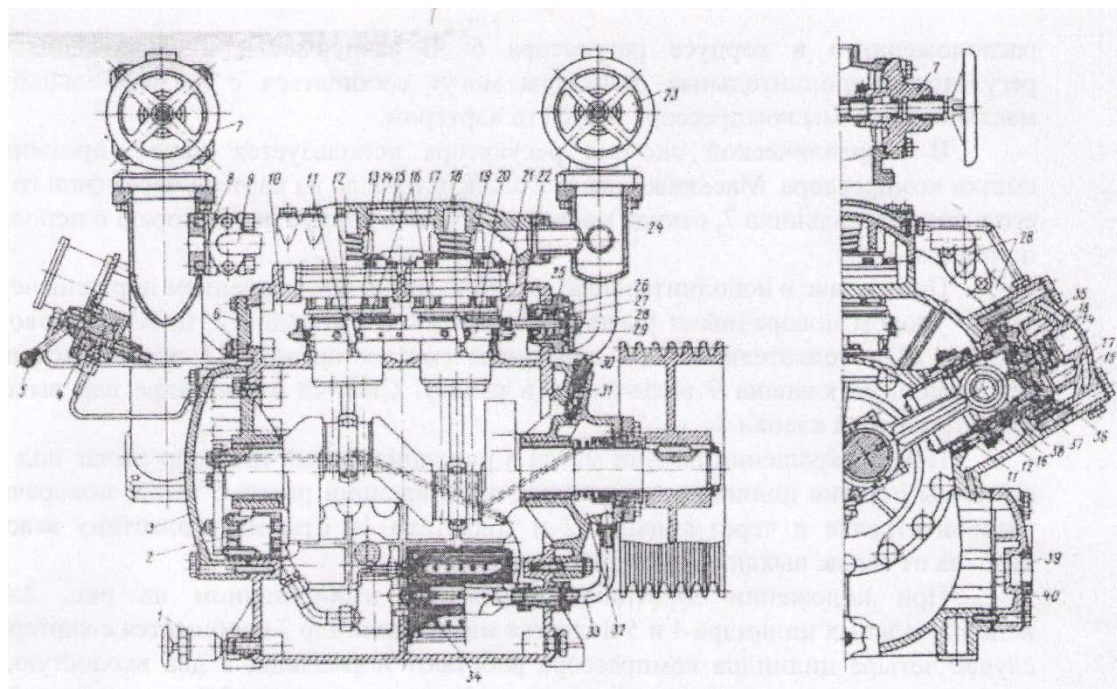


Рис.2.41. Компрессор SMC6-100:

1-клапан; 2-шестеренный насос; 3,6,14,40-крышки; 4-золотник регулятора; 5-рукоятка регулятора; 6,7-всасывающий клапан; 8-предохранительный клапан; 9-перемычка; 10-всасывающая полость; 11-ось; 12-рычаг; 13-упор; 15-водяная полость; 16-кольцо; 17-нагнетательная полость; 18-буферная пружина; 19,21,25- пружины; 20- тяга; 22-шток; 23-нагнетательный клапан; 24-нагнетательная труба; 26-цилиндр; 27-поршень; 28-трубопровод; 29-тарелка; 30-отверстие; 31-пружина перепускного клапана; 32-полость сальника; 33 - труба; 34-

фильтр; 35-ложная крышка; 36-нагнетательный клапан; 37-всасывающий клапан; 38-толкатели; 39-смотровое стекло

Смазка компрессора осуществляется шестеренным насосом. Масло насосом забирается из картера через фильтр и подается в полость сальника, из которой по сверлениям в валу направляется на коренные и шатунные шейки и далее по сверлениям в шатунах – к поршневым пальцам. Смазка цилиндров производится разбрызгиванием. Давление в масляной системе регулируется с помощью перепускного клапана. Добавление масла в картер и спуск его на период ремонта производят через вентиль.

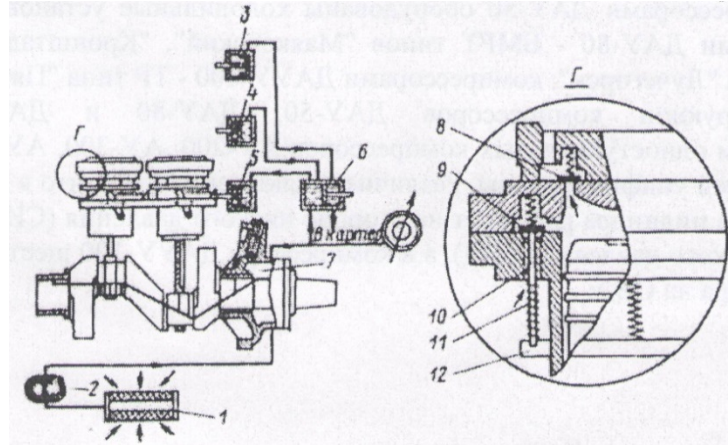


Рис. 2.42. Схема регулирования холодопроизводительности компрессора типа SMC

В конструкции компрессора типа SMC предусмотрен регулятор холодопроизводительности (рис. 2.42). Регулятор имеет исполнительные цилиндры 3,4,5 с поршнями, перемещение которых осуществляется с помощью рукоятки золотника,

Расположенного в корпусе регулятора 6. В зависимости от положения золотника регулятора исполнительные цилиндры могут сообщаться с нагнетательной стороной масляной системы компрессора или с его картером.

В гидравлической системе регулятора используется масло, применяемое для смазки компрессора. Масляный насос 2 забирает масло из картера через фильтр 1 и подает его в полость сальника 7, откуда масло поступает в корпус регулятора 6 и исполнительные цилиндры 3, 4, 5.

При подаче в исполнительный цилиндр масла под давлением поршень через шток и тягу с упором поворачивает рычаг, упирающийся в кольцо 12, против часовой стрелки. Кольцо 12 и толкатели 10 под действием сжатых пружин 11 опускаются и пластина всасывающего клапана 9 включается в работу. Сжатый в цилиндре пар выходит через нагнетательный клапан 8.

При прекращении подачи масла в исполнительный цилиндр рычаг под действием пружины поршня цилиндра и пружины, соединяющий рычаг с тягой, поворачивается по часовой стрелке и через кольцо 12 и толкатели 10 отжимает пластину всасывающего клапана от седла, выключая цилиндр из работы.

При положении золотника регулятора, изображенном на рис. 2.42, в два исполнительных цилиндра 4 и 5 подается масло, цилиндр 3 сообщается с картером. В этом случае четыре цилиндра компрессора работают нормально, а два вхолостую, при этом подача шестицилиндрового компрессора будет составлять  $2/3$  номинальной. Изменяя вручную (по шкале регулятора) положение золотника, можно обеспечить работу компрессора с максимальной холодопроизводительностью и с производительностью, составляющей  $2/3$  и  $1/3$  номинальной.

При пуске электродвигателя компрессора давления в масляной системе и в картере равны, поэтому в момент пуска пластины всасывающих клапанов отжаты, а цилиндры выключены. Это уменьшает момент сопротивления при пуске электродвигателя компрессора.

**Двухступенчатые компрессоры.** На судах широко применяют двухступенчатые поршневые компрессоры ДАУ-50, ДАУ-80, ДАУУ-100 (табл. 2.6), которые работают в составе судовых холодильных установок с диапазоном температур кипения от  $-25$  до  $-45$  °С при температуре конденсации не выше  $40$  °С и температуре окружающей среды от  $5$  до  $50$  °С. При этом разность давлений нагнетания и всасывания  $P_k - P_0$  в ступени низкого давления  $1,2$  МПа, в ступени высокого давления  $1,5$  МПа, а отношение давлений  $P_k/P_0 < 9$ .

Компрессорами ДАУ-50 оборудованы холодильные установки некоторых СРТМ, компрессорами ДАУ-80 – БМРТ типов “Маяковский”, “Кронштадт”, “Пионер Латвии”, БММРТ типа “Лучегорск”; компрессорами ДАУУ-100-ТР типа “Пятидесятилетие СССР”.

Конструкции компрессоров ДАУ-50, ДАУ-80 и ДАУУ-100 аналогичны конструкциям одноступенчатых компрессоров АУ-200, АУ-300, АУ-400, большинство их узлов и деталей унифицированы. Различие заключается в том, что в компрессорах ДАУ-50 и ДАУ-80 три цилиндра работают на стороне низкого давления (СНД) и один цилиндр на стороне высокого давления (СВД), а в компрессоре ДАУУ-100 шесть цилиндров – на СНД и два цилиндра на СВД.

Таблица 2.6. Основные характеристики двухступенчатых поршневых компрессоров

Марка компрессора	Тип	Количество цилиндров	Диаметр цилиндров, мм		Ход поршня, мм
			низкого давления	высокого давления	
ДАУ-80	U	4	3 x 200	200	150
ДАУ-50	U	4	3 x 150	150	130
ДАУУ-100	UU	8	6 x 150	2 x 150	130

Марка компрессора	Частота вращения, $c^{-1}$	Объем, описываемый поршнем, $m^3/c$		Холодопроизводительность, кВт, при $t_0 = -40$ °С, $t_k = 35$ °С	Потребляемая мощность, кВт
		СНД	СВД		
ДАУ-80	12	610,5	204	93	55
	8	407	135,5	61,5	36,5
ДАУ-50	16	396	132	58,2	36
	12	297,5	99,2	44	27
ДАУУ-100	16	792	264	116,3	72
	12	596	198,5	87	54

Блок-картеры двухступенчатых компрессоров имеют отдельные полости всасывания ступени низкого и высокого давлений, в которых установлены сетчатые фильтры. Так же разделены полости нагнетания для СНД и СВД. Для улучшения уплотнения поршней СВД маслоъемные кольца, установленные на юбке поршня, заменены на уплотнительные.

Компрессор ДАУ-50 U-образный с углом развала между цилиндрами, равным  $90^\circ$ ; компрессор ДАУ-80 U-образный с углом развала между цилиндрами  $75^\circ$ ; компрессор ДАУУ-100 UU-образный с углом развала между цилиндрами  $45^\circ$ .

**Компрессор ДАУ-80** (рис. 2.43) аммиачный, двухступенчатый, бескрейцкопфный, блок-картерный, прямоточный. Блок-картер отлит из чугуна, в его верхней части расположена полость для охлаждения цилиндров (водяная рубашка). Отверстия на передней и задней стенках блок-картера предназначены для установки коренных подшипников. Для доступа к нижним головкам шатуна и противовесам в боковых стенках блок-картера сделаны люки.

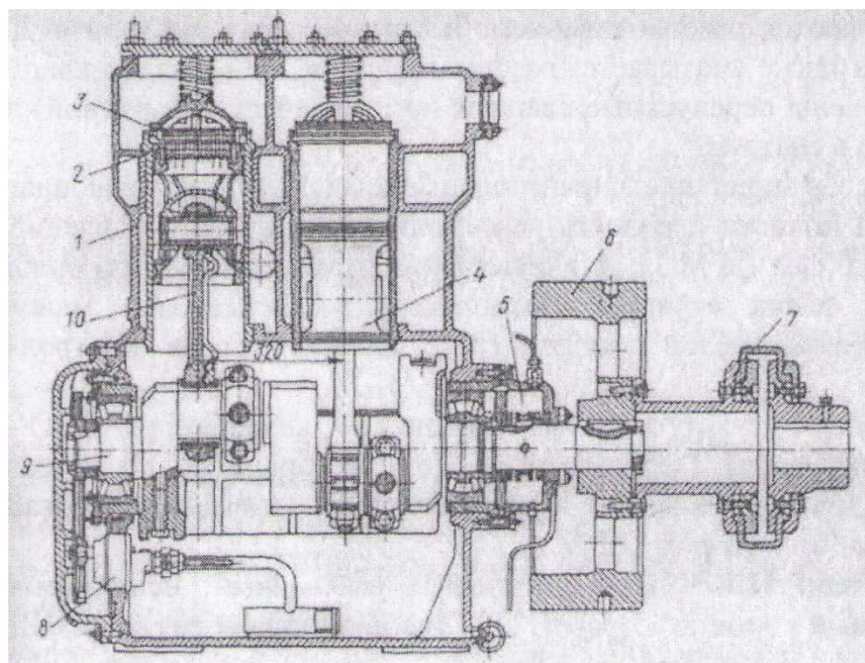


Рис.2.43. Двухступенчатый аммиачный компрессор ДАУ-80:

1-блок-картер; 2-всасывающий клапан; 3-нагнетательный клапан; 4-поршень; 5-сальник; 6-маховик; 7- муфта; 8-масляный насос; 9-коленчатый вал; 10-шатун

В блок-картере установлены чугунные цилиндрические гильзы (по скользящей посадке), которые имеют два посадочных пояска. В верхней и нижней частях гильзы снаружи сделаны две канавки для уплотнительных резиновых колец, разделяющих всасывающую полость от нагнетательной полости (вверху) и от картера (внизу).

На торце в верхней части гильзы имеется поясок, притертый по нагнетательному клапану. Гильза в верхней части имеет направляющие для ориентации ложной крышки при подъеме. В нижней части гильзы находятся окна, соединяющие рабочую полость цилиндра с полостью всасывания. Стальной штампованный, двухколенный, двухопорный вал на подшипниках качения (двухрядных, сферических, роликовых), смонтированный в сменных стаканах, устанавливается в отверстия блок-картера. В валу высверлены каналы для прохода смазки. К крайним щекам вала болтами прикреплены противовесы.

Шатуны стальные, штампованные. В нижнюю разъемную головку установлен тонкостенный биметаллический вкладыш с антифрикционным покрытием из алюминиевого сплава АсМ.

Поршни чугунные, литые, проходные. На поршнях СНД установлены уплотнительные и маслоотъемные кольца, на поршнях СВД – только уплотнительные. Поршни компрессоров ДАУ-50 и ДАУУ-100 такого же типа, но алюминиевые. Поршневой палец пустотелый, плавающий, в бобышках установлен с натягом.

Всасывающие и нагнетательные клапаны пластинчатые, полосовые (ленточные), самопружинящие. Всасывающий клапан закреплен на днище поршня, нагнетательный клапан прижимается через упорный фонарь буферной пружиной к цилиндрической гильзе.

Сальник пружинный, двусторонний, маслозаполненный, с парой трения сталь-графит. К неподвижным элементам сальника относятся диск, два кольца с запрессованными графитовыми кольцами, корпус и крышка сальника с набивкой, выполненной из бензостойких резиновых колец. Подвижными элементами являются две обоймы с пружинами и два стальных кольца. Просочившееся через сальник масло отводится по трубке.

Смазка сальника, шатунных подшипников и верхних головок шатуна происходит под давлением от шестеренного насоса. Масло, засасываемое через сетчатый фильтр грубой очистки, подается в фильтр тонкой очистки, а затем нагнетается в сальник, после этого по сверлениям в

коленчатом валу попадает к шатунным подшипникам, из которых масло по трубке на шатуне не подается к поршневому пальцу.

Остальные трущиеся части (коренные подшипники, поршни и цилиндры гильзы) смазываются разбрызгиванием. В компрессорах ДАУ-50 и ДАУУ-100 верхняя головка шатуна также смазывается разбрызгиванием. На нагнетательной линии масляного насоса установлены перепускные клапаны (автоматический и ручной) для регулирования давления масла в системе.

Компрессор имеет предохранительные клапаны, перепускающие пары аммиака из нагнетательной полости в полость всасывания при разности давлений на СНД более 1 МПа и на СВД более 1,6 МПа. Для облегчения пуска компрессоры снабжены байпасными клапанами на обеих ступенях. Компрессор укомплектован мановакуумметрами и приборами автоматической защиты (реле давления, реле контроля смазки и реле температуры).

Аммиачные двухступенчатые поршневые компрессоры ДАУ-50 и ДАУ-80 в настоящее время сняты с производства. Компрессоры ДАУ-50 заменяются аммиачным поршневым двухступенчатым компрессорным автоматизированным агрегатом АД55-7-50М с компрессором ПД55.

**Компрессор ПД55** двухступенчатый, аммиачный, непрямочный, поршневой, унифицированный с компрессором П220. Два цилиндра образуют СВД, шесть цилиндров - СНД.

Техническая характеристика компрессора ПД55 приведена ниже:

Холодопроизводительность, кВт.....	67
Эффективная мощность, кВт .....	39
Температура, °С:	
кипения.....	40
конденсации.....	35
Диапазон рабочих температур кипения, °С	(-25)- (-45)
Максимальная температура конденсации, °С	43
Число цилиндров:	
СНД.....	6
СВД.....	2
Диаметр цилиндра, мм.....	115
Ход поршня, мм.....	82
Описанный объем при $n=24,5c^{-1}$ , м <sup>3</sup> /ч:	
СНД.....	450
СВД.....	150
Марка смазочного масла.....	ХА-30, ХА-23
Максимальный унос масла из компрессора г/ч	160
Расход охлаждающей воды, м <sup>3</sup> /ч.....	
Масса компрессора (без масла и маховика), кг	1150

Особенностью конструкции компрессора ПД55 является разделение ступеней: первый и пятый цилиндры – СВД, остальные – СНД. Такое разделение ступеней

уменьшает неравномерность нагрузки на коленчатый вал, а также делает удобной сборку всасывающих нагнетательных коллекторов.

Фильтр грубой очистки масла размещен в средней части днища картера и находится в затопленном состоянии при крене и дифференте судна.

В конструкции компрессора предусмотрены устройства, предупреждающие повышение давления в картере, а следовательно, и унос масла через уравнивательные отверстия во всасывающую полость.

На нижних центрирующих поясках цилиндрических гильз высокого давления установлены резиновые уплотнительные кольца, препятствующие перетечке пара из всасывающей полости СВД в картер компрессора. В нижней части гильз цилиндров низкого давления сделаны

радиальные отверстия диаметром 6мм. Пар, проникающий через неплотности в поршневых уплотнительных кольцах попадает через эти отверстия во всасывающую полость.

В конструкции компрессора для повышения надежности использованы:

- тонкостенные биметаллические вкладыши с антифрикционным слоем из алюминиевого сплава А020;
- втулки верхней головки шатуна из бронзографитовой композиции, полученной методом порошковой металлургии;
- пластины клапанов (всасывающих и нагнетательных), изготовленные из стали 30ХГСА со специальной обработкой синтетическими шлаками;
- поршневые кольца, изготовленные из пластмассы (из термостабилизированного капрона); для увеличения упругости колец между поршнем и кольцами размещены экспандеры из стальной ленты.

Компрессор ПД55 снабжен электромагнитным отжимным устройством для регулирования его холодопроизводительности. Регулирование производится с помощью реле низкого давления и электромагнитных катушек постоянного тока напряжением 24 В.

При достижении заданного давления на всасывании СНД реле давления включает одну катушку цилиндра СВД и три цилиндра СНД, в результате холодопроизводительность компрессора уменьшается на 50%. При дальнейшем понижении давления всасывания другое реле низкого давления остановит компрессор.

Если давление всасывания возрастает, включение цилиндров компрессора будет происходить в обратном порядке. Сначала включаются в работу один цилиндр СВД и три цилиндра СНД, затем все остальные цилиндры компрессора.

В компрессоре предусмотрена дополнительная защита по температуре нагнетания помимо реле температуры, установленных на нагнетательных коллекторах первой и второй ступеней. Защита осуществляется с помощью температурного датчика, выполненного из легкоплавного металла. Запаянный конец датчика соединяется с нагнетательной полостью через верхнюю крышку, а другой конец датчика сообщается через трубку с верхним сильфоном реле контроля смазки. Верхний сильфон соединен с картером.

Легкоплавким металлом является припой ПОС61 с температурой плавления 183 – 185 °С. На СНД плавкие предохранители не устанавливаются. При разгерметизации предохранителя давление в верхнем сильфоне возрастает, перепад давлений на РКС падает ниже допустимого предела и электродвигатель отключается.

Компрессоры ПД55 в составе аммиачного двухступенчатого агрегата АД55-50М устанавливают на СРТМ новой постройки вместо компрессоров ДАУ-50.

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Из каких основных деталей и узлов состоит поршневой компрессор.
2. Какого назначения и устройство клапанов поршневого компрессора.
3. Какого назначения и устройство сальника компрессора.
4. Чем отличаются открытые компрессора от полугерметичных и герметичных.
5. Объясните конструкцию и работы герметичного компрессора ФГ-0,7~3.
6. В чем особенности работы бессальникового компрессора 2ФББС-6..
7. Объясните особенность клапанной группы компрессора.
8. Объясните работу компрессора АУ-200.
9. Перечислите основные детали компрессора П-220 и укажите их назначение.
10. Какова особенность конструкции и работы компрессора ДАУ-80.

## **Лабораторная работа №2, №3**

### **Тема лабораторной работы:**

« Изучение конструкций винтовых и ротационных компрессоров»

**Цель работы:**

- 1.Закрепить теоретические знания по теме:«Компрессоры холодильных машин»
2. Научиться разбираться в конструкциях винтовых и ротационных компрессоров, а так же в назначении основных деталей

**Оборудование:**

- 1.макеты винтовых и ротационных компрессоров .
- 2.плакаты винтового компрессора 5ВХ-350 и ротационного компрессора РАБ-150
- 3.основные детали компрессоров
- 4.методические указания к лабораторной работе №2,3

**Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

**Содержание и порядок выполнения работы.  
(описание хода работы)**

**Винтовые компрессоры** по сравнению с поршневыми имеют следующие преимущества: высокие надежность и моторесурс (до 40 000 ч) отсутствие деталей с возвратно-поступательным движением; высокую частоту вращения, которая определяет лучшие массогабаритные показатели; отсутствие быстроизнашивающихся деталей (клапанов, поршневых колец); малые газодинамические потери из-за отсутствия всасывающих и нагнетательных клапанов; высокую степень повышения давления в одной ступени, что способствует упрощению конструкции холодильной машины; исключение гидравлического удара; возможность осуществления двухступенчатого сжатия в одноступенчатом компрессоре, что существенно повышает энергетическую эффективность холодильных машин с винтовым компрессором.

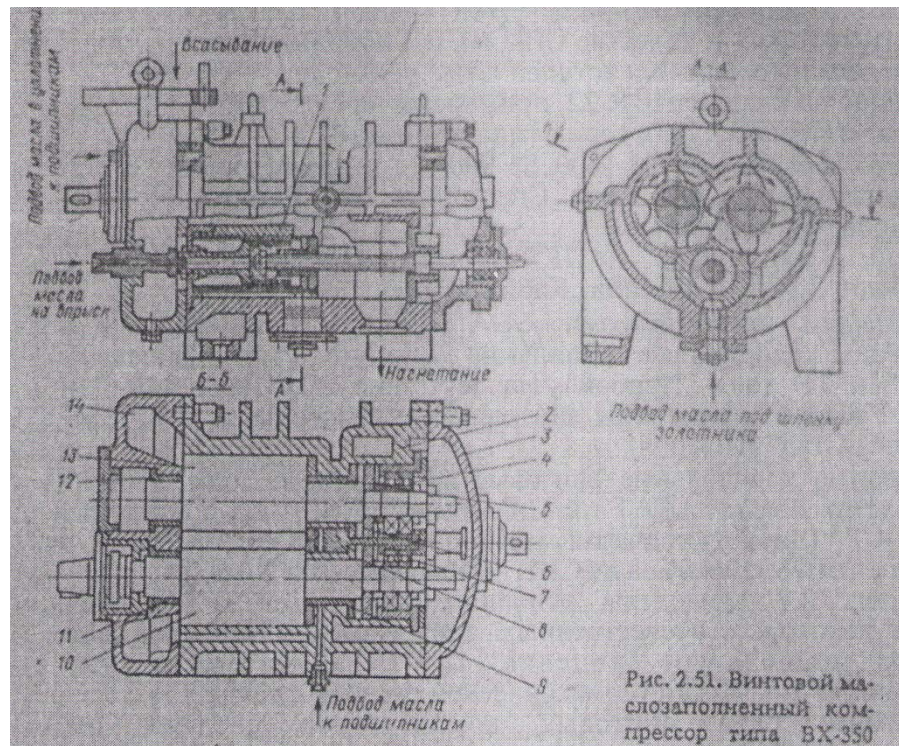
Однако вследствие постоянной геометрической степени сжатия, а также наличия утечек и перетечек пара через щели внутри компрессора энергетическая эффективность винтовых компрессоров несколько хуже чем у поршневых.

Конструктивная особенность винтовых компрессоров-малые зазоры в сопрягаемых деталях. Так, торцевой зазор со стороны нагнетания 0,1 мм, со стороны всасывания 0,5 мм, радиальный зазор между ротором и корпусом 0,1-0,25 мм.

Монтажный зазор в подшипниках скольжения 0,05-0,095 мм.

Малые зазоры повышают холодопроизводительность компрессора, но увеличивают стоимость его изготовления. На рыбопромысловых судах маслозаполненными винтовыми компрессорами оборудованы:

- низкотемпературное одноступенчатые холодильные машины R22 для замораживания и охлаждения трюмов при  $t_0 = (-40 - (-42))$  °С;
- среднетемпературные одноступенчатые холодильные машины на R22 для производства льда при температуре кипения  $t_0 > -30$ °С и температуре конденсации  $t_k < = 40$  °С;
- высокотемпературные одноступенчатые холодильные машины на R22 для систем кондиционирования воздуха при  $t_k < 40$ °С;



X - холодильный; 350, 470, 700, 1400 - холодопроизводительность в стандартном режиме (тыс. ккал/ч).

Рассмотрим конструкции винтовых компрессоров, наиболее распространенных на рыбопромысловых судах.

Винтовой маслом наполненный компрессор типа BX-350, работающий на R22, холодопроизводительностью 122 кВт при  $t_0 = -40^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 35^\circ\text{C}$ ,  $n = 49,2$  с показан на рис. 2.51. Компрессор состоит из корпуса 2 с вертикальным разъемом, передней крышки 14 с полостью всасывания и задней крышки 3. Окно нагнетания выполнено в сменной торцевой приставке, позволяющей унифицировать корпус в компрессорах с различной геометрической степенью сжатия, равной 2,6; 4; 5.

В цилиндрических расточках корпуса находятся ведущий 10 и ведомый 13 роторы (винты), имеющие одинаковые наружные диаметры. Длина роторов менее шага винта.

Ведущий ротор имеет четыре выпуклых зуба, а ведомый - шесть вогнутых зубьев. Профильный зазор между винтами по линии контакта 0,05-0,17 мм, радиальный зазор между роторами и корпусом 0,057-0,193 мм, торцевой зазор на нагнетательной стороне 0,05-0,08 мм, на всасывающей стороне 0,42-0,75 мм.

Окна всасывания и нагнетания расположены диагонально: окно всасывания сверху, окно нагнетания снизу. В качестве опорных подшипников 5, 9, 11 и 12 применены подшипники скольжения втулочного типа с баббитовой заливкой. Осевые усилия ротора воспринимает двоянные радиально-упорные шарикоподшипники 4 и 7. Для уменьшения этих усилий служат масляные разгрузочные поршни 6 и 8

Таблица 2.6. Основные характеристики винтовых компрессоров типа S3

Марка компрессора	Наружный диаметр, м	Отношение диаметра ротора к его длине	Теоретическая подача, м <sup>3</sup> /с	Холодопроизводительность, кВт, при $t_0 = -40^\circ\text{C}$ и $t_k = 30^\circ\text{C}$	Потребляемая мощность, кВт
S3-450	0,100	1,10	0,125	64,5	56
S3-900	0,204	1,10	0,22	112,8	98
S3-1800	0,255	1,17	0,5	233	192
S3-2500	0,255	1,65	0,64	326	290

двухступенчатые холодильные машины на R 717 и R22 для выживания рыбы при  $t^0 = (-45) - (-50)^\circ\text{C}$  и  $t_k \geq 40^\circ\text{C}$ , у которых в качестве СНД и СВД используются винтовые компрессоры (двухступенчатые установки, работающие на хладагенте R22, применены на судах типа «Орленок» и первых судах серии типа «Прометей»).

Компрессоры S3-900, S3-1800, S3-900А (с экономайзером) изготовлены на РТМ-С типа «Спрут», на БМРТ типа «Пулковский меридиан», БМРТ типа «Иван Бочков», на ПКБ типа «Конституции СССР, ТР типа «50 лет СССР» и ТР типа «Карл Либкнехт»

Винтовыми компрессорами 64-А фирмы «Стал» (Швеция) оборудованы холодильные машины на РБ типов «Рыбацкая слава», «Спасск» и ТР типа «Прибой». На ТР типов «Охотское море» и «Остров Русский» применены винтовые компрессоры типов 5ВХ-350, 7ВХ-700 установлены на БАТ типа «Горизонт», РМБ типа «Пятидесятилетие СССР» (двухступенчатая машина имеет 2 компрессора, на СВД – марки 5ВХ-350/4АС, а на СНД – марки 6ВХ-700/2,6АС) В табл. 2.7. приведены основные характеристики базовых моделей некоторых отечественных винтовых компрессоров для R22 при температуре кипения  $t_0 = -15^\circ\text{C}$ ? Температуре конденсации  $t_k = 30^\circ\text{C}$  и геометрической степени сжатия 4.

На базе ряда винтовых компрессоров созданы их модификации в судовом исполнении с одной из трех расчетных геометрических степеней сжатия – 2,6; 4; 5.

Марка базовых компрессоров 5ВХ-350, 6аВХ-470, СВХ-700, 7ТВ1400: обозначает: 5, 6а, 6, 7 – базовый номер компрессора; В – винтовой

Таблица 2.7. Основные характеристики отечественных винтовых компрессоров

Марка базового компрессора	Наружный диаметр ротора, мм	Длина ротора, мм	Теоретическая подача, м <sup>3</sup> /с	Холодопроизводительность, кВт	Потребляемая мощность, кВт
5ВХ-350	200	270	0,24	398	121
6аВХ-470	250	225	0,32	534	162
6ВХ-700	250	340	0,47	780	237
7ВХ-1400	315	425	0,938	1560	476

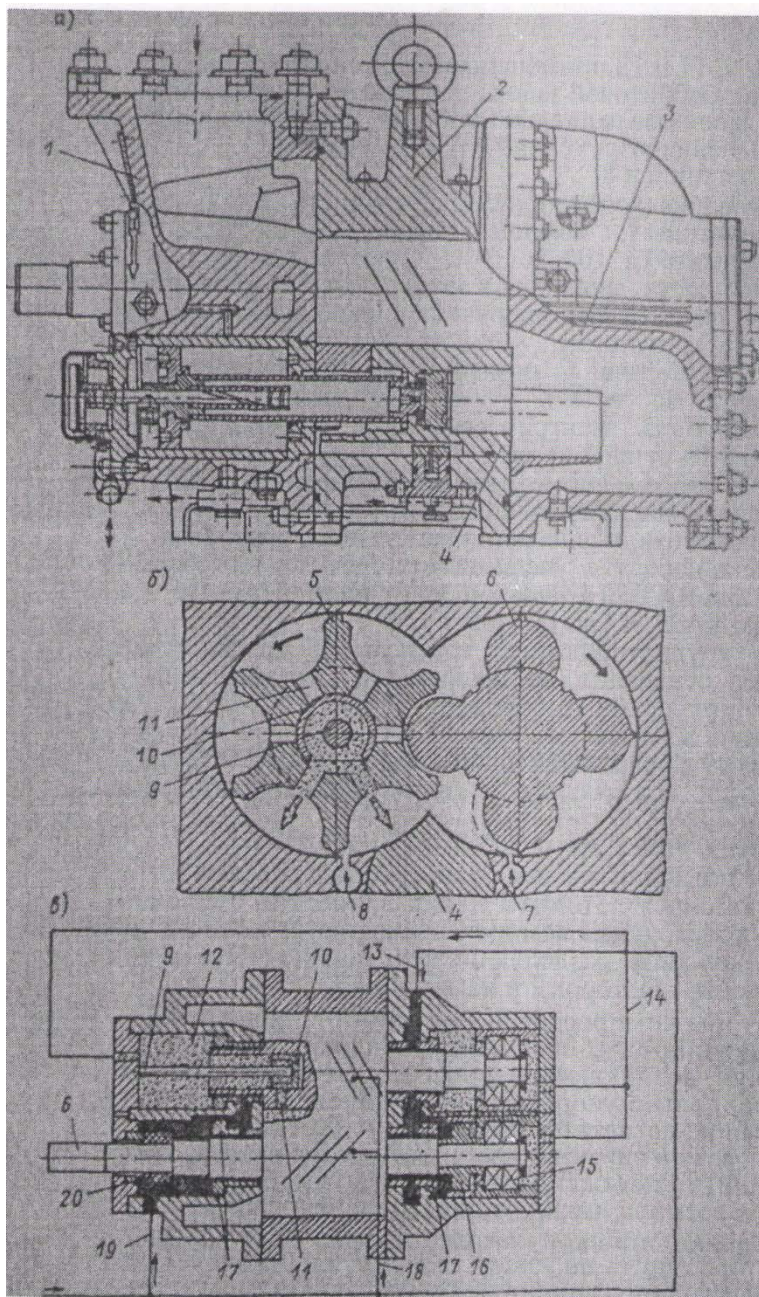


Рис. 2.52. Компрессор типа S3-900: а — продольный разрез; б — расположение окна всасывания и масляного золотника; а — схема подачи масла в компрессор

Для регулирования холодопроизводительности детально предусмотрен золотник 1, с помощью которого осуществляется ее плавное изменение от 100 до 10%. Золотник расположен в прорези в нижней части цилиндра и может перемещаться вдоль оси роторов. При перемещении золотника вправо начало сжатия задерживается, в результате уменьшаются рабочий объем компрессора и его подача. С помощью золотника снижается пусковой момент во время пуска компрессора. Привод золотника может быть электрическим или гидравлическим, кроме этого, имеется ручной привод.

В корпус компрессора впрыскивается охлажденное масло. Впрыск масла в рабочие полости компрессора снижает температуру хладагента, масло заполняет зазоры, уменьшая утечки и перетечи пара, т.е. увеличивает подачу компрессора. В компрессорах типа VX-350 в зависимости от условий работы применяют масло ХА23, ХА30, ХС40.

Все новые крупнотоннажные траулеры и транспортные рефрижераторы оснащены холодильными установками с винтовыми компрессорами (в основном S3-900 и S3-1800). Ряд компрессоров типа S3 открытым приводом при частоте вращения ведущего ротора  $49 \text{ с}^{-1}$  рассчитан для работы на R717 и R22 (табл. 2.8). Выпускаются компрессоры с геометрической степенью сжатия 2,6; 3,6 и 4,8.

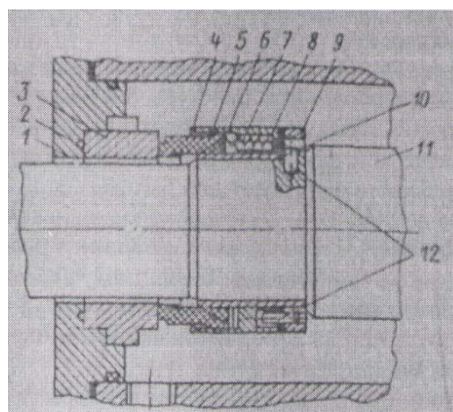
Компрессор S3-900 (рис. 2.52) имеет плавное регулирование подачи путем изменения рабочего объема цилиндра при помощи золотника 4 с гидравлическим приводом. Особенностью конструкции компрессора является наличие двух вертикальных разъемов, разделяющих чугунный корпус на три секции: всасывания 1, роторов 2 и нагнетания 3.

Стальные роторы компрессора – ведущий 6 и ведомый 5 вращаются в подшипниках скольжения 17 с баббитовой заливкой, усилия, возникающие в роторах, воспринимаются сведенными радиально-упорными шарикоподшипниками 15, установленными на нагнетательной стороне. Кроме подшипников осевые нагрузки воспринимаются разгрузочным поршнем 16, плотно посаженным на вал ведущего ротора. Головки зубьев роторов имеют уплотнительные кромки.

При износе подшипников контакт роторов со стенками цилиндров будет проходить по узким уплотнительным кромкам. Во впадинах ведущего ротора имеются канавки, в которые входят уплотнительные кромки ведомого ротора. Этим создается лучшее уплотнение между роторами. Окно всасывания размещено с верхней части секции 2.

В процессе работы в корпус компрессора, шестеренным насосом с автономным электродвигателем под давлением на 0,05 – 0,3 МПа выше давления сжатия впрыскивается охлажденное масло.

Масло к компрессору подводится в четырех точках. По трубкам 19 и 13 масло подается для смазки подшипников скольжения, а по трубке 18 через отверстия 7 и 8 – для смазывания винтов и уплотнения зазоров между ними и корпусом. Впрыскиваемое в рабочие полости масло охлаждает винты и корпус, а также снижает уровень шума, подаваемое по трубке 19 масло, проходя сальник 20 и подшипник, стекает в полость всасывания, где смешивается со всасываемым паром хладагента. По трубке 13 масло одновременно поступает для воздействия на разгрузочный поршень 16, масло, выходя из подшипников скольжения, смазывает упорные шарикоподшипники и по внешнему соединительному трубопроводу 14 направляется в камеру 12, где смешивается с маслом, стекающим через зазоры в подшипниках скольжения секции всасывания. Из масляного золотника 10, удерживаемого внутри ведомого ротора стержнем 9, смесь масла с парами хладагента через радиальные отверстия 11 входит в полость впадин роторов в тот момент, когда впадины не связаны с окном всасывания. Масло вместе со сжатыми парами хладагента поступает в маслоотделитель. Температура масла, входящего в компрессор, поддерживается на уровне 55 °С. В компрессорах типа S3 применяют масло марок ХА30 для R22 и ХФ12-18 для R12. Разгрузочный поршень 16, жестко связанный с ведущим ротором, воспринимает давление масла, создаваемое масляным насосом. Усилие, создаваемое на ведущем роторе разгрузочным поршнем, направлено в противоположную сторону по отношению к усилию, передаваемому ротору сжатым паром. В месте выхода ведущего ротора из корпуса предусмотрено уплотнение (рис.2.53). Уплотнение вала торцевого типа с одной парой трения чугун-графит. Уплотнение по валу достигается применением клиновидного радиального уплотнительного кольца из политетрафторэтилена. Пакет сальника устанавливается на защитной втулке, напрессованной на вал. Пакет с валом соединяется поводковым кольцом через цилиндрические штифты. Плавное изменение производительности компрессора S3-900 от 100 до 10% осуществляется с помощью встроенного золотника 5 (рис.2.54), который является составной частью корпуса. Исполнительный механизм гидравлического привода золотника состоит из автономного маслонасоса, цилиндра 11, поршня 2 со штоком 8.



Положение золотника в корпусе компрессора регулируется фланцем 6 с сухарем 7. Системой автоматического регулирования предусмотрен пуск компрессора при минимальной его подаче. Изменение подачи компрессора осуществляется перемещением золотника в ту или иную сторону.

При подаче напряжения на соленоидный клапан, обеспечивающий поступление масла по трубопроводу 12 в левую полость цилиндра, поршень 2 через шток 8 перемещает золотник 5 вправо. При этом рабочая длина роторов уменьшается, в результате часть пара, заполнившего полости впадин при всасывании, через окно 4 вновь возвращается в полость всасывания. Масло, находящееся в цилиндре справа от поршня, по трубопроводу 9 выходит в маслоотделитель.

При движении золотника 5 вправо подача, а следовательно, и холодопроизводительность компрессора уменьшаются. Для увеличения подачи компрессора масло нагнетается в правую полость цилиндра, а из левой полости масло свободно перемещается в маслоотделитель.

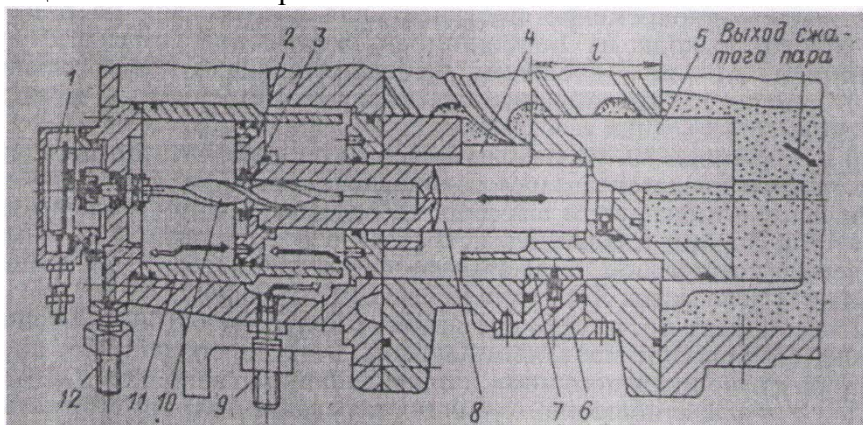


Рис. 2.54. Устройство для регулирования холодопроизводительности в компрессоре S3-900

В систему автоматического регулирования входит измерительный потенциометр 1, имеющий конечные выключатели для сигнализации о положении золотника. Вращательное движение на потенциометр от поступательно движущегося золотника передается с помощью скрученного стержня 10 прямоугольного сечения, соединенного с потенциометром, и двух цилиндрических штифтов 3 в штоке 8.

### Ротационные компрессоры

В холодильной технике применяют ротационные компрессоры (РК) с катящимся ротором, ось которого вращается вокруг оси цилиндра (ротатор при этом прокатывается по цилиндру), и компрессоры с вращающимся ротором, ось которого фиксируется относительно оси цилиндра (пластинчатые РК).

Достоинства РК: простота конструкции; надежность в эксплуатации; удобство обслуживания; отсутствие всасывающих клапанов, а в некоторых конструкциях и нагнетательных клапанов.

Недостатки РК: большой износ пластин; значительные перетечки пара.

Ротационные компрессоры с катящимся ротором в герметичном исполнении отечественная промышленность выпускает для бытовых атомных кондиционеров холодопроизводительностью примерно до 4000 Вт и бытовых холодильников холодопроизводительностью до 700 Вт.

Ротационные компрессоры с катящимся ротором типа «Ротаско» (Швейцария) нашли применение на тунцеловных базах типа «Ленинский луч». Компрессоры типа RL-300 холодопроизводительностью 55,9 кВт (при  $t_0 = -40\text{ C}$  и  $t_k = 35\text{ C}$ ) используют для замораживания тунца, а типа RL-150 холодопроизводительностью 180,9 кВт (при  $t_0 = -10\text{ C}$  и  $t_k = 35\text{ C}$ ) — для предварительного охлаждения тунца.

Пластинчатые ротационные компрессоры применяют в качестве ступени низкого давления (бустер - компрессора) в двухступенчатых холодильных машинах, работающих на хладагентах R717 и R22. Бустер — компрессоры выпускают холодопроизводительностью от нескольких киловатт до 900 кВт при температуре кипения от  $-25$  до  $-70\text{ C}$  и разностью давлений нагнетания и всасывания до 0,4 МПа. В системах кондиционирования воздуха применяют ротационные компрессоры холодопроизводительностью 10-35 кВт на хладагентах R12 и R22.

проходит в зазоре между ротором и статором, охлаждая электродвигатель. Через патрубок 8 пар поступает в конденсатор. Давление пара в кожухе равно давлению конденсации. Всасывание пара

с меньшим перегревом позволило уменьшить рабочий объем цилиндра компрессора.

Агрегатами МАК-РАБ-300С с пластинчатыми ротационным компрессорами РАБ-300С с холодопроизводительностью 325,6 кВт ( $t_0 = -40\text{ C}$  и  $t_{пр} = -10\text{ C}$ ) и двухскоростным электродвигателями с частотой вращения 12,3 (9,9) с<sup>-1</sup> оборудованы холодильные установки на БМРТ типа «Алтай», РПБ «Восток», «Посыет». В агрегате в качестве СВД применен компрессор АУ-200.

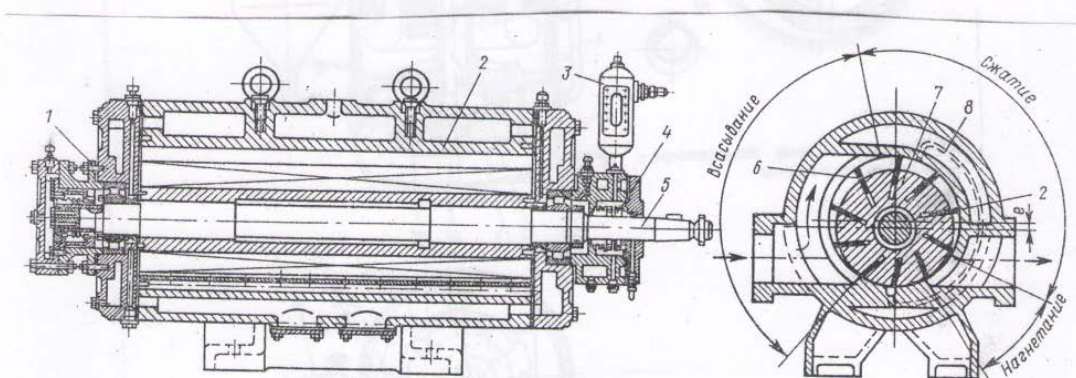


Рис. 2.46. Ротационный пластинчатый компрессор РАБ-300С

На

рис. 2.46 показано устройство ротационного пластинчатого компрессора РАБ-300С. Ось вращения ротора 7 смещена относительно оси цилиндра 2 на величину эксцентриситета  $e$ , благодаря этому между ротором и цилиндром образованна серповидная полость. В роторе имеются пазы, в которые вставлены радиально пластины (лопасти) б из асботекстолита. Цилиндр закрыт торцевыми крышками 1, в которых размещены радиальные роликовые подшипники. Цилиндр, крышки цилиндра и корпус сальника имеют полости для прохода охлаждающей воды.

При вращении ротора пластины под действием центробежных сил перемещаются в пазах ротора и прижимаются к рабочей поверхности цилиндра, образуя замкнутые камеры. Наибольший объем камер находится в верхней части цилиндра, наименьший — в нижней части. При вращении объем камер меняется благодаря эксцентричному расположению ротора по отношению к цилиндру.

При увеличении объема камер пары хладагента поступают в них из всасывающего патрубка.

Всасывание пара в ячейку начинается, когда передняя (по ходу) пластина ячейки пройдет нижнюю кромку окна всасывания, и заканчивается (при максимальном объеме ячейке) в момент прохождения задней пластичной ячейки верхней кромки всасывающего окна, После этого

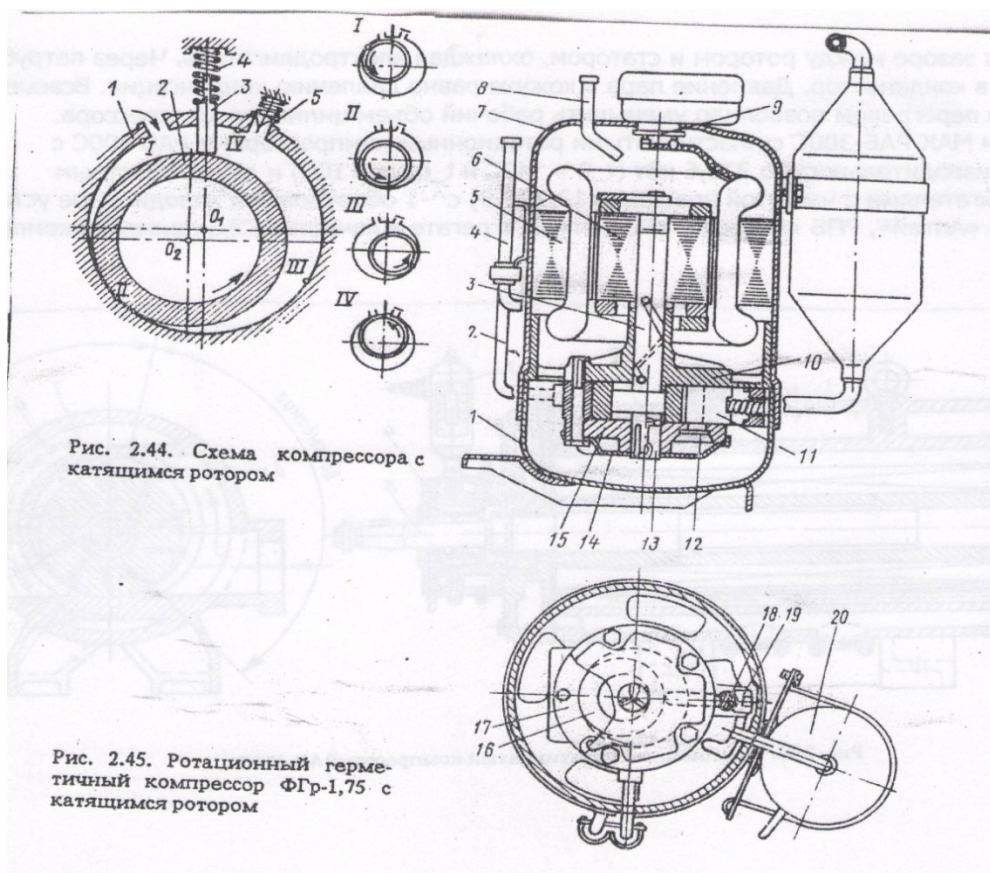
начинается процесс сжатия, который заканчивается при соединении ячейки с окном нагнетания, когда идущая впереди пластина пройдет верхнюю кромку окна.

Нагнетание заканчивается при переходе задней пластины нижней кромки окна нагнетания. Для уменьшения перетекания пара со стороны нагнетательной полости во всасывающую оставшийся в ячейке пар по перепускному каналу 8 (см. рис. 2.46) отводится в полость начала сжатия.

Уплотнение выходящего из корпуса конца вала 5 осуществляется двухсторонним торцевым сальником 4 с кольцами трения сталь — графит с масляным затвором. Масло в сальник поступает из масляного бачка 3, находящегося под давлением нагнетания. Для контроля за уровнем масла в бачке имеется смотровое стекло. Всасывающий и нагнетательный клапан в компрессоре отсутствуют. На нагнетательном трубопроводе установлен обратный клапан.

Смазка компрессора осуществляется многоплунжерным масляным насосом (лубрикатором). Масло подводится к компрессору для смазки пластин (в двух точках) и подшипников. Впрыск масла в рабочую полость компрессора способствует уплотнению зазоров, улучшению охлаждения пара и уменьшению шума.

Отечественная промышленность выпускает судовой двухступенчатый компрессорный агрегат АД60-7-4 с компрессором Р90 в качестве бустер — компрессора. Ступенью высокого давления



Принципиальная схема компрессора с катящимся ротором представлена на рис. 2.44 в цилиндрическом корпусе 1 вращается ротор 2, насаженный на эксцентриковый вал. При вращении вала вокруг оси  $O$  ротор прокатывается по внутренней поверхности цилиндра. Пластина (лопасть) 3 плотно прижимается к ротору пружиной 4 и делит серповидную полость, образующуюся между цилиндром и ротором, на две изолированные части (всасывающую и нагнетательную).

Если ротор находится в верхнем положении I, полость всасывания соединяется со всасывающей стороной компрессора. В этом положении начинается процесс всасывания в одной полости и сжатия в другой. При дальнейшем вращении ротора на всасывающей стороне увеличивается объем серповидной полости, образованной цилиндром и поршнем.

В другой полости давление сжатия возрастает (положение II). Когда давление сжатия

превысит давление в нагнетательной полости цилиндра, открывается клапан 5 (положение III) и сжатый пар поступает в нагнетательный трубопровод. В положении III всасывающая полость занимает максимальный объем. В положении IV заканчивается процесс нагнетания, и ротор вновь начинает осуществлять процесс сжатия. На рис. 2.45 показана конструкция ротационного герметичного хладонного (R22) КОМПРЕССОРА ФГр-1,75 применен в автономном кондиционере БК-1500.

Компрессор с электродвигателем размещены в герметичном стальном кожухе, состоящем из верхнего 7 и нижнего 1 полукожухов. Электродвигатель компрессора асинхронный, конденсаторный, хладономаслостойкий номинальной мощностью 590 Вт.

Статор электродвигателя 5 запрессован в верхней полукожух, а ротор 6 закреплен на валу. В нижнюю часть верхнего полукожуха установлена рама 10, опирающаяся на нижний полукожухе имеются нагревательный патрубок 8 и проходной контакт 9.

Компрессор состоит из верхней и нижней крышек 15, цилиндра 17, ротора 16, лопасти 11, пружины лопасти 18 со стопором 19, эксцентрикового вала 3. Смазка трущихся пар осуществляется масляным насосом 13. Пар из испарителя сначала поступает в отделитель жидкости 20, а затем всасывается непосредственно в цилиндр компрессора. Сжатый в компрессоре пар через нагнетательный клапан 12 выходит в нагнетательную полость, образуемую крышкой клапан 14, затем по патрубку 2 направляется в ребристый теплообменник, соединенный с конденсатором. После охлаждения на 20-30 С пар возвращается в кожух компрессора по патрубку 4. Отделившись от масла, пар в агрегате является поршневой компрессор П110. Холодопроизводительность агрегата 108 кВт при  $t_0 = -40$  С и  $t_k = 35$  С. Пластины ротора компрессора изготовлены из неметаллического материала путем прессования тканей, пропитанных специальными смолами. Смазка компрессора осуществляется от встроенного шестеренного насоса с непосредственным приводом от вала ротора. Компрессор охлаждается с помощью водяной рубашки и впрыскиваемым маслом.

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Из каких основных деталей и узлов состоит винтовой компрессор .
2. Объяснить для чего винтовые компрессоры заполняют маслом.
3. Назовите предельные значения зазоров в винтовых компрессорах и как они влияют на работу компрессора.
4. Раскройте особенности конструкции и работы винтового компрессора ВХ-350
5. Раскройте особенности конструкции и работы винтового компрессора ЯЗ-900
- б. расскажите о конструкции уплотнения вала винтового компрессора ЯЗ-900 .
7. Объясните устройство регулятора холодопроизводительность в винтовом компрессоре КЗ-900
8. Из каких деталей и узлов состоит ротационный компрессор с катящимся ротором
9. В чем особенности конструкции герметичного ротационного компрессора
10. Назовите особенности конструкции и работы ротационного пластинчатого компрессора РАБ-300

## **Практическое занятие №10.**

### **Тема практического занятия:**

«Расчёт и подбор конденсаторов, испарителей и теплообменников».

### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме теплообменных аппаратов холодильных машин.

2. Приобрести практические навыки в расчете и научиться производить подбор конденсаторов, испарителей и теплообменников.

### **Оборудование:**

1. Таблицы с основными характеристиками конденсаторов, испарителей и теплообменников.
2. Методические указания к практическому занятию №10.
3. Калькуляторы.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

## **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

### **Расчет и подбор конденсаторов.**

Тепловой расчет конденсатора заключается в определении площади теплопередающей поверхности, по которой подбирают конденсатор, и расхода воды или воздуха для отвода теплового потока из него. По величине расхода охлаждающей воды или воздуха по каталогу подбирают соответствующую марку насоса или вентилятора. Площадь теплопередающей поверхности конденсатора, м<sup>2</sup>

$$F_{\text{к}} = Q_{\text{к}} / (k \theta_{\text{ср}}), \quad (2.27)$$

где  $Q_{\text{к}}$  - тепловой поток в конденсаторе, Вт;  $\theta_{\text{ср}}$  - средняя логарифмическая разность между температурами конденсации хладагента и охлаждающей среды.

Для случая теплообмена при конденсации

$$\Delta t_{\text{ср}} = t_{\text{к}} - \frac{t_1 + t_2}{2}, \quad (2.29)$$

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{t_2 - t_1}{2,3 \lg [(t_{\text{к}} - t_1) / (t_{\text{к}} - t_2)]}; \quad (2.28)$$

где  $t_1, t_2$  - температура входящей и выходящей воды.

Теоретический тепловой поток в конденсаторе с учётом переохлаждения в нем  $Q_{\text{к}} = G(i_2 - i_3)$ , где  $i_2, i_3$  - энтальпия соответственно перегретого пара в конце сжатия и жидкости на выходе из конденсатора, кДж/кг.

Тепловой поток, по которому рассчитывается площадь поверхности конденсатора (кроме холодильных машин с винтовыми компрессорами),  $Q_{\text{к}} = Q_0 + N_i$ , где  $Q_0$  – холодопроизводительность компрессора, Вт;  $N_i$  - индикаторная мощность, Вт [определяется по формуле (2.22)].

Коэффициент теплопередачи конденсатора принимают в зависимости от типа конденсатора и хладагента.

Значения коэффициента теплопередачи  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup> \* °С), для различных типов конденсаторов приведены ниже:

Кожухотрубные горизонтальные водяного охлаждения:

на аммиаке..... 700-1000

на хладоне..... 400-500

Кожухомеевиковые водяного охлаждения

с накатными ребрами..... 163-430

Воздушного охлаждения с движением воздуха:

Принудительным.....	25-40
Свободным.....	8-11

Температура поступающей в конденсатор воды  $t_{вд1}$  принимается равной температуре заборной воды. Температура воды, выходящей из конденсатора  $t_{вд2}$ , на 1-3 °С выше температуры заборной воды, т.е.  $t_{вд1} = t_{вд2} + (1 \div 3) \text{ } ^\circ\text{C}$ . При этом температура конденсации  $t_k$  выше средней температуры воды (на входе и выходе из конденсатора) на 5-7 °С,

$$t_k = \frac{t_{вд1} + t_{вд2}}{2} + (5 \div 7) \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Температура воздуха, поступающего на охлаждение,  $t_{в1}$ , равна температуре наружного воздуха. Температуру воздуха, выходящего из конденсатора,  $t_{вд2}$ , принимают на 8-12 °С выше температуры воздуха, входящего в конденсатор. Температура конденсации выше средней температуры воздуха (на входе в конденсатор и выходе из него) на 3-8 °С,  $t_k = (t_{в1} + t_{в2})/2 + (3 \div 8) \text{ } ^\circ\text{C}$ .

При расчёте площади теплопередающей поверхности конденсатора можно применить формулу (2.26) плотности теплового потока  $q_F$ , Вт/м. В этом случае  $F_k = Q_k/q_F$

Значения плотности теплового потока  $q_F$ , Вт/м<sup>2</sup>, для различных типов конденсаторов приведены ниже:

Кожухотрубные горизонтальные водяного охлаждения:

на аммиаке..... 4650-5250

на хладоне..... 2300-3500

Кожухозмеевиковые водяного охлаждения

с накатными ребрами..... 1050-2320

Воздушного охлаждения с движением воздуха:

принудительным..... 290-460

свободным..... 90-120

Найденную расчётом площадь  $F_k$  теплопередающей поверхности конденсатора увеличивает на 5-10%. После этого по определённой площади поверхности теплообмена  $F = F_k(1,05 \div 1,10)$  подбирают марку конденсаторов (см. табл. 2.11 - 2.14).

Расход охлаждающей воды определяют из условия теплового баланса  $Q_k = G_{вд} c_{вд} (t_{вд2} - t_{вд1})$ , где  $G_{вд}$  - массовый расход воды, кг/с;  $c_{вд}$  - теплоёмкость воды,  $c_{вд} = 4,19 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $t_{вд1}$ ,  $t_{вд2}$  - температура входящей и выходящей воды из конденсатора, °С.

Учитывая, что  $G_{вд} = V_{вд} \rho_{вд}$  ( $V_{вд}$  - объёмный расход воды, м<sup>3</sup>/с;  $\rho_{вд}$  - плотность воды,  $\rho_{вд} = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ), находим

$$V_{вд} = \frac{Q_k}{c_{вд} \rho_{вд} (t_{вд2} - t_{вд1})}, \quad (2.30)$$

По объёмному расходу и необходимому напору подбирают водяной насос соответствующей марки.

Объёмный расход воздуха, м<sup>3</sup>\*с,

$$V_{вд} = \frac{Q_k}{c_{вд} \rho_{вд} (t_{вд2} - t_{вд1})}, \quad (2.31)$$

где  $c_{вд}$  - теплоёмкость воздуха,  $c_{вд} = 1 \text{ кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $\rho_{вд}$  - плотность воздуха,  $\rho_{вд} = 1,2 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $t_{вд1}$ ,  $t_{вд2}$  - температура входящего и выходящего воздуха из конденсатора

По объёмному расходу воздуха и сопротивлению конденсатора подбирают вентилятор.

**Пример 2.4.** Определить площадь теплопередающей поверхности, подобрать конденсатор и водяной насос для парокомпрессионной холодильной машины, работающей на R717 при  $t_o = -25 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 30 \text{ } ^\circ\text{C}$ ,  $t_n = 28 \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $t_{вс} = t_1 = -15 \text{ } ^\circ\text{C}$ .

Холодопроизводительность машины  $Q_0=200$  кВт. Параметры цикла определены в примере 2.1.

Массовый расход хладагента в машине, кг/с  $G = Q_0/q_0$ , где  $q_0$ - удельная массовая теплота кипения,  $q_0=i_1-i_4=1651-551 = 1100$  кДж/кг; с учетом этого  $G = 200/1100 \approx 0,18$ кг/с.

Тепловой поток в конденсаторе  $Q_k=G(i_2-i_3)=0,18(1975-551)=256,3$  кВт.

Для расчёта принимаем: температуру воды, поступающей на конденсатор,  $t_{вд1}=24$  °С; температуру воды, отходящей от конденсатора,  $t_{вд2}=26$  °С; коэффициент теплопередачи кожухотрубного конденсатора типа КСК  $k=800$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Среднюю логарифмическую разность температур определяем по формуле (2.28).

$$\theta = \frac{26 - 24}{2,3 \lg [(30 - 24)/(30 - 26)]} \approx 4,9 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

$$F_k = \frac{256300}{800 \cdot 4,9} \approx 65,4 \text{ м}^2.$$

Площадь теплопередающей поверхности конденсатора определяем по формуле (2.27)

Из табл. 2.11 выбираем конденсатор КСК-100 или два конденсатора КСК-35.

Для парокompрессионной холодильной машины выбираем два насоса НЦВ63/20 подачей 0,0174 м<sup>3</sup>/с каждый или один насос НЦВ160/20 подачей 0,044 м<sup>3</sup>/с.

**Пример 2.5.** Определить площадь теплопередающей поверхности и подобрать воздушный конденсатор с вентилятором для машины холодопроизводительностью  $Q_0 = 3000$  Вт (3 кВт), работающей на R22, при температуре кипения  $t_0 = -25$  °С и температуре конденсации  $t = 30$  °С. Параметры цикла определены в примере 2.1.

Массовый расход хладагента в машине  $G=Q_0/q_0=3,166=0,018$  кг/с. Тепловой поток в конденсаторе  $Q_k=G(i_2-i_3)=0,018*221=3,98$  кВт.

Принимаем температуру входящего воздуха  $t_{в1}=20$ °С, выходящего воздуха  $t_{в2}=28$ °С. Средняя разность температур

$$\theta_{ср} = \frac{28 - 20}{2,3 \lg [(30 - 20)/(30 - 28)]} = 5,8 \text{ } ^\circ\text{C.}$$

Коэффициент теплопередачи воздушного конденсатора с принудительным движением воздуха  $k = 30$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С). Площадь теплопередающей поверхности конденсатора  $F_k = 3980/(30 \cdot 5,8) = 22,87$  м.

Из табл. 2.14 выбираем конденсатор с воздушным охлаждением К.В-30, площадь поверхности теплообмена которого 30 м<sup>2</sup>. Расход воздуха  $V_B = 3,98/(1 \cdot 1,16 \cdot 8) = 0,43$  м<sup>3</sup>/с, где 1,16 - плотность воздуха при средней температуре на входе и выходе его из конденсатора  $t_{ср} = 24$ °С, кг/м<sup>3</sup>.

Выбираем четыре вентилятора НЦВ-400/30 подачей 0611 м<sup>3</sup>/с каждый.

**Расчет и подбор кожухотрубных и кожухозмеевиковых испарителей.** При тепловом расчете испарителя определяют площадь теплопередающей поверхности для заданного режима работы, холодопроизводительность машины и расход циркулирующего рассола.

Площадь теплопередающей поверхности испарителя  $F_{и} = Q_0/(k \cdot \theta_{ср}) = Q_0/q_F$ , где  $Q_0$ - тепловой поток в испарителе, принимаемый равным холодопроизводительности машины, Вт;  $k$  - коэффициент теплопередачи испарителя, Вт/(м<sup>2</sup> · °С);  $\theta_{ср}$ - средняя логарифмическая разность температур между рассолом и кипящим хладагентом, °С.

Для кожухотрубных испарителей, работающих на R717, коэффициент теплоотдачи  $\kappa=460\div550$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С), работающих на R12 и на R22 соответственно  $\kappa = 230\div350$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С) и  $\kappa= 350\div400$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С); для кожухотрубных (кожухозмеевиковых) испарителей с внутритрубным кипением  $\kappa = 290\div1000$  Вт/(м<sup>2</sup> · °С).

Средняя разность температур между рассолом и кипящим хладагентом определяется как логарифмическая по формуле

$$\theta_{\text{ср}} = \frac{t_{p1} - t_{p2}}{2,3 \lg [(t_{p1} - t_0)/(t_{p2} - t_0)]}$$

где  $t_{p1}$  и  $t_{p2}$  - температура рассола на входе в испаритель и выходе из него, °С.

Для кожухотрубных испарителей температуру охлаждения рассола принимают равной 2-3 °С. Среднюю температуру рассола принимают на 5-7 °С выше температуры кипения хладагента

$$t_0 = \frac{t_{p1} - t_{p2}}{2} + (5 \div 7) \text{ °С.}$$

Для ориентировочных расчетов кожухотрубного испарителя, работающего на R717, плотность теплового потока  $q_F= 3500$  Вт/м<sup>2</sup>, а на R22  $q_F = 4700\div6400$  Вт/м<sup>2</sup>; для кожухотрубного испарителя с кипением хладагента внутри труб  $q_F = 2300\div11000$  Вт/м<sup>2</sup>. Для испарителей, работающих на R12, плотность теплового потока примерно на 10% ниже, чем для испарителей, работающих на R22.

Определенную расчетом площадь  $F_{\text{и}}$  увеличивают на 5-15 %. С учетом вычисленной площади поверхности теплообмена выбирают испаритель (см. табл. 2.16 – 2.18).

Расход хладонотителя, м<sup>3</sup>/с, для отвода теплового потока в охлаждаемом помещении

$$V_p = \frac{Q_0}{c_p \rho_p \Delta t_p}$$

(2.32)

где  $Q_0$  - тепловой поток в охлаждаемом помещении, Вт, принимаемый равным тепловому потоку в испарителе и холодопроизводительности компрессора;  $c_p$  - теплоемкость хладонотителя при средней рабочей температуре, кДж/кг · °С);  $\rho_p$  - плотность рассола, кг/м<sup>3</sup>, принимаемая в зависимости от температуры его замерзания (см. прилож. II табл. II П.1);  $t_p$  - разность температур рассола на входе в испаритель и на выходе из него, °С.

В практических расчётах для рассола NaCl при рабочей температуре от -5 до -20 °С теплоемкость хладонотителя  $c=3,5\div3,3$  кДж/(кг·°С), для рассола CaCl<sub>2</sub> при рабочей температуре от -10 до -40 °С  $c_3 2,8\div2,6$  кДж/(кг·°С).

*Пример 2.6.* Определить площадь теплопередающей поверхности, а так же подобрать кожух отрубный испаритель и рассольный насос для парокомпрессорной холодильной машины работающей на R717 при  $t_0=-25$  °С,  $t_k=30$  °С,  $t_n =28$  °С,  $t_{\text{вс}}=t_1=-15$ °С.

Холодопроизводительность машины  $Q_0=200000$  Вт (200 кВт). Параметры цикла определены в примере 2.1.

Принимаем: температуру нагрева рассола в испарителе 2 °С; температуру рассола, поступающего из испарителя, -20 °С; температуру замерзания рассола  $t_3$  – на 8°С ниже температуры кипения хладагента, т.е.  $t_3=t_0-8=-33$  °С. Для рассола CaCl<sub>2</sub> с температурой замерзания - 33 °С плотность  $\rho_p=1245$  кг/м<sup>3</sup> (см. прилож. II, табл. II П.1). Его теплоёмкость при  $t=-19$  °С принимаем  $c_p=2,8$  кДж/(кг·°С). Коэффициент теплопередачи принимаем  $\kappa=500$  Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Средняя логарифмическая разность температур

$$\theta_{\text{ср}} = (-18)-(-20) / 2,3 \lg \{ [(-18)-(-25)]/[(-20)-(-25)] \} = 6 \text{ °С.}$$

Площадь теплопередающей поверхности испарителя

$$F_{\text{и}} = 200000/500 \cdot 6 = 66,6 \text{ м}^2$$

По табл. 2.16 выбираем испаритель 70МИКТ ( $F_{\text{и}}=70 \text{ м}^2$ ). Расход теплоносителя определяем по формуле

$$V_{\text{р}} = 200/2,8 \cdot 1245 \cdot 2 = 0,029 \text{ м}^3/\text{с}.$$

С учетом данных табл. 2.23 выбираем насос НЦВ 160/20 подачей  $0,044 \text{ м}^3/\text{с}$ .

Теплообменники подбирают по площади теплопередающей поверхности змеевика  $F_{\text{ТО}} = Q_{\text{ТО}}/k t_{\text{ср}}$ , где  $Q_{\text{ТО}}$  - тепловой поток в теплообменнике, Вт;  $k$  - коэффициент теплопередачи теплообменника, принимается  $k = 100 \div 200 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $t_{\text{ср}}$  - средняя разность температур в теплообменнике между средней температурой жидкости  $t_{\text{ср.ж}}$  и средней температурой пара  $t_{\text{ср.п}}$ ,  $t_{\text{ср}} = t_{\text{ср.ж}} - t_{\text{ср.п}}$

Тепловой поток в теплообменнике определяют из условия теплового баланса по формуле

$$Q_{\text{ТО}} = G(i_1 - i_{1''}) = G(i_{3'} - i_{3''}),$$

где  $G$  - массовый расход циркулирующего хладагента, кг/с;  $i_1, i_{1''}$  - энтальпия пара, входящего в теплообменник и выходящего из него, Дж/кг (см. рис. 2.5);  $i_{3'}, i_{3''}$  - энтальпия жидкости, входящей в теплообменник и выходящей из него, Дж/кг (обозначения энтальпии взяты рис. 2.5).

*Пример 2.7.* Подобрать регенеративный теплообменник для машины холодопроизводительностью  $30\,000 \text{ Вт}$  ( $30 \text{ кВт}$ ), работающей на R22 при  $t_0 = -25^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 30^\circ\text{C}$ . Величины параметров цикла холодильной машины определены в примере 2.2.

Температура перегретого пара на входе в теплообменник  $t_1 = -20^\circ\text{C}$ , температура всасываемого компрессором пара  $t_{1'} = -5^\circ\text{C}$  температура переохлажденного жидкого хладагента, выходящего из конденсатора,  $t_3 = 28^\circ\text{C}$ .

По значению энтальпии жидкого хладагента, выходящего из теплообменника, по  $i$ -lg  $p$ -диаграмме (см. прилож. IV, рис. II IV.2) находим температуру  $t_{3''} = 23^\circ\text{C}$ .

Массовая подача R22 в холодильной машине

$$G = \frac{Q_0}{q_0} = \frac{30\,000}{166\,000} \approx 0,18 \text{ кг/с}.$$

Тепловой поток в теплообменнике

$$Q_{\text{от}} = 0,18(604\,000 - 598\,000) = 1080 \text{ Вт}.$$

Средняя разность температур в теплообменнике

$$t_{\text{ср}} = t_{\text{ср.ж}} - t_{\text{ср.п}} = (28 + 23/2) - ((-20) + (-5)/2) = 38^\circ$$

Принимаем значение коэффициента теплопередачи  $k = 150 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ . Площадь теплопередающей поверхности змеевика  $F_{\text{ТО}} = 1080/(150 \cdot 38) = 0,189 \text{ м}^2$ .

По табл. 2.19 принимаем теплообменник марки МТФ22-50 площадью поверхности теплообменника  $F_{\text{ТО}} = 0,23 \text{ м}^2$ .

## **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля :**

1. Назовите факторы, влияющие на теплопередачу в конденсаторах.
2. Из чего складывается нагрузка на конденсатор.
3. Объясните в чем заключается расчет конденсатора.
4. Расскажите, как произвести подбор конденсатора.
5. От чего зависит теплопередача в испарителе.
6. Расскажите, как произвести расчет испарителя.
7. В чем состоит подбор испарителя.
8. Объясните, как происходит подбор теплоприемника.
9. Что определяет коэффициент теплопроводности.
10. Объясните, что такое конвективный теплообмен (теплоотдача)

## Лабораторная работа №4, №5

### Тема лабораторной работы:

« Изучение конструкций конденсаторов . Изучение конструкции испарителей »

### Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания по теме:  
«Теплообменные аппараты холодильных машин »
2. Изучить типовые конструкции конденсаторов и испарителей, уметь объяснить принцип их работы и дать сравнительную характеристику.

### Оборудование :

1. Макеты конденсаторов и испарителей .
2. Плакаты фреонового кожухотрубного конденсатора и кожухотрубного испарителя с внутритрубным кипением хладагента.
3. Методические указания к лабораторной работе № 4 № 5

### Перечень используемых источников :

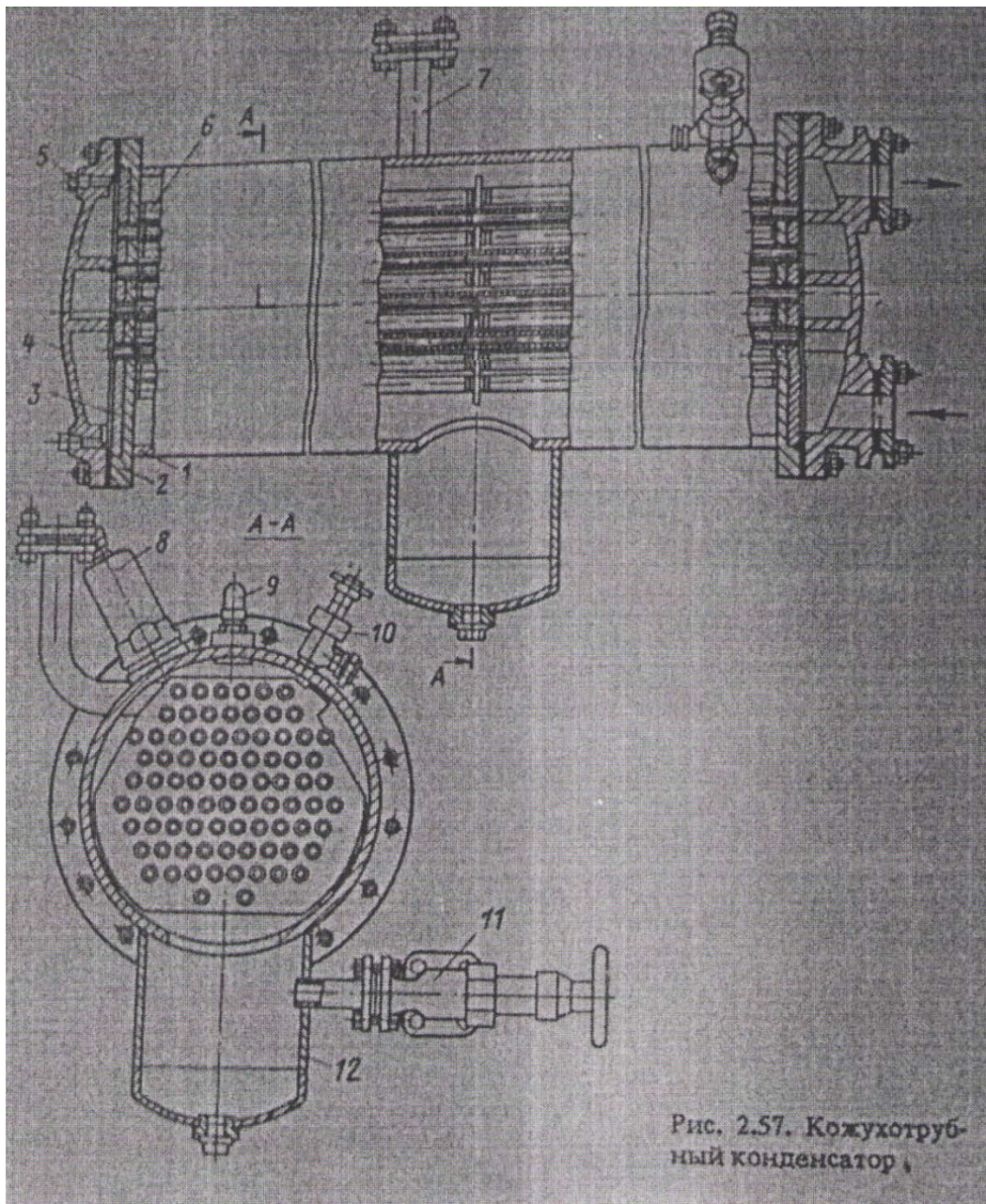
1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы.**

(описание хода работы)

### Конденсаторы.

**Конденсатор** – это теплообменный аппарат, в котором происходят охлаждение и конденсация пара хладагента, поступающего из компрессора за счет передачи теплоты охлаждающей среде (воде или воздуху). На теплопередачу в конденсаторах влияют: характер движения и состояния пара хладагента, наличие в нем примеси воздуха и неконденсирующихся газов, неравномерность температуры стенки, затруднение свободного стока конденсата, газрясение теплопередающей поверхности, изменение скорости охлаждающей воды или воздухе.



**Типы конденсаторов.** Различают конденсаторы с водяным, воздушным и водовоздушным охлаждением. Водяные конденсаторы по конструкции разделяют на кожухотрубные (горизонтальные и вертикальные), кожухозмеевиковые и элементные). Воздушные конденсаторы бывают с принудительным и свободным движением воздуха. Конденсаторы с водовоздушным охлаждением разделяются на оросительные и испарительные. В судовых холодильных установках наибольшее распространение получили горизонтальные кожухотрубные и кожухозмеевиковые конденсаторы, охлаждаемые забортной водой, и воздушные конденсаторы принудительным движением воздуха.

Горизонтальный хладоновый кожухотрубный конденсатор (рис. 2.57) состоит из стальной обечайки (корпуса) 1 с припаренными по концам латунными трубными решетками 2. Трубные решетки могут быть стальными с наплавленным слоем меди 3 или залитые эпоксидной смолой для защиты коррозии. Трубки 6 из мельхиора (медно-цинкового сплава, содержащего 70% меди и 30% никеля) или меди имеют с наружной стороны накатные ребра.

Оребрение теплообменных труб кожухотрубных конденсаторов, как правило, осуществляется с помощью накатки наружной поверхности на трубонакатном станке. Оребрение осуществляется с целью увеличения поверхности теплоотдачи со стороны хладагента для компенсации более низкого

значения коэффициента теплоотдачи конденсирующегося хладагента по сравнению с коэффициентом теплоотдачи от стенки к воде.

Концы теплообменных трубок 6 развальцованы в трубных решетках. По трубкам протекает забортная вода, а межтрубное пространство заполнено паром конденсируемого хладагента, поступающего из компрессора.

Трубные решетки через резиновые прокладки закрываются бронзовыми крышками 4 с перегородками, изменяющими направление движения воды по трубкам конденсатора. Скорость воды в трубках достигает 2,5 м/с, что обеспечивает высокую интенсивность теплопередачи. На одной из крышек в ее верхней и нижней частях имеются пробки 5 для выпуска воздуха из водяной полости и спуска воды.

Для защиты трубок, трубных решеток и крышек от коррозионного воздействия морской воды крышки конденсатора снабжены протекторами из цинка или магниевых сплавов МЛ-4 и алюминиевого сплава АМц-15-15. Процесс защиты от коррозии происходит следующим образом. При контакте двух металлов, погруженных в электролит (морскую воду), создается гальваническая пара из металла конструкции и протектора. В результате электролитической диссоциации активный металл протектора, являющийся анодом, разрушается, а в основной металл – катод сохраняется.

Пар и конденсатор поступает сверху через патрубков 7 (см. рис. 2.57). Сконденсированный жидкий хладон собирается в сборнике жидкости 12, расположенном в нижней части конденсатора, откуда через запорный вентиль 11 поступает в жидкостной трубопровод. На верхней части корпуса конденсатора установлены предохранительный клапан 8, клапан 9 для спуска воздуха и угловой запорный клапан 10 для присоединения уравнивающей трубы или манометра.

Горизонтальные аммиачные кожухотрубные конденсаторы всех конструкций с водяным охлаждением отличаются от хладоновых тем, что в них применяют стальные трубные решетки и гладкие утолщенные трубки ( $d = 25\text{ мм}$ ;  $b = 4\text{ мм}$ ), так как аммиак агрессивен к цветным металлам.

Сборщик жидкого хладагента в аммиачном конденсаторе одновременно является и маслоотстойником, из него масло выпускают через клапан, расположенный на сборнике. В судовой конструкции конденсатора предусмотрены два сборника жидкого хладагента, которые расположены в противоположных концах конденсатора. Такое расположение сборников обеспечивает постоянный отвод жидкости при крене и дифференте судна. Подвод пара в конденсатор осуществляется через коллектор, расположенный сверху над корпусом по оси и соединенный с ним несколькими патрубками. Число ходов в конденсаторах восемь.

В табл. 2.12 представлены основные характеристики судовых хладоновых кожухотрубных конденсаторов, а также аммиачных кожухотрубных конденсаторов, находящихся в эксплуатации на рыбопромысловых судах. Основные характеристики судовых хладоновых кожухотрубных конденсаторов нового ряда типа МКТНР приведены в табл. 2.13.

Кожухозмеевиковые конденсаторы на судах в основном применяют в составе компрессорно-конденсаторных агрегатов типа АМ-«ФВ-4/2-1» холодильных установок провизионных кладовых. Конденсатор состоит из кожуха, изготовленного из цельнотянутой стальной трубы. С одной стороны к кожуху приварено глухое сферическое доньшко, с другой – фланец. К фланцу крепятся стальная трубная решетка с развальцованными в ней концами восьми U-образных оребренных медных трубок и водяная крышка с внутренними перегородками. Оребрение выполняют накатным или с помощью стальных оцинкованных пластин толщиной 0,5 мм, насаженных на трубки с шагом 3,5 мм.

Контакт между ребрами и трубками создан протяжкой через трубки стального цилиндра с диаметром, большим диаметра трубки. По трубкам проходит охлаждающая вода. Нижняя часть кожуха конденсатора является сборником жидкого хладагента – ресивером. В стенке кожуха установлена предохранительная легкоплавкая пробка, которая при температуре 70 °С расплавляется, в результате этого внутренняя часть кожуха конденсатора соединяется с атмосферой. Таким образом предотвращается разрушение аппарата из-за чрезмерного повышения давления конденсации.

Основные характеристики кожухозмеевиковых конденсаторов с водяным охлаждением приведены в табл. 2.14.

Конденсаторы с воздушным охлаждением, могут быть как с принудительным, так и со свободным движением воздуха.

Конденсаторы с принудительным движением воздуха применяют в холодильных машинах охлаждаемых шкафов, контейнеров, автономных кондиционеров, в изотермическом авто- и железнодорожном транспорте, а так же в установках на судах с воздушной подушкой,

Принудительное движение воздуха создается вентиляторами, которые интенсифицируют отвод теплоты от конденсатора. Для этой же цели наружную поверхность теплообменник трубок, обдуваемых воздухом, делают ребристой.

Таблица 2.14. Основные характеристики кожухозмеевиковых конденсаторов с водяным охлаждением.

Марка	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Диаметр, мм		Расход воды, м <sup>3</sup> /ч	Масса, кг
		трубки	кожуха		
КТР-1	0,50	12 x 1	108	0,4	—
КТР-3	3	18 x 1,5	194	1	46
КТР-4М	2	20 x 3	194	1,2	69
КТР <sub>2</sub> -3	2,70	20 x 3	219	1,6	90
КТР <sub>2</sub> -4	4,30	20 x 3	325	2,4	190
КТР <sub>2</sub> -2,5a	2,70	20 x 3	194	—	67,5
КТР <sub>2</sub> -4x	4,95	20 x 3	219	1,2	60
КТР <sub>2</sub> -4z	4	20 x 3	194	—	108

Конструкции конденсаторов с принудительным движением воздуха в основном одинаковы. Конденсатор состоит из двух и более секций, соединенных последовательно калачами или параллельно с помощью коллекторов. Секции изготовляют из прямых или U-образных трубок, на которые насажены общие ребра (стальные или алюминиевые). Стальные или медные трубки секции соединяют калачами. Секции для защиты от коррозии и обеспечения плотного контакта между стальными трубками и ребрами оцинковывают. Надежный контакт между медными трубками и алюминиевыми ребрами достигается протяжкой через трубку стального шарика диаметром на 0,5-0,6 мм больше внутреннего диаметра трубки.

Основные характеристики конденсаторов с воздушным охлаждением даны в табл. 2.15.

На рис. 2.58 показан хладоновый конденсатор с воздушным охлаждением марки 4-12 для R12. Площадь наружной поверхности конденсатора 14 м<sup>2</sup>. Конденсатор состоит из пяти секций, изготовленных из медных трубок диаметром 12 x 1 мм, и стальных ребер толщиной 0,5 мм.

Оребренные трубки секции соединены между собой в плоский змеевик с помощью калачей 1.

Таблица 2.15. Основные характеристики конденсаторов с воздушным охлаждением

Марка	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Диаметр трубки, мм	Шаг, мм		Толщина ребра, мм	Габариты конденсатора, мм		
			трубок	ребер		длина	ширина	высота
10.00-2	2,6	12 x 1	26	4	0,3	384	94	385
02.00-2	3,8	12 x 1	26	4	0,3	384	120	385
19.00-1	5,2	12 x 1	26	4	0,3	384	148	385
4-12	14	12 x 1	26	4	0,5	570	185	485
KB-30	30	14 x 1	30	3,1	0,5	872	309	760
KB-60	60	14 x 1	60	3,1	0,5	1656	200	760

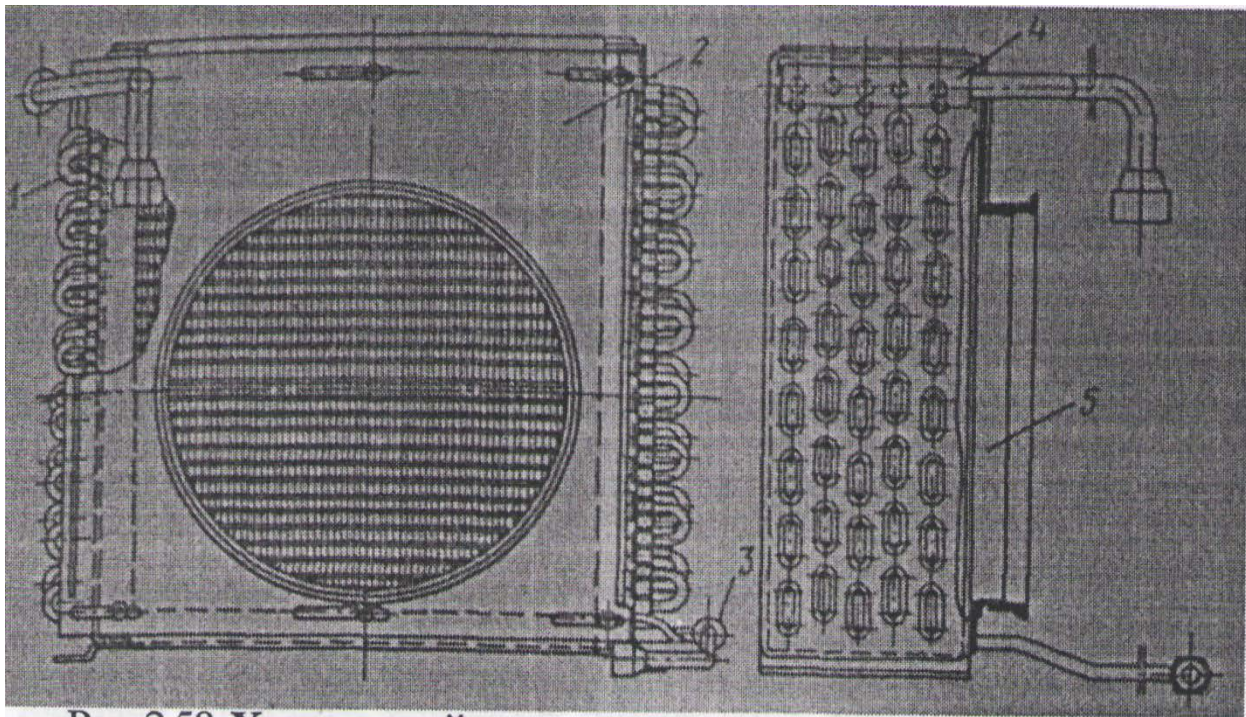
Таблица 2.12. Основные характеристики судовых и аммиачных кожухотрубных конденсаторов

Марка	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Размер теплообменных трубок, мм	Количество трубок
Хладоновые кожухотрубные конденсаторы			
МКТР <sub>2</sub> -3-1	2,4	20 x 3 x 1000	18
МКТР <sub>2</sub> -4-1	3,9	20 x 3 x 1200	24
МКТР <sub>2</sub> -4a	4	20 x 3 x 1000	31
МКТР-22-25	23,5	16 x 2 x 1500	134
МКТР-80	80	20 x 3 x 2100	255
Аммиачные кожухотрубные конденсаторы			
КСК-30	30	25 x 4 x 2000	268
КСК-35	35,8	25 x 4 x 2500	268
КСК-50	51,5	25 x 4 x 2500	386
КСК-100	98,5	25 x 4 x 3000	614
КСК-110	98,5	25 x 4 x 2946	614
КСК-150	140	25 x 4 x 3000	870
КСК-250	260	25 x 4 x 4000	1220
КСК-350	362	25 x 4 x 4020	1655

Примечание. У хладоновых кожухотрубных конденсаторов теплообменные трубки с наружными накатными ребрами.

Таблица 2.13. Основные характеристики судовых хладоновых кожухотрубных конденсаторов типа МКТНР

Марка	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Диаметр аппарата, мм	Длина трубок, мм	Количество трубок	Объем межтрубного пространства, м <sup>3</sup>
МКТНР-10	10	325	1500	60	0,0885
МКТНР-16	16	325	1500	90	0,0795
МКТНР-25	25	377	2000	110	0,142
МКТНР-40	40	426	2000	174	0,185
МКТНР-50	50	426	2500	174	0,2325
МКТНР-63	63	426	2500	218	0,2125
МКТНР-80	80	530	2500	538	0,265
МКТНР-100	100	530	2500	358	0,335
МКТНР-125	125	530	3000	358	0,411
МКТНР-160	160	600	2500	530	0,430
МКТНР-200	200	600	3000	530	0,520
МКТНР-250	250	700	3000	730	0,850
МКТНР-315	315	700	3500	730	0,990



**Рис. 2.58. Холодильный конденсатор с воздушным охлаждением**

Секции соединены паровым 4 и жидкостным 3 коллекторами. Пар из компрессора подается в коллектор 4 сверху, а жидкий хладагент отводится через коллектор 3 снизу. Секции конденсатора закреплены в кожухе 2, который имеет диффузор 5 для равномерного обдува секций воздухом.

Конденсаторы со свободным движением воздуха применяют в домашних холодильниках. Они бывают проволочно-трубными и листо-трубными. Проволочно-трубный конденсатор состоит из змеевика, к которому с обеих сторон приварены ребра из стальной проволоки диаметром 1-2,5 мм.

Листотрубные конденсаторы выполняются щитовыми и прокатно-сварными. Листотрубный щитовой конденсатор состоит из змеевика, который приварен или припаян к металлическому листу, заменяющему сплошное ребро. Листотрубный прокатно-сварной конденсатор изготовляют из двух

алюминиевых листов, сваренных прокаткой в горячем состоянии. Несваренными остаются ранее размеченные специальным составом участки, которые после того, как их раздули жидкостью или воздухом под давлением 4-10 МПа, принимают форму каналов.

Вертикальные кожухотрубные, элементные и водовоздушные конденсаторы применяют преимущественно на стационарных холодильниках большой холодопроизводительности.

Вертикальный кожухотрубный конденсатор состоит из цилиндрического кожуха с приваренными по торцам трубными решетками. В решетках развальцованы бесшовные стальные трубы диаметром 27 x 3,5 мм. В межтрубное пространство верхней части конденсатора поступает пар хладагента (R717). По трубкам сверху вниз стекает охлаждающая вода. Каждая трубка снабжена колпачком с направляющими прорезями, благодаря которым вода проходит по неполному сечению (по стенкам трубок). Конденсат отводится через жидкостный штуцер, расположенный в нижней части конденсатора.

Основное преимущество таких аппаратов – относительная легкость очистки внутренних поверхностей трубок от водяного камня.

В элементарных конденсаторах каждый элемент представляет собой кожухотрубный конденсатор, в трубных решетках которого развальцованы 14 труб диаметром 38 x 3,5 мм. Элементы, расположенные один над другим, объединяются в секции. Снизу каждой секции имеется ресивер. Пары хладагента подводятся сверху в межтрубное пространство верхнего элемента. Вода подается через коллектор параллельно во все элементы. В каждом элементе вода проходит последовательно по нескольким ходам.

Водовоздушные конденсаторы относятся к конденсаторам со смешанным охлаждением (водой и воздухом). В этих конденсаторах процесс охлаждения водой сопровождается ее одновременным испарением и охлаждением. Водовоздушные конденсаторы применяют при недостатке охлаждающей воды.

Оросительный конденсатор состоит из плоских, вертикально расположенных змеевиков из стальных трубок диаметром 57 x 3,5 мм, орошаемых снаружи водой. Пары аммиака поступают внутрь трубок, где конденсируются, а из трубок жидкость стекает в ресивер. Теплота от хладагента отводится орошаемой водой, а также в результате ее частичного испарения. Конденсаторы устанавливают в местах, хорошо продуваемых воздухом.

В испарительном конденсаторе змеевики из стальных трубок расположены в плотном кожухе. Теплота отводится в результате испарения воды при обдувании ее воздухом. Принудительное движение воздуха в противоток движению воды улучшает процесс теплопередачи, поэтому температура охлаждающей воды практически не повышается. Стекающая с труб вода вновь направляется насосом для орошения змеевиков конденсатора.

### **Испарители.**

Испаритель – теплообменный аппарат, в котором хладагент кипит за счет теплоты, отбираемой от охлаждаемой среды (воздуха, рассола и воды).

По назначению различаются испарители для охлаждения жидких хладоносителей (рассола, воды) и испарители для охлаждения воздуха.

В зависимости от условий циркуляции хладоносителя испарители бывают закрытого и открытого типов. К испарителям закрытого типа относятся кожухотрубные, кожухозмеевиковые, к испарителям открытого типа – панельные.

По характеру заполнения хладагентом испарители делят на затопленные, в которых поддерживается уровень хладагента, и незатопленные или сухие (кожухотрубные и кожухозмеевиковые с кипением в трубах).

**Испарители для охлаждения хладоносителя.** Для этих целей используют кожухотрубные, кожухозмеевиковые и панельные испарители.

**Кожухотрубные испарители имеют широкое применение.** Наиболее распространенными судовыми испарителями для охлаждения хладоносителей являются горизонтальные кожухотрубные испарители затопленного типа. По конструкции они имеют сходство с кожухотрубными конденсаторами. В кожухотрубных испарителях рассол охлаждается при циркуляции внутри трубок, а хладагент кипит в межтрубном пространстве. Аммиачные и хладоновые кожухотрубные испарители принципиально не отличаются один от другого. Различие состоит в конструкции поверхности теплообмена и материалах, применяемых для их изготовления.

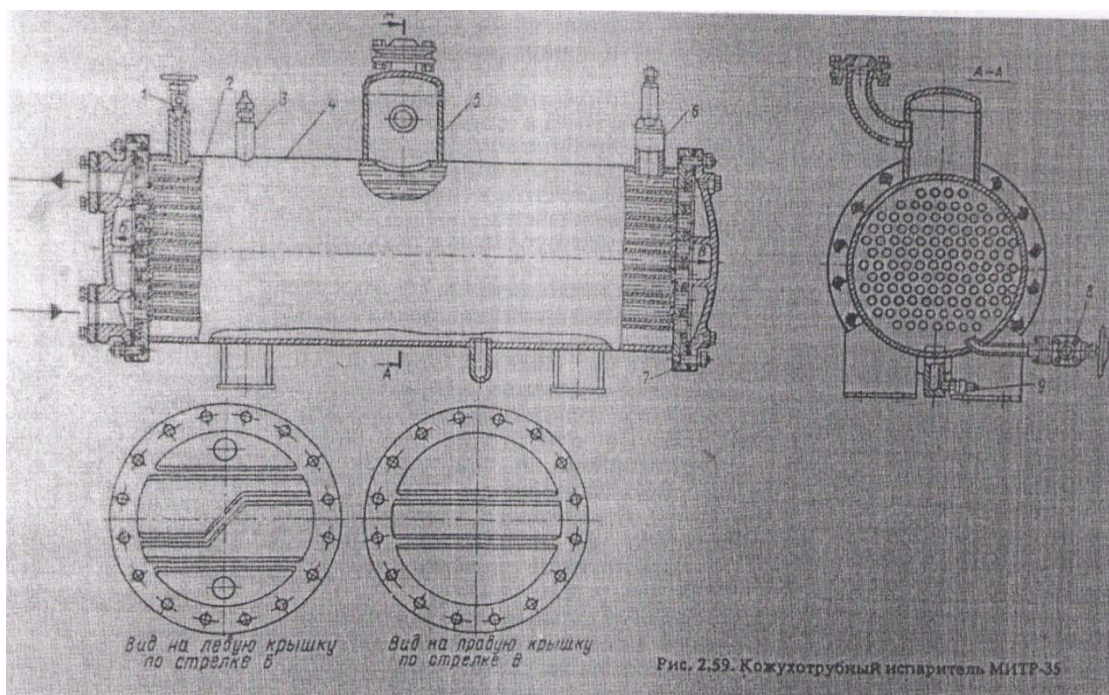
Судовой хладоновый горизонтальный кожухотрубный испаритель МИТР-35 (Рис.2.59) входит в состав испарительно-регулирующего агрегата МАИР-60, установленного на ЖМС типа “Днепр”. Площадь теплопередающей поверхности охлаждения  $35 \text{ м}^2$ . В отверстиях стальных трубных решеток 7 развальцованы 126 красномедных теплообменных трубок 2 диаметром  $20 \times 3 \text{ мм}$  с накатными ребрами.

Трубные решетки со стороны рассола покрыты защитным слоем из наплавленной меди. К трубным решеткам через резиновые прокладки болтами прикреплены бронзовые крышки с внутренними перегородками. Перегородки в крышках изменяют направление движения охлаждаемого рассола по трубкам.

Подогретый в охлаждаемом помещении рассол подается насосом в испаритель через нижнее отверстие крышки. В процессе охлаждения рассол в испарителе делает шесть ходов и охлажденный выходит через верхнее отверстие крышки. Скорость движения рассола в трубках благодаря многоходовости составляет  $0,75 - 1 \text{ м/с}$ .

На испарителе (см. рис. 2.59) установлены предохранительный клапан 6, штуцер и клапан 1 для присоединения мановакуумметра, клапан для выпуска воздуха 3. Для удаления из испари геля хладагента и масла при ремонте служит клапан 9. Жидкий хладагент подводится к корпусу 4 испарителя снизу через угловой запорный вентиль 8 и заполняет межтрубное пространство испарителя на  $0,6-0,8$  диаметра корпуса.

Верхние незатопленные трубки испарителя выполняют функцию пароперегревателя. Выходящий из испарителя пар перегревается на  $1-2 \text{ }^\circ\text{C}$ . Образующийся при кипении пар отсасывает компрессором через сухопарник 5, который служит для отделения капель жидкого хладагента в случае бурного вскипания.



В некоторых конструкциях хладоновых испарителей теплообменные трубки, по которым протекает рассол, разбрызгивают жидкий хладагент для увеличения коэффициента теплоотдачи кипящей жидкости. Есть конструкции кожухотрубного горизонтального испарителя, у которых сухопарник (отделитель жидкости) является теплообменником. По змеевику, расположенному в сухопарнике, проходит из ресивера жидкий хладагент, который снаружи переохлаждается парами хладагента, при этом пары перегреваются.

Конструкции аммиачных кожухотрубных испарителей отличаются от хладоновых тем, что трубный пучок аммиачных испарителей изготавливают из стальных (Ст. 2 или Ст. 3) гладкостенных бесшовных трубок. В аммиачных испарителях к верхней части обечайки приварен сухопарник, к нижней – маслоотстойник, предназначенный для сбора и выпуска масла и загрязнений. Пучок трубок в обечайке (шахматный или ромбический) полностью ее не заполняет, свободной от трубок остается верхняя часть обечайки. Межтрубное пространство аммиачного испарителя заполнено жидким хладагентом на высоту примерно 0,8 диаметра кожуха. При этом незатопленными остаются один или два ряда трубок, которые выполняют функцию пароперегревателя.

В аппаратах с большой теплопередающей поверхностью хладагент подводится от общего коллектора в нескольких точках по длине испарителя. Отвод пара также осуществляется через несколько патрубков, объединенных одним коллектором, что обеспечивает равномерное смывание поверхности потоком хладагента.

Достоинства горизонтальных кожухотрубных испарителей: простота изготовления и компактность конструкции, эффективность теплопередачи, возможность применения в закрытых рассольных системах охлаждения.

Существенный недостаток испарителей этого типа: возможность замерзания рассола в трубках при случайной остановке рассольного насоса. Кроме того, на работе этих испарителей отрицательно сказывается влияние дополнительного гидростатического давления столба жидкого хладагента; в нижних слоях жидкого хладагента температура кипения повышается.

В кожухотрубных и кожухозмеевиковых испарителях с внутритрубным кипением хладагента перечисленные выше недостатки устранены. Основное отличие этих испарителей от кожухотрубных испарителей затопленного типа заключается в том, что

хладоноситель заполняет межтрубное пространство, а хладагент проходит и кипит в трубках. Кожухотрубные испарители выполняют с прямыми и U-образными трубками (кожухозмеевиковые).

Схема кожухозмеевикового хладонового испарителя типа ИТВР с кипением в U-образных трубках показана на рис. 2.60. Испаритель имеет одну крышку 6 с двумя патрубками для подвода жидкого хладагента 7 и отвода паров 1, одну трубную решетку 5, в которой развальцованы концы испарительных трубок 4. Крышка испарителя имеет внутреннюю перегородку 8, которая разделяет полость подачи жидкости от полости паров.

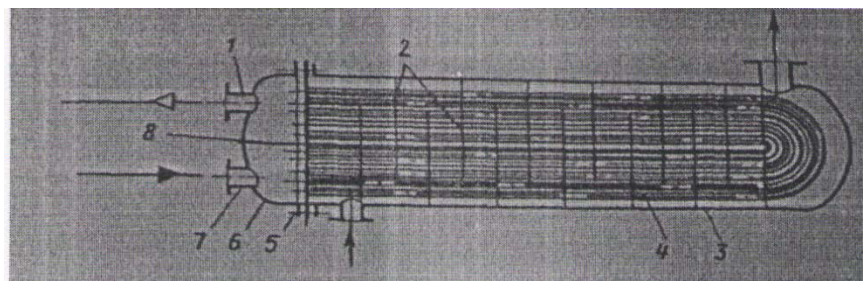


Рис. 2.60. Кожухозмеевиковый испаритель с кипением внутри трубок

В межтрубном пространстве кожуха 3 для повышения интенсивности теплообмена со стороны хладоносителя устанавливают поперечные перегородки 2.

Для повышения коэффициента теплопередачи в таких аппаратах применяют трубы с внутренним оребрением (рис. 2.61). Оребрение медно-никелевой тонкостенной трубки при помощи вставленного алюминиевого сердечника позволяет сэкономить дорогостоящую медь. Хороший контакт трубки с сердечником достигается благодаря наружной опрессовке.

Для равномерного распределения парожидкостной смеси по трубкам пучка во входной полости крышки устанавливают распределительное устройство. Кожух и крышки кожухотрубных и кожухозмеевиковых испарителей теплоизолируют.

Достоинства кожухотрубных испарителей с внутритрубным кипением: отсутствие свободной поверхности жидкости, что улучшает работу аппарата при качке; снижение массы хладагента, наполняющего систему, в два-три раза; надежный возврат масла в компрессор; исключение опасности разрушения аппарата в результате намерзания льда на поверхности теплообменных трубок; уменьшение массы и габаритов испарителя за счет улучшения теплообмена.

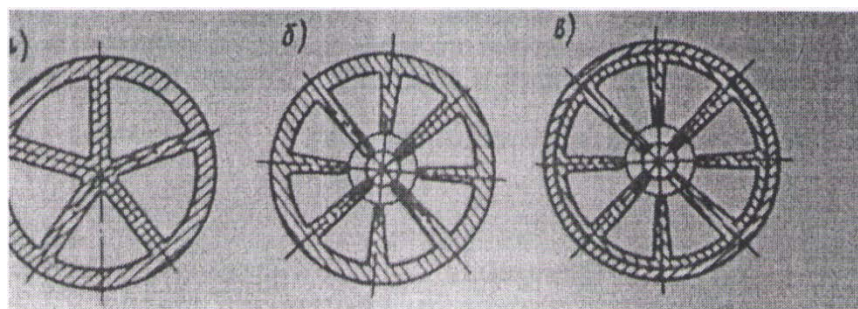


рис. 2.61. Типы труб с внутренним оребрением: а - пятиканальная; б — восьмиканальная; в -

Таблица 2.16. Основные характеристики аммиачных кожухотрубных испарителей

Марка	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Размер теплообменных трубок, мм	Количество трубок
30МНКТ	30	28 x 4 x 2000	242
50МНКТ	50	28 x 4 x 2500	328
70МНКТ	70	28 x 4 x 2510	444
ИСК-55	57,5	25 x 2,5 x 2506	386
ИСК-75	65	25 x 3 x 3000	386
ИСК-100	110	25 x 3 x 3000	614
ИСК-150	156	25 x 3 x 2976	870
ИСК-200	208	25 x 2,5 x 4006	870
ИСК-300	294	25 x 2,5 x 4006	1214

Таблица 2.17. Основные характеристики судовых хладоновых кожухотрубных испарителей

Марка	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Размер теплообменных трубок, мм	Диаметр кожуха испарителя, мм	Масса, кг
МИТР-12	12	20 x 3 x 1200	325	300
МИТР-18	18	20 x 3 x 1800	325	450
МИТР-25	25	20 x 3 x 1480	426	466
МИТР-35	35	20 x 3 x 2000	426	720
МИТР-65	65	20 x 3 x 2000	616	1150
МИТР-110	110	20 x 3 x 3000	616	2000
МИТР-250	250	20 x 3 x 3000	925	4872

Основные характеристики судовых аммиачных и хладоновых кожухотрубных испарителей приведены в табл. 2.16 и 2.17.

В табл. 2.18 представлена основные характеристики кожухотрубных и кожухозмеевиковых (ИТВР-5,0 и ИТВР-16,0) испарителей с внутритрубным кипением хладона.

Панельные испарители используют в стационарных аммиачных холодильных установках с открытой циркуляционной рассольной системой. На судах эти испарители не применяют.

Испаритель представляет собой стальной прямоугольный теплоизолированный бак, в котором размещены испарительные секции панельного типа. Панель выполнена из двух листов стали, отштампованных по специальному профилю листов и соединенных контактной точечной сваркой. Внутри изготовленной панели образуются вертикальные каналы, в которых кипит хладагент. Панели собраны на секции, которые объединены общими жидкостными и паровыми коллекторами в пакеты. Пакеты устанавливаются в бак, через который циркулирует рассол. Хладоноситель движется по баку вдоль секции под действием мешалки с приводом от электродвигателя. Направленное движение рассола в баке осуществляется с помощью установленных перегородок.

Испарители для охлаждения воздуха. К испарителям этого типа относят батареи и воздухоохладители непосредственного охлаждения. В этих аппаратах воздух охлаждается в результате его контакта с холодной поверхностью трубок, внутри которых кипит хладагент. Охлаждение воздуха в охлаждаемом помещении батареями непосредственного охлаждения происходит при естественной циркуляции воздуха. Такой теплообмен при свободном движении воздуха у поверхности батареи называется *тихим охлаждением*. Воздухоохладители непосредственного охлаждения предназначены для охлаждения воздуха в охлаждаемом помещении путем принудительного перемещения его через теплопередающую поверхность аппарата.

Конструкции, тепловой расчет, подбор батарей и воздухоохладителей непосредственного охлаждения такие же, как и у всех рассольных батарей и воздухоохладителей, которые будут рассмотрены в С3.

Таблица 2.18 Основные характеристики испарителей с внутритрубным кипением хладона

Марка	Площадь поверхности теплообмена, м <sup>2</sup>	Диаметр, мм	Длина, мм	Количество трубок	Вместимость, м <sup>3</sup>	Масса испарителя, кг
ИТВР-5,0	5	273	1500	64	0,0054	300
ИТВР-5,3	6,3	273	2000	64	0,0072	380
ИТВР-8,0	8	325	1500	98	0,0087	550
ИТВР-10,0	10	325	2000	98	0,0116	650
ИТВР-12,5	12,5	325	2500	98	0,0145	720
ИТВР-16,0	16	325	3000	98	0,0175	950
ИТВР-20,0	20	426	2000	184	0,0216	1200
ИТВР-25	25	426	2500	184	0,0270	1350
ИТВР-31,5	31,5	426	3000	184	0,0324	1550
ИТВР-40,0	40	530	2500	282	0,0412	1800
ИТВР-50,0	50	530	3000	282	0,0495	2150
ИТВР-63,0	63	600	2500	416	0,0610	2550
ИТВР-80,0	80	600	3000	416	0,0720	3350
ИТВР-100	100	700	3000	568	0,1000	3600
ИТВР-125	125	700	3500	568	0,1170	4200
ИТВР-160	160	800	3500	750	0,1540	4550
ИТВР-200	200	800	4000	750	0,1760	5050

**Выводы и предложения :**

**Вопросы для самоконтроля :**

1. Перечислите типы конденсаторов, применяемых в холодильных установках.
  2. Из каких основных деталей состоит горизонтальный кожухотрубный конденсатор .
  3. Объясните от чего зависит материал деталей в конденсаторах
  4. Расскажите принцип действия кожухотрубного конденсатора с воздушным охлаждением.
  5. Как устроен и как работает конденсатор с воздушным охлаждением.
  6. Объясните в чем конструктивные особенности кожухозмеевидного конденсатора.
  7. Перечислите типа испарителей, применяемых в холодильных установках.
  8. Назовите основные детали кожухотрубного испарителя с внутритрубным кипением хладагента
- Объясните принцип действия кожухотрубного испарителя

## **Лабораторная работа №6.**

### **Тема лабораторной работы :**

«Изучение конструкции маслоотделителей, маслоборников, ресиверов»

### **Цель работы:**

1. Закрепить теоретические знание *по теме:*  
«Вспомогательное оборудование, трубопроводы и арматура холодильных установок»
2. Изучить типовые конструкции маслоотделителей, маслоборников, ресиверов , а так же уметь объяснить принцип работы и дать сравнительную характеристику.

### **Оборудование:**

1. Макеты и модели маслоотделителей, маслоборников, ресиверов.
2. Плакаты маслоотделителей, маслоборников, ресиверов.
3. Методические указания к лабораторной работе №6.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы.**

#### **(описание хода работы)**

#### **1. Маслоотделители**

При работе поршневого или маслозаполненного винтового компрессора некоторая часть масла, подающегося для смазки и охлаждения трущихся пар, захватывается и уносится из компрессора парами холодильного агента. Масло уносится в виде паров и мельчайших капель, которые попадают в конденсатор, а из него в испарительную систему. При температуре 80°C около 3% уносимого из компрессора масла составляют масляные пары, при 100°C – 8%, при 120°C – 16%, при 140°C – 35%.

В зависимости от взаимной растворимости масла и хладагента масло по-разному влияет на работу холодильной установки. В аммиачной холодильной машине масло с небольшим содержанием аммиака оседает в нижней части аппарата, так как плотность аммиака (650кг/м<sup>3</sup>) меньше плотности масла (900кг/м<sup>3</sup>). Чтобы избежать затопления маслом теплопередающих трубок аппарата и вывода их из работы, масло периодически выпускают из нижней части аппарата. Масляная пленка на теплопередающей поверхности снижает коэффициент теплопередачи аппаратов, поэтому разность температур между теплопередающими средами в повышении температуры конденсации в конденсаторе уменьшает холодильную мощность установки и увеличивает потребляемую мощность на получение холода.

В хладоновых установках с высокой взаимной растворимостью масла и хладона увеличение концентрации масла в маслохладоновой смеси в испарителях повышает температуру кипения раствора и увеличивает его вязкость, что снижает эффективность теплообмена.

Для сохранения заданной температуры кипения в испарителе необходимо поддерживать более низкое давление, чем при кипении чистого хладона.

В хладоновых установках с ограниченной растворимостью масла и хладона в испарителях затопленного типа масло с растворенным в нем хладонем собирается в верхней части, так как плотность чистого R22 (1200-1300 кг/м<sup>3</sup>) выше, чем плотность раствора. Верхние трубки аппарата при наличии масла работают в неблагоприятных условиях. Унос масла также приводит к снижению уровня масла в картере (маслоотделителе) компрессора, что отрицательно сказывается на условиях работы системы смазки и может вызвать срыв подачи масляного насоса.

Аппарат для улавливания масла, уносимого из компрессора, называют маслоотделителем. Маслоотделитель устанавливают на нагнетательной стороне компрессора перед конденсатором. В двухступенчатых компрессорах маслоотделители устанавливают после СНД и СВД. В современных высокооборотных компрессорах (поршневых типа П110 и П220, винтовых типа 5ВХ) маслоотделители устанавливают дополнительно на группу конденсаторов. Маслоотделителями укомплектованы все аммиачные и хладоновые (R22) холодильные машины.

В установках с неограниченной взаимной растворимостью масла и хладона (R 12) предусматривается циркуляция масла в системе для непрерывного возврата масла из испарителя в картер компрессора. В установках, работающих на хладонах в плюсовом и среднетемпературном режимах, маслоотделители не устанавливают.

**Аммиачные маслоотделители.** Наибольшее распространение на судах получили маслоотделители со змеевиком (водяным охлаждением) марок 80МOMЗ, 100МOM, 150МOMЗ.

Охлаждаемый маслоотделитель типа MOMЗ показан на рис. 2.63. Внутри аппарата расположен змеевик 4, по которому циркулирует вода. К съемной крышке приварен металлический стакан 2, в котором между сетчатыми доньшками находятся

металлические или керамические кольца 3 с развитой поверхностью. Пары аммиака (аммиачно-масляная смесь), нагнетаемые компрессором через патрубок 5, поступают в стальной сварной цилиндрический корпус маслоотделителя.

В маслоотделителях типа MOMЗ отделение масла происходит следующим образом. Часть унесенного из компрессора масла в виде мелких капель отделяется за счет резкого изменения скорости с одновременным изменением направления движения. Часть унесенного масла в парообразном виде конденсируется и отделяется при прохождении между трубками змеевика, при этом частицы масла оседают на дно маслоотделителя. При повторном резком изменении направления движения потока пара, содержащего частицы масла, происходит отделение капель масла при входе в стакан с насадкой, а затем и окончательное отделение масла при прохождении паров через слой колец. Очищенные пары холодильного агента направляются в конденсатор через патрубок 1.

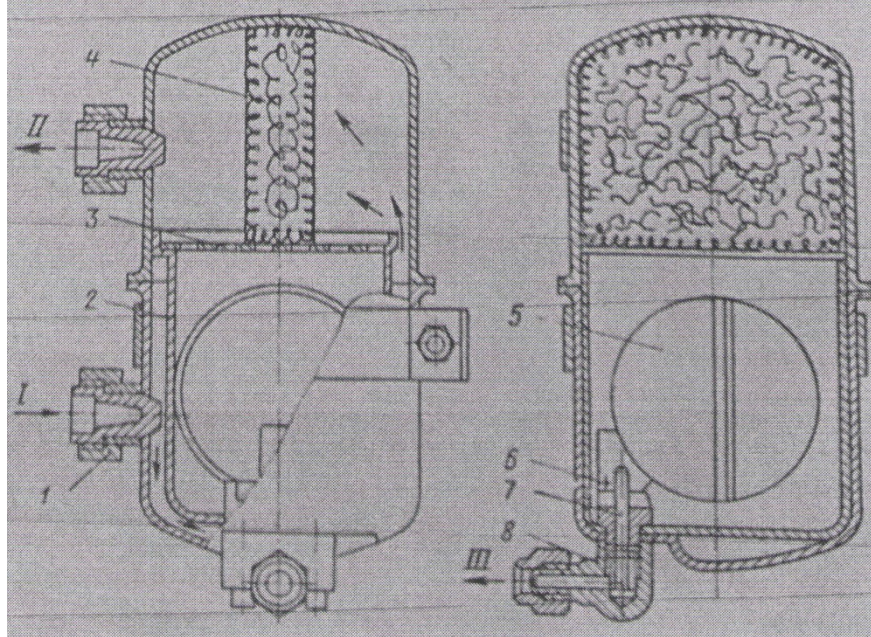
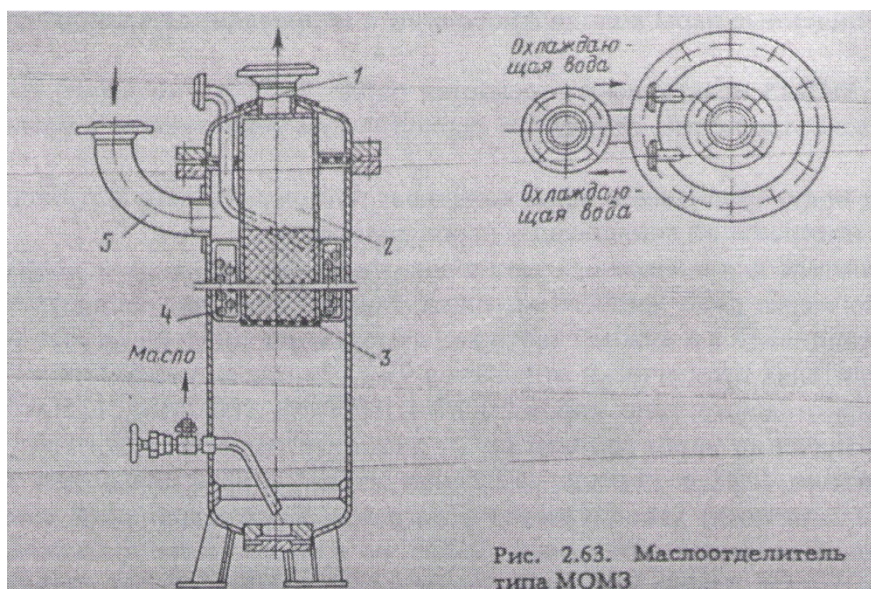
В маслоотделителях типа MOMЗ практически отделяется около 85-90% уносимого из компрессора масла, которое накапливается в маслоотделителе, откуда его периодически перепускают в маслобункер или в картер компрессора.

В маслоотделитель подают воду, прошедшую через конденсат или охлаждающую рубашку цилиндров компрессоров, чтобы не вызвать интенсивной конденсации паров аммиака.

В барботажном маслоотделителе для аммиачных установок отделение масла происходит в результате прохода аммиачно-масляной смеси через слой жидкого аммиака. Масло, имеющее большую плотность по сравнению с жидким аммиаком, скапливается в нижней части аппарата и периодически из него удаляется.

В барботажных маслоотделителях практически отделяется 95-97% масла, уносимого из компрессора. Выпускаются маслоотделители барботажного типа марок 500ММ, 800ММ, 1000ММ, 1250ММ, 1500ММ, 2000ММ и 3000ММ (цифры в обозначении марок соответствуют диаметру нагнетательного патрубка).

**Хладоновые маслоотделители.** Эффективность отделения масла от пара хладагента в хладоновых маслоотделителях (в отличие от аммиачных) увеличивается с нагревом маслохладоновой смеси. В охлаждаемом маслоотделителе обеспечивается хорошее отделение масла, но в то же время происходит насыщение отделившегося масла хладагентом, так как с повышением давления и понижением температуры концентрация хладона в масле возрастает.



На рис. 2.64 изображен хладоновый маслоотделитель фирмы “Данфос” (Дания), широко распространенный на судах. Через штуцер 1 из компрессора поступают пары хладона, которые омывая масляный резервуар 2, попадают в сепаратор 4. Сепаратор выполнен из медной проволоки которая имеет беспорядочное и густое переплетение. Проходя через сепаратор, пар многократно изменяет направление движения и теряет начальную скорость, в результате происходит отделение масла.

Отделившееся масло через сетчатую перегородку 3 стекает в резервуар 2, где происходит его подогрев горячим паром и выпаривание растворенного хладона. При повышении уровня масла в масляном резервуаре поплавков 5, перемещаясь относительно оси 6,

открывает игольчатый клапан 7 и масло через штуцер 8 направляется в картер компрессора.

В хладоновых низкотемпературных установках, работающих на R12 и R22, применяют маслоотделители с водяным охлаждением и автоматическим возвратом отделившегося масла через поплавковый клапан в картер компрессора.

## 2. Маслосборники.

Некоторая часть масла, не улавливаемая Маслоотделителем, попадает в теплообменные аппараты и емкости системы. Выпуск масла непосредственно из маслоотделителя и других аппаратов опасен (рабочее давление в маслоотделителе 0,8-1,5МПа) и приводит к большим потерям аммиака. Поэтому в судовых холодильных установках предусматривается централизованный сбор масла из теплообменных аппаратов и емкостей в маслосборник. Это позволяет производить выпуск масла, освобожденного от значительной части растворенного в нем хладагента, при давлении, близком к атмосферному.

На рис. 2.67 изображен маслосборник, представляющий собой вертикальную цилиндрическую емкость внутренним диаметром 300 мм. Емкость снабжена угловыми клапанами для присоединения маслоотделителя (маслоотстойника аппарата) 1, всасывающей стороны компрессора 2 и манометра 3. Для выпуска масла служит масловыпускной клапан 4. Масло выпускается при давлении в сборнике 0,12-0,13 МПа после отсоса паров аммиака. В некоторых типах маслосборников предусмотрен подогрев масла для выпаривания растворенного в нем хладагента. Основные характеристики маслосборников марки МСМ приведены в табл. 2.20.

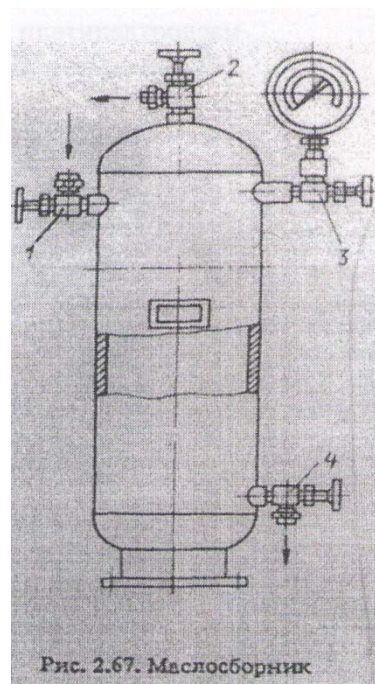


Рис. 2.67. Маслосборник

Таблица 2.20. Основные характеристики маслосборников

Марка	Объем, м <sup>3</sup>	Наружный диаметр, мм	Ширина, мм	Высота, мм	Масса, кг
150СМ	0,008	159	600	770	18,5
300СМ	0,070	325	765	1270	92
500СМ	0,280	516	960	1870	193

В новых отечественных агрегатах с компрессорами П110 и П220 применяются циклонные маслоотделители (рис. 2.65). Отделение масла от пара хладагента (R717) происходит в них за счет действия центробежных сил и изменения направления и скорости движения потока пара.

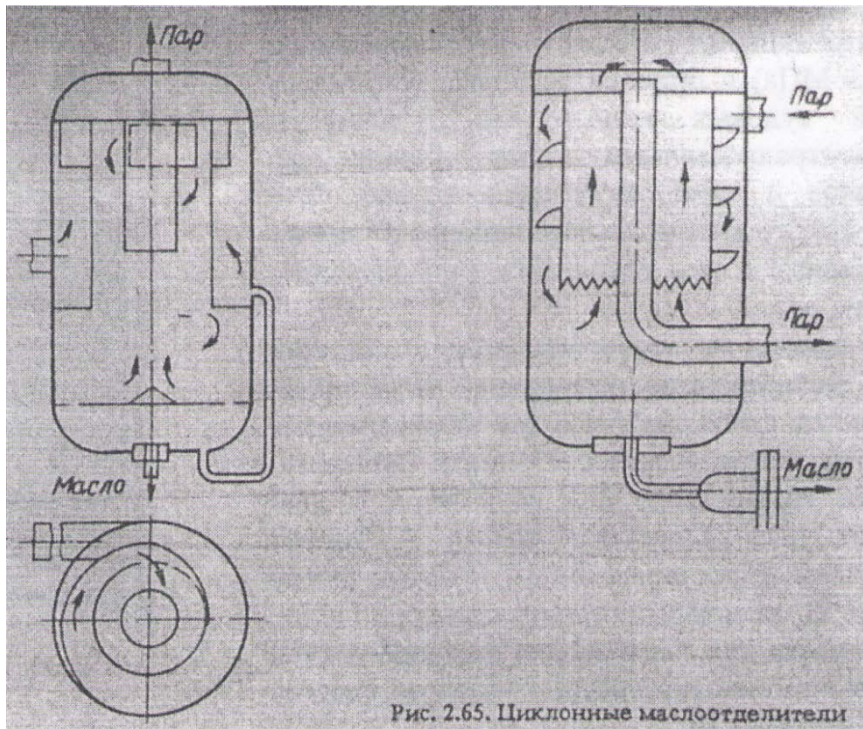


Рис. 2.65. Циклонные маслоотделители

Для отделения масла от паров R22 в агрегатах с винтовыми компрессорами типа S (рис. 2.66) используют горизонтальные маслоотделители предприятия “Кюльтаутомат” (Германия) которые одновременно являются масляными ресиверами. Отделение масла в аппарате происходит в результате изменения направления и скорости маслохладонового потока при движении через проволочную сетку, размещенную между перфорированными металлическими листами. В масляном ресивере установлен электрический подогреватель для выпаривания хладагента. В этих маслоотделителях улавливается 99,9% масла, захваченного парами хладагента из компрессора.

Хладоновые маслоотделители подбирают по диаметру нагнетательного патрубка компрессора.

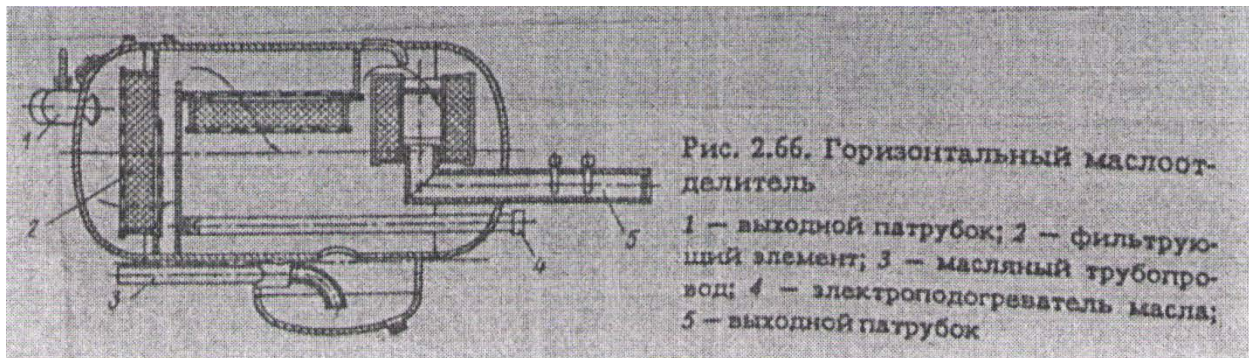


Рис. 2.66. Горизонтальный маслоотделитель

1 — выходной патрубок; 2 — фильтрующий элемент; 3 — масляный трубопровод; 4 — электроподогреватель масла; 5 — выходной патрубок

### 3. Ресиверы.

**Типы ресиверов.** Ресивер представляет собой емкость для сбора жидкого хладагента. В зависимости от назначения ресиверы делят на линейные, дренажные, циркуляционные, защитные и запасные.

Линейный ресивер (рис. 2.68) предназначен для приема сконденсированного в конденсаторе хладагента, накопления и обеспечения его равномерного поступления в испарительную систему. Линейные ресиверы устанавливают непосредственно после конденсаторов.

Жидкий хладагент самотеком поступает из конденсатора в корпус монтируемого ниже конденсатора ресивера. Чтобы давление в конденсаторе и ресивере было одинаковым, в ресивере предусмотрены два патрубка для присоединения парового и жидкостного уравнительного

трубопроводов. Для предупреждения попадания пара хладагента в испарительную систему конец жидкостного трубопровода, по которому жидкость отводится из ресивера, находится внутри под уровнем жидкости. Контроль за уровнем жидкости в линейном ресивере осуществляют с помощью стеклянных или дистанционных указателей уровня.

Некоторая часть накаливающегося в конденсаторе воздуха попадает по уравнительному трубопроводу в линейный ресивер. Для удаления воздуха предусмотрен двухтрубный воздухоохладитель, являющийся составной частью конструкции ресивера.

Линейные ресиверы оборудованы также штуцерами для подключения манометра и предохранительных клапанов. Выпуск масла производится через масловыпускной клапан.

В холодильных установках рыбопромысловых судов применяют ресиверы марок МРЛ 0,05, МРЛ0,2, МРЛ,7, МРЛ1,0,1МРЛ, 1,5МРЛ (цифры в марках указывают объем ресивера, м<sup>3</sup>).

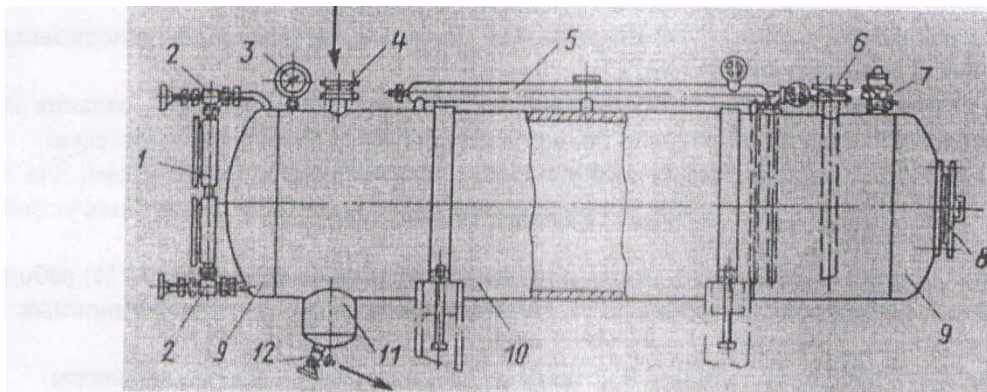


Рис. 2.68. Линейный ресивер с воздухоохладителем

1 - указатель уровня; 2 - запорные вентили указателя уровня; 3 - манометр; 4 - патрубок для приема жидкого хладагента из конденсатора; 5 - воздухоотделитель; 6 - патрубок для отвода жидкого хладагента; 7 - патрубок для присоединения предохранительных клапанов; 8 — крышка люка; 9 - сферическое дно; 10 — корпус; 11 - маслосборник; 12 - клапан для слива масла

Дренажные ресиверы предназначены для приема сконденсировавшегося хладагента во время оттаивания горячими парами приборов охлаждения (батареи и воздухоохладителей непосредственного охлаждения) и при необходимости освобождения от жидкости другого оборудования перед ремонтом. Дренажный ресивер присоединяют к трубопроводам СНД и СВД. Он может использоваться как линейный ресивер при соединении со сливным трубопроводом конденсатора. Ресивер покрывают теплоизоляцией.

На судах применяют дренажные ресиверы марок 0,3 МРД, 0,7МРД, 1МРД, 1,5МРД, СРО,7, СРН1,3, СРН2,5, СРН5, СРН7 (цифры в марках указывают объем ресивера, м<sup>3</sup>).

Циркуляционные ресиверы применяют для накопления жидкого хладагента перед подачей его в приборы охлаждения в насосно-циркуляционных системах охлаждения. Циркуляционный ресивер устанавливают между регулирующей станцией и испарительной системой на стороне низкого давления. Из ресивера аммиачным насосом жидкость подается в приборы охлаждения.

Циркуляционные ресиверы выполняют горизонтальными и вертикальными. Горизонтальный циркуляционный ресивер по конструкции аналогичен горизонтальному линейному без воздухоохладителя. В отличие от линейного циркуляционный ресивер имеет патрубок для подключения насоса хладагента и комплектуется отделителем жидкости.

Вертикальный циркуляционный ресивер (рис. 2.69) представляет собой емкость 1, снабженную патрубками для ввода жидкого холодильного агента 8 от регулирующей станции для забора жидкости 10 насосом хладагента. Нижняя часть ресивера является маслосборником, откуда через патрубок 9 периодически выпускается масло. Этот ресивер также выполняет функции отделителя жидкости из дренажного ресивера. Парожидкостная

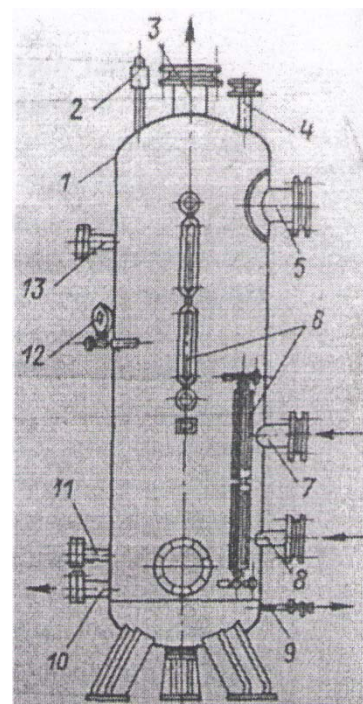


Рис. 2.69. Вертикальный циркуляционный ресивер

смесь из приборов охлаждения поступает в ресивер через патрубок 5, а пар, отделенный от жидкости, отсасывается компрессором через патрубок 3. Циркуляционный ресивер имеет патрубок для уравнивающей паровой 13 и жидкостной 11 линий слива жидкости 7 из приборов охлаждения при проведении оттаивания, для продувания горячими парами 4 со стороны нагнетания. На ресивере установлены мановакуумметр 12, указатели уровня жидкости 6 и предохранительный клапан 2. На судах применяют вертикальные циркуляционные ресиверы отечественного производства марок РЦ221,5Л для хладагента R22 объемом 1,5м<sup>3</sup>, РЦ1,6 и ЦРС4 для хладагента R717 объемом соответственно 1,6 и 4 м<sup>3</sup>.

Защитный ресивер устанавливают в безнасосных системах для приема жидкого хладагента при переполнении отделителя жидкости на стороне низкого давления.

Конструктивно защитный ресивер аналогичен горизонтальному линейному.

Защитным ресивером марки ЦРС4 объемом 4м<sup>3</sup> оборудована аммиачная холодильная установка РМБ типа «Пятидесятилетие СССР».

Запасной ресивер включают в схему судовой холодильной установки для создания запаса хладагента. Конструктивно запасной ресивер представляет собой полую цилиндрическую горизонтальную емкость с патрубками для подключения к аммиачным трубопроводам. Для хладагента R22 объем запасных ресиверов, устанавливаемых на судовых холодильных установках 0,44-2м<sup>3</sup>, а для хладагента R717 0,7-7м<sup>3</sup>.

Заполнение линейных и запасных ресиверов допускается не более чем на 80%; рабочее заполнение линейных ресиверов составляет 50%. Нормальное заполнение циркуляционных ресиверов 30%.

При нормальной работе холодильной установки дренажные и защитные ресиверы жидкостью не заполнены. Циркуляционные, дренажные и защитные ресиверы имеют теплоизоляцию.

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля :**

1. Объясните влияние наличия масла в системе холодильного агента на работу холодильной установки.
2. Перечислите основные типы маслоотделителей.
3. Расскажите конструкцию и работу маслоотделителя с водяным охлаждением.
4. Объясните особенность конструкции циклонного маслоотделителя.
5. Расскажите состав и принцип действия горизонтального маслоотделителя.
6. Чем опасен выпуск масла из маслоотделителя.
7. Расскажите конструкцию и работу маслосборника.
8. Перечислите основные типы ресиверов.
9. Объясните назначение и устройство циркуляционного ресивера.
10. Расскажите назначение и устройство циркуляционного ресивера.
11. Расскажите назначение и устройство дренажного ресивера.

## **Лабораторная работа № 7**

### **Тема лабораторной работы:**

«Изучение конструкций отделителей жидкости, промежуточных сосудов, воздухоотделителей, арматуры»

### **Цель работы:**

1. Закрепить теоретические знания по теме:

«Вспомогательное оборудование, трубопроводы и арматура холодильных установок»

2. Научиться разбираться в конструкциях отделителей жидкости, промежуточных сосудов, воздухоотделителей и арматуры, а также в назначении основных деталей.

### **Оборудование:**

1. Макеты отделителя жидкости, промежуточного сосуда, воздухоотделителя.

2. Плакаты отделителя жидкости, промежуточного сосуда, воздухоотделителя, арматуры.

3. Методические указания к лабораторной работе №7.

### **Перечень используемых источников :**

1. Сластухин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014

2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012

3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы. (описание хода работы)**

#### **Отделитель жидкости.**

Он обеспечивает сухой ход компрессора и работу приборов охлаждения в безнасосных схемах под заливом, т.е. заполненных жидким холодильным агентом. Для этого отделитель жидкости ставится выше батарей, чтобы высота столба жидкости создавала давление, достаточное для подачи жидкого холодильного агента в приборы охлаждения. Жидкость после регулирующего вентиля поступает в отделитель жидкости. Вследствие изменения скорости и направления движения пар, образовавшийся при дросселировании, отделяется и отсасывается компрессором. Жидкость сливается в приборы охлаждения, кипит, и парожидкостная смесь возвращается в отделитель жидкости, где разделяется на жидкость и пар. Пар отсасывается компрессором, а жидкость, называемая вторичной, снова поступает в батареи.

В насосных схемах подача жидкости в батареи осуществляется насосом, поэтому отделитель жидкости можно размещать на любом уровне, обычно его ставят в машинном отделении, но отсос пара из батарей и воздухоохладителей по правилам

техники безопасности должен производиться обязательно через отделитель жидкости. Отделители жидкости изолируют. Подбор отделителей жидкости производят по диаметру всасывающего патрубка компрессора.

#### **Промежуточные сосуды.**

Эти аппараты применяют в двухступенчатых холодильных установках для полного промежуточного охлаждения пара после ступени низкого давления, а также для переохлаждения жидкого хладагента перед дросселированием. Кроме того, промежуточные сосуды являются отделителями жидкости (в холодильных установках двухступенчатого сжатия с двукратным дросселированием) и маслоотделителями после СНД.

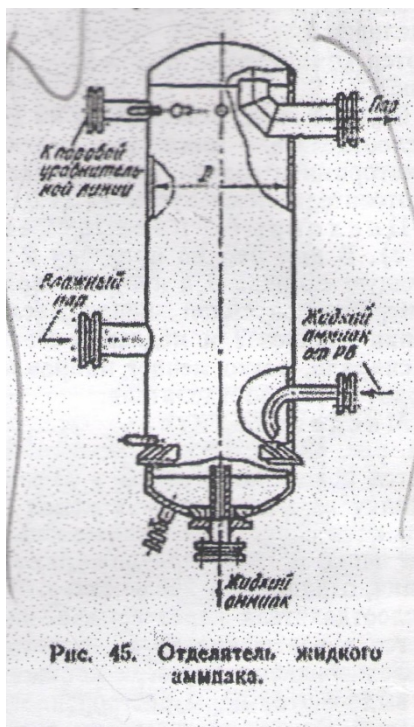
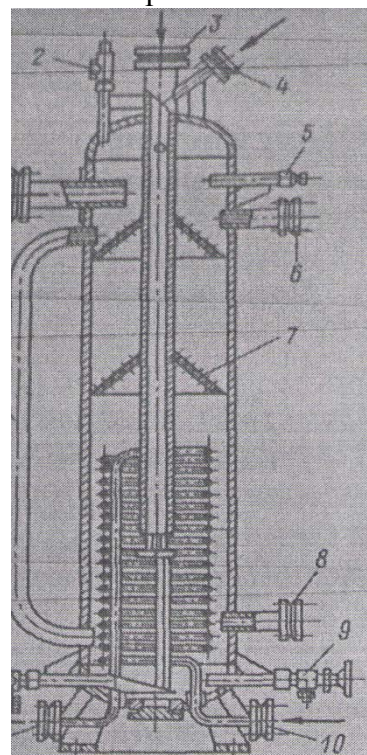


Рис. 45. Отделитель жидкого аммиака.



2.71. Промежуточный со-

В аммиачных судовых холодильных установках широко применяют промежуточные сосуды со змеевиком (теплообменником) в холодильных установках двухступенчатого сжатия с полным промежуточным охлаждением и одноступенчатым дросселированием.

Промежуточный сосуд (рис. 2.71) представляет собой вертикальную сварную цилиндрическую емкость, в которую через патрубок 3, опущенный внутрь сосуда под уровень жидкого хладагента, поступает пар из СНД компрессора. Пар барботирует через слой кипящего жидкого хладагента, при этом он охлаждается до температуры насыщения, соответствующей промежуточному давлению. Снятие перегрева происходит за счет выкипания части жидкого аммиака в промсуде. Охлажденный пар проходит через конусные отбойные тарелки 7, которые задерживают капли жидкости, и отсасывается СВД компрессора через патрубок 1.

В нижней части промсосуа в слое кипящей жидкости находится змеевик, по которому жидкий аммиак протекает от линейного ресивера к регулирующей станции. Жидкость, проходящая по змеевику, в результате теплообмена с кипящим в промсосуа аммиаком охлаждается при постоянном давлении конденсации до температуры на 3-5 °С выше температуры кипящей жидкости в промсосуа. В змеевик жидкость подводится по патрубку 10, а отводится по патрубку 11.

В промсосуа через патрубок 4 поступает аммиак после дросселирования. Масса поступающего хладагента расходуется на снятие перегрева паров, поступающих из СНД, и на переохлаждение жидкости, проходящей по змеевику.

Для подключения поплавкового реле уровня предназначены патрубки 6 и 8. Уровень жидкого аммиака контролируется с помощью указательной колонки (обмерзающая трубка) 13 и реле уровня. Промсосуа оборудован патрубками выпуска масла 12, аварийного выпуска аммиака 9 и присоединения манометра 5. Промсосуа снабжен сдвоенным предохранительным клапаном с вентилем переключения 2.

Преимущество промсосуа со змеевиком заключается в том, что масло, поступающее с парами из СНД, в испарительную систему не попадает.

Выбор промежуточных сосудов производится с учетом диаметра всасывающего патрубка ступени высокого давления или площади теплопередающей поверхности змеевика, т.е.

$F_{3M} = Q_{3M} / (k \theta_{cp})$ , где  $\theta$  – тепловой поток в змеевике, Вт,  $Q_{3M} = G_{H2}(i_5 - i_8)$  (см. рис. 2.10);  $k$  – коэффициент теплопередачи змеевика, Вт/(м<sup>2</sup> \* оС),  $k = 580 + 700 \theta_{cp}$ ;  $\theta_{cp}$  – средняя логарифмическая разность температур (см. рис. 2.10),

$$\theta_{cp} = \frac{t_5 - t_8}{2.3 \lg (t_5 - t_{np}) / (t_8 - t_{np})}$$

В табл. 2.21 приведены основные технические характеристики промсосуа со змеевиком марки ПС. На судах применяют промсосуа со змеевиком в морском исполнении марок 50 МПС, 60МПС, 80МПС.

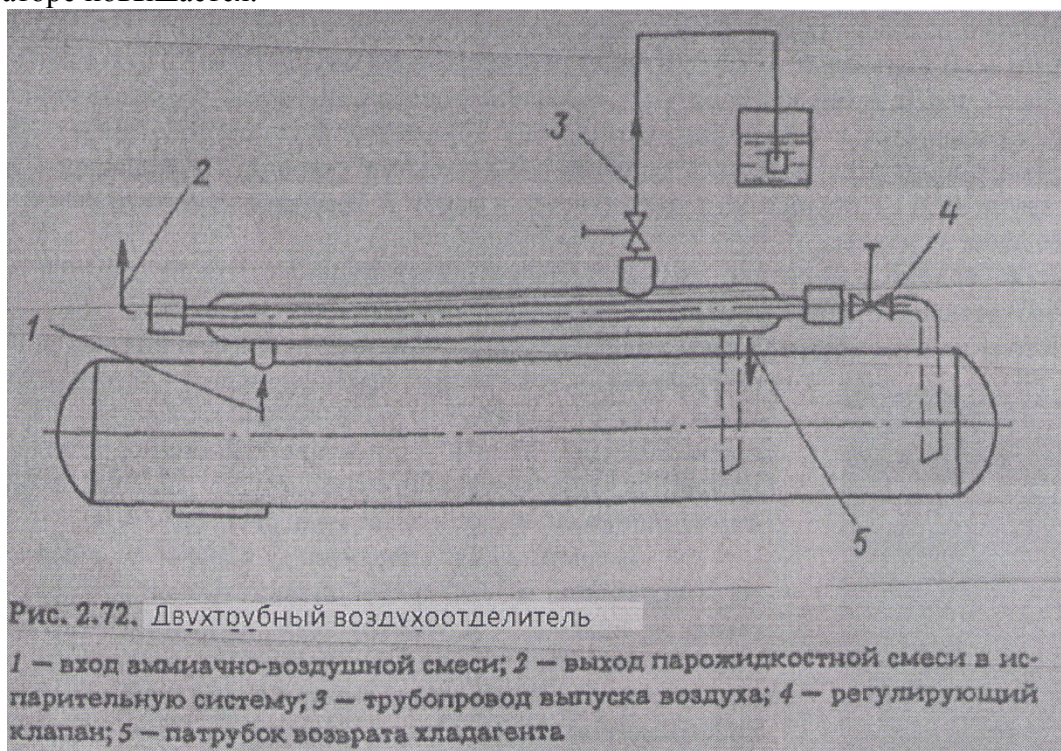
Таблица 2.21. Основные характеристики промежуточных сосудов со змеевиком

Марка	Внутренний диаметр, мм	Толщина стенки, мм	Общая высота, мм	Условный проход патрубка, мм				Теплопередающая поверхность змеевика, м <sup>2</sup>	Объем аппарата, м <sup>3</sup>
				входа жидкости в змеевик	нагнетательного	всасывающего	впрыска жидкости		
40ПС <sub>3</sub>	406	10	2390	20	70	70	20	1,75	0,22
60ПС <sub>3</sub>	600	8	2800	32	150	125	32	4,3	0,67
80ПС <sub>3</sub>	800	8	2920	32	150	150	32	6,3	1,15
100ПС <sub>3</sub>	1000	10	2940	50	200	200	40	8,6	1,85
120ПС <sub>3</sub>	1200	12	3640	50	300	300	40	10	3,3

### Воздухоотделители

Воздух и другие неконденсирующиеся газы попадают в холодильную установку в результате подсоса через уплотнения при давлении в системе ниже атмосферного, во время монтажа и ремонта аппаратов и компрессоров, при заправке установки хладагентом и маслом, при этичном разложении хладагента и масла. Основной составляющей частью неконденсирующихся газов является воздух. Воздух, попавший в холодильную машину, скапливается в линейном ресивере и конденсаторе.

Общее давление в конденсаторе складывается из суммы парциального давления пара хладагента и воздуха. Чем больше процентное содержание воздуха в смеси его с хладагентом, тем выше давление конденсации при одной и той же температуре смеси. Кроме того, воздух в конденсаторе образует вокруг теплопередающей поверхности пленку, которая создает термическое сопротивление, уменьшая коэффициент теплопередачи, в результате этого давление в конденсаторе повышается.



Таким образом наличие воздуха в системе холодильной установки повышает давление, а следовательно, и температуру конденсации. При повышении давления на 0,03 МПа потребление энергии приводом компрессора увеличивается на 2% холодопроизводительность компрессора

снижается на 1%. Для нормальной работы установки требуется систематическое удаление воздуха.

Выпуск воздуха непосредственно из конденсатора через воздухопускной вентиль экономически нецелесообразен, так как происходят большие потери холодильного агента. Для уменьшения потерь хладагента его смесь с воздухом охлаждается до возможно низкой температуры. Чем ниже температура охлажденной смеси, тем больше конденсируется паров хладагента из смеси и, следовательно, тем меньше потери хладагента при выпуске воздуха.

Принцип охлаждения смеси воздуха с хладагентом до отрицательных температур и конденсации паров хладагента используется при работе специальных аппаратов для отделения воздуха – воздухоотделителей.

Конструкции наиболее распространенных на судовых холодильных установках типов аммиачных воздухоохладителей рассмотрены ниже.

Двухтрубный воздухоохладитель (рис. 2.72) устанавливают непосредственно на линейном ресивере. Этот воздухоохладитель представляет собой теплообменник “труба в трубе”. По внутренней трубе проходит кипящая жидкость, сдросселированная в регулирующем вентиле до давления кипения, соответствующего температуре кипения в системе холодильной установки. Аммиачно-воздушная смесь по соединительному патрубку проходит из верхней вера в межтрубное кольцевое пространство и в процессе теплообмена между ней и кипящим аммиаком из аммиачно-воздушной смеси конденсируется аммиак. Жидкий аммиак по патрубку возвращается в ресивер, воздух выпускается в емкость с водой до тех пор, пока не прекратится выход пузырьков воздуха.

Отсутствие пузырьков воздуха, возникновение шума, а также помутнение и нагрев воды в емкости свидетельствует об отсутствии воздуха в холодильной установке. Парожидкостная смесь кипящего хладагента отводится в испаритель.



Воздухоохладитель конструкции Кобулашвили (рис. 2.73) широко распространен на судах с аммиачными холодильными установками. Аппарат состоит из четырех труб, вставленных одна в другую, при этом труба 1 соединена с трубой 3, а труба 2 – с трубой 4. Диаметр наружной трубы 4 (корпус аппарата) 108 мм, толщина стенки 4 мм; диаметр внутренней трубы 138 мм, толщина стенки 3 мм. Общая длина воздухоохладителя 1530 мм.

Процесс отделения воздуха происходит следующим образом. Аммиачно-воздушная смесь из конденсатора или линейного ресивера поступает в кольцевое пространство между трубой 4 и трубой 3, а также между трубами 1 и 2. В центральную трубу через регулирующий клапан подается жидкий аммиак который кипит в трубах 1 и 3, отбирая теплоту от аммиано-воздушной смеси. Образовавшийся при кипении аммиака пар отсасывается в испарительную систему холодильной установки. При охлаждении смеси пары аммиака конденсируются, а воздух выпускается в емкость с водой.

Сконденсированный аммиак собирается в трубе 4 и периодически перепускается в трубу 1. Воздухоохладитель включает в работу при наличии воздуха в системе.

Автоматический воздухоотделитель АВ-4 обеспечивает удаление воздуха из системы по мере его поступления, а следовательно, и наиболее экономичную работу холодильной установки.

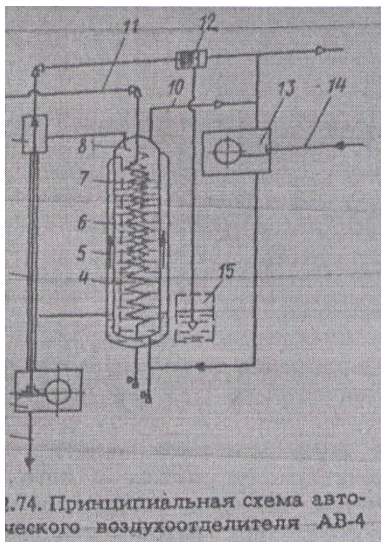


Рис. 2.74. Принципиальная схема автоматического воздухоотделителя АВ-4

Аппарат (рис. 2.74) состоит из двух концентрично расположенных емкостей 5 и 6, имеющих змеевики 7 и 8 с трубкой 4, а также трубопроводов: подачи жидкого хладагента от коллектора регулирующей станции 14, с отсоса паров аммиака 10, для конденсата хладагента, удаляемого в коллектор регулирующей станции 1, подачи воздушно-аммиачной смеси из конденсатора и ресивера 11.

Змеевик 7 верхним концом соединен с трубопроводом, по которому подается аммиачно-воздушная смесь, а нижним – с межтрубным пространством. Верхний конец змеевика 8 соединен с емкостью с водой, нижний – вварен в трубку 4, оба конца которой соединены с межтрубным пространством сверху и снизу емкости. Змеевик 7 и трубка 4 на рис. 2.74 показаны пунктиром.

Отделение воздуха происходит следующим образом. Аммиачно-воздушная смесь, пройдя по змеевику 7, в сосуде 6 охлаждается до температуры, близкой к температуре кипения аммиака. Уровень жидкости аммиака в сосуде 6 поддерживается автоматически с помощью поплавкового регулятора 13.

В змеевике 7 начинает конденсироваться парообразный аммиак, который стекает и накапливается в межтрубном пространстве. Вместе с конденсатом движется аммиачно-воздушная смесь, которая на выходе из змеевика 7 барботирует через слой накопившегося жидкого аммиака, а затем попадает в верхнюю часть межтрубного пространства, где постепенно накапливается. По трубке 4 и змеевику 8 (где происходит дополнительное охлаждение и конденсация паров аммиака) воздух поступает в емкость с водой 15.

По мере накопления воздуха в межтрубном пространстве и змеевике 8 давление в воздухоотделителе растет и уровень жидкого аммиака начинает опускаться вместе с поплавком регулятора 2. Стержень 3, связанный с поплавком, также опускается вниз, в результате клапан 9 открывается и воздух пододит к мембранному клапану 12, который открывает выход воздуху в емкость 15. Клапан 12 открывается при давлении всасывания в трубопроводе 10, соответствующем заданной температуре кипения ( $-25^{\circ}\text{C}$  и ниже).

Если давление в межтрубном пространстве будет меньше, чем в конденсаторе, в камеру поплавкового регулятора начинает поступать жидкость из линейного ресивера. Поплавок, воздействуя на стержень 3, закрывает клапан выпуска воздуха 9. Сконденсированный в межтрубном пространстве аммиак отводится в коллектор регулирующей станции через поплавок камеру регулятора. Клапан 9 откроется при выравнивании давлений в межтрубном пространстве.

Для нормальной работы аппарат устанавливают выше линейного ресивера на 2 м, при этом петли при монтаже трубопровода не допускаются.

Конструкции автоматических воздухоотделителей (АВ-2, АВ-4, АВ-3) отличаются друг от друга средствами автоматизации.

Особенность отделения воздуха в хладоновых установках состоит в том, что для увеличения процентного содержания воздуха в воздушно-хладоновой смеси ее нужно не только охладить, но и повысить давление в воздухоотделителе в два-три раза по сравнению с давлением конденсации. Для повышения давления смеси в воздухоотделители необходим отдельный компрессор.

## Арматура

В состав арматуры предназначенной для соединения отдельных машин, аппаратов и вспомогательного оборудования холодильной установки, входят запорные и регулирующие клапаны, клинкетные задвижки, обратные и предохранительные клапаны.

Клапаны являются запорными устройствами для жидких и газообразных сред. Основные детали любого клапана – корпус с седлом (посадочное место клапана), шпindel с клапаном и сальник (уплотнение шпинделя).

По назначению клапаны делятся на запорные – для прохода или перекрытия движущейся рабочей среды и регулирующие – для обеспечения определенной подачи рабочей среды.

Корпус клапанов присоединяют к трубопроводам, как правило, с помощью фланцевых или резьбовых соединений. Резьбовых соединения могут быть муфтовыми (резьба внутри присоединительных концов клапана) и цапковыми (резьбы на наружной поверхности присоединительных концов клапана).

По конструкции присоединительных концов корпуса различают клапаны проходные и угловые. В угловых клапанах направление движения рабочей среды изменяется на  $90^\circ$ , в проходных направление движения не изменяется.

Проходные и угловые клапаны диаметром условного прохода  $D$  равным 6, 10, 15 и 20 мм, выполняют цапковыми. Фланцевые запорные клапаны изготавливают диаметром  $D_u$ , равным 20, 20, 32, 40, 50, 70, 80, 100, 125, 150 и 200 мм, а регулирующие клапаны диаметром  $D_u$ , равным 20, 25 и 32 мм. В качестве регулирующих клапанов диаметром  $D_u$  равным 6, 10 и 15 мм, применяют запорные клапаны соответствующего диаметра с мелкой резьбой на шпинделе.

Все запорные и регулирующие клапаны устанавливают так, чтобы движение потока рабочего вещества в клапане было направлено под него. Это предупреждает перекос клапанов при посадке и пропуски рабочего вещества.

В судовых холодильных установках для хладагента, как правило применяют стальную арматуру. В хладоновых установках применяют также бронзовую арматуру.

В запорных аммиачных клапанах (рис. 2.79) малого диаметра ( $D_u$  равен 6, 10 и 15 мм) стальной клапан закатан в шпинделе и может свободно в нем поворачиваться. Хвостовики клапанов большого диаметра, закрепленные со шпинделем, имеют кольцевую баббитовую заливку для лучшего контакта с седлом клапана. На крышке корпуса имеется уплотняющий пояс, а на шпинделе – конический буртик. При открытии клапана до отказа пояс и буртик создают уплотнение, что делает возможным заменить набивку сальника во время работы установки. В качестве набивки сальника применяют хлопчатобумажный шнур, пропитанный маслом и смазанный графитом. В процессе эксплуатации набивку уплотняют нажимной втулкой.

Хладоновые запорные клапаны (рис. 2.80) отличаются от аммиачных тем, что кроме сальника уплотнение осуществляется глухим колпаком с резиновой прокладкой. Колпак может являться маховиком при повороте его на  $180^\circ$ . Сальниковое уплотнение выполнено из бензомаслостойких резиновых колец. В некоторых конструкциях применяют фторопластовые кольца.

В хладоновых холодильных машинах также применяют угловые запорные клапаны с мембранным уплотнением (рис. 2.81, а) и двухходовые запорные клапаны малого диаметра (рис. 2.81, б).

Мембрана, плотно зажата на прокладках между корпусом и нажимной гайкой, разделяет клапан на две полости. При закрытии и открытии уплотняющая мембрана прогибается. Открытие клапана при отводе шпинделя от мембраны происходит под действием пружины. В некоторых конструкциях вместо мембраны применяют уплотняющий сальфон.

Угловыми двухходовыми запорными клапанами оснащены компрессоры малых хладоновых холодильных агрегатов. Их устанавливают на всасывающей и нагнетательной сторонах компрессора. На корпусе клапана смонтирован тройник для подсоединения с одной стороны реле низкого давления и мановакуумметра, с другой стороны – реле высокого давления и манометра. Клапаном является шпindel, утолщенный конец которого обработан на двойной конус. Второй конус шпинделя-клапана служит для перекрытия прохода пара к тройнику. В рабочем положении клапан находится между седлами.

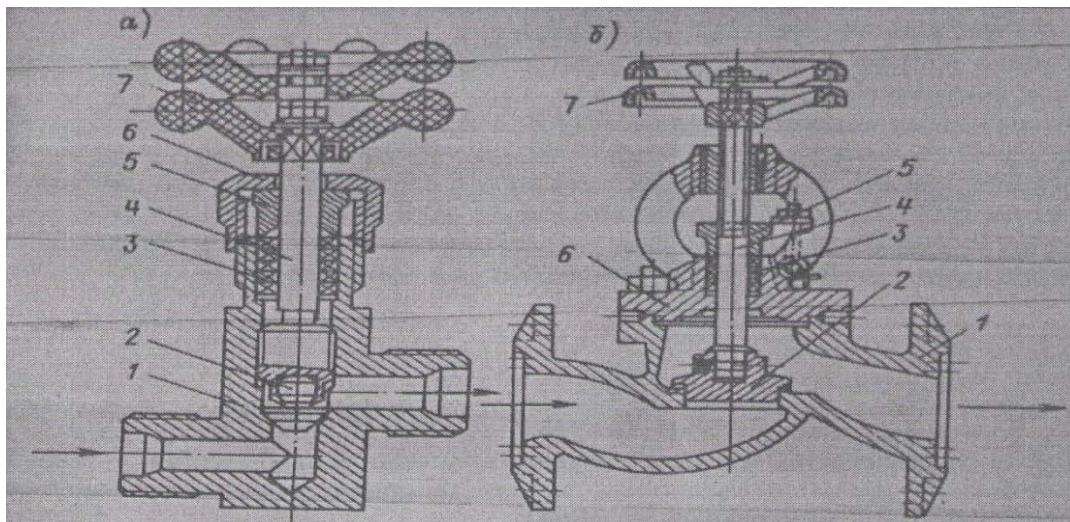


Рис. 2.79. Аммиачные запорные клапаны: а — цапковый; б — фланцевый  
 1 — корпус; 2 — хвостовик шпинделя; 3 — сальник; 4 — шпиндель; 5 — нажимная втулка;  
 6 — крышка; 7 — маховик

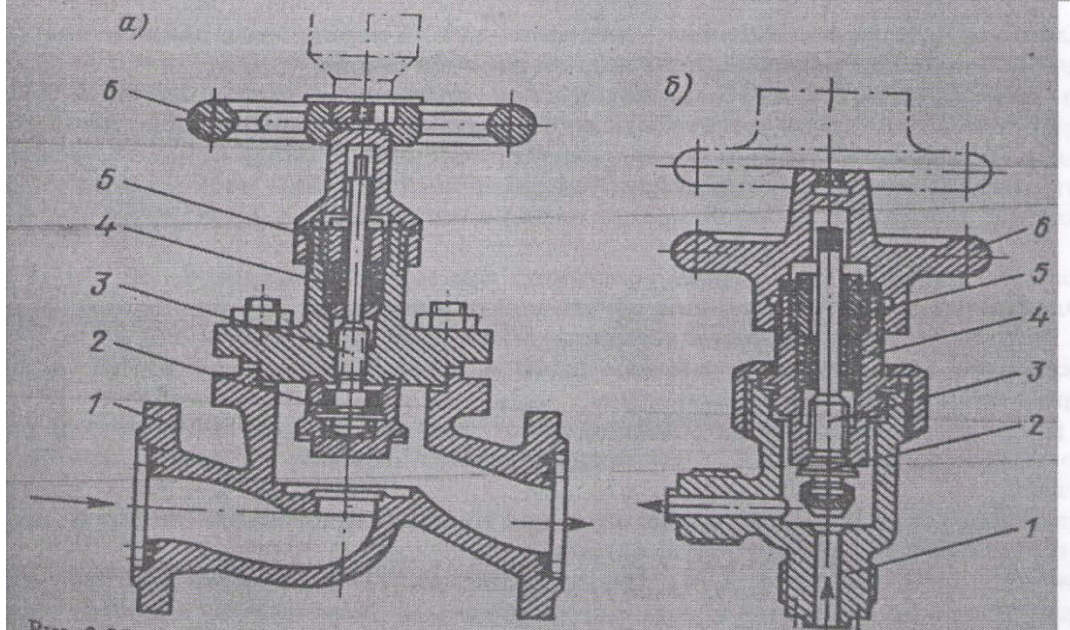


Рис. 2.80. Хлороновые запорные клапаны: фланцевые (а) и цапковые (б)  
 1 — корпус; 2 — хвостовик шпинделя; 3 — шпиндель; 4 — сальник; 5 — уплотни-  
 тельная втулка; 6 — маховик

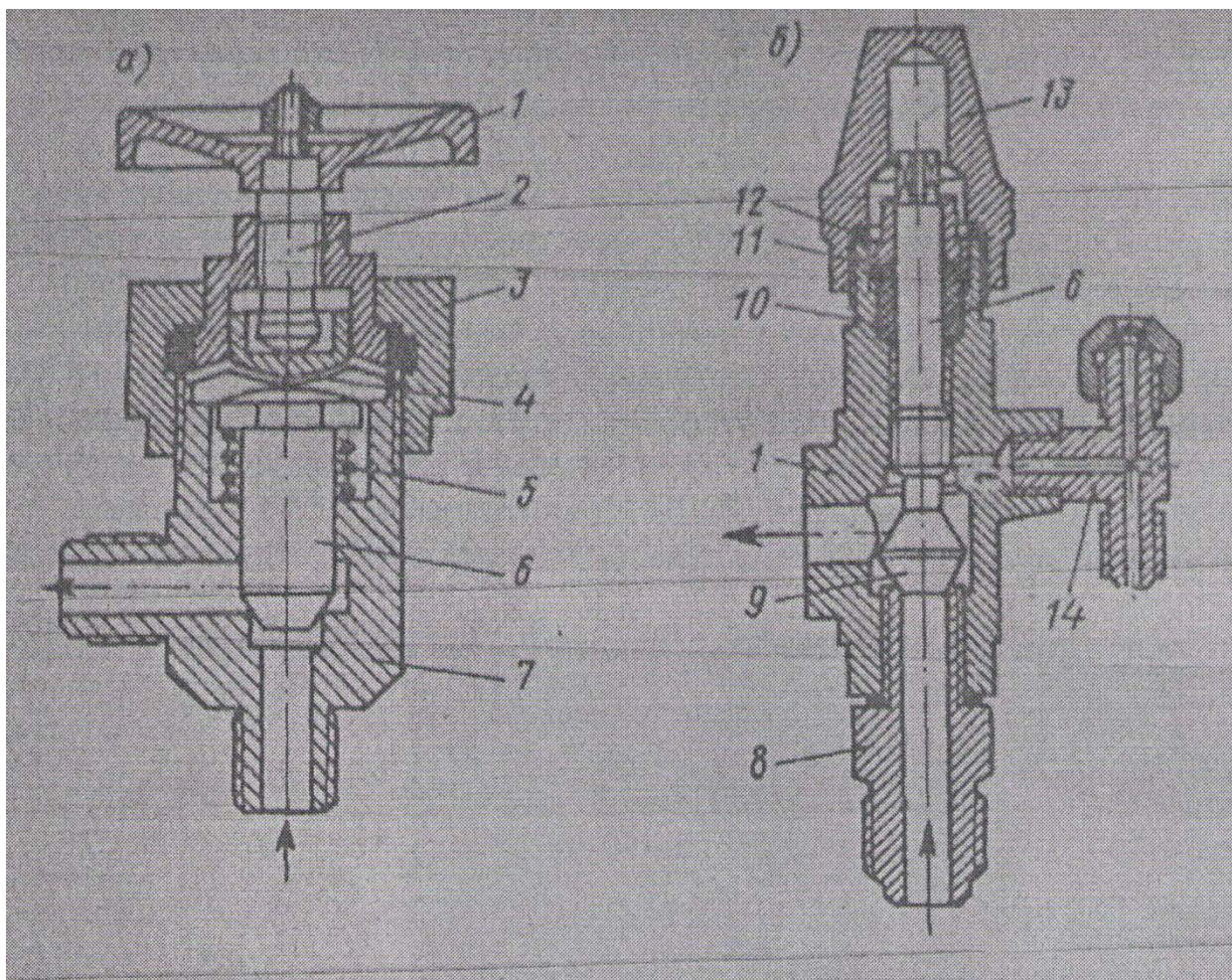


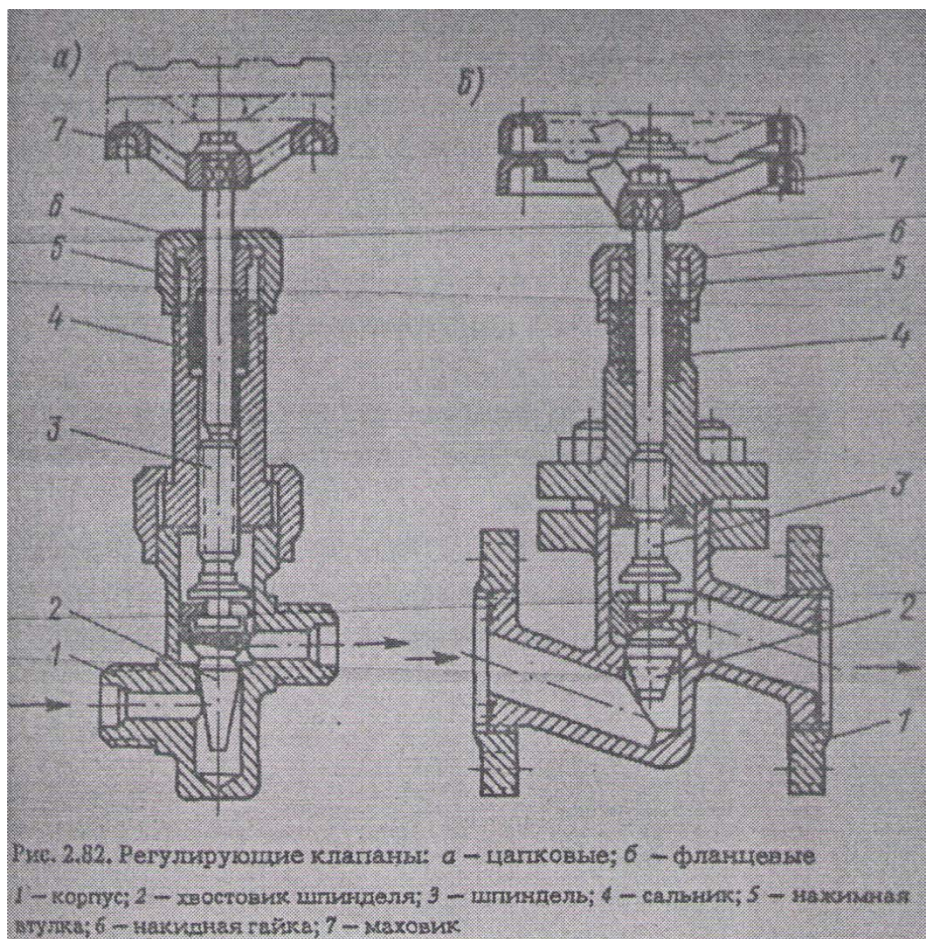
Рис. 2.81. Хладоновые запорные клапаны: а – угловой мембранный; б – двухходовой

1 – маховик; 2 – шпindelь; 3 – нажимная гайка; 4 – мембрана; 5 – пружина; 6 – рабочая часть клапана; 7 – корпус; 8 – штуцер; 9 – двухконусный клапан; 10 – сальник; 11 – уплотнительная втулка; 12 – резиновая прокладка; 13 – колпачковая гайка; 14 – тройник

В регулирующих клапанах (рис. 2.82) осуществляется процесс дросселирования жидкого хладагента от давления конденсации до давления кипения. Регулирующие клапаны обеспечивают также регулирование подачи жидкого хладагента в испарительную систему.

Регулирующие клапаны отличаются от запорных более мелким шагом резьбы шпинделя и формой клапана. Конусообразная форма клапана и мелкая резьба на шпинделе позволяют постепенно увеличивать проходное сечение в клапане и осуществлять большую подачу хладагента в систему. Корпусы, клапаны и шпиндели аммиачных регулирующих вентилей выполняются стальными, а крышки и накидные гайки сальников – из стали или ковкого чугуна.

Клинкетные задвижки (рис. 2.83) устанавливаются на рассольных и водяных трубопроводах диаметром условного прохода  $D_u > 50$  мм. Направление движения среды в них не изменяется. Запорное устройство состоит из двух параллельных дисков (щеки), между которыми находится клин. В щеки и корпус впрессованы уплотнительные кольца. При опускании шпинделя щеки находят на клин и расходятся, перекрывая проход рабочей среде.

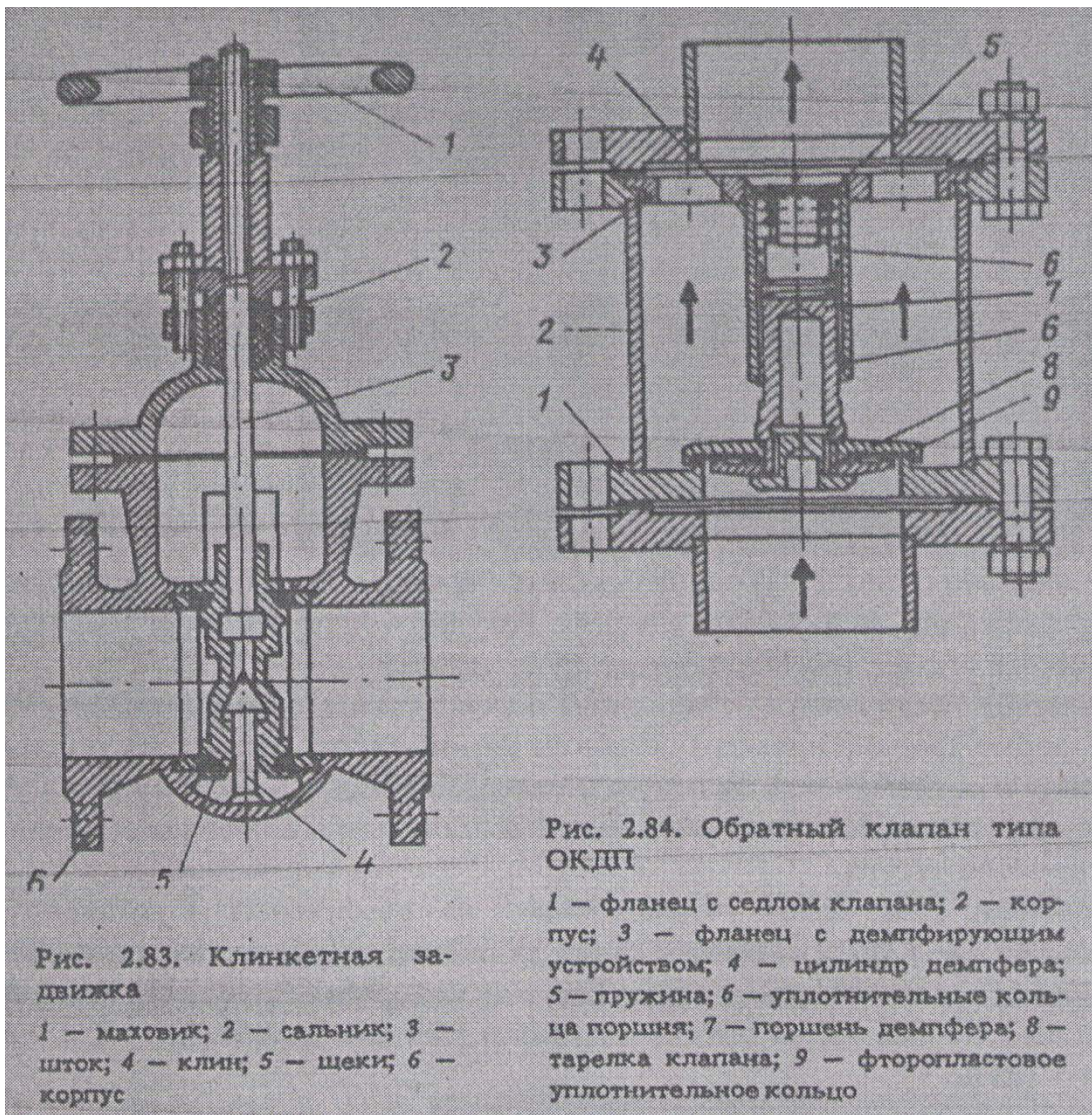


Обратные (невозвратные) клапаны служат для предотвращения обратного движения хладагента от высокой стороны (конденсаторов, ревисеров) в случае аварии компрессора или вынужденной его остановки.

Обратный клапан типа ОКДП (рис. 2.84) пропускает пары хладагента только в одном направлении – от компрессора к конденсатору. Клапан имеет демпферное устройство, обеспечивающее его бесшумную работу. Поршень-демпфер во время работы перемещается в цилиндре. Перемещение поршня вверх ограничено фторопластовой прокладкой, закрепленной в цилиндре. К поршню присоединен узел клапана, состоящий из тарелки клапана и фторопластового уплотнительного кольца. При обратном потоке клапан под действием массы демпфера и клапана, а также силы упругости пружины опускается на седло. Пар, водящийся в замкнутом объеме цилиндра демпфера, и пружина гасят скорость перемещения клапана.

Клапаны с демпфирующим устройством типов ОКДП (прямоточные и ОКДУ (угловые)) отличаются друг от друга только направлением движения пара. В клапанах ОКДУ направление движения пара изменяется на 90°.

Клапаны ОКДП выпускают диаметром условного прохода 50, 70, 100, 150, 200 мм.



Предохранительные клапаны предназначены для защиты компрессора и аппаратов холодильной установки от больших давлений. В компрессорах применяют пружинные (шариковые и наперстковые) предохранительные клапаны, при срабатывании которых нагнетательная полость компрессора соединяется со всасывающей.

На аппаратах устанавливают пружинные предохранительные клапаны, при срабатывании которых аппарат соединяется с трубопроводом аварийного выпуска аммиака в щабортную воду. Конструкция пружинного предохранительного клапана (рис. 2.85) аналогична конструкции наперсткового предохранительного клапана.

Правила Регистра допускают устанавливать между аппаратом (емкостью) и двумя предохранительными клапанами переключающее устройство (рис. 2.86) при условии, что в любом положении клапаны (или один из них) соединены с аппаратом. Предохранительные клапаны аппаратов регулируются на начало открытия при избыточном давлении для R717 и R22 на стороне высокого давления 2 МПа и стороне низкого давления 1,6 МПа и для R12 соответственно на 1,4 и 1 МПа. Клапаны пломбируют при плановых ежегодных проверках.

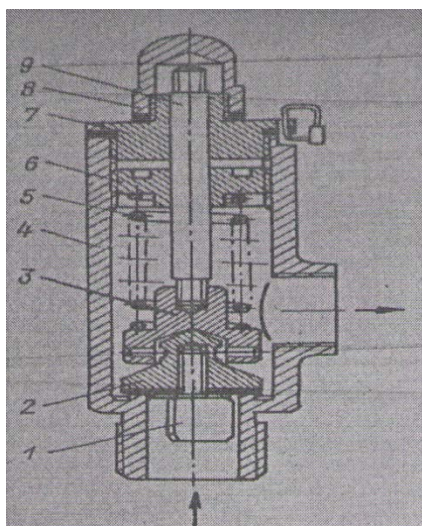


Рис. 2.85. Пружинный предохранительный клапан

1-Направляющая клапана; 2- хвостовик шпинделя; 3- стакан; 4- корпус; 5- пружина; 6- нажимная резьбовая втулка; 7- уплотнительная резьбовая втулка; 8- колпачок; 9- шпindelь

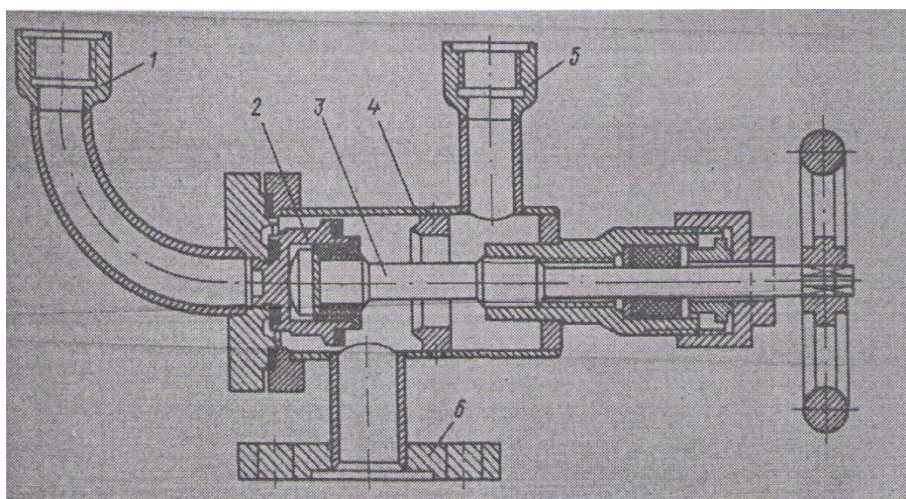


Рис. 2.86. Устройство для переключения предохранительных клапанов

1, 5 – штуцера; 2 – хвостовик шпинделя; 3 – шпindelь; 4 – корпус; 6 – фланец

### **Вопросы и предложения :**

#### **Вопросы для самоконтроля :**

1. Объясните назначение отделителя жидкости в холодильных установках.
2. Объясните конструкцию и принцип действия отделителя жидкости.
3. Расскажите, как расположен отделитель жидкости в безнасосных и в насосных схемах охлаждения.
4. Какие функции выполняют промежуточный сосед.
5. Поясните, как устроен змеевиковый промежуточный суд.
6. Расскажите назначение основных деталей промежуточного сосуда.

7. В каких холодильных установках используют промежуточные сосуды.
8. Какие воздухоотделители применяют в холодильных установках.
9. Объясните конструкцию и работу двухтрубного воздухоотделителя.
10. Расскажите особенности конструкции автоматического воздухоотделителя.
11. Объясните работу аммиачного и хладоново запорного клапана.
12. Как устроен и как работает регулирующий и предохранительный клапан.

## **Практическое занятие №11, №12**

### **Тема практического занятия:**

«Экскурсия на судно «Изучение расположения рефрижераторных помещений на судах. Изучение расположения холодильного оборудования на судах».

### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме «Устройство и планировка рефрижераторных судов».
2. Научиться разбираться в принципах размещения охлаждаемых помещений, рефрижераторных машинных отделений и холодильного оборудования в них.

### **Оборудование:**

1. Суда – рефрижераторы
2. Методические указания к практическому занятию №11, №12

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

## **Содержание и порядок выполнения работы. (описание хода работы)**

Общее расположение рефрижераторного оборудования и грузовых охлаждаемых помещений предусматривает равномерное распределение масс по корпусу судна, при этом остойчивость, крен дифферент и другие параметры судна должны соответствовать установленным нормам.

Размещение рефрижераторного отделения, грузовых и морозильных помещений на рыбопромысловых судах обеспечивает последовательность выполнения технологических процессов обработки рыбы.

Рефрижераторные машинные отделения (РМО) размещаются в отдельно выгороженных помещениях на уровне основного МО, в помещениях под спардеком или в специальных надпалубных рубках.

Хладоновые автономные холодильные машины для провизионных кладовых устанавливают в близи кладовых в специальных выгородках.

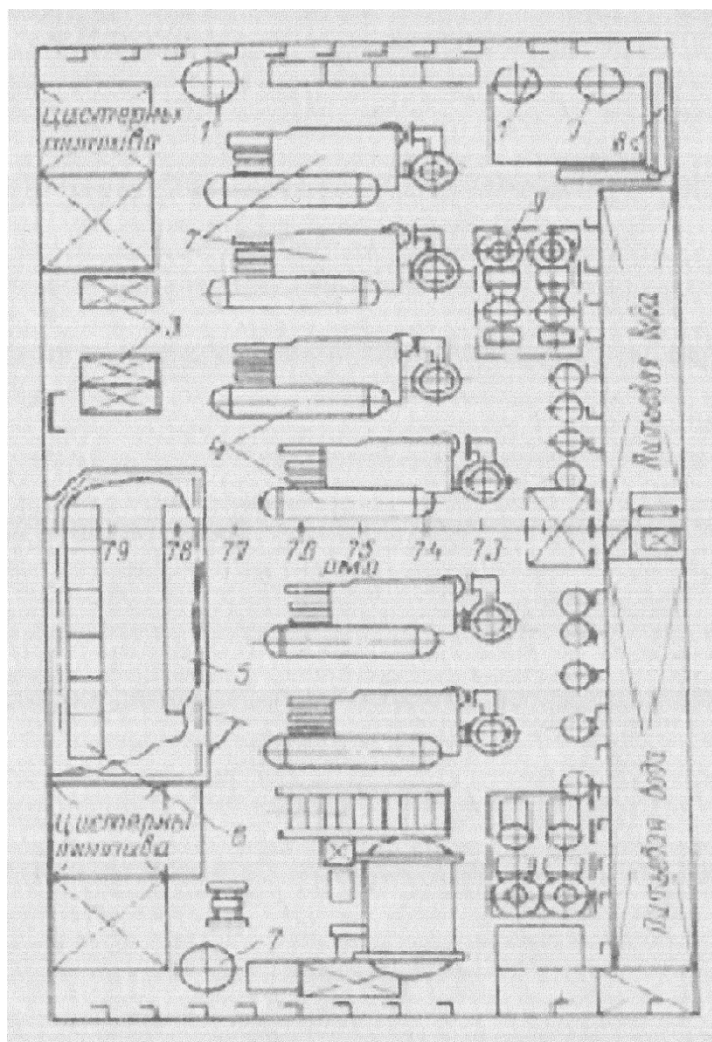


Рис. 3.1. Размещение холодильного оборудования в РМО РМТ-С типа «Горизонт»  
 1, 7 - ресиверы; 2- винтовые компрессорные агрегаты; 3- насосы хладагента; 4- конденсаторы; 5- пульт управления; 6- электрощиты; 8- регулирующая станция; 9- охлаждающие насосы;

При размещении холодильного оборудования в МО руководствуются следующими основными правилами:

- компрессоры и электродвигатели устанавливают вдоль оси судна в плоскости, параллельной диаметральной плоскости судна (ДП), такое расположение обеспечивает лучшую работу компрессоров при поперечной качке;
- аппараты холодильных установок (испарители, конденсаторы, ресиверы и т.д.) устанавливают так, чтобы их продольные оси находились параллельно ДП; взаимное расположение машин и аппаратов должно быть технологичным, чтобы трубопроводы, соединяющие элементы холодильной установки, не имели петель, если этого не требуют правила эксплуатации;
- машины и аппараты располагают так, чтобы можно было быстро и удобно производить разборку, сборку и чистку оборудования (выемку коленчатого вала компрессора, механическую чистку трубок теплообменных аппаратов);
- параллельно работающие машины и аппараты размещают рядом и включают в общую схему с таким расчетом, чтобы была полная взаимозаменяемость этих машин и аппаратов.

На рис. 3.1. показано расположение машин и аппаратов отделения рефрижераторных машин РТР - С типа «Горизонт».

Планировка грузовых и охлаждаемых помещений рефрижераторного судна выполняют с учетом определенных требований. Распределение грузов по корпусу осуществляется в соответствии с требованиями остойчивости, крена, дифферента и других параметров, обеспечивающих безопасность плавания.

Грузы и оборудование большой массы (главного МО, котельной, рефрижераторного МО) размещают вблизи середины судна и в его кормовой части. Трюмы и твиндеки с

рефрижераторным грузом, имеющий большой погрузочный объем, устраивают в носовой части судна.

Охлаждаемые помещения (трюмы и твиндеки) составляют общие блоки, что позволяет существенно уменьшить потери холода. На судах с различными температурными режимами более низкую температуру поддерживают в трюме, более высокую - в твиндеке, в этом случае палуба, разделяющая трюм и твиндек, имеет изоляцию и герметически закрывающийся люк.

При одинаковых режимах хранения во взаимосвязанных трюмах и твиндеках промежуточные твиндечные палубы не изолируются. Для свободного прохода охлаждающего воздуха в трюмах и твиндеках палуба имеет перфорацию по всей площади.

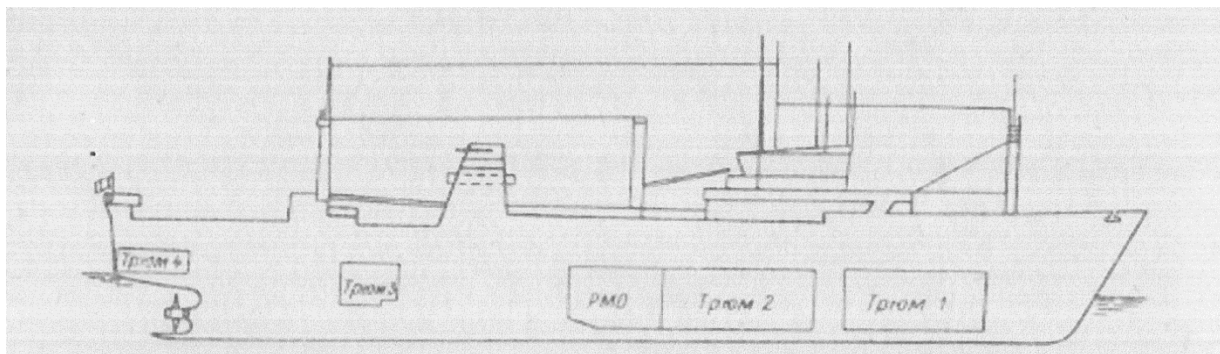


Рис. 3.2. Схема расположения охлаждаемых помещений на БМРТ типа «Иван Бочков»

На рис. 3.2. показана планировка БМРТ типа «Иван Бочков». Морозильный траулер предназначен для ловли рыбы донными и пелагическими тралями, выработки мороженой рыбопродукции, рыбной муки, жира, натуральных консервов и хранения выработанной продукции. Судно разделено водонепроницаемыми переборками на отсеки: форпик, топливные цистерны, трюм 1, трюм 2, РМО, МО, трюм 3 (кладовая хранения рыбной муки), ахтерпик (топливные цистерны, цистерна пресной воды). В трюмах 1 и 2 предназначенных для хранения мороженой продукции, поддерживается температура – 28 °С.

В межпалубном пространстве в носовой части расположены провизионные кладовые, а в кормовой части - рыбоперерабатывающий цех, консервный цех с кладовой (трюм 4), сетный трюм.

Судовая холодильная установка делится на три самостоятельных установки: производственную, кондиционирования воздуха и провизионную.

Производственная холодильная установка обеспечивает охлаждение рыбы с 30 до 15 °С, поддержания в рефрижераторных трюмах температуры - 28 °С, в трюмах рыбной муки и хранения консервов 12 °С, замораживание рыбы до температуры - 25 °С, охлаждение рыбной муки.

Холодильная установка системы кондиционирования воздуха предназначена для создания комфортных условий в жилых и служебных помещениях. Провизионные кладовые обслуживает самостоятельная холодильная установка. Общая холодопроизводительность хладоновой (R22) установки 1290 кВт.

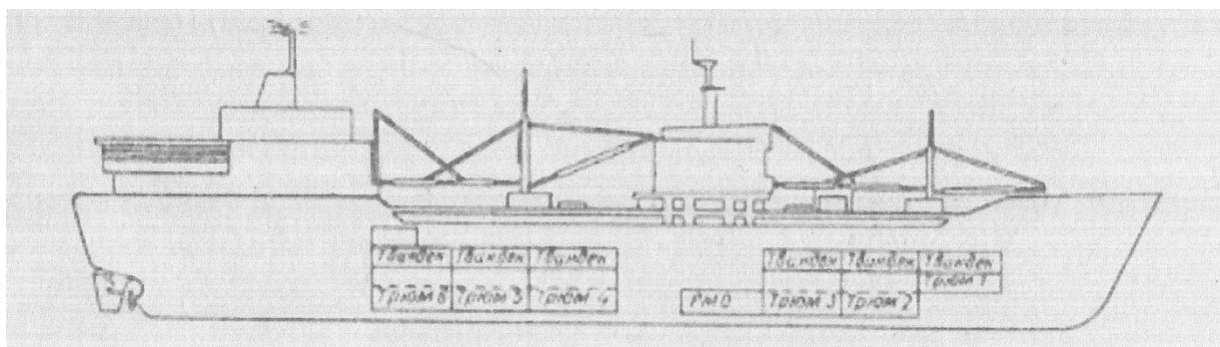


Рис. 3.3. Схема расположения помещений на плавучей консервной базе типа «Конструкция СССР»

Расположение охлаждаемых помещений на рыбообрабатывающей плавбазе типа «Конструкция СССР» показано на рис. 3.3. Плавбаза предназначена для выработки мороженой продукции, консервов, пресервов, рыбной муки и технического жира. Кроме того, с плавбазы добывающие суда обеспечиваются снабжением всех видов, медицинской помощью, социально-бытовым обслуживанием, помощью в проведении ремонта.

Плавбаза представляет собой трехпалубное одновинтовое судно с кормовым расположением энергетической установки, полубаком, сплошной надстройкой и транцевой кормой. Открытая часть промысловой палубы разделена средней надстройкой на носовой и кормовой участки приема сырья. Производственные цеха расположены на верхней палубе и палубе завода в средней части судна. Под цехами находятся шесть трюмов для готовой продукции. Топливо хранится во втором дне и в диптанках.

На судне имеются три группы холодильных установок компрессорного типа, работающих на R22: производственная, провизионная и системы кондиционирования воздуха. РМО расположено в средней части судна.

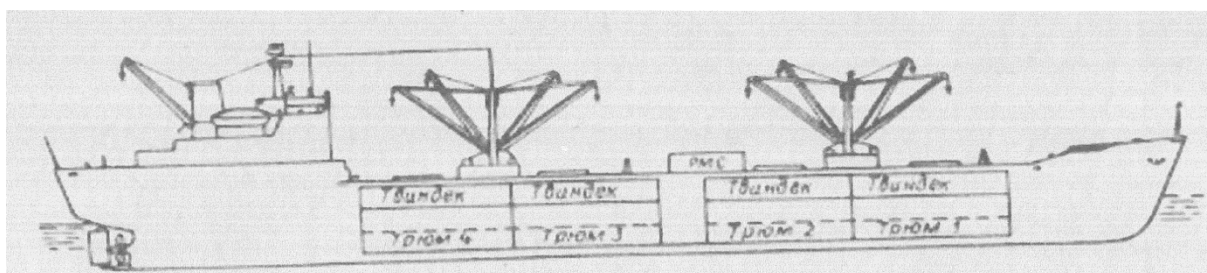


Рис. 3.4. Схема расположения охлаждаемых помещений на ТР типа «Остров Русский»

Общее размещение охлаждаемых помещений на транспортном рефрижераторе типа «Остров Русский» показано на рис. 3.4. Объем рефрижераторных трюмов судна 12300 м<sup>3</sup>. Каждый из четырех трюмов состоит из собственного трюма, нижнего и верхнего твиндеков. В трюме и нижнем твиндеке, разделенных не изолированной палубой, поддерживается одинаковый температурный режим. Верхний твиндек изолирован от нижнего. В охлаждаемых помещениях может поддерживаться температура -30 или -8 °С. РЫБОЛОВНЫЙ ТРАУЛЕР МОРОЗИЛЬНО-КОНСЕРВНЫЙ (СУПЕРТРАУЛЕР) ТИПА «МООНЗУНД»

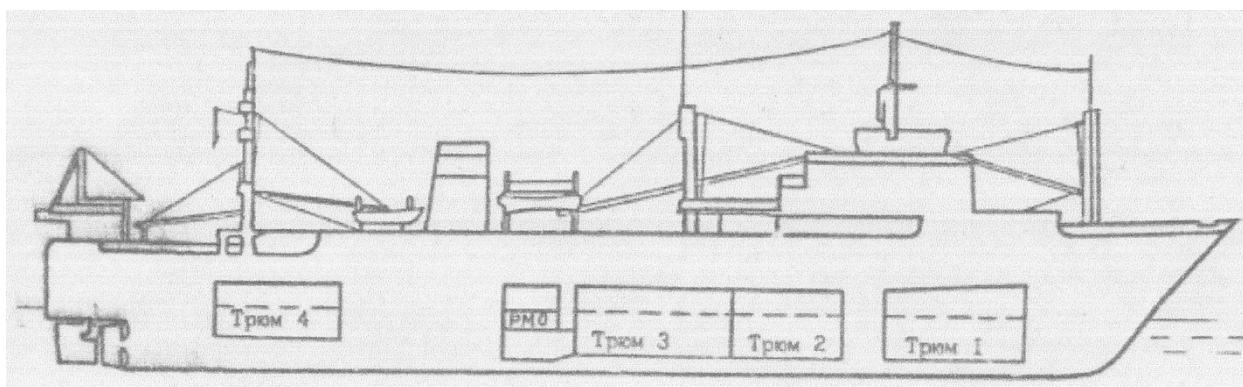


Рис.3.5.

ДАнные соотвЕтствуют РТМК- С ЭА-0901 «МООНЗУНД» ПОСТРОЙКИ 1986г.

проект	Год постройки головного судна, завод - строитель	Основные элементы судна					Класс регистра СССР производств енной холодильной установки	Расчетные параметры		
		Ln6 м	Vм	Hм	Tм	Dт		Температура °С		Относительная влажность воздуха, %
Атлантик -448	1986 г. Фольксверфь г. Шатральзунд ГДР	120,4	19,0	9,2	6,58	9166	X®P	Наружн ого воздуха	Заборт- ной воды	
								32	28	

### Грузовое охлаждаемое помещение

наименование	Мороженая консервы	продукция	консервы	Рыбная мука
количество	I	I	I	I
Объем «нетто», м <sup>3</sup>	1047	1658	739	495
Спецификационная температура воздуха, °С	-28; 15	-28	15	15
Тепловая изоляция	Материал	Пенополистирол, минеральное волокно, полиизолцианурат, битумный картон		
	Коэффициент теплопередачи Вт/м <sup>2</sup> °к (ккал/м <sup>2</sup> ч°с)	0,326 (0,28)		-

### ТРАУЛЕР-СЕЙНЕР МОРОЗИЛЬНЫЙ ТИПА «ОРЛЕНОК»

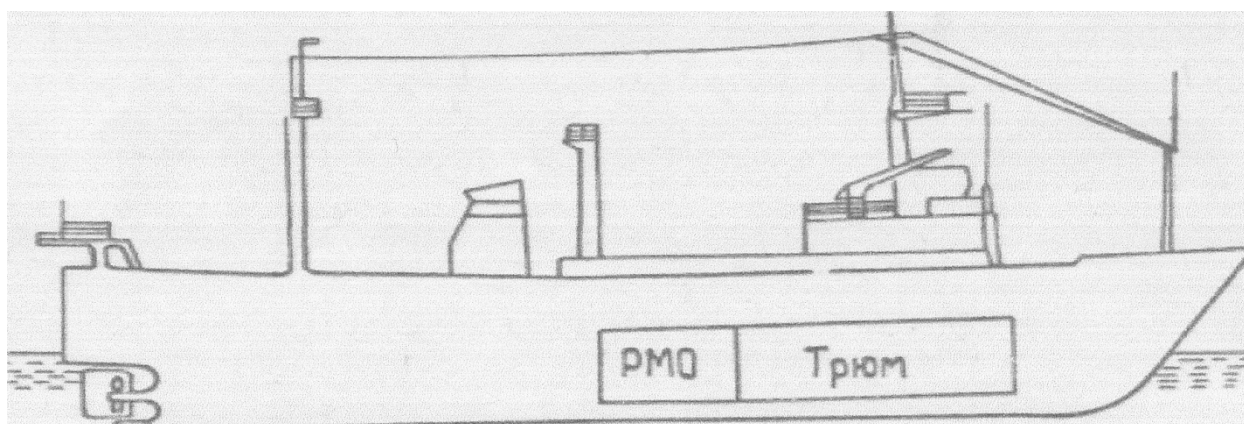


Рис.9

ДААННЕ СООТВЕТСТВУЮТ ТСМ КИ-837 «ОРЛИК» ПОСТРОЙКИ 1983 Г.

проект	Год постройки головного судна, завод - строитель	Основные элементы судна					Класс регистра СССР производств енной холодильной установки	Расчетные параметры		
		Lnб м	Вм	Нм	Тм	Дт		Температура °С		Относительная влажность воздуха, %
Атлантик -333	1981 г, Фольксверфь г. Шатральзунд ГДР						X®P	Наружн ого воздуха	Заборт- ной воды	
		62,25	13,8	9,2	5,22	2370		34	30	

### Грузовое охлаждаемое помещение

количество		I
Объем «нетто», м <sup>3</sup>		507
Спецификационная температура воздуха, °С		-28; -2
Тепловая изоляция	Материал	Пенополистирол,, минеральное волокно
	Коэффициент теплопередач и Вт/м <sup>3</sup> °К (ккал/м <sup>3</sup> ч°С)	0,47 (0,4)

### ТРАНСПОРТНЫЙ РЕФРИЖЕРАТОР

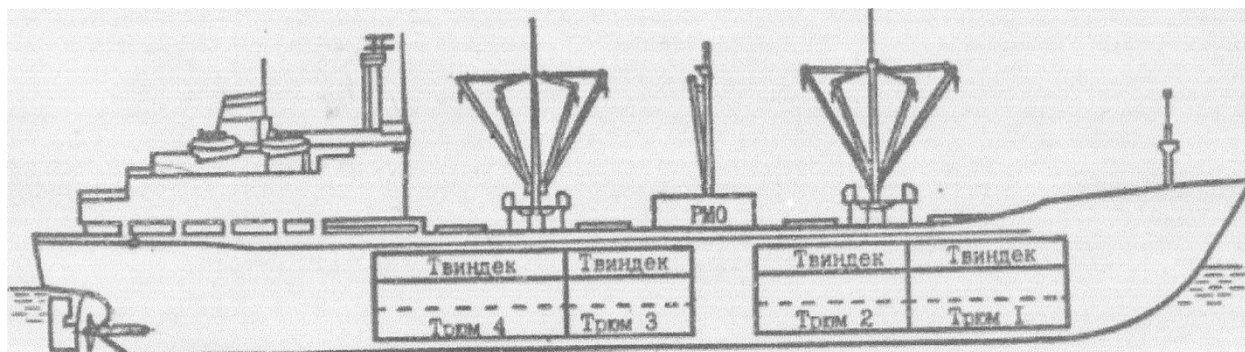


Рис.28

ДААННЕ СООТВЕТСТВУЮТ ТР МТ-0234 «КОЛЬСКИЙ ЗАЛИВ» ПОСТРОЙКИ 1986г.

проект	Год постройки головного судна, завод - строитель	Основные элементы судна					Класс регистра СССР производств енной холодильной установки	Расчетные параметры		
		Lnб м	Вм	Нм	Тм	Дт		Температура °С		Относительная влажность воздуха, %
Кристалл -11	1983 г. Верфь им. Матиас Тезан г. Висмар ГДР						X®P	Наружн ого воздуха	Заборт- ной воды	
		152,94	22,2	13,6	8,0	16101		42	32	

### Грузовое охлаждаемое помещение

количество		8
Объем «нетто», м <sup>3</sup>		13326
Спецификационная температура воздуха, °С		-30; -8
Тепловая изоляция	Материал	понополиуретан
	Коэффициент теплопередачи и Вт/м <sup>2</sup> °К (ккал/м <sup>2</sup> ч°С)	0,37 (0,32)

#### **Выводы и предложения:**

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите основные правила при размещении холодильного оборудования в рефрижераторном отделении.
2. Объясните как выполняют планировку охлаждаемых помещений рефрижераторного судна.
3. Раскройте размещение холодильного оборудования на РТМК «Моонзунд».
4. Раскройте размещение холодильного оборудования на ТСМ «Атлантик-333».
5. Раскройте планировку охлаждаемых помещений на БМРТ «Иван Бочков».
6. Раскройте планировку охлаждаемых помещений на ТР «Кристалл-2».
7. Перечислите основные требования морского регистра к рефрижераторным отделениям.
8. Перечислите основные требования морского регистра к охлаждаемым помещениям.

### **Практическое занятие №13.**

#### **Тема практического занятия:**

«Изучение состава судовых изоляционных конструкций».

#### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: «Изоляционные материалы и конструкции».
2. Научиться разбираться в устройстве основных изоляционных конструкций и местах их применения на судах.
3. Уметь давать сравнительную характеристику основных видов изоляционных конструкций.

#### **Оборудование:**

1. Плакаты изоляционных конструкций: нормальной, с воздушной прослойкой, с высадками и другие.
2. Методические указания к практическому занятию №13.

#### **Перечень используемых материалов:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012

### Содержание и порядок выполнения работы. (описание хода работы)

Изоляционные конструкции охлаждаемых помещений рефрижераторных судов делят на три класса: не прорезаемые стальным набором корпуса (рис.3.5.), перекрывающие набор (нормальные) (рис.3.6), обходящий набор (рис.3.7).

Изоляционные конструкции первого класса применяют, как правило, для изолирования гладки металлических поверхностей. В охлаждаемых помещениях такая конструкция служит для изолирования второго дна.

Конструкции второго класса, или нормальные, прорезаются стальным набором. Особенность такой конструкции состоит в том, что поверхность изоляционного слоя не имеет выступов. Нормальную изоляционную конструкцию применяют для изоляции рефрижераторных помещений.

Конструкции третьего класса, обходящий набор, используют в охлаждаемых помещениях для изолирования высокого рамного набора (карлингсов, стрингеров, рамных шпангоутов, бимсов и др.)

При изолировании любых поверхностей в охлаждаемых помещениях теплоизоляционным материалом применяют конструкции второго и третьего классов. В этом случае материал устанавливают непосредственно на изолируемую поверхность, исключение – конструкция изоляции второго дна, которую выполняют с воздушной прослойкой или без неё (см. рис 3.5).

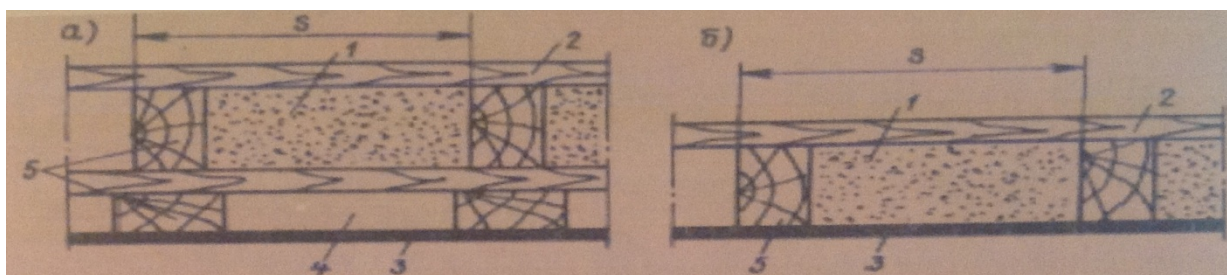


Рис. 3.5. Конструкция изоляции, не прорезаемой судовым набором: а – с воздушной прослойкой; б – без воздушной прослойки  
1 – основной слой изоляции; 2 – зашивка; 3 – металлическая обшивка корпуса судна; 4 – воздушная прослойка; 5 – деревянные бруски



Рис. 3.6. Нормальные изоляционные конструкции с различным расположением брусков обрешетки: а – боковым; б – перпендикулярным набору с боковыми брусками; в – торцевым  
1 – металлическая обшивка корпуса судна; 2 – судовый набор; 3 – основной слой изоляции; 4 – деревянные бруски обрешетки; 5 – зашивка

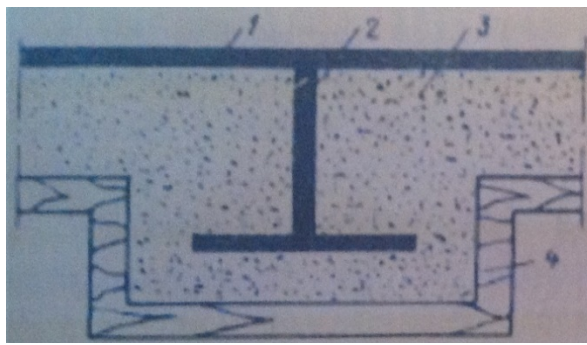


Рис. 3.7. Изоляционная конструкция, обходящая набор  
 1 — металлическая обшивка корпуса судна; 2 — судовой набор; 3 — основной слой изоляции; 4 — зашивка

Переборки и палубы, отделяющие одно помещение от другого, изолируют с обеих сторон, однако одну сторону ограждения покрывают изоляцией полностью, а с другой изолируют только по периметру, образуя так называемый риббанд, ширина которого один метр.

Как правило, все изоляционные конструкции имеют зашивку, которая предохраняет изоляционный материал от механических повреждений. Деревянный брус обрешетка служит для крепления зашивки, которую со стороны трюма обшивают листами из легких антикоррозионных алюминиево-магниевых сплавов АМг. Зашивку выполняют из шпунтованных досок толщиной 16-25 мм или из листов АМг, применяют также неметаллическую зашивку.

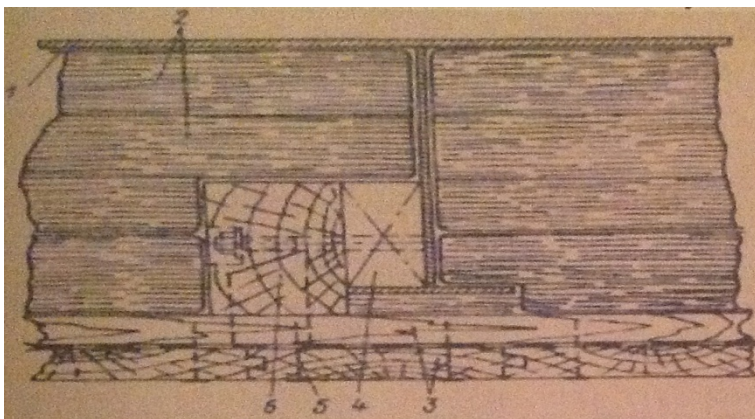


Рис. 3.8. Теплоизоляция борта рефрижераторного трюма из штапельного волокна, обернутого в пленку  
 1 — полихлорвиниловая пленка; 2 — плиты из материала ПТ-75; 3 — доски; 4 — сухари; 5 — гвоздь; 6 — брус

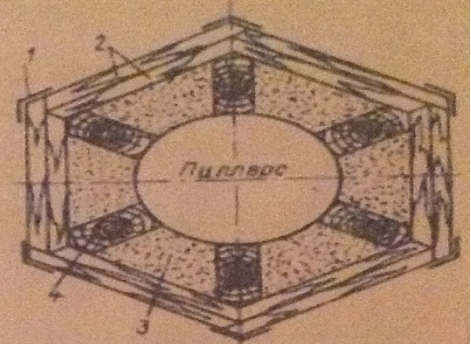


Рис. 3.9. Конструкция теплоизоляции пиллерса  
 1 — угольник; 2 — доски; 3 — изоляционный материал; 4 — брус

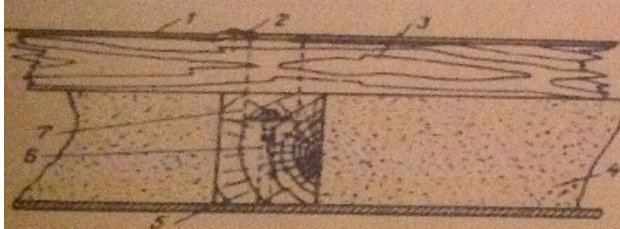


Рис. 3.10. Конструкция теплоизоляции палубы в рефрижераторном трюме  
 1 — металлическая зашивка; 2 — миткаль, клей целлюлозный; 3 — доска; 4 — плиточный изоляционный материал; 5 — брус; 6 — шпателька; 7 — гвоздь

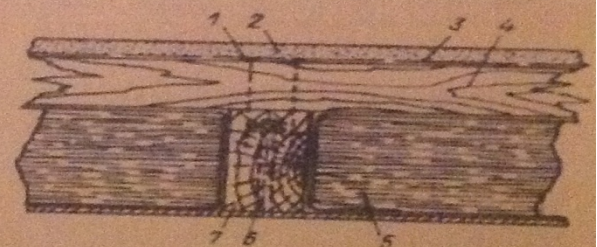


Рис. 3.11. Конструкция теплоизоляции двойного дна в рефрижераторном трюме  
 1 — гвоздь; 2 — асфальтобитум; 3 — металлическая оцинкованная сетка; 4 — доска; 5 — минераловатные плиты в полихлорвиниловой пленке; 6 — шпателька; 7 — брус

На рис. 3.8-3.11 представлены некоторые типовые конструкции теплоизоляции рефрижераторных трюмов. На рис 3.12. показаны конструкции плиточной изоляции трубопроводов и арматуры судовой рефрижераторной установки.

Тепловую изоляцию аппаратов холодильной установки выполняют из тех же материалов и по той же технологии, что теплоизоляции трубопроводов. Конструкция теплоизоляции должна обеспечивать непрерывность всего теплоизоляционного слоя, включая и гидропароизоляцию.

При тепловой изоляции двойного дна доступ к льялам осуществляют через люки, которые закрываются изолированными крышками. Конструкции изоляции крышек грузовых, льяльных и других люков рефрижераторных трюмов одинаковы. На рис. 3.13 показана конструкция тепловой изоляции двойного дна 1 и льял 2.

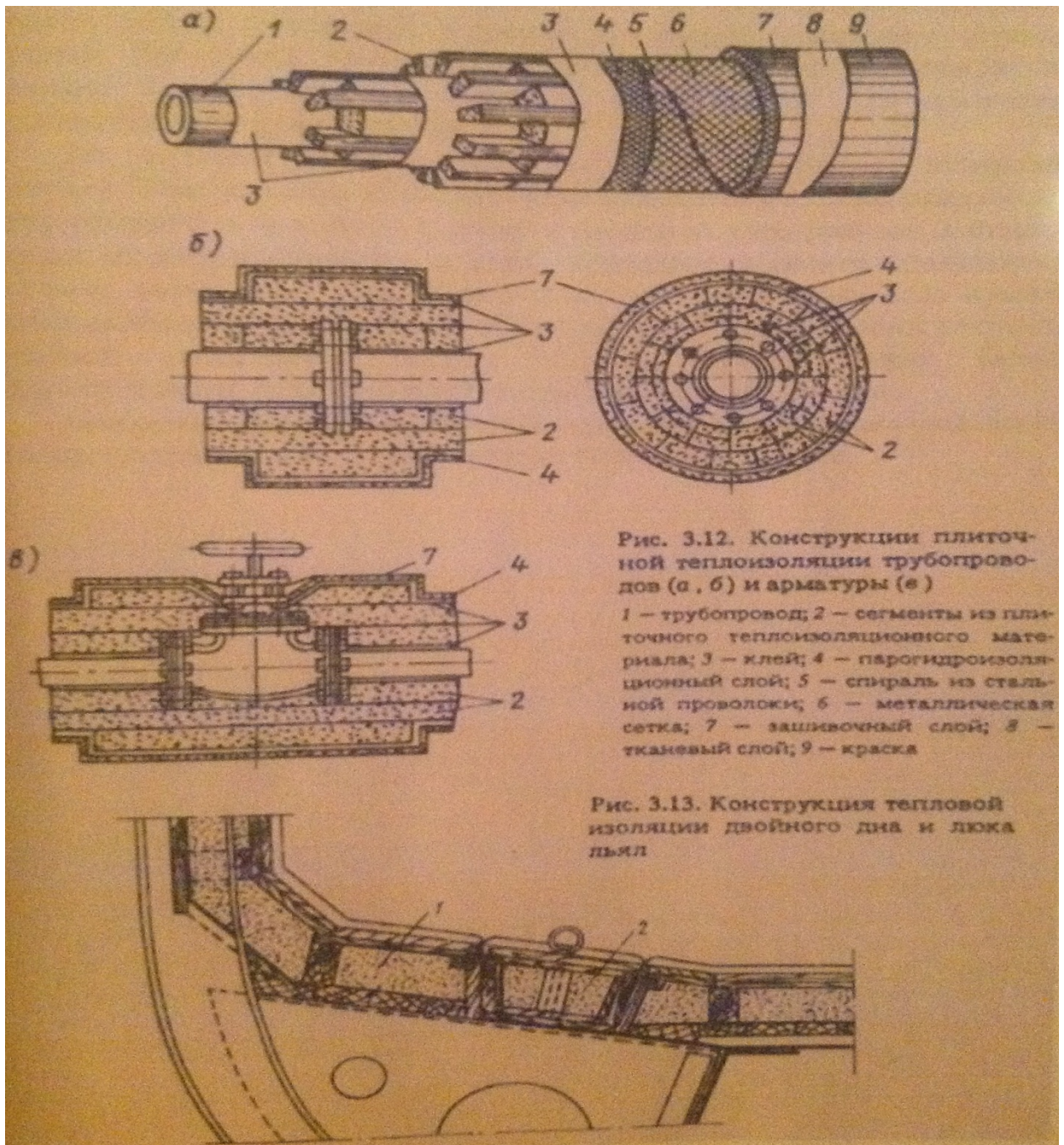


Рис. 3.12. Конструкции плиточной теплоизоляции трубопроводов (а, б) и арматуры (в)

1 — трубопровод; 2 — сегменты из плиточного теплоизоляционного материала; 3 — клей; 4 — парогидроизоляционный слой; 5 — спираль из стальной проволоки; 6 — металлическая сетка; 7 — зашивочный слой; 8 — тканевый слой; 9 — краска

Рис. 3.13. Конструкция тепловой изоляции двойного дна и люка пьлл

Применяемые гидроизоляционные и пароизоляционные материалы полностью защищают изоляцию от увлажнения в судовых условиях. Изоляционные судовые конструкции почти постоянно находятся под воздействием вибрации. Незначительные трещины в гидроизоляционном слое снижают его эффективность в несколько раз. Проникая в изоляционную конструкцию водяные пары, конденсируются и увлажняют теплоизоляционные материалы, в результате этого коэффициент теплопроводности изоляции, а, следовательно, и коэффициент теплопередачи конструкции увеличивается, что приводит к необходимости повышения холодильной мощности установки. Влага в изоляции вызывает гниение деревянных частей конструкции, а при замерзании — разрушении изоляционного материала и ограждения.

Источником увлажнения изоляции рефрижераторных трюмов является влажный наружный воздух, поступающий в трюм во время грузовых операций. В процессе работы холодильной установки происходит естественное осушение изоляции. При низкой температуре в трюме водяной пар движется из пор материала в охлаждаемое помещение и конденсируется на поверхности охлаждающих приборов в виде инея.

Для осушения изоляции применяют также специальные дигидратные установки. Такая установка состоит из воздухоохладителя и системы воздухопроводов. Воздухоохладитель подключен к общей холодильной установке или к отдельно компрессорно-конденсаторному

агрегату. Вентилятор установки принудительно прогоняет воздух через каналы, расположенные в осушающем слое изоляции непосредственно за зашивкой. Из осушаемых слоев теплоизоляции вентилятор всасывает увлажненный воздух, который, проходя через батарею воздухоотделителя, осушается и нагнетается обратно в слой изоляции.

Особенность этого метода осушения изоляции в том, что влага улавливается до ее проникновения в последующие (после осушительного) слои.

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Перечислите основные требования к изоляционным конструкциям.
2. Объясните, на какие классы делятся изоляционные конструкции.
3. Раскройте область применения изоляционных конструкций в зависимости от класса.
4. Расскажите состав изоляционной конструкции, не прорезаемой судовым набором.
5. Объясните особенности состава нормальной изоляционной конструкции.
6. Поясните, из каких элементов состоит изоляционная конструкция обходящая набор.
7. Объясните конструкцию теплоизоляции пиллерса.
8. Как устроена конструкция теплоизоляции палубы в рефрижераторном трюме.
9. Расскажите устройство теплоизоляции двойного дна в рефрижераторном трюме.
10. Раскройте состав теплоизоляции трубопроводов и арматуры.

## **Практическое занятие №14**

### **Тема практического занятия:**

«Расчет судовых изоляционных конструкций»

### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: «Изоляционные материалы и конструкции».
2. Научиться рассчитывать коэффициент теплопередачи изоляционной конструкции и толщину изоляционного материала одним из методов расчета.

### **Оборудование:**

1. Схемы изоляционных конструкций различных типов.
2. Таблицы и графики для расчета.
3. Методические указания к практическому занятию №14.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластухин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы.**

#### **(описание хода работы)**

Расчет изоляции - это определение оптимальной толщины изоляционного слоя мм, при заданном тепловом потоке через изоляцию, Вт, или определение коэффициента теплопередачи  $k$ , Вт/(м<sup>2</sup>°С), изоляционной конструкции, а следовательно, и теплового потока проходящего через эту конструкцию.

Расчет тепловой изоляции обычно сводится к определению коэффициента теплопередачи изоляционной конструкции. Для практических расчетов оптимальная толщина теплоизоляционного слоя принимается на 40-80 мм больше номера профиля судового набора. С увеличением толщины изоляции снижаются теплопритоки и уменьшается потребная холодопроизводительность установки, однако уменьшается её полезный грузовой объем. На современных рефрижераторных судах за счет изоляционных конструкций теряется 15-30% полезного объема.

Изоляция ограждения на судне представляет собой неоднородную стенку, так как её прорезают металлический набор, обрешетник, крепеж, и т.д. Существуют несколько аналитических и лабораторных методов расчета тепловой изоляции.

Практические расчеты судовой изоляции производят по графикам, полученным методом электротепловой аналогии.

Коэффициент теплопередачи  $k = \lambda_{из} \Phi / S$ , где  $\lambda_{из}$  - коэффициент теплопроводности изоляционного материала, Вт/(м °С);  $\Phi$  - критерий, фактор, формы, или фомфактор, зависящий от типа и относительных размеров, конструкций изоляции [определяется по графикам для изоляции, обходящей набор (см. прилож. III, рис. П Ш.1) и для изоляции, прикрывающей набор (см. прилож. III рис. П Ш.2)];  $S$  - размер шпации, м.

Относительные размеры конструкции исходя из абсолютных размеров:

$S = S/h$ ,  $M = m/h$ ,  $B = b/h$ ,  $F = f/h$ ,  $L = l/h$ ,  $N = n/h$ , где  $h$  - высота набора мм;  $m, l, n$  - приведенные размеры толщины изоляционного слоя, мм;  $b$  - ширина полки профиля, мм;  $f$  - толщина стенки профиля, мм.

При определении размеров  $m, l, n$  (см. прилож. III, рис. П Ш.2) деревянную зашивку изоляции заменяют эквивалентным слоем изоляционного материала толщиной  $\delta_{эд} = \lambda_{и} a / \lambda_{д}$  [ $a$  - толщина деревянной зашивки, м;  $\lambda_{д}$  - коэффициент теплопроводности дерева, Вт/(м °С)] и прибавляют его к соответствующему слою изоляции.

Формфактор для изоляции перекрывающей набор,  $\Phi = \Phi_s \cdot M_{фв}$ , для изоляции, обходящей набор,  $\Phi = \Phi_s \cdot M_{фв} \Phi_{лф} N$ .

Для конструкции, перекрывающей набор, величина коэффициента теплопередачи практически определяется шириной полки. Величина формфактора для симметричного профиля незначительно отличается от формфактора, несимметричного профиля. Поэтому расчет теплоизоляции и несимметричным профилем производят аналогично расчету теплоизоляции с симметричным профилем.

Рассмотренный метод расчета не учитывает влияние имеющихся брусков обрешетника в теплоизоляционной конструкции на величину теплопередачи. Коэффициент теплопередачи изоляционной конструкции с брусками обрешетника, Вт/(м °С),  $k_l = \beta k$ , где  $\beta$  - коэффициент, учитывающий влияние брусков обрешетника,  $\beta = 1,1 \div 1,3$  для конструкций изоляции, перекрывающей набор,  $\beta = 1,0 \div 1,15$  для конструкций, обходящей набор.

Оптимальный коэффициент теплопередачи в судовых изоляционных конструкциях рефрижераторных судов,  $k_l = 0,35 \div 0,7$  Вт/(м °С)

Величина теплопритоков, проникающих внутрь трюмов и камер, при прочих равных условиях зависит от толщины изоляции. С увеличением толщины изоляции снижаются теплопритоки и уменьшается необходимая холодопроизводительность установки, но в тоже время уменьшается и полезный грузовой объем. При уменьшении толщины изоляции наблюдается обратная картина - полезный грузовой объем увеличивается, но вследствие повышенных теплопритоков приходится увеличивать холодопроизводительность установки.

Таким образом, оптимальная толщина теплоизоляционного слоя может быть установлена только путем технико-экономических расчетов. Такие расчеты неоднократно проводились и для каждого типа судна определены. Практически судовой набор перекрывается изоляцией толщиной 40-80 мм в зависимости номера профиля. Толщину изоляции можно определить, зная характеристику набора и коэффициент теплопередачи следует понимать тепловой приток (в Вт), проникающий через 1 м<sup>2</sup> ограждающей поверхности при разности температур 1 К.

Для определения теплового потока через частично изолированные поверхности вводится понятие линейного коэффициента теплопередачи, который представляет собой тепловой поток (в Вт) через 1 м периметра ограждения при разности температур 1 К.

Особенность ограждающих конструкций судовых охлаждаемых помещений (сложность геометрических очертаний и разнообразие судового набора) и различные типы конструкций приводят к большим трудностям при расчете судовых изоляций.

Идеальным методом расчета является тот, с помощью которого можно рассчитать любую судовую изоляционную конструкцию с минимальной затратой труда и времени, а получив при этом значение определяемых величин, близких (с погрешностью не более 5-8%) к экспериментальным.

Многие аналитические методы расчета имеют те или иные недостатки (сложность расчетов, большие погрешности, не универсальность), вследствие чего они не нашли практического применения.

Наиболее совершенным методом, с помощью которого можно рассчитать практически любую конструкцию судовой изоляции, признан метод К.Я. Жилинского.

Метод К.Я. Жилинского основан на условном искажении изолированной поверхности, т.к. на основании исследований было установлено, что тепловое влияние судового набора компенсируется вырезом изоляции по линии равных температурных влияний. Поэтому изоляционная конструкция с набором может рассматриваться как конструкция с условно искаженной изоляцией. Для удобства расчетов вместо условного искажения изоляции производится условное искажение изолируемой поверхности.

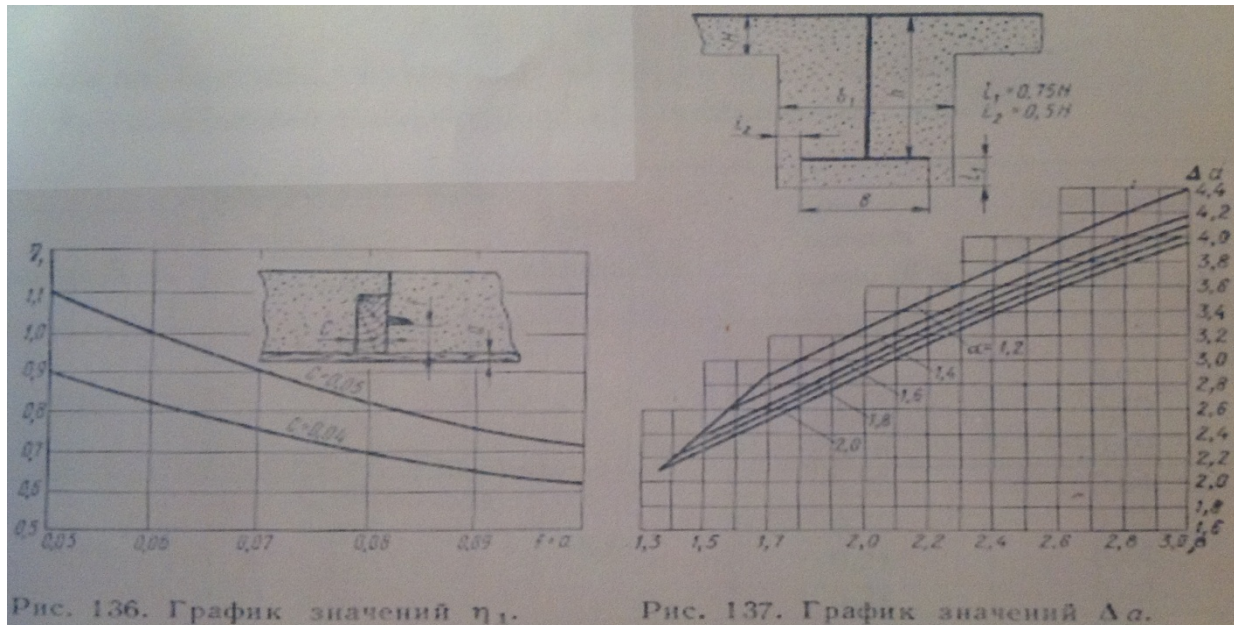


Рис. 136. График значений  $\eta_1$ .

Рис. 137. График значений  $\Delta\alpha$ .

Приведем окончательные формулы для расчета коэффициента теплопередачи судовых теплоизоляционных конструкций.

Коэффициент теплопередачи теплоизоляционной конструкции без обрешетки определяется по формуле.

$$k = \lambda_{из} / S(S/H + \Delta\alpha),$$

где

$$\Delta\alpha = \beta/a(1-\beta)4,6 * 1g * 1/1-\beta-2\beta-\beta/2a,$$

здесь

$$a = h/b; \beta = h/H$$

Коэффициент теплопередачи теплоизоляционной конструкции с обрешетником определяется по формуле (при  $S \geq 2h+b$ )

$$k = \lambda_{из} / S(\Delta\alpha I + b/j),$$

где  $\Delta\alpha I = 4,6 * 1g(\beta + 1/a - 1)/(1/a - 1)$  тепловое влияние набора;

$j = H-h$  - приведенная толщина изоляции над набором, м;

Линейный коэффициент теплопередачи профиля, выступающего за основную изоляцию, определяется по формуле

$$k_l = 2[\lambda_{из} \Delta a - k_1(0,5 + H)],$$

где  $\Delta a$  - величина, учитывающая тепловое влияние профиля;

$k_1$  - коэффициент теплопередачи, основной изоляции, Вт/(м<sup>2</sup> \* К)

Характеристика набора				
Высота $h$ , м	Ширина полки, м	Длина шапции $S$ , м	Приведенная толщина изоляции $H$ , м	Коэффициент теплопередачи $k$ , Вт/(м <sup>2</sup> * К)
0,10	0,100	0,4	0,15	0,72
	0,050		0,15	0,60
	0,030		0,16	0,50
	0,025		0,16	0,49
0,15	0,150	0,6	0,20	0,64
	0,075		0,20	0,52
	0,050		0,21	0,44
	0,037		0,21	0,42
0,20	0,200	0,8	0,25	0,58
	0,100		0,25	0,46
	0,066		0,26	0,38
	0,50		0,26	0,37
0,25	0,250	1,0	0,31	0,47
	0,125		0,31	0,38
	0,083		0,31	0,35
	0,062		0,31	0,33

Значение  $\Delta a = f(a * \beta)$ , где  $a = h/b$  и  $\beta = h/H$ , находим по

графику (рис.137).

Значение коэффициента теплопередачи судовых изоляционных конструкций в зависимости от набора и толщины изоляции, рассчитанные К.Я. Жилинским, приведены в таблице.

Линейный коэффициент теплопередачи теплоизоляционной конструкции трубопровода определяется по формуле

$$K = 1 / (1/a_1 d_1) + (1/2\lambda) * 2,3 * 1g * (d_2/d_1) + (1/a_2 d_2)$$

Где  $a_1$  - коэффициент теплопередачи от холодильного агента или холодоносителя к трубопроводу, Вт/(м<sup>2</sup> \* К).

$a_2$  - коэффициент теплопередачи от трубопровода к окружающей среде, Вт/(м<sup>2</sup> \* К);

$d_1$  - диаметр трубопровода, м;

$d_2$  - диаметр изоляции, м.

Абсолютные размеры изоляционной конструкции:  $h=350$ мм,  $S=1000$ мм,  $m=170$ мм,  $b=120$ мм,  $J=70$ мм,  $n=80$ мм,  $a=40$ мм

Принимаем  $\lambda_{из}=0,049$  Вт/(м °С) и  $\lambda_{д}=0,15$  Вт/(м °С). Определяем толщину слоя изоляции, эквивалентного деревянной зашивки,

$$\delta_{д} = \lambda_{из} a / \lambda_{д} = 0,049 * 40 / 0,15 \approx 13 \text{ мм.}$$

Определяем приведенные выше размеры изоляции:  $m = m' + \delta_{д} = 80 + 13 = 93$ мм.

Вычисляем относительные размеры конструкции:

$$S' = S/h = 1000/350 \approx 2,86; M = m/h = 183/350 \approx 0,523;$$

$$B = b/h = 120/350 \approx 0,343; L = 83/350 \approx 0,24; N = n/h = 93/350 \approx 0,266.$$

Согласно полученным данным по графикам (см. прилож. II III, рис. II III.2) находим:  $\Phi_s m' = 7,5$ ;  $\Phi_B = 1,03$ ;  $\Phi_L = 1,2$ ;  $\Phi_N = 1,07$ .

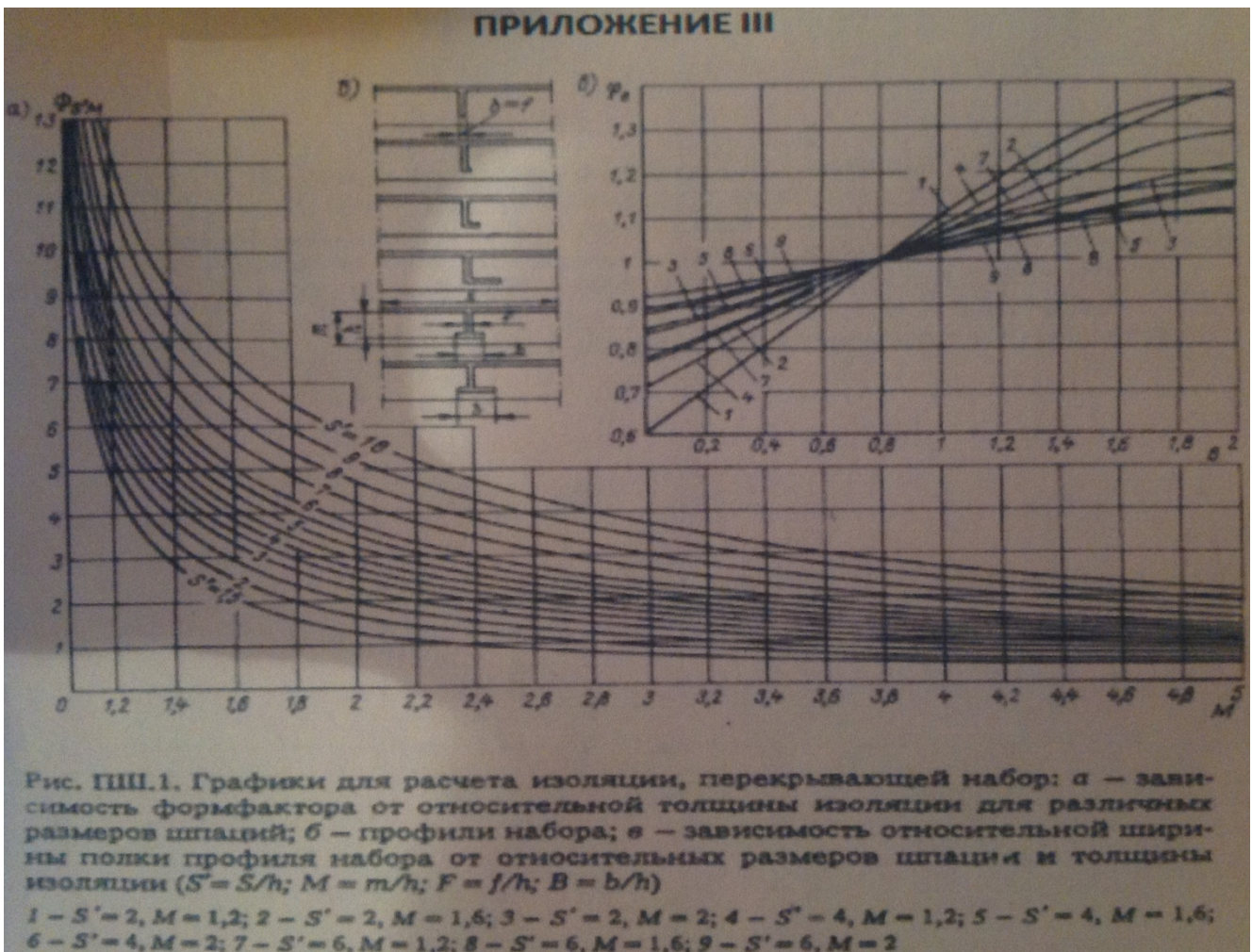
$$\Phi = \Phi_s * m' * \Phi_B * \Phi_L * \Phi_N = 7,5 * 1,03 * 1,2 * 1,07 \approx 9,9$$

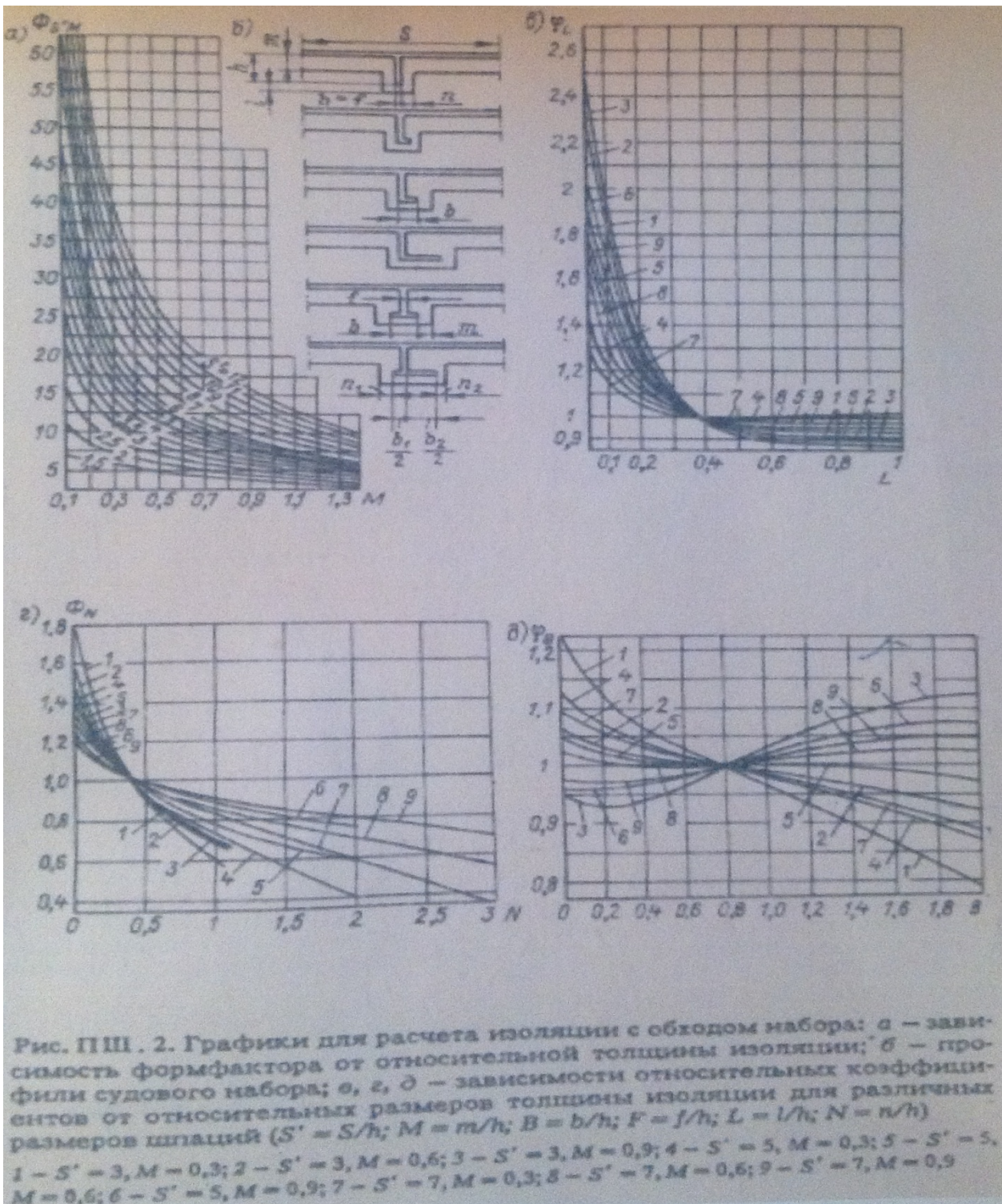
Коэффициент теплопередачи

$$k = \lambda_{из} \Phi/S = 0,049 * 9,9/1 \approx 0,49 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)},$$

с учетом бруска обрешетки  $k = k\beta = 0,49 * 1,1 \approx 0,54 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ .

Для данной изоляционной конструкции коэффициент теплопередачи находится в пределах оптимальных величин.





**Выводы и предложения:**

**Вопросы для самоконтроля:**

1. Объяснить, что определяется при расчете тепловой изоляции.
2. Расскажите, к чему обычно сводится расчет тепловой изоляции.
3. Поясните, на что влияет толщина изоляции.
4. Каким образом может быть установлена толщина изоляционного слоя.
5. Раскройте, на чем основан расчет изоляционной конструкции по методу К.Я. Жилинского.
6. В каких пределах находится оптимальный коэффициент теплопередачи в изоляционных конструкциях.

7. Как провести расчет коэффициента теплопередачи изоляционной конструкции без обрешетки.
8. Приведите расчет коэффициента теплопередачи изоляционной конструкции с обрешетником.
9. Что влияет на линейный коэффициент теплопередачи профиля, выступающего за основную изоляцию.

### **Практическое занятие №15, №16, №17.**

#### **Тема практического занятия:**

«Определение теплопритоков в трюм. Подбор основного оборудования. Подбор вспомогательного оборудования».

#### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: «Судовые изоляционные материалы и конструкции»
2. Приобрести практические навыки в определении всех теплопритоков, поступающих в охлаждаемое помещение и научиться определять холодопроизводительность установки.
3. Приобрести навыки в подборе основного и вспомогательного оборудования.

#### **Оборудование:**

1. Методические указания к практическому занятию.
2. Таблица режимов хранения продукции в охлаждаемом помещении.
3. Таблица энтальпий продукции.
4. Таблицы для подбора основного оборудования.
5. Таблицы для подбора вспомогательного оборудования.

#### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

Цель расчета – определить сумму всех теплопритоков, поступающих в охлаждающий трюм или камеру. Данные калорического расчета служат для определения требуемой холодопроизводительности холодильной установки, для расчета и подбора холодильного оборудования.

Общий теплоприток складывается из рядом составляющих, наличие которых зависит от типа и назначения судна. Рассмотрим наиболее общий случай.

1. Теплоприток через изолированные ограждения судна:

$$Q_1 = 1,2 \Sigma K * F * (t_n - t);$$

где: K – коэффициент теплопередачи ограждения, Вт/ (м<sup>2</sup> \* К)

F – поверхность ограждения, м<sup>2</sup>

t<sub>n</sub> – наружная температура °С

t – температура воздуха охлаждаемого помещения, °С

Температура t внутри помещения зависит от его назначения и рода перевозимого груза. Наружная температура t<sub>n</sub> выбирается в зависимости от средней температуры

окружающей среды в наиболее теплое для данного района плавания время года.

2. Часовой расход холода на термическую обработку продукта  $Q_2$  в (Вт)

$$Q_2 = M * (h_n - h_k) / T$$

где:  $M$  – масса груза, подлежащего охлаждению или замораживанию, кг

$h_n$  и  $h_k$  – энтальпия продукта в начале и в конце термообработки, Дж/кг

$T$  – продолжительность термообработки, с

3. Теплоприток, поступающий с наружным воздухом при вентиляции охлаждаемых помещений  $Q_3$  в (Вт)

$$Q_3 = V * a * a (h_n - h_v) / 24 * 3600$$

где:  $V$  – объем вентилируемого помещения,  $m^3$

$a$  – краткость вентиляции в сутки (число смен воздуха), в зависимости от вида груза принимают от 1 до 4.

$P$  – плотность наружного воздуха

$h_n$  и  $h_v$  – энтальпия наружного воздуха и воздуха в трюме.

4. Для судов с льдогенераторами учитывают расход холода на приготовление льда  $Q_{4,в}$  (Вт)

$$Q_4 = M_{л} * q * 1 / 24 * 3600$$

где:  $M_{л}$  – расход льда, кг/сут.

$q$  – удельный расход холода на приготовление льда, Дж/кг

5. Теплоприток от пребывания людей и освещения  $Q_5$  – учитывают для провизионных камер и для охлаждаемых помещений малых промысловых судов, в которых производят обработку рыбы. На крупных судах трюмы закрыты во время рейса.

$$Q_5 = (230 * m + \omega) * z$$

где: 230 – тепловыделение одного человека, Вт

$m$  – число работающих людей.

$\omega$  – мощность установленных светильников, Вт = (3÷8) кВт

$z$  – время пребывания людей в охлаждаемых помещениях в течение суток, с

6. Теплоприток от работы механизмов, установленных внутри и вне охлаждаемого помещения и обслуживаемых это помещение  $Q_6$ , в Вт

$$Q_6 = \Sigma Nm * (x-6)$$

или

$$Q_6 = \Sigma Nm * \eta * (x-7)$$

где:  $\eta$  – к.п.д. механизмов, обслуживающих трюм.

$\Sigma Nm$  – сумма мощностей, установленных электродвигателей, Вт

Формула (x – 6) справедлива, если двигатели установлены внутри охлаждаемого помещения; формула (x – 7) – вне охлаждаемого помещения.

При рассольном охлаждении величина  $Q_6$  составляет 10 – 15 % суммы всех теплопритоков, при воздушном – 25%.

7. Общий теплоприток в охлаждаемое помещение  $Q_{\text{нетто}}$  (Вт) составит:

$$Q_{\text{ветто}} = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5 + Q_6$$

Теплоприток, не поддающийся точному учету (проходящие через изоляцию теплообменных аппаратов и трубопроводов), через неплотности в люках и дверях, определяют, увеличивая расчетную холодопроизводительность

Таким образом – полный теплоприток в сутки  $Q_{\text{брутто}}$  в (Вт)

$$Q_{\text{брутто}} = (1,2 \div 1,3) * Q_{\text{нетто}}$$

Потребная холодопроизводительность холодильной установки  $Q_o$  в (Вт)

$$Q_o = Q_{\text{брутто}}$$

При определении теплопритоков ( $Q_1$ ) через подводную часть трюма температура ( $t_n$ ) принимается равной температуре забортной воды. Рассчитывая теплоприток через внутреннее ограждение, ( $t_n$ ) принимают равной температуре помещения, соседнего с охлаждаемым. Температуру внешней поверхности открытой палубы и надводной части бортов находят с учетом влияния притока тепла в результате солнечного излучения. Под действием солнечных лучей открытые поверхности нагреваются и температура их будет выше температуры наружного воздуха. Количество тепла ( $q_5$ ) воспринимаемого ( $1\text{ м}^2$ ) поверхности палубы в час от солнечного излучения будет частично переходить в окружающую среду ( $q_1$ ), частично через изоляцию проникать в охлаждаемое помещение ( $q_1$ ). По опытным данным для поверхностей, окрашенных в черный цвет:

$$q_s = 230 \text{ Вт/м}^2 [240 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{к)}]$$

Задавшись величиной  $q_s$  находят температуру обшивки палубы  $t_n - t_n$  из уравнения:

$$Q_s = q_1 + q_2 + a (t_n - t_{\text{возд}}) + k (t_n - t)$$

Преобразовав это уравнение получаем:

$$t_n = t_n = (q_s + k * t + a * t_{\text{возд}}) / (k + a)$$

где:  $k$  – коэффициент теплопередачи изоляции палубы, Вт/ ( $\text{м}^2 \cdot \text{к}$ )

$a$  – коэффициент теплоотдачи от поверхности палубы к наружному воздуху, Вт/ ( $\text{м}^2 \cdot \text{к}$ )

Температура надводной части борта приближенно может быть вычислена по формуле:

$$t_{n,б} = (t_n + t_B) / 2$$

где:  $t_B$  – температура забортной воды.

$$A = 2 + 10 * W^2 \text{ ккал/(м}^2 \cdot \text{°C)}$$

где:  $W$  – скорость судна, м/с.

**РЕЖИМЫ, РЕКОМЕНДУЕМЫЕ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ СКОРОПОРТЯЩИХСЯ ПРОДУКТОВ  
В СУДОВЫХ ПРОВИЗИОННЫХ КАМЕРАХ.**

Таблица № 1

Вид продукта	Температура продукта, °С		Относительная влажность, %	Циркуляция объемов, час	Продолжительность хранения, до
	от	до			
1. Говядина жирная	-0,5	+0,5	80-85	2-4	15 сут.
2. Говядина тощая	0	+0,5	80-85	2-4	15 сут.
3. Свинина охлаж.	-2	-1	80-85	2-4	15 сут.
4. Баранина охлаж.	-1	+1	80-85	2-4	15 сут.
5. Мясо мороженое	-10	-18	87-92	0-2	10 мес.
6. Бекон	+2	0	75-80	2-4	20 сут.
7. Копченое мясо	-1	+1	75-80	3-5	6 мес.
8. Соленая говядина	0	+1	70-75	2-4	3 мес.
9. Соленая свинина	-6	-5	80-85	2-4	6 мес.
10. Мясные консервы	0	+2	75-80	0-2	12 мес.
11. Птица охлаж.	-1	-0,5	80-85	4-6	до 10-20 сут.
12. Птица мороз: куры	-18	-8	85-90	2-4	до 9 мес.
13. Птица мороз: утки	-18	-10	85-90	2-4	до 8 мес.
14. Рыба охлажденная	-2	-1	95-100	2-4	2 сут.
15. Икра паюсная	-4	-2	85-90	2-4	8 мес.
16. Икра зернистая	-2,5	-1,5	85-90	2-4	3 мес.
17. Рыба мор. жирная	-18	-20	90-95	2-4	4 мес.
18. Рыба мор. тощая	-18	-12	90-95	2-4	9 мес.
19. Рыбное филе мор.	-20	-18	90	2-4	6 мес.
20. Рыба соленая	-2,0	0	85-90	2-4	8 мес.
21. Рыба вяленая	+2	+4	75-80	4-6	12 мес.
22. Рыба хол. копчен.	-2,0	+2,0	85-90	4-6	6 мес.
23. Консервы	+1	+15	80-85	2-4	12 мес.
24. Молоко сгущенное	+1	+2	75-80	1-2	6-12 мес.
25. Сливки мороз.	-18	-10	85-90	1-2	до 7 мес.
26. Картофель	+2	+4	80-85	4-8	6-10 мес.
27. Капуста	-2	+1	85-90	4-6	1-4 мес.
28. Лук репчатый	0	+3	75-80	4-6	1-3 мес.
29. Чеснок	0	+1	75-80	2-4	6-8 мес.
30. Морковь	+1	0	80-90	4-6	2-6 мес.
31. Мандарины	+2	+3	85	2-4	6 мес.
32. Лимоны	+6	+7	85	2-4	6 мес.
33. Груши	+2	+4	85	2-4	6-8 мес.
34. Виноград	0	+2	80-90	2-4	6-8 мес.

**УДЕЛЬНАЯ ЭНТАЛЬПИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ  
ТЕМПЕРАТУРАХ (кДж/кг)**

Таблица № 2

Температура продукта °С	Мясо говяжье. Птицы	Баранина	Свинина	Субпродукты мясные	Рыба		Овощи, фрукты
					тощая	жирная	
-20	0	0	0	0	0	0	0
-16	10	9,6	9,6	10,9	10,9	10,9	15
-12	22,2	21,3	21,4	24,3	24,7	24,3	35
-8	39,4	38,5	37,3	43,1	43,5	42,3	62
-4	66,2	64,5	62	72,9	74,1	71,2	125

-2	98,8	95,9	91,7	109,7	111,8	106,3	233
-1	185,9	179,6	170	204,7	212,3	199,7	254
0	232,4	224	211,9	261,3	265,9	249,1	258
+2	238,6	230,3	217,7	268,4	273	256,2	269
+4	245,3	236,6	224	275,1	280,1	262,9	273
+8	258,3	249,1	236,1	289,3	294,3	276,7	287
+12	270,9	261,7	248,3	303,1	308,1	290,1	301
+16	283,9	274,2	260,4	316,9	323,4	304	317
+20	296,8	286,8	272,6	331,2	333,2	317,6	330
+24	309,8	299,4	284,3	345,4	347,8	335,7	346
+28	311,9	311,9	296,8	359,2	364,7	345	360
+32	324,5	324,5	309	373	376,5	358,4	376

### ЗАДАЧА

Используя данные таблиц №1 и №1 произвести расчет calorической провизионной камеры для хранения продуктов (из таблицы №1 по своему порядковому номеру в классном журнале), температуру внутри камеры взять в зависимости от типа продукта, объем камеры  $V = 35 \text{ м}^3$

На судне имеется четыре провизионных камеры еще с температурами  $0^\circ\text{C}$ ,  $-18^\circ\text{C}$ ,  $-18^\circ\text{C}$ ,  $-2^\circ\text{C}$ . Задаться взаимной планировкой этих камер. Принять коэффициент теплопередачи ограждения  $0,4 \text{ Вт/ м}^2 \text{ град}$ . Определить потребную холодопроизводительность холодильной установки.

Отчет может быть выполнен в произвольной форме.

Тепловой расчет поршневых компрессоров производится при заданной тепловой нагрузке  $Q_0$  и температурах кипения  $T_0$  и конденсации  $T_K$ . По значениям энтальпий, полученных из тепловых диаграмм или таблиц, определяется удельная массовая холодопроизводительность холодильного агента

$$Q_0 = i_1 - i_5.$$

Масса пара, всасываемого компрессором,

$$G = \frac{Q_0}{q_0}.$$

Действительный объем пара, всасываемого компрессором,

$$V_d = G \cdot u_1,$$

где  $u_1$  – удельный объем всасываемого пара,  $\text{м}^3/\text{кг}$ .

Удельная объемная холодопроизводительность определяется по таблице или формуле

$$Q_u = \frac{q_0}{U_1}.$$

Объем, описываемый поршнем

$$V_h = \frac{V_d}{\lambda_d}$$

Адиабатная работа

$$L_a = I_2 - i_1$$

Адиабатная мощность компрессора

$$N_a = G_a (i_2 - i_1)$$

Индикаторный к.п.д.

$$\eta_i = \lambda_0 + bT_u.$$

Индикаторная мощность

$$N_i = \frac{N_a}{\eta_a}$$

Мощность трения

$$N_{тр} = V_{hртр}$$

Для вертикальных аммиачных прямоточных компрессоров  $p_{тр} = 0,05 - 0,07$  МПа, для фреоновых прямоточных  $p_{тр} = 0,02 - 0,034$  МПа.

Эффективная мощность

$$N_e = N_i + N_{тр}$$

Холодильный коэффициент действительного компрессора

$$e_e = \frac{Q_0}{N_e}$$

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ РАЗМЕРОВ КОМПРЕССОРА

Объем, описываемый поршнем компрессора простого действия, определяется по формуле

$$V_h = \frac{\pi D^2}{4} H n z$$

Из приведенного соотношения могут быть определены основные размеры компрессора диаметра цилиндра

$$D = \sqrt{\frac{4V_h}{\pi H n z}} = \sqrt{\frac{8V_h}{\pi C_m z}}$$

где  $C_m$  – средняя скорость поршня, определяемая из выражения

$$C_m = 2Hn$$

откуда

$$H_n = \frac{C_m}{2}$$

Для средних и крупных компрессоров принимается

$$C_m = 2,5 - 4 \text{ м/с.}$$

Определив диаметр цилиндра, округляют полученное значение его до рекомендуемого по ГОСТу размера и определяют ход поршня. Если  $D$  округляют до ближайшего большего значения, то найденное  $H = \phi D$  и тоже округляют, а если до ближайшего меньшего, то определяют

$$H = \frac{4V_h}{\pi D^2 n z}$$

и округляют в большую сторону. Затем уточняют величину

$$V_h = \frac{D^2 H n z}{4}$$

Важной характеристикой компрессора является отношение хода поршня к диаметру цилиндра

$$\tau = \frac{H}{D}$$

Величина  $\phi$  зависит от конструкции компрессора, холодильного агента и колеблется в следующих пределах: для фреоновых компрессоров 0,6 – 0,8; для аммиачных 0,8 – 0,9.

Частота вращения вала компрессора является важнейшим его параметром. Она определяет геометрические размеры цилиндров, массу компрессора, работу трения, клапанов, массу и экономичность приводного двигателя и многие рабочие коэффициенты компрессора. Современные компрессоры имеют высокую частоту вращения вала. Однако при этом растут средняя скорость поршня, силы инерции, депрессии в клапанах из-за повышенных скоростей пара и инерции движущихся частей клапанных устройств.

На основании полученных расчетных величин: объема, описываемого поршнем, холодопроизводительности при расчетных температурах кипения и конденсации холодильного агента – выбирается поршневой компрессор.

**Расчет конденсатора.** Он заключается в определении площади теплопередающей поверхности конденсатора  $F_k$  по формуле

$$F_k = \frac{Q_k Q_k}{q_F k_0 m}, \quad (\text{VI-4})$$

где  $Q_k$  – тепловая нагрузка конденсатора, Вт;

$q_F$  = удельный тепловой поток, Вт/м<sup>2</sup>

Расход воды  $V_B$  для охлаждения конденсатора определяют по формуле

$$V_B = \frac{Q_k}{c_{BpB}(t_{B2} - t_{B1})}, \quad (\text{VI-5})$$

где  $c_B$  – теплоемкость воды, Дж/(кг\*К);

$\rho_B$  – плотность воды, кг/м<sup>3</sup>;

$t_{B2} - t_{B1}$  – разность температур воды, уходящей и поступающей на конденсатор (в судовых конденсаторах принимается 2–4°С).

Фактическая площадь теплопередающей поверхности должна превышать расчетную примерно на 10%, чтобы при выходе некоторого количества труб из строя можно было заглушить их без ущерба для работы.

Конденсаторы имеют штуцера для присоединения манометра, для уравнивающей трубки, соединяющей конденсатор с ресивером, и трубки, по которой отводится паровоздушная смесь. Аммиачные конденсаторы в нижней части кожуха имеют маслоотстойник, из которого периодически удаляется масло. Удельный тепловой поток кожухотрубного аммиачного конденсатора с гладкими трубами  $q_F = 3000 \div 6000$  Вт/м<sup>2</sup>, фреоновый с оребренными трубами – до 6000 – 8000 Вт/м<sup>2</sup> при  $\theta_m = 5 \div 6$  °С. Кожухотрубные конденсаторы небольшие по габаритам и удобны в эксплуатации.

**Расчет испарителя.** Он состоит в определении площади теплопередающей поверхности (в м<sup>2</sup>) по формуле

$$F = \frac{Q_0}{q_F} \quad (\text{VI-8})$$

Где  $Q_0$  – холодопроизводительность испарителя, Вт;

$q_F$  – удельный тепловой поток испарителя, Вт/м<sup>2</sup>

Объем теплоносителя, циркулирующего через испаритель,  $V_p$  (в м<sup>3</sup>/с)

$$V_p = \frac{Q_0}{c_p \rho_p (t_{p2} - t_{p1})}, \quad (\text{VI-9})$$

где  $c_p$  – теплоемкость рассола, Дж/(кг\*К);

$\rho_p$  – плотность рассола, кг/м<sup>3</sup>

$t_{p1}, t_{p2}$  – температура рассола начальная и конечная, °С.

**Расчет и выбор маслоотделителей.** Расчет маслоотделителей проводят, исходя из оптимальной скорости движения пара по уравнению

$$V = \frac{\pi d_{вн}^2 \omega}{4}$$

где  $V$  – максимальное количество пара, проходящего через маслоотделитель, м<sup>3</sup>/с;

$\omega$  – скорость движения пара, м/с

$d_{вн}$  – внутренний диаметр маслоотделителя, м.

Для нормальной работы маслоотделителя скорость пара в его сечении не должна превышать 0,7 – 1,0 м/с. Зная количество пара и его оптимальную скорость, определяем внутренний диаметр маслоотделителя

$$D_{вн} = \sqrt{\frac{4V}{\Omega \pi}}$$

Проведя расчет, по табл. 17 выбираем маслоотделитель. Если согласно расчету необходим маслоотделитель, который серийно не выпускается, то следует подобрать два маслоотделителя меньших типоразмеров и подключить их параллельно.

**Расчет и выбор ресиверов.** Емкость линейного ресивера определяется по формуле

$$V_{л.р} = \frac{(0,3 \div 0,6) V_{исп}}{0,5} \cdot 1,2,$$

где  $V_{исп}$  – емкость испарительной системы, м<sup>3</sup>;

0,3 ÷ 0,6 – коэффициенты заполнения жидким холодильным агентом для системы соответственно с верхней и нижней подачей;

0,5 – коэффициент, учитывающий норму заполнения ресивера при эксплуатации;

1,2 – коэффициент запаса.

Емкость дренажного ресивера

$$V_{др.р} = \frac{V_{пр.охл}}{0,8} \cdot 1,2,$$

Емкость батарей или воздухоохладителей определяется в зависимости от длины труб и емкости 1 м трубы. Емкость горизонтального циркуляционного ресивера

$$V_{ц.р}^Г = (0,5 \div 0,7) V_{пр.охл},$$

Где  $V_{пр.охл}$  – емкость всех приборов охлаждения соответствующей температуры кипения, м<sup>3</sup>;  
0,5 ÷ 0,7 - коэффициенты для нижней и верхней подачи холодильного агента соответственно.

Емкость вертикального циркуляционного ресивера

$$V_{ц.р}^В = (0,7 \div 1,0) V_{пр.охл}$$

По указанным формулам, используя данные табл. 18 – 20, выбираем соответствующие ресиверы.

### **Выводы и предложения:**

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Какой материал является лучшим изолятором и почему?
2. Назовите основные требования к изоляционным материалам.
3. Как отражается увлажнение на свойствах изоляционных материалов.
4. Дайте характеристику теплоизоляционных материалов органического происхождения.
5. Дайте характеристику теплоизоляционных материалов из синтетического сырья.
6. Что из себя представляет воздушно-пеночная изоляция.
7. Дайте характеристику теплоизоляционных материалов минерального происхождения.
8. Назначение судовых изоляционных конструкций и их типа.
9. Дайте характеристику конструкции с воздушной прослойкой.
10. Дайте характеристику конструкции не содержащей металлических включений.
11. Дайте характеристику конструкции, называемой «нормальной».

12. Дайте характеристику конструкции с высадками или с обходом набора корпуса.
13. Дайте характеристику изоляционных конструкций других типов.
14. Как производится расчет изоляционных конструкций?
15. Объясните как произвести подбор компрессора холодильной машины.
16. Расскажите в чем заключается расчет и подбор конденсатора холодильной машины
17. Поясните как рассчитать и подобрать испаритель холодильной машины
18. В чем заключается расчет и выбор маслоотделителя холодильной машины

Как произвести расчет и выбор ресиверов холодильной машины

## **Практическое занятие №18,19**

### **Тема практического занятия:**

«Изучение схем холодильных установок судов различных типов».

### **Цель занятия:**

1. Схемы судовых производственных холодильных установок.
2. Приобрести практические навыки и умения в проработке и изучение схем судовых холодильных установок.

### **Оборудование:**

1. Схемы производственных и провизионных холодильных установок различных типов: БМРТ, СТМК, СТМ, БАТ, ТР и др.
2. Чертежные принадлежности.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

## **Содержание и порядок выполнения работы. (описание хода работы)**

### **Схемы судовых холодильных установок.**

Схема холодильной установки промыслового судна зависит от назначения судна (например, база, транспортное судно) и от характера обработки рыбы на нем.

К схемам судовых холодильных установок предъявляются определенные требования. Схема должна быть надежной, простой и удобной в эксплуатации и допускать необходимые переключения машин и аппаратов при неполадках в работе и ремонте, не создавать затруднений при ее обслуживании.

В схеме должно быть предусмотрено достаточное количество контрольно-измерительных приборов автоматики, обеспечивающих постоянный контроль за работой установки, частичную или полную автоматизацию ее работы и безопасность. В схеме следует предусмотреть хорошую подачу жидкого холодильного агента и хладоносителя в приборы охлаждения, а также быстрый слив холодильного агента из системы при необходимости ее освобождения. Емкость по холодильному агенту следует обеспечить небольшую. Схема должна быть экономичной при

монтаже и эксплуатации, полностью удовлетворяя правилам охраны труда и правилам Морского Регистра Судоходства.

По способу печати холодильного агента в приборы охлаждения схемы непосредственного охлаждения делят на без насосные и насосные, или циркуляционные.

В *без насосных схемах* для подачи холодильного агента в используют разность давлений конденсации и кипения или напор, создаваемый высотой столба жидкости. В *насосных схемах* подача холодильного агента в приборы охлаждения осуществляются насосом.

Применение насосных схем позволяет уменьшить массу холодильного агента в системе, обеспечивает более равномерное распределение жидкого холодильного агента по потребителям холода, уменьшает замасливание теплопередающей поверхности теплообменных аппаратов, повышает безопасность работы холодильной установки.

На рис.91 показана схема холодильной установки, работающей с температурой кипения  $T_0 = -42^\circ\text{C}$ , предназначенной для замораживания рыбы в двух скоро морозильных аппаратах. Эта установка состоит из двух автономных холодильных установок, каждая из которых укомплектована двумя винтовыми компрессорными агрегатами 1, двумя конденсаторами 2, линейным ресивером 3, фреоновым герметичным насосом 4, циркуляционным ресивером 5, теплообменниками– выпаривателями 6, теплообменниками 7, фильтрами- осушителями. Одна установка обслуживает скороморозильный аппарат АСМА-8, другая - скороморозильный аппарат АМП-7А9.

Для возврата масла из испарительной системы предусмотрен отбор с напорной линии фреоновых насосов маслофреоновой смеси, которая подается в теплообменники- выпариватели. В змеевики теплообменников - выпаривателей поступает жидкий холодильный агент после ресивера. В результате теплообмена между жидким холодильным агентом и маслофреоновой смесью из последней выкипает хладон, и его пары с маслом поступают во всасывающие трубопроводы. В связи с особенностью конструкции морозильных аппаратов АСМА и АМП-7А применена насосная схема подачи холодильного агента в воздухоотделители (рис.92).

Из циркуляционных ресиверов 4 герметичными насосами 5 жидкий холодильный агент подается в воздухоохладители скороморозильных аппаратов АСМА 1 и 3 и воздухоохладитель скороморозильного аппарата АМП- 7А2.

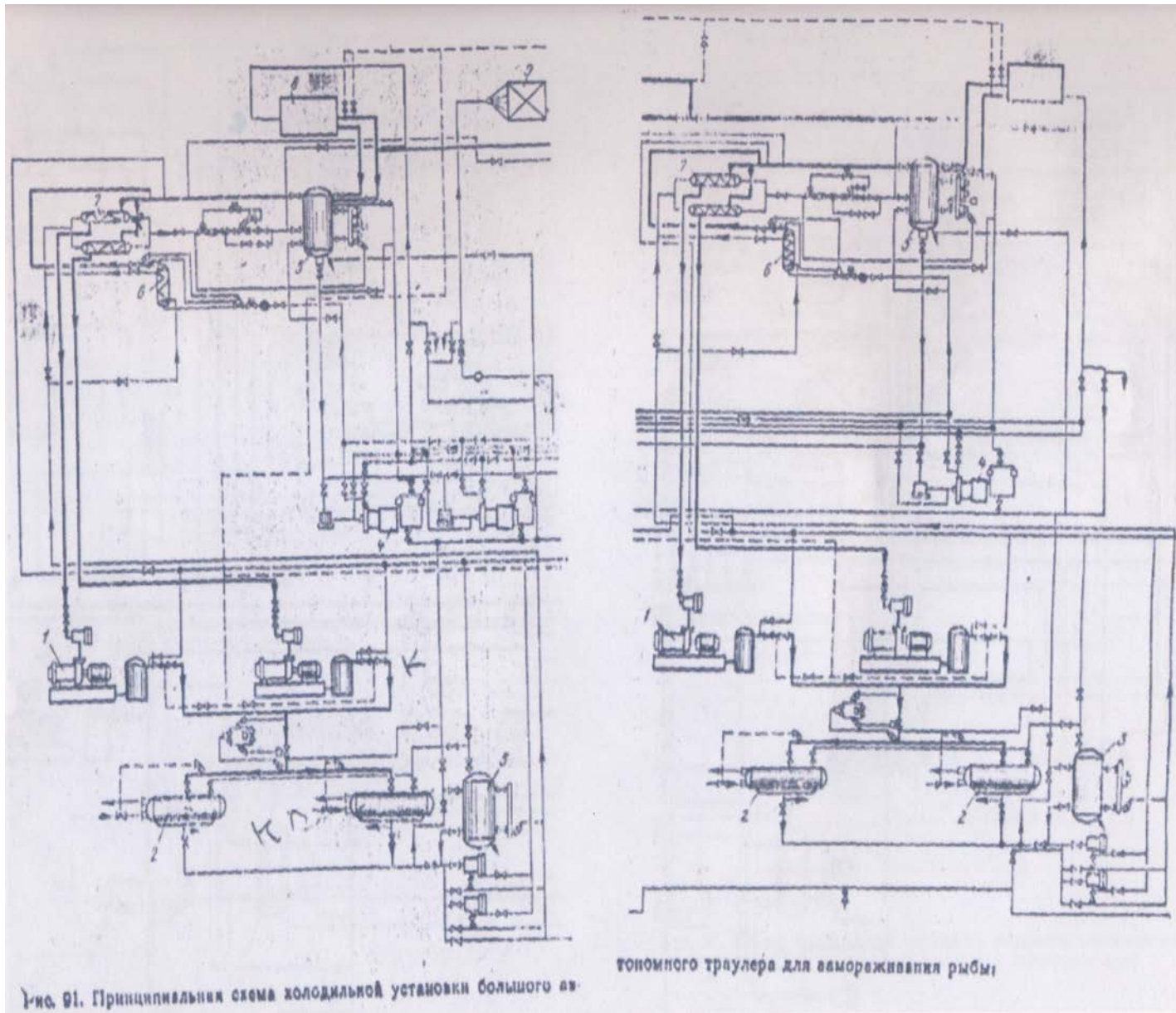
Парожидкостная смесь хладона сливается из воздухоохладителей в циркуляционный ресивер, жидкость идет на повторную циркуляцию, а пар отсасывается компрессором. Постоянное заполнение циркуляционного ресивера жидким холодильным агентом поддерживается с помощью реле уровня и соленоидного вентиля. Холодильная установка, обслуживающая трюма, твиндеки и ледогенераторы судна. Установка с  $T_0 = -38^\circ\text{C}$  предназначена для поддержания температуры воздуха  $-28^\circ\text{C}$  в трюмах и твиндеках мороженой продукции. В схему холодильной установки входят винтовой компрессорный агрегат, конденсатор, линейный ресивер, теплообменники, фильтр- осушитель и воздухоохладители. Подача жидкого холодильного агента в воздухоохладитель осуществляется по безнасосной схеме.

Установка с  $T_0 = -32^\circ\text{C}$  предназначена для производства чешуйчатого льда и состоит из винтового компрессионного агрегата, конденсатора, линейного ресивера теплообменников, фильтров - осушителя и двух ледогенераторов Л-500.

Приборы автоматики холодильной установки, работающей на хладоне-12, предназначенной для охлаждения провизионных камер. В схему холодильной установки входит компрессорно- конденсаторный агрегат 1 фильтр-осушитель 10, теплообменник 11, фреоновые испарительные батареи 7 и 8 и воздухоохладитель 9. Холодильная установка полностью автоматизирована. Автоматическая защита обеспечивается давлением конденсации выше допустимого предела или при понижении давления конденсации путем изменения количества вода, подаваемой на охлаждение конденсатора.

Заполнение испарителей жидким холодильным агентом происходит через соленоидные вентили 4 и терморегулирующие вентили 5. Поддержание заданного температурного режима в камерах осушения с помощью реле температуры 6, установленных в камерах, соленоидных вентилей на жидкостных трубопроводах. При достижении требуемой температуры в камере реле температуры дает импульс, соленоидный вентиль закрывается, прекращая поступление жидкого холодильного агента в испарительные батареи.

Провизионные камеры могут охлаждаться также рассолом, подаваемым из испарителя производственной холодильной установки или специальной, предназначенной только для производственных камер.



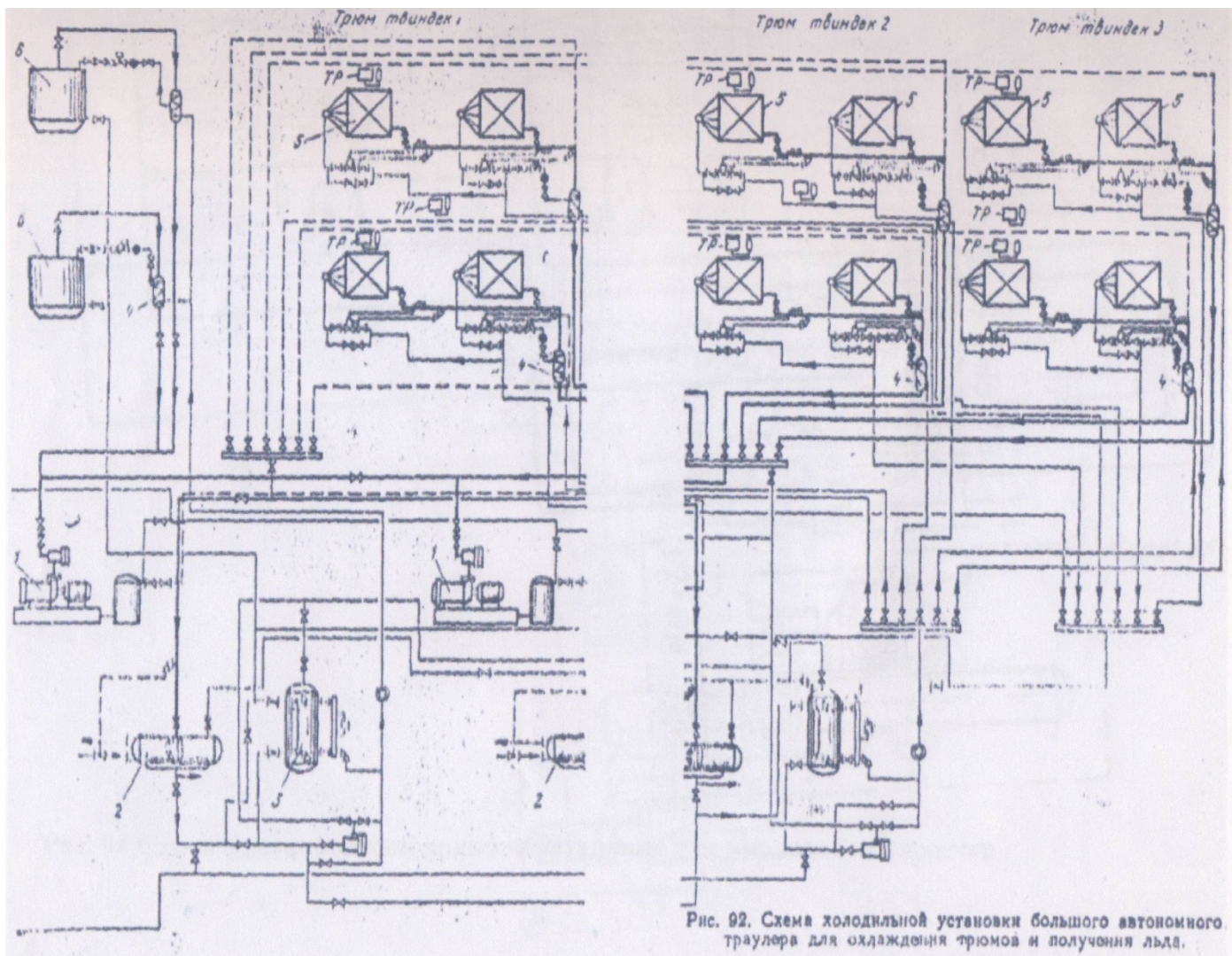


Рис. 92. Схема холодильной установки большого автономного траулера для охлаждения трюмов и получения льда.

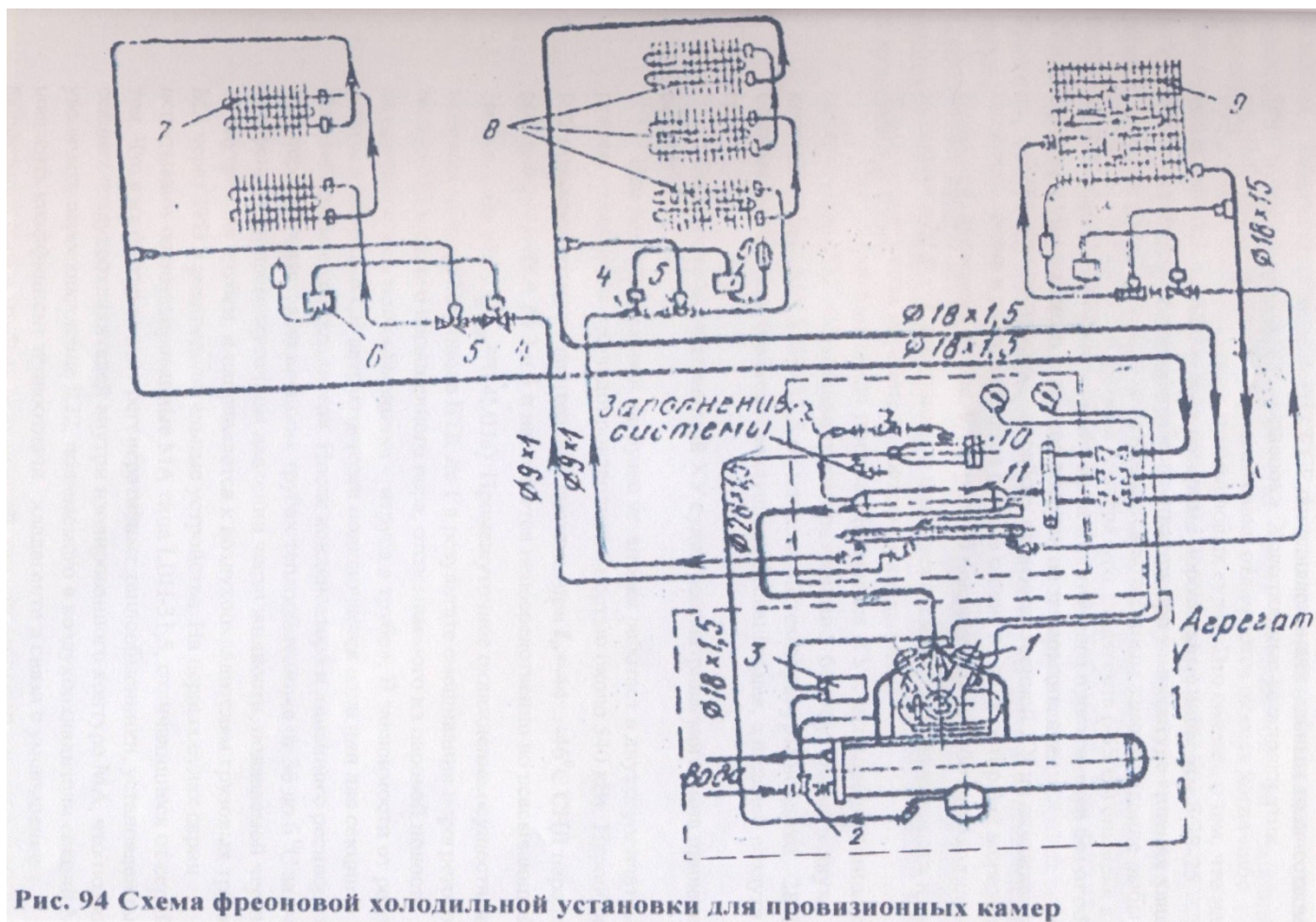


Рис. 94 Схема фреоновой холодильной установки для провизионных камер

Начиная с 1981г. РП СССР пополнялся значительным количеством судов типа ТСМ, головное судно «Орленок». Холодильные установки этих принципиально новых судов значительно отличаются от всех когда-либо применявшихся на серийных промысловых судах. Это связано с тем, что на этих судах установлены плиточные роторные морозильные аппараты FGP-25, эффективная работа которых обеспечивается при температуре кипения хладагента  $-55^{\circ}\text{C}$ . При такой температуре становится возможным замораживание рыбы с морозильными плитами. Низкая температура хладагента ( $-55^{\circ}\text{C}$ ) снижает адгезию, что позволяет легко удалять рыбу из межплиточного пространства без оттайки, благодаря чему снижается расход энергии на замораживание.

Схема, иллюстрирующая работу производственной ХУ на охлаждение грузового трюма и замораживание рыбы в одном из двух роторных морозильных аппаратов, приведена на рисунке 9. На рис.10 показаны цикл работы холодильной установки в  $\lg p - j$  диаграммы и цикловая схема последовательности изменений термодинамических параметров состояния хладагента.

На судах «Моонзунд» производственная ХУ с непосредственным испарителем R22 обеспечивает замораживание 60 т/сут рыбы в двух контейнерных МА LBN-31,5 от начальной температуры воздуха  $-28^{\circ}\text{C}$ . Система охлаждения трюмов – воздушная, бесканальная, с подачей воздуха под груз.

Система производственной ХУ судов рассматриваемого типа приведена на рис. 13.

При полной тепловой нагрузке установка работает в двухступенчатом режиме охлаждения с холодопроизводительностью около 540кВт. Парообразный R22 отсасывается из испарительной системы при  $t_0 = -44 \dots -46^{\circ}\text{C}$  СНД параллельно работающими ВКА №3 и 4 и нагнетается непосредственно во всасывающий трубопровод ВКА ( $P_{np} = 0,4 \text{ МПа}$ ). Промежуточное охлаждение осуществляется во всасывающем трубопроводе ВТК №1 в результате смешивания перегретого пара после СНД и сухого насыщенного пара, отсасываемого из паровой полости двухсекционного теплообменника – «труба в трубе». В зависимости от режима работы с помощью СВ автоматически подключается одна или две секции теплообменника – переохладителя. После конденсатора и линейного ресивера жидкий R22 переохлаждается во

внешних трубах теплообменника от 36 до 6°С за счет испарения при промежуточном давлении части жидкости, подаваемой через ТРВ во внутренние трубки, и направляется к воздухоохладителям грузовых трюмов и МА через ТРВ и распределительные устройства.

На первых судах серии испытывают оптимизированные МА типа LBN-31,5, отличающиеся от серийных тем. Что в их состав входят регенеративные теплообменники, установленные на секциях воздухоохладителей внутри изолированного контура МА, что позволяет увеличить переохлаждение R22, подаваемого в воздухоохладители секций МА, и повысить коэффициент теплоотдачи хладагента в связи с уменьшением балластного пара в трубках охладителей, так как основной перегрев пара на всасывании компрессора СНД происходит не в батареях воздухоохладителя, а в паровой полости теплообменника Компрессор S3-900 №2 является резервным и ввиду большой гибкости системы может быть использован в качестве ступени как высокого, так и низкого давления, а так же в одноступенчатом режиме. В частности, он может быть подключен вместо одного из компрессоров S3-1800.

Возможен двухступенчатый режим работы с использованием одного компрессора S3-1800.

Одноступенчатый режим работы с двумя компрессорами S3-900 применяется при работе только одного МА при небольших уловах и охлаждении грузового трюма.

При охлаждении грузовых трюмов в автоматическом режиме во время переходов судна применяется одноступенчатый режим с одним компрессором S3-9---. Проектом предусмотрена возможность работы любым ВКА с отбором пара при промежуточном давлении из теплообменника-переохладителя. В отличие от холодильной установки судна «Цефей», на которой обрабатывались различные режимы и поэтому предусмотрена возможность работать любым ВКА в одноступенчатом цикле с дозарядкой, на судне «Моонзунд» малая мощность электродвигателей ВКА S3-1800 исключает возможность их работы по одноступенчатому циклу, а только в качестве СНД.

Широкое распространение на добывающих судах ХУ, работающих по циклам двухступенчатого сжатия и с отбором пара при промежуточном давлении ВКА, подтверждает их хорошие эксплуатационные качества, в частности значительно более высокую энергетическую эффективность по сравнению с одноступенчатыми. В наибольшей степени преимущества таких ХУ проявляются при правильном выборе эксплуатации и стремлении обслуживающего персонала к максимальной экономии топливно-энергетических ресурсов.

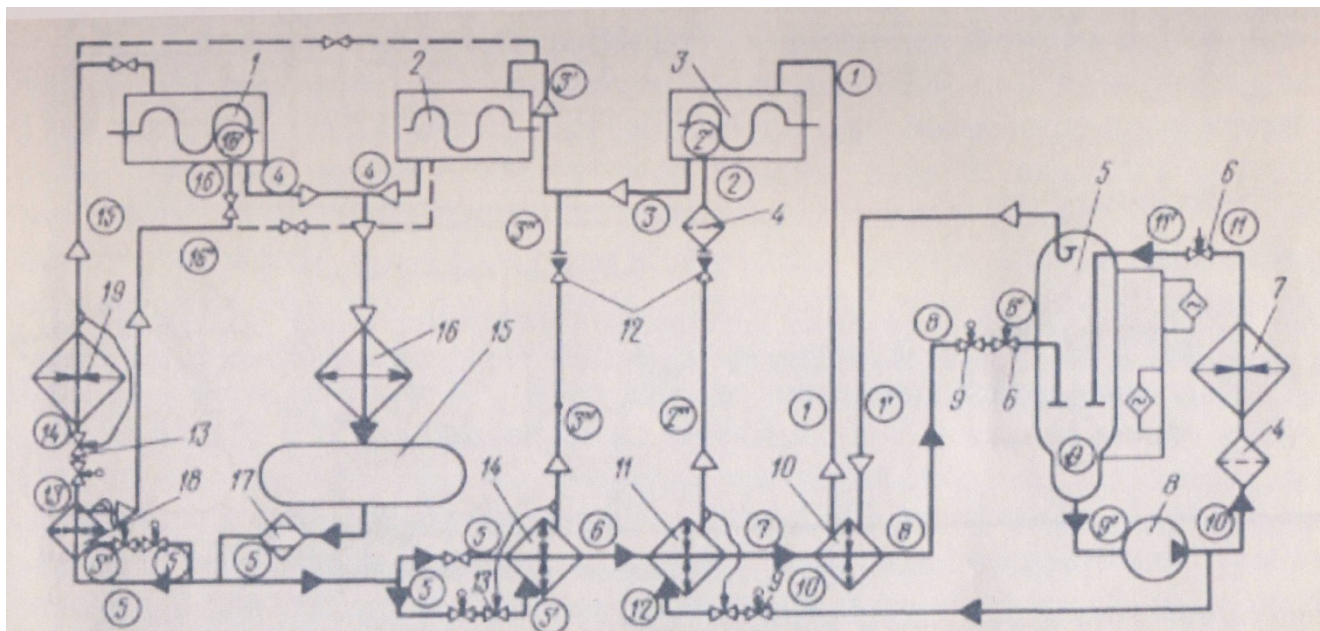


Рис. 9. Схема работы производственной холодильной установки судов типа "Орленок" при замораживании рыбы в одном роторном морозильном аппарате FGP 25-3 и охлаждении грузового трюма:

1 – компрессор охлаждения грузового трюма; 2 – компрессор СВД; 3 – компрессор СНД; 4 – фильтр; 5 – отделитель жидкости; 6 – ручной регулирующий вентиль; 7 – роторный морозильный аппарат; 8 – фреоновый насос; 9 – соленоидные вентили; 10 – РТ; 11 – ТВМ; 12 – обратный клапан; 13 – ТРВ; 14 – теплообменник-переохладитель; 15 – линейный ресивер; 16 – конденсатор; 17 – фильтр-осушитель; 18 – экономайзер; 19 – воздухоохладитель грузового трюма

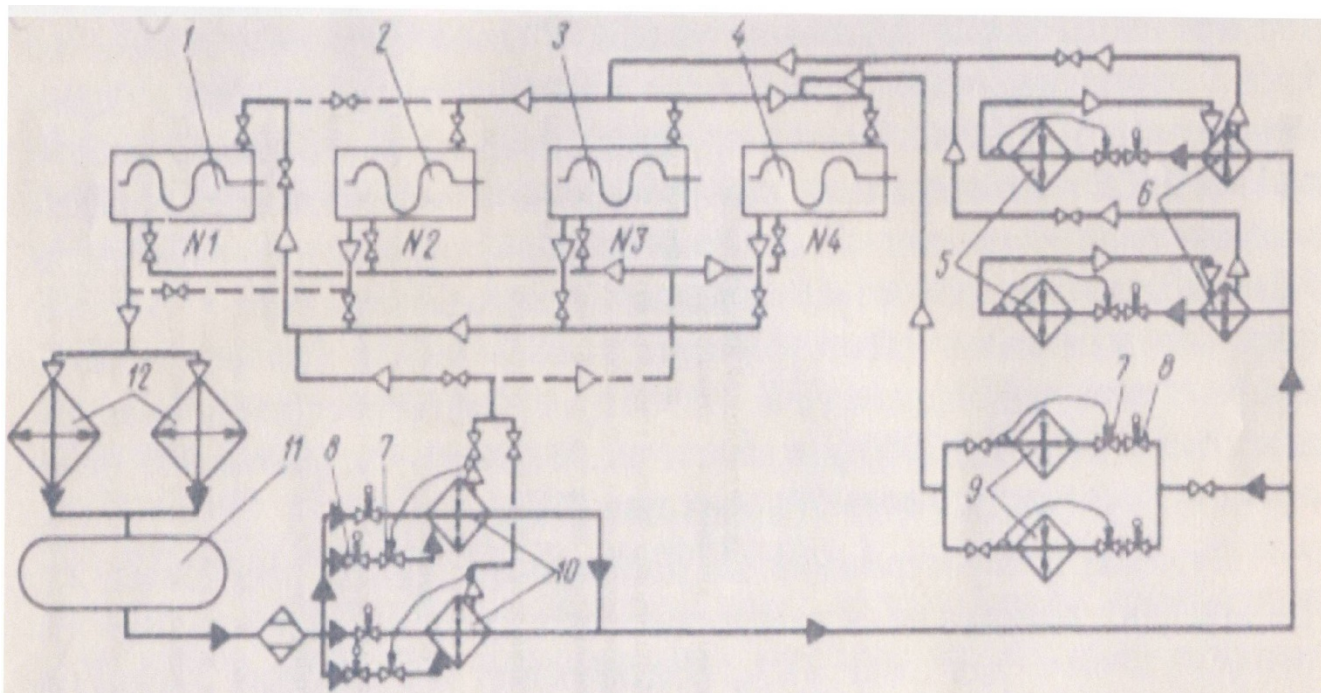


Рис. 13. Принципиальная схема комбинированной холодильной установки судна типа "Моонзунд":

1 – ВК марки S3-900 СВД; 2 – резервный компрессор S3-900; 3, 4 – компрессоры S3-1800 СНД; 5 – воздухоохладители морозильных аппаратов; 6 – РТ; 7 – ТРВ; 8 – соленоидные вентили; 9 – воздухоохладители грузовых трюмов; 10 – двухсекционный переохладитель жидкости; 11 – линейный ресивер; 12 – конденсаторы

### Выводы и предложения:

#### Вопросы для самоконтроля:

1. Перечислите требования, предъявляемые к схемам судовых холодильных установок.
2. Что называют схемой холодильной установки.
3. Как обеспечивают взаимозаменяемость частей холодильной машины.
4. Какие способы подачи холодильного агента в испарительную систему вы знаете?
5. По рисунку расскажите узел включения компрессора, конденсатора и ресиверов.
6. По рисунку расскажите об узле включения испарителей.
7. По рисунку расскажите об узле включения компрессора и промежуточного сосуда.
8. По рисунку опишите способы подачи хладагента в испарительную систему.
9. По схеме расскажите о работе холодильной установки ПСТ «Баренцево море».
10. По схеме расскажите о работе холодильной установки судов СРТМК.
11. По схеме расскажите о работе холодильной установки судов типа БМРТ на замораживание рыбы и охлаждение рассола в кожухотрубных испарителях.
12. По схеме расскажите о работе холодильной установки судов СТМ типа «Атлантик-333».
13. По схеме расскажите о работе рассольной системы охлаждения судов типа БМРТ

### Практическое занятие №20

#### Тема практического занятия:

«Изучение схем провизионных установок и холодильных циклов».

### **Цель занятия:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: «Способы охлаждения помещений, схемы судовых холодильных установок».
2. Приобрести практические навыки и научиться описывать по схеме работу холодильных установок судов различных типов.

### **Оборудование:**

1. Методические указания к практической работе №5.
2. Схемы судовых холодильных установок.

### **Перечень используемых источников**

1. Сластухин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы.**

#### **(описание хода работы)**

Схема холодильной установки промышленного судна зависит от назначения судна (например, база, транспортное судно) и от характера обработки рыбы на нем.

К схемам судовых холодильных установок предъявляются определенные требования. Схема должна быть надежной, простой и удобной в эксплуатации и допускать необходимые переключения машин и аппаратов при неполадках в работе и ремонте, не создавать затруднений при ее обслуживании.

В схеме должно быть предусмотрено достаточное количество контрольно-измерительных приборов автоматики, обеспечивающих постоянный контроль за работой установки, частичную или полную автоматизацию ее работы и безопасность. В схеме следует предусмотреть хорошую подачу жидкого холодильного агента и хладоносителя в приборы охлаждения, а также быстрый слив холодильного агента из системы при необходимости ее освобождения. Емкость по холодильному агенту следует обеспечить небольшую. Схема должна быть экономичной при монтаже и эксплуатации, полностью удовлетворять правилам охраны труда и правилам Морского Регистра Судоходства.

По способу подачи холодильного агента в приборы охлаждения схемы непосредственного охлаждения делят на безнасосные и насосные, или циркуляционные.

В *безнасосных схемах* для подачи холодильного агента в приборы охлаждения используют разность давлений конденсации и кипения или напор, создаваемый высотой столба жидкости. В *насосных схемах* подача холодильного агента в приборы охлаждения осуществляется насосом.

Применение насосных схем позволяет уменьшить массу холодильного агента в системе, обеспечивает более равномерное распределение жидкого холодильного агента по потребителям холода, уменьшает замасливание теплопередающей поверхности теплообменных аппаратов, повышает безопасность работы холодильной установки.

На рис.2 Показана схема холодильной установки, работающей на хладоне-12, предназначенной для охлаждения провизионных камер. В схему холодильной установки входит компрессорно-конденсаторный агрегат 1, фильтр-осушитель 10, теплообменник 11, фреоновые испарительные батареи 7 и 8 и воздухоохладитель 9. Холодильная установка полностью автоматизирована. Автоматическая защита обеспечивается установкой реле давления 3, которое останавливает компрессор при повышении давления конденсации выше допустимого предела или при понижении давления всасывания. Водорегулирующий вентиль 2 поддерживает постоянным давление конденсации путем изменения количества воды, подаваемой на охлаждение конденсатора.

Заполнение испарителей жидким холодильным агентом происходит через соленоидные вентили 4 и терморегулирующие вентили 5. Поддержание заданного температурного режима в камерах осуществляется с помощью реле температуры 6, установленных в камерах, и соленоидных вентилей на жидкостных трубопроводах. При достижении требуемой температуры в камере реле температуры дает импульс, соленоидный вентиль закрывается, прекращая поступление жидкого холодильного агента в испарительные батареи.

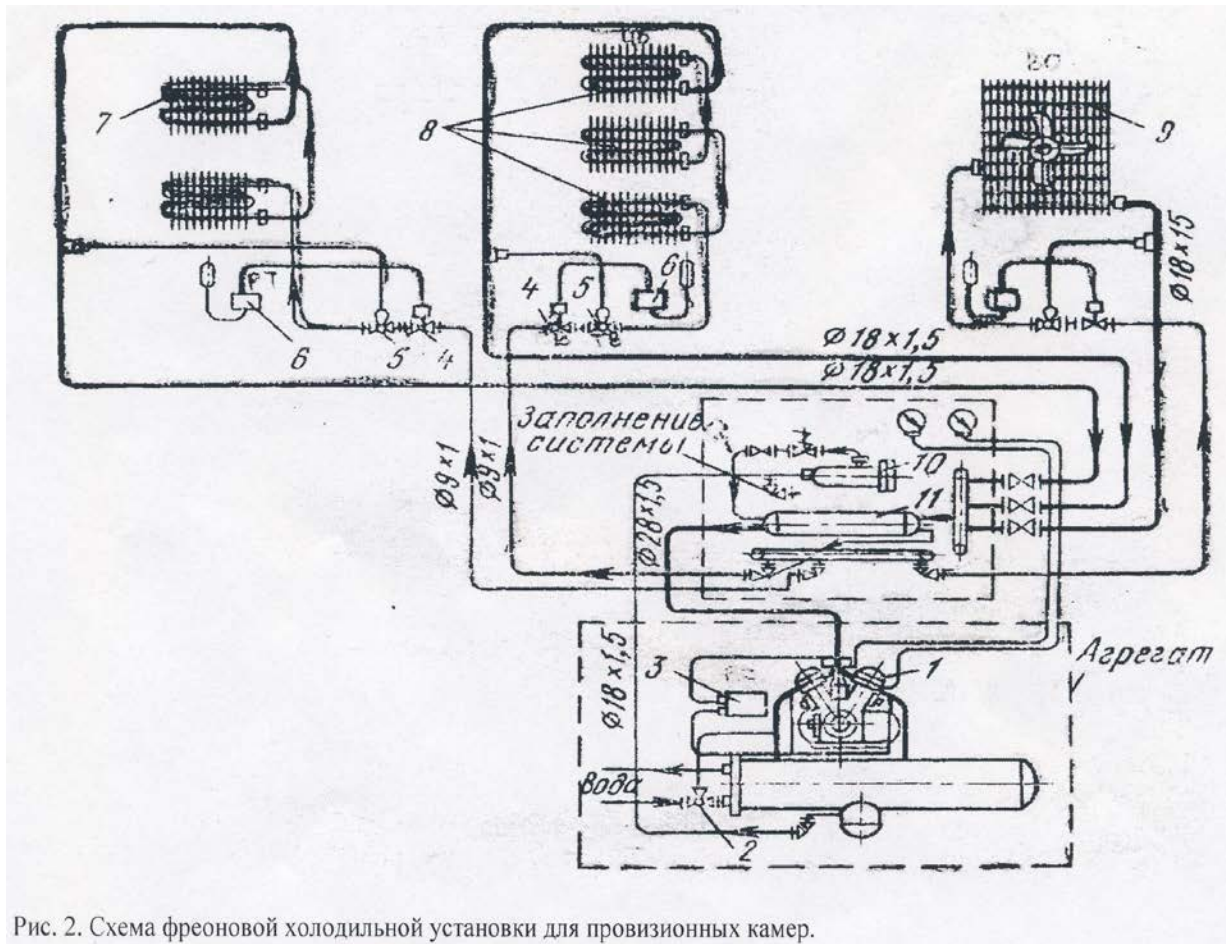


Рис. 2. Схема фреоновой холодильной установки для провизионных камер.

Провизионные камеры могут охлаждаться также рассолом, подаваемым из испарителя производственной холодильной установки или специальной, предназначенной только для провизионных камер.

### Холодильные шкафы

Холодильные шкафы, предназначенные для хранения скоропортящихся продуктов, полуфабрикатов и готовых блюд, изготавливают с оди или несколькими отделениями; последние используются для хранения более широкого ассортимента продуктов, в том числе продуктов со специфическим запахом.

Шкафы некоторых марок имеют низкотемпературное отделение для замороженных продуктов. Это отделение охлаждается отдельным испарителем и имеет самостоятельную дверцу. Холодильные шкафы изготавливают как со встроенными, так и отдельно установленными агрегатами. Встроенные агрегаты размещают на шкафу или в нижней части выгороженных для этой цели отделениях. В том и в другом случае стенки между машинным отделением и охлаждаемым объектом изолированы. В наружных стенках и двери машинного отделения ставят жалюзи для циркуляции воздуха, поступающего на конденсатор.

Таблица 43

Холодильные шкафы	Внутренний объем, л	Габаритные размеры, мм			Масса, кг	Площадь полок для укладки продуктов, м <sup>2</sup>	Температура, К	Холодильный агрегат	Загрузка продуктов, кг	Коэффициент теплопередачи ограждения Вт/(м <sup>2</sup> ·К)	Площадь поверхности испарителя, м <sup>2</sup>
		ширина	глубина	высота							
ШХ-0,4	400	750	750	1800	180	1,2	274—276 264—261	ВС-0,45 или ВС <sub>р</sub> -0,35 (встроенный)	80	0,7	—
ШХ-0,6	600	1200	840	1910	350	2,15	273—279	ВС-0,45-3 или ФГК-0,45 (встроенный)	125	0,81	4,2
ШХ-0,8	800	1500	750	1800	300	3,0	274—276	ВС-0,7-3 или ФГК-0,7	160	0,7	—
ШХ-1,2	1200	2250	750	1800	420	4,5	274—276	ВС-0,7-3 или ТК-0,7	240	0,7	11,14
Т-60М	600	1210	855	1870	325	2,0	273—279	ВС-0,45-3 или ФГК-0,45 (встроенный)	125	0,81	4,2
Т <sub>а</sub> -125М	1250	1740	890	2190	410	3,43	273—278	ФАК-0,7 Е2 (вынесенный)	250	0,93	8,5
Т <sub>б</sub> -125	1250	1530	830	1955	390	2,98	273—279	ВС-0,7-3 или ФАК-0,7-2	250	0,79	6,5
ШСО-1 (ШС)	1270	2000	690	1880	450	4,4	275—277 278—281	ФАК-1,1 Е3 (встроенный)	250	—	14,0+1,46
ШВД-2	1160	2000	800	2200	450	3,32	274—276 277—279	ФАК-1,1 Е3 (вынесенный)	400	—	7,0 3,54×2

291

Техническая характеристика шкафов приведена в табл. 43. Холодильный шкаф ШХ-0,4 (рис. 175,а) выполнен из шести панелей, облицованных с обеих сторон металлическими листами, между которыми находится теплоизоляция. В нижней части шкафа размещено машинное отделение. Испаритель находится в верхней части шкафа.

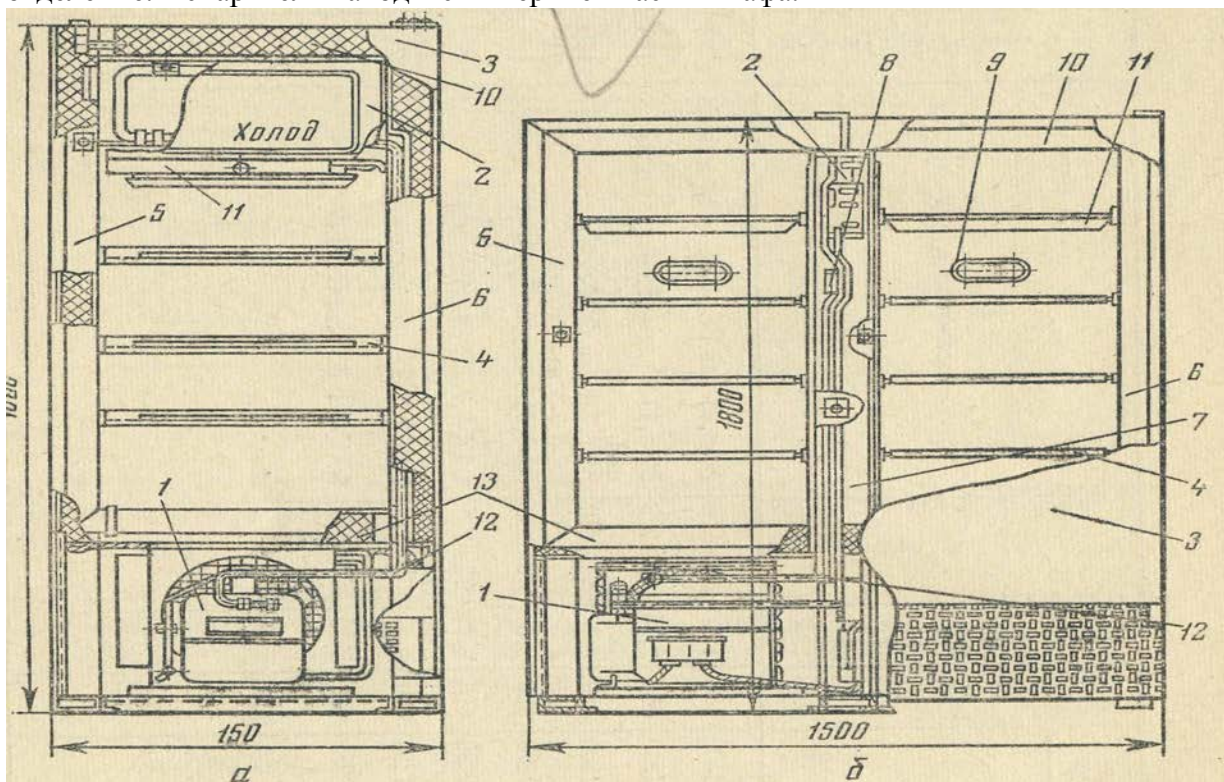


Рис. 175. Холодильные шкафы типа ШХ:

а — ШХ-0,4; б — ШХ-0,8;

1 — агрегат; 2 — испаритель; 3 — дверь; 4 — полки; 5, 6, 7, 10 и 13 — изоляционные панели; 8 — терморегулирующий вентиль; 9 — светильник; 11 — поддон испарителя; 12 — трубопроводы холодильного агента.

Внутри испарителя расположено морозильное отделение объемом 0,05 м<sup>3</sup>, закрываемое крышкой. Температура в морозильном отделении поддерживается 264-261 К. Для укладки продуктов в шкафу установлены решетки. Освещение шкафа производится светильником 9

мощностью 25 Вт. Шкаф ШХ-0,8 (рис.175,б) создан на базе шкафа ШХ-0,4 и выполнен из двух или трех отсеков, разделяемых испарителями.

### **Выводы и предпочтения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Назовите основные требования к схемам судовых холодильных установок.
2. Что такое схема судовой холодильной установки.
3. Какие существуют способы подачи жидкого холодильного агента в приборы охлаждения.
4. Назовите достоинства и недостатки способов подачи жидкого хладагента в приборы охлаждения.
5. Объясните движение холодильного агента холодильной установки для провизионных камер.
6. Назовите состав оборудования и его назначение холодильной установки для провизионных камер.
7. Назовите и покажите на схеме приборы автоматической защиты.
8. Объясните назначение реле давления компрессора.
9. Объясните назначение водорегулирующего вентиля.
10. Объясните назначение соленоидного вентиля.
11. Объясните назначение терморегулирующего вентиля.
12. Расскажите как устроен и как работает холодильный шкаф типа ШХ.
13. Назовите основную техническую характеристику холодильного шкафа ШХ-0,8.

## **Лабораторная работа №8, №9**

### **Тема лабораторной работы :**

«Пуск и остановка одноступенчатой холодильной установки. Пуск и остановка двухступенчатой холодильной установки».

### **Цель работы:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: «Пуск и остановка холодильной установки».
2. Научиться производить запуск и остановку одноступенчатой и двухступенчатой холодильной установки.

### **Оборудование:**

1. Малая холодильная одноступенчатая машина, работающая на хладоне 12, (R-12).
2. Малая холодильная двухступенчатая машина на хладоне – 12, (R-12).
3. Набор необходимого инструмента (торцевые ключи для вентилялей, отвертка, гаечные ключи ).
4. Методические указания к лабораторной работе №1 №2.

### **Перечень используемых источников :**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы.**

(описание хода работы).

Описание лабораторной холодильной установки с агрегатом ФАК-Ю, 7У.

1. Лабораторная холодильная установка состоит из следующих основных элементов: Компрессора с электродвигателем; воздушного конденсатора; линейного ресивера; батареи непосредственного охлаждения, охлаждаемой камеры; ТЭНов, устанавливаемых в камеру, для создания тепловой нагрузки; приборов автоматики – ТРВ, реле низкого и высокого давлений; приборов контроля термометров, манометра и мановакуумметра. Компрессор с электродвигателем, конденсатор, линейный ресивер скомпонованы в единый агрегат.

## 2. Техническая характеристика агрегата ФАК-Ю, 7У

Общие данные:

Холодопроизводительность, кВт (ккал/ч) 0,8(700)

Зарядка, кг

Хладагент R 12 3

Масло ХФ-12-18 1,05

Мощность двигателя, кВт 0,6

Масло агрегата, кг 81

Компрессор: тип 2ФВ-4/4,5

Конденсатор: тип ребристый с воздушным охлаждением;

Поверхность охлаждения, м<sup>2</sup> 3,8

Ресивер: тип горизонтальный

Емкость, л 2,25

## 3. Техническая характеристика приборов автоматики.

Реле низкого давления (РНД) РД-16-01

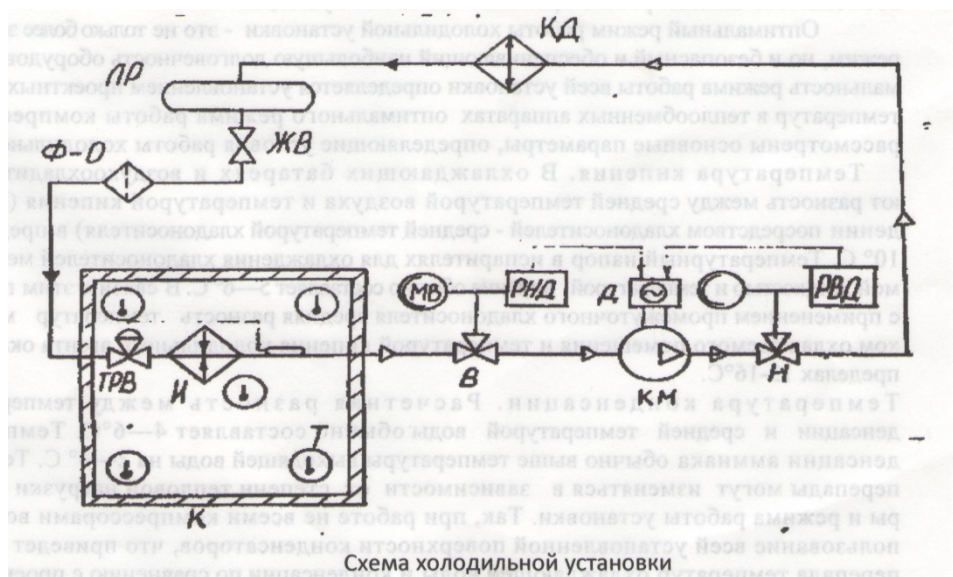
Диапазон регулирования, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) -0,3 – 4 (-0,03 – 0,4)

Дифференциал, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) 0,35 – 2,5 (0,035 – 0,25)

Реле высокого давления (РВД) РД-2Б-03

Диапазон регулирования, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) 7-19 (0,7-1,9)

Дифференциал, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) 2,5 (0,2-0,5)



Км – компрессор; РВД и РНД – реле высокого и низкого давлений, соответственно; КД – конденсатор; ЛР – линейный ресивер; Ф-О – фильтр-осушитель; ТРВ – терморегулирующий вентиль; И – батарея непосредственного охлаждения; К - - осаждаемая камера; В и Н – всасывающий и нагнетательный вентили, соответственно; Д – приводной электродвигатель; ЖВ – жидкостный вентиль ресивера; Т – термометр.

Холодильная установка работает следующим образом.

Компрессор КМ отсасывает пары хладагента из испарителя И, сжимает их и нагнетает в конденсатор КД. За счёт отвода теплоты в окружающий воздух, в конденсаторе КД происходит конденсация пара, и жидкий хладагент сливается в линейный ресивер ЛР. Затем жидкий хладагент фильтруется и осушается в фильтре-осушителе Ф-О. Проходя через ТРВ жидкость дросселируется и поступает в испаритель И, находящийся в охлаждаемой камере К, где кипит за счет отбора теплоты от охлаждаемого объекта. Перегрев пара на выходе из испарителя обеспечивается настройкой ТРВ. Поддержание заданных температурных условий в охлаждаемой камере К обеспечивает система автоматического регулирования с использованием реле низкого давления РНД.

Ограничение роста давления нагнетания выше допустимых пределов обеспечивает система автоматической защиты с использованием реле высокого давления РВД.

Пуск одноступенчатой холодильной машины. Пуску холодильной машины при ручном обслуживании предшествует ряд подготовительных мероприятий. Следует обезопасить компрессор и другое оборудование от повреждений. Прежде всего, надо знать, в связи с чем было остановлено оборудование в последний раз, и, если остановка была вызвана нарушением в работе оборудования, необходимо убедиться в том, что эти нарушения и неполадки устранены. Компрессор (вентилятор, насос и пр.) необходимо проверить вручную, чтобы удостовериться в возможности свободного перемещения движущихся частей и в отсутствии каких-либо незамеченных ранее неполадок, необходимо убедиться в исправности и других включаемых в работу элементов оборудования.

Перед пуском системы все запорные вентили, кроме регулирующего и вентиля компрессора, должны быть открыты. Особое внимание надо обратить на открытие вентиля на нагнетательном от компрессора участке системы, так как пуск компрессора без поступления паров в конденсатор может вызвать опасное повышение давления. В период подготовки необходимо также обеспечить подачу воды в конденсатор, охлаждающие рубашки компрессоров, а в рассольных системах – циркуляцию рассола.

Электродвигатель компрессора должен преодолеть инерцию подвижных частей при их переходе из состояния покоя к движению, а также силу трения и работу сжатия пара. Сопрягаемые детали в момент

пуска работают в тяжелых условиях из-за нарушения жидкостного трения, поэтому работа, затрачиваемая на преодоление сил трения, при пуске значительно больше, чем при установившемся движении.

Уменьшить пусковую нагрузку можно, исключив полезную работу компрессора с помощью устройства перепускной линии (байпаса), соединяющего стороны нагнетания и всасывания, или отжиманием всасывающих клапанов. В обоих случаях становится невозможным сжатие пара в цилиндре компрессора. Если имеется возможность (многоскоростной электродвигатель, электродвигатель с пусковыми реостатами), необходимо пускать компрессор при минимальной частоте вращения, уменьшает не только полезную работу сжатия, но и силы инерции.

При ручном управлении компрессор пускают с закрытым всасывающим вентиляем. В процессах пуска и работы наблюдают за приборами, показывающими потребляемую мощность электродвигателя, следят за давлением масла. При чрезмерном потреблении

мощности, отсутствии давления масла, а также в случае появления стуков компрессор необходимо немедленно остановить. После того как скорость электродвигателя достигнет необходимой, выключают устройства, обеспечивающие пуск компрессора, и приводят в рабочее положение его вентили. Всасывающий ventиль открывают постепенно, контролируя температуру и давление пара, выходящего из компрессора. Убедившись в продолжающемся повышении температуры нагнетаемого пара, открывают регулирующие вентили соответствующих охлаждаемых объектов.

Пуск и установка двухступенчатой холодильной машины. Для примера ниже рассмотрен порядок подготовки к пуску, пуск и обслуживание аммиачного двухступенчатого агрегата МАК-80 (компрессор ДАУ 80 с непосредственным приводом от электродвигателя мощностью 75 кВт). Агрегат является частью холодильной установки больших рыбоморозильных траулеров БМРТ.

Подготовку к пуску проводят следующим образом. Прежде всего, следует выяснить по вахтенному журналу машинного отделения причину последней остановки агрегата (перерыв в работе, предусмотренный графиком, поломка деталей или их аварийное состояние, неполадки в работе). Если остановка была вызвана поломкой деталей или неполадками, то проверяют, устранены ли причины, их вызвавшие. Надо осмотреть агрегат и убедиться в том, что он не находится в ремонте и что на нем нет никаких посторонних предметов, которые могли бы помешать пуску.

После ремонта, планово-предупредительного осмотра, остановки вследствие неполадок, а также длительного выключения из работы (более 1 сут) пуск агрегата может быть произведен лишь с разрешения механика рефрижераторной установки или лица, заменяющего его.

Проверяют исправность движущихся частей агрегата, наличие пломб на предохранительных клапанах компрессоров, количество масла в картере компрессора (уровень масла не должен быть ниже контрольной черты на указательном стекле). Приборы автоматики компрессора должны быть отрегулированы, термометра – исправны.

Запорные вентили перед конденсатором, на всасывающем трубопроводе высокого давления, после промежуточного сосуда, жидкостных трубопроводах и коллекторах должны быть открыты.

Включают автоматические приборы регулирования подачи жидкого аммиака – соленоидные и терморегулирующие вентили.

В случае невозможности по каким-либо причинам регулировать процесс при помощи соленоидных и терморегулирующих вентилях их выключают, все ручные регулирующие вентили оставляют закрытыми.

Далее пускают охлаждающую воду в конденсаторы, рубашки цилиндров компрессора и змеевик маслоотделителя перед промежуточным сосудом. Чтобы облегчить пуск агрегата, открывают полностью перепускные вентили, соединяющие попарно всасывающую и нагнетательную стороны ступени низкого и высокого давления компрессора.

Проворачивают вал агрегата вручную не менее чем на 1 оборот, тщательно осмотрев соединительную муфту. Пускают в ход рассольный насос в соответствии с инструкцией.

Пуск установки осуществляют так: включают электродвигатель компрессора, по достижении им нормального числа оборотов, открывают полностью нагнетательный вентиль ступени высокого давления, одновременно быстро закрыв соответствующий перепускной вентиль. При этом проверяют давление масла в масляном насосе компрессора по манометру. Оно должно превышать давление в картере на 0,1 – 0,15 МПа. Если давление масла отсутствует или недостаточно, надо остановить агрегат для выявления причины неисправности.

Постепенно и осторожно открывают всасывающий вентиль ступени высокого давления компрессора. При появлении признаков влажного хода прикрывают этот вентиль. Если послышатся стуки, свидетельствующие о попадании в цилиндр жидкого аммиака, быстро закрывают всасывающий вентиль и после полного прекращения их снова постепенно открывают его, наблюдая за тем, чтобы давление нагнетания и показания амперметра не превышали пределов, устанавливаемых в зависимости от рабочих условий холодильной установки. При резком повышении давлений нагнетания или показания амперметра немедленно останавливают компрессор и сообщают о происшедшем механику рефрижераторной установки, записав в журнал машинного отделения причину остановки компрессоров.

Открывают на полный проход нагнетательный вентиль ступени низкого давления компрессора, одновременно быстро закрыв соответствующий перепускной вентиль. Постепенно и осторожно открывают всасывающий вентиль ступени низкого давления компрессора.

При ручном регулировании, когда все соответствующие приборы автоматики выключены, после открытия запорных вентилей на всасывающей стороне обеих ступеней компрессора следует работать при закрытых регулирующих вентилях компрессора на промежуточный сосуд и соответствующую испарительную систему до тех пор, пока температура на нагнетательной стороне низкого давления будет не выше 60°C. После этого приоткрывают регулирующий вентиль на промежуточный сосуд, не допуская влажного хода цилиндра высокого давления компрессора, а затем регулируют работу всей холодильной установки, открывая на соответствующий проход регулирующий вентиль испарительной системы.

В вахтенный журнал машинного отделения записывают время пуска агрегата.

Эксплуатация установки. Температура нагнетаемых компрессором паров аммиака должна соответствовать данным условиям и требуемому режиму работы. Температура паров аммиака, всасываемых цилиндром низкого давления компрессора, должна быть выше температуры испарения на 5-10°C.

Высота уровня жидкого аммиака в промежуточном сосуде должна быть на уровне отметки. Если уровень аммиака в промежуточном сосуде поддерживают с помощью терморегулирующего вентиля, то в случае повышения этого уровня необходимо выключить терморегулирующий вентиль и до исправления его уровень аммиака регулировать в промежуточном сосуде вручную. Постоянно следят за показаниями манометров.

В случае резкого падения температуры перегрева на нагнетательной и всасывающей сторонах ступени низкого давления прикрывают всасывающий вентиль ступени низкого давления компрессора и немедленно отключают терморегулирующий вентиль на соответствующую испарительную систему. После этого постепенно и осторожно открывают всасывающий вентиль ступени низкого давления компрессора и регулируют работу установки, пока не установится нормальная температура перегрева. В случае неисправности терморегулирующего вентиля или другого автоматического прибора подачу жидкости в испарительную систему регулируют вручную.

Чрезмерное снижение температуры перегрева на нагнетательной и всасывающей сторонах ступени высокого давления компрессора указывает на переполнение жидким аммиаком промежуточного сосуда. Поэтому надо закрыть всасывающие вентили ступеней низкого и высокого давлений и немедленно отключить терморегулирующий вентиль промежуточного сосуда. После этого постепенно и осторожно открывают всасывающий вентиль ступени высокого давления и регулируют подучу жидкого аммиака в промежуточный сосуд до установления нормальной температуры перегрева. Затем постепенно открывают всасывающий вентиль низкого давления.

При нормальной работы компрессора всасывающий вентиль ступени низкого давления и соответствующий коллектор должны быть покрыты инеем. Работа всасывающих и нагнетательных клапанов компрессора должна сопровождаться легким отчетливым тихим шумом. При внезапном появлении стука в цилиндре немедленно останавливают компрессор и сообщают о случившемся механику рефрижераторной установки.

Сальник компрессора не должен пропускать аммиак. Не допускается нагрев сальника до температуры выше 60°C.

Температура нагревания трущихся деталей компрессора должна превышать температуры воздуха рефрижераторного машинного отделения более чем на 30°C (определяют приблизительно по нагреванию стенок картера компрессора).

Количество воды, подаваемой в рубашки цилиндров компрессора, надо отрегулировать так, чтобы температура ее была не выше 35°C.

Вентиль для подачи воды открывают медленно во избежание защемления поршней и разрыва цилиндров при резком увеличении подачи холодной воды в рубашки перегретого компрессора.

Постоянно следят за работой масляного насоса. Давление масла регулируют при помощи перепускного вентиля: оно должно быть выше давления в картере компрессора на 0,05 – 0,1 МПа.

Периодически (1 раз в смену) во время работы поворотом рукоятки проверяют и прочищают щелевой фильтр. Если манометр не показывает давления масла и поворотом рукоятки фильтр не прочищается, то необходимо остановить компрессор, записать в вахтенный журнал работы рефрижераторного машинного отделения и сообщить о случившемся механику.

Не реже 1 раза в месяц вскрывают и прочищают масляные фильтры. В течение первого месяца после монтажа и включения компрессора в эксплуатацию вскрытие, осмотр и прочистку масляных фильтров производят через каждые 5-6 дней эксплуатации.

Не реже 1 раза в месяц прочищают всасывающие фильтры, грязевики низкой и высокой ступеней давления компрессора. В течение первых 10 дней после монтажа и включения компрессора в эксплуатацию вскрытие, осмотр и прочистку паровых фильтров производят ежедневно, причем фильтрующую часть дополняют плотным материалом, несмотря на уменьшение при этом холодопроизводительности компрессора.

Давление в картере должно быть на 0,2 – 0,25 МПа выше давления всасывания низкой ступени. Следят за уровнем масла в картере. Если уровень масла опустится ниже контрольной черты на указательном стекле, то, не прекращая работы компрессора, наполняют картер маслом. Для этого прикрепляют резиновый шланг к угловому вентилю, опускают шланг в ведро с маслом и решеткой на дне, прекращают подачу аммиака в испарительную систему и промежуточный сосуд, закрывают всасывающие вентили ступеней низкого и высокого давления компрессора. После достижения разрежения в картере медленно открывают угловой масляный вентиль.

По заполнении картера маслом до контрольной черты закрывают угловой масляный вентиль и осторожно открывают поочередно всасывающие вентили ступеней высокого и низкого давлений компрессора, а затем регулируют подачу жидкого аммиака в испарительную систему и промежуточный сосуд. Если установка оборудована централизованной системой заправки масла, то достаточно включить масляный насос и после достижения необходимого давления открыть заправочный вентиль картера компрессора.

Трубки предохранительных клапанов, соединяющие их с всасывающими сторонами ступеней низкого и высокого давлений компрессора, должны быть холодными. Если трубки теплые, то это является признаком неплотности предохранительных клапанов, о

чем необходимо немедленно поставить в известность механика рефрижераторной установки.

Остановка. Прекращают подачу жидкого аммиака в промежуточный сосуд и испарительную систему. Некоторое время продолжают отсос паров аммиака при закрытых регулирующих вентилях. Затем закрывают последовательно всасывающий ventиль ступени низкого и высокого давлений компрессора, понизив давление в картере до нуля по манометру.

Выключают электродвигатель компрессора. После прекращения вращения вала электродвигателя закрывают нагнетательные ventили ступеней низкого и высокого давлений компрессора и вывешивают на маховички ventилей таблички с надписью «Ventиль закрыт».

Прекращают подачу рассола в испаритель, воды в рубашки цилиндров компрессора и конденсатор. Зимой во избежание замерзания воды, если в рефрижераторном отделении не будет поддерживаться соответствующая температура, выпускают воду из рубашек цилиндров компрессора, змеевика маслоотделителя и из конденсатора.

В вахтенный журнал работы рефрижераторного машинного отделения записывают время и причину остановки агрегата. При остановке агрегата на продолжительное время вал компрессора необходимо периодически (1 раз в неделю) проворачивать вручную на два-три оборота.

### **Выводы и предложения:**

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Объясните подготовку холодильных машин к пуску.
2. Как запустить компрессор двухступенчатого сжатия при ручном управлении
3. Расскажите почему при пуске двухступенчатого компрессора приводят в рабочее состояние в начале высокую ступень.
4. Объясните запуск в работу одноступенчатой холодильной установки.
5. Поясните как запускается двухступенчатая холодильная установка.
6. В какой последовательности производят остановку одноступенчатой холодильной установки.
7. Объясните последовательность остановки одноступенчатой холодильной установки.
8. Дайте сравнительную характеристику пуску холодильных установок с одной и двумя ступенями сжатия.

### **Лабораторная работа №10.**

#### **Тема лабораторной работы:**

«Регулирование режимов работы производственной или провизионной холодильной установки».

#### **Цель работы:**

Приобрести практические навыки в регулировании режимов работы холодильной установки.

#### **Оборудование:**

Малая холодильная машина, работающая на хладоне-12, с агрегатом типа МАК или ФАК и др., с холодильной камерой; набор необходимого инструмента (торцевые ключи для ventилей, гаечные ключи);

ТЭНы смонтированные на панелях для установки в охлаждаемую камеру (мощностью 60-80% от производительности машины).

## Перечень используемых источников:

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы. (описание хода работы).**

#### 1. Описание лабораторной холодильной установки с агрегатом ФАК – 0,7Е

1.1. Лабораторная холодильная установка состоит из следующих основных элементов: компрессора с электродвигателем; воздушного конденсатора; линейного ресивера; батареи непосредственного охлаждения; охлаждаемой камеры; ТЭНов, устанавливаемых в камеру, для создания тепловой нагрузки; приборов автоматики – реле низкого и высокого давления; приборов контроля термометров, манометра и мановакуумметра.

Компрессор с электродвигателем, конденсатор, линейный ресивер сконструированы в единый агрегат.

#### 1.2. Техническая характеристика агрегата ФАК0.7Е

Общие данные:

Холодопроизводительность, кВт (ккал/ч)	0,8 (700)
зарядка, кг	
хладоагент R12	3
масло ХФ-12-18	1,05
мощность двигателя, кВт	0,6
масса агрегата, кг	81
Компрессор:	тип 2ФВ – 4/4,5
Конденсатор:	тип ребристый с воздушным охлаждением
	Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup> 3,8
Ресивер:	тип горизонтальный
Емкость, л	2,5

#### 1.3. Техническая характеристика приборов автоматики.

Реле низкого давления (РНД)	РД – 16 – 01
Диапазон регулирования, кгс/см <sup>2</sup>	-0,3 ÷ 4 (-0,3 ÷ 0,4)
Дифференциал, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	0,35 ÷ 2,5 (0,035 – 0,25)
Реле высокого давления (РВД)	РД – 2Б – 03
Диапазон регулирования, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	7 ÷ 19 (0,7 – 1,9)
Дифференциал, кгс/см <sup>2</sup> (МПа)	2 – 5 (0,2 – 0,5)

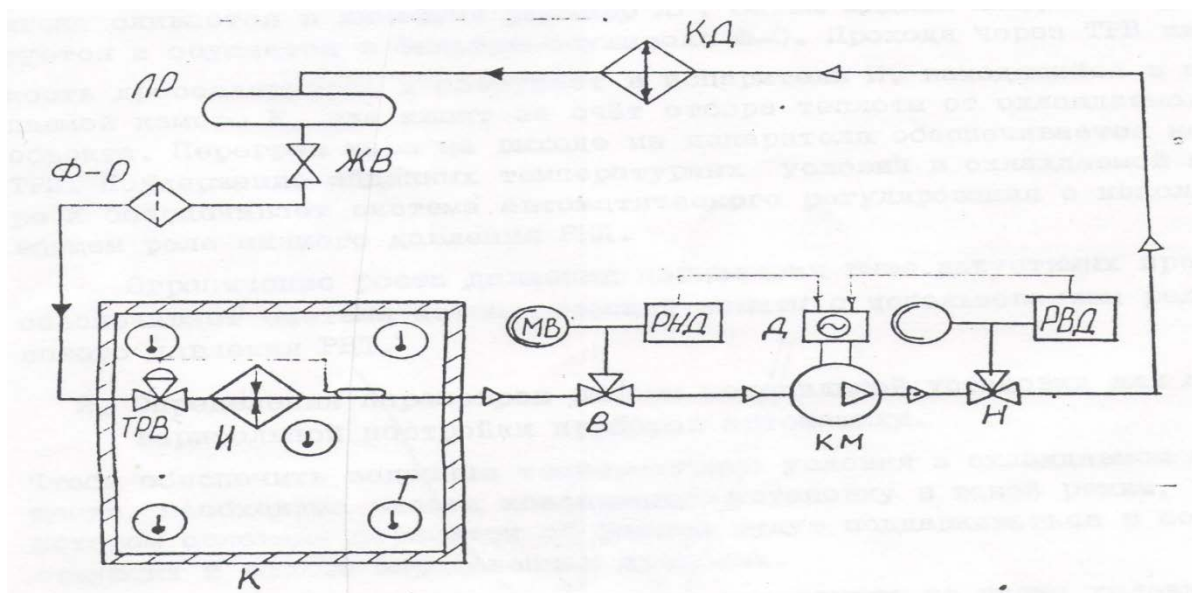


Рис. 11 Схема холодильной установки

КМ – компрессор; РВД и РНД – реле высокого и низкого давлений, соответственно; КД – конденсатор; ЛР – линейный ресивер; Ф-О – фильтр осушитель; ТРВ – терморегулирующий вентиль; И – батарея непосредственного охлаждения; К – охлаждаемая камера; В и Н – всасывающий и нагнетательный вентили, соответственно; Д – приводной электродвигатель; ЖВ – жидкостной вентиль ресивера; Т – термометр.

Холодильная установка работает следующим образом.

Компрессор КМ отсасывает пары хладагента из испарителя И, сжимает их и нагнетает в конденсатор КД. За счёт отвода теплоты в окружающий воздух, в конденсаторе КД происходит конденсация пара, и жидкий хладагент сливается в линейный ресивер ЛР. Затем жидкий хладагент фильтруется и осушается в фильтре – осушителе Ф-О. проходя через ТРВ жидкость дросселируется и поступает в испаритель И, находящийся в охлаждаемой камере К, где кипит за счёт отбора теплоты от охлаждаемого объекта. Перегрев пара на выходе из испарителя обеспечивается настройкой ТРВ. Поддержание заданных температурных условий в охлаждаемой камере К обеспечивает система автоматического регулирования с использованием реле низкого давления РНД.

Ограничение роста давления нагнетания выше допустимых пределов обеспечивает система автоматической защиты с использованием реле высокого давления РВД.

#### 1.4. Регулирование режима работы.

Цель регулирования работы холодильной установки – поддержание заданных температурных условий в охлаждаемых помещениях и аппаратах при наиболее экономичной, безотказной и бесперебойной работе.

Практически регулирование режима работы сводится к подаче такой массы жидкого хладагента в испаритель, которая должна успеть там испариться, и полученный пар отсосется компрессором.

Холодопроизводительность установки может регулироваться:

1. Изменением числа работающих компрессоров;
2. Изменением числа работающих цилиндров поршневого компрессора;
3. Изменением числа оборотов компрессора;
4. Байпасированием паров с нагнетательной стороны компрессора на всасывающую;
5. Изменением продолжительности работы компрессора

Холодопроизводительность компрессора должна соответствовать тепловой нагрузке на испаритель.

Если тепловая нагрузка превышает холодопроизводительность компрессора, то в испарителе образуется пара больше, чем отсасывается компрессором. Давление и температура кипения в испарителе, следовательно температура в охлажденном помещении будут повышаться. Холодопроизводительность компрессора в этом случае должна быть увеличена.

Если тепловая нагрузка на испаритель меньше холодопроизводительности компрессора, то паров в испарителе образуется меньше, чем отсасывается компрессором. Давление и температура кипения в испарителе, а следовательно в охлаждаемом помещении будут понижаться.

Холодопроизводительность компрессора в этом случае должна быть уменьшена. Количество подаваемого в испаритель жидкого холодильного агента должно соответствовать тепловой нагрузке на испаритель.

Контроль за правильностью регулирования подачи хладагента осуществляется по перегреву паров на всасывании.

При недостаточной подаче хладагента в испаритель перегрев паров на всасывании увеличивается. В этом случае пары по массе отсасываются больше, чем поступает жидкого хладагента, давление и температура кипения понижаются, уровень жидкого холодильного агента понижается и повышается температура воздуха в охлаждаемом помещении.

Причины недостаточной подачи хладагента: недостаточное открытие регулирующего вентиля, неправильная работа приборов автоматики, засорение жидкостных фильтров, замерзание ТРВ (для хладоновых установок), недостаточное количество хладагента в системе.

При чрезмерной подаче хладагента перегрев паров на всасывании уменьшается. В этом случае пара по массе отсасывается меньше, чем поступает жидкого хладагента, испаритель переполняется холодильным агентом, что может привести к влажному ходу компрессора.

При чрезмерной подаче хладагента могут быть: чрезмерное открытие регулирующего вентиля, неправильная работа приборов автоматики.

В случае появления признаков влажного хода (появление посторонних стуков, резкие колебания стрелки амперметра и манометра давления масла) прикрывается всасывающий вентиль компрессора и подача жидкого хладагента в испаритель. Если нарушена работа системы смазки или стуки в цилиндрах не прекращаются, компрессор необходимо немедленно остановить.

При назначении режимов работы следует учитывать необходимость перегрева паров на всасывании в пределах 5 – 15°С для аммиачных холодильных установок и 10 – 20°С для хладоновых.

Поддержание требуемого перегрева паров не только исключает работу влажным ходом, но и обеспечивает выгодные значения коэффициентов подачи компрессора; для

машин, работающих на хладоне – 12, одновременно улучшает возврат масла из испарителя в картер компрессора.

В простейших холодильных установках холодопроизводительность регулируется чередованием пусков и остановок компрессора с помощью реле низкого давления или реле температуры; сухой ход компрессора обеспечивается настройкой терморегулирующего вентиля.

Защита от повышения давления нагнетания сверх допустимых значений обеспечивается настройкой реле высокого давления.

### **Выводы и предложения:**

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Объяснить цель регулирования режима работы холодильной установки.
2. Рассказать, в чем заключается регулирование режима работы холодильной установки.
3. Назовите способы изменения холодопроизводительности установки

4. Объяснить, что произойдёт при несоответствии тепловой нагрузки на испаритель и 5. холодопроизводительности компрессора
6. Как производится контроль за правильностью подачи хладагента?
7. Каковы последствия и причины недостаточной подачи хладагента в испаритель
8. Каковы последствия и причины чрезмерной подачи хладагента в испаритель
9. Назовите признаки «влажного» хода и каковы ваши действия
10. Объяснить, что нужно учитывать при назначении режимов работы установки  
Рассказать, что даёт поддержание требуемого перегрева паров.

### **Лабораторная работа №11, №12, №13**

#### **Тема лабораторной работы :**

«Наблюдение за работой холодильной установки, изменения режимов работы и снятие показаний КИП. Выпуск масла из системы хладагента. Заправка компрессора маслом».

#### **Цель работы:**

1. Закрепить теоритические знания по теме: «Меры по улучшению эффективности работы холодильной установки».
2. Научиться вести наблюдения и изучить режимы работы холодильной установки.
3. Уметь проводить выпуск масла из системы хладагента.
4. Научиться заправлять компрессор маслом.

#### **Оборудование:**

1. Малая холодильная машина, работающая на хладона – 12, (R-12).
2. Набор необходимых инструментов (торцевые ключи для вентелей, отвертка, гаечные ключи).
3. Минеральное масло ХФ12-16.
4. Методическое указание к лабораторной работе №3, №4.

#### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы. (описание хода работы).**

Описание лабораторной холодильной установки с агрегатом ФАК-Ю, 7У.

1. Лабораторная холодильная установка состоит из следующих основных элементов: Компрессора с электродвигателем; воздушного конденсатора; линейного ресивера; батареи непосредственного охлаждения, охлаждаемой камеры; ТЭНов, устанавливаемых в камеру, для создания тепловой нагрузки; приборов автоматики – ТРВ, реле низкого и высокого давлений; приборов контроля термометров, манометра и мановакуумметра. Компрессор с электродвигателем, конденсатор, линейный ресивер скомпонованы в единый агрегат.
2. Техническая характеристика агрегата ФАК-Ю, 7У  
Общие данные:  
Холодопроизводительность, кВт (ккал/ч) 0,8(700)

Зарядка, кг

Хладагент R 12	3
Масло ХФ-12-18	1,05
Мощность двигателя, кВт	0,6
Масло агрегата, кг	81
Компрессор: тип	2ФВ-4/4,5
Конденсатор: тип ребристотрубный с воздушным охлаждением;	
Поверхность охлаждения, м <sup>2</sup>	3,8
Ресивер: тип	горизонтальный
Емкость, л	2,25

### 3. Техническая характеристика приборов автоматики.

Реле низкого давления (РНД) РД-16-01

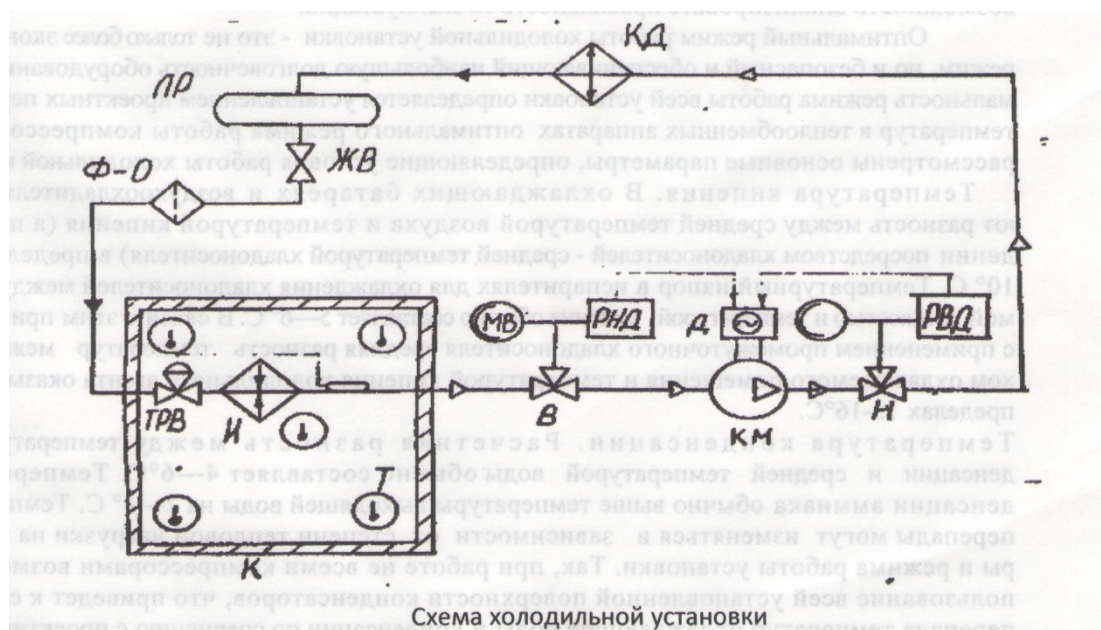
Диапазон регулирования, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) -0,3 – 4 (-0,03 – 0,4)

Дифференциал, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) 0,35 – 2,5 (0,035 – 0,25)

Реле высокого давления (РВД) РД-2Б-03

Диапазон регулирования, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) 7-19 (0,7-1,9)

Дифференциал, кгс/см<sup>2</sup> (МПа) 2,5 (0,2-0,5)



Км – компрессор; РВД и РНД – реле высокого и низкого давлений, соответственно; КД – конденсатор; ЛР – линейный ресивер; Ф-О – фильтр-осушитель; ТРВ – терморегулирующий вентиль; И – батарея непосредственного охлаждения; К - - осаждаемая камера; В и Н – всасывающий и нагнетательный вентили, соответственно; Д – приводной электродвигатель; ЖВ – жидкостный вентиль ресивера; Т – термометр.

Холодильная установка работает следующим образом.

Компрессор КМ отсасывает пары хладагента из испарителя И, сжимает их и нагнетает в конденсатор КД. За счёт отвода теплоты в окружающий воздух, в конденсаторе КД происходит конденсация пара, и жидкий хладагент сливается в линейный ресивер ЛР. Затем жидкий хладагент фильтруется и осушается в фильтре-осушителе Ф-О. Проходя через ТРВ жидкость дросселируется и поступает в испаритель И, находящийся в охлаждаемой камере К, где кипит за счет отбора теплоты от охлаждаемого объекта. Перегрев пара на выходе из испарителя обеспечивается настройкой ТРВ. Поддержание заданных температурных условий в охлаждаемой камере К обеспечивает система автоматического регулирования с использованием реле низкого давления РНД.

Ограничение роста давления нагнетания выше допустимых пределов обеспечивает система автоматической защиты с использованием реле высокого давления РВД.

### РЕГУЛИРОВАНИЕ РЕЖИМА РАБОТЫ УСТАНОВКИ

*Оптимальный режим работы.* В журнале работы рефрижераторной установки через каждый час вписывают следующие параметры:

температуру охлаждаемых объектов, забортной воды, наружного воздуха, воды при входе в конденсатор и выходе из него, рассола при входе в испаритель и выходе, из него, температуру испарения (кипения) холодильного агента для каждой группы, паров холодильного агента при входе в компрессоры, парового агента при выходе из компрессора (температура перегрева), жидкого холодильного агента после конденсатора, водяного переохладителя и промежуточного сосуда;

давление и температуру конденсации холодильного агента, насыщения в промежуточном сосуде;

мощность, потребляемую механизмами;

продолжительность работы компрессора и других механизмов (при автоматической работе по счетчику);

рабочее число оборотов для многоступенчатых механизмов.

В журнале кроме записи режима работы делают отметки о проведенных за смену операциях: заправка холодильного агента (количество и время), заправка и выпуск масла, замена клапанных пластин, о неисправностях в течение вахты, о выпуске воздуха и других работах. Запись в журнале не только позволяет составить отчет о работе установки, но и дает возможность анализировать правильность ее эксплуатации.

Оптимальный режим работы холодильной установки – это не только более экономичный режим, но и безопасный и обеспечивающий наибольшую долговечность оборудования. Оптимальность режима работы всей установки – это не только более экономичный режим, но и безопасный и обеспечивающий наибольшую долговечность оборудования. Оптимальность режима работы всей установки определяется установлением проектных перепадов температур в теплообменных аппаратах оптимального режима работы компрессора. Ниже рассмотрены основные параметры, определяющие условия работы холодильной машины.

**Температура кипения.** В охлаждающих батареях и воздухоохладителях принимают разность между средней температурой воздуха и температурой кипения (а при охлаждении посредством хладоносителей – средней температурной хладоносителя) в пределах от 8 до 10°C. Температурный напор в испарителях для охлаждения хладоносителей между охлаждаемой жидкостью и температурой кипения обычно составляет 5-6°C. В связи с этим при охлаждении с применением промежуточного хладоносителя средняя разность температур между воздухом охлаждаемого помещения и температурой кипения холодильного агента оказывается в пределах 13 – 16°C.

**Температура конденсации.** Расчетная разность между температурой конденсации и средней температурой воды обычно составляет 4-6°C. Температура конденсации аммиака обычно выше температуры выходящей воды на 2-4°C. Температурные перепады могут изменяться в

зависимости от степени тепловой нагрузки на компрессоры и режима работы установки. Так, при работе не всеми компрессорами возможно использование всей установленной поверхности конденсаторов, что приведет к снижению перепада температур охлаждающей воды и конденсации по сравнению с проектным.

Уменьшение удельного расхода электроэнергии на привод компрессора в этом случае может перекрыть перерасход энергии на привод циркуляционных водяных насосов.

Температура всасываемого в компрессор пара. Эту температуру устанавливают и поддерживают изменением подачи холодильного агента в испарительную систему. Для аммиачных холодильных машин оптимальным является перегрев всасываемого пара на 5-10°C, что обеспечивает сухой ход компрессора и максимальное значение коэффициента подачи. Для фреоновых машин температура перегрева должна быть больше (20-30°C), поскольку коэффициент подачи с увеличением перегрева продолжает повышаться при незначительном увеличении объема всасываемого газа. Температуру перегрева контролируют по термометру, установленному на всасывающем трубопроводе перед запорным вентилем компрессора, сравнивая его показания с температурой кипения, определяемой по таблице насыщенных паров холодильного агента, или температурной шкале манометра, измеряющего давление кипения в испарителе.

Температура паров холодильного агента после сжатия на выходе из компрессора (температура перегрева на нагнетательной стороне). Величина перегрева пара на нагнетательной стороне зависит от температуры кипения и конденсации, а также температуры перегрева пара на всасывающей стороне. Наблюдение за температурой перегрева пара на нагнетательной стороне компрессора необходимо, так как сравнение температуры пара в конце адиабатического сжатия в компрессоре с действительной температурой пара, выходящего из компрессора, позволяет с некоторым приближением определить состояние пара, всасываемого в компрессор. Падение температуры на нагнетательной стороне компрессора является признаком возможного влажного хода. Кроме того, как описано ниже, по температуре перегрева могут быть обнаружены некоторые нарушения нормальной работы установки.

Верхний предел допустимой температуры перегрева определяется температурой вспышки смазочного масла. Кроме того, большой перегрев на нагнетательной стороне компрессора ухудшает смазку компрессора, повышает испаряемость масла. Исходя из правил технической безопасности установок, перегрев на нагнетательной стороне не должен превышать для аммиачных компрессоров 140 °С, фреоновых, работающих на фреоне – 12, -105°C, на фреоне – 22 – 120°C. Такое ограничение перегрева на нагнетательной линии вызвано тем, что действительная температура пара в цилиндре в конце сжатия обычно на 15 – 20°C выше измеряемой на нагнетательном коллекторе.

Температуру перегрева с учетом перегрева всасываемых паров для аммиачных компрессоров можно определить по эмпирической формуле

$$T_H = 2,5 (t_k - t_0) + 1,5(t_{BC} - t_0) - B,$$

где B – эмпирический коэффициент (для одноступенчатых компрессоров

B=15, для ступени высокого давления двухступенчатых компрессоров B = 5, для низкой ступени B = 25).

Если определяют температуру перегрева для ступени высокого давления двухступенчатого компрессора, то в формуле вместо  $t_0$  проставляют температуру насыщения при промежуточном давлении, а при определении температуры нагнетания после ступени низкого давления вместо  $t_k$  ставят также температуру в промежуточном сосуде. Применение формуле ограничено температурой конденсации 35°C и температурой перегрева на всасывании не выше чем 15°C.

**Пример.**  $t_{o2} = \dots 40^\circ\text{C}$ ,  $t_{o1} = \dots 10^\circ\text{C}$ ,  $t_k = 35^\circ\text{C}$ , температура всасывания для каждой ступени на 6°C выше температуры насыщения. Температура перегрева после низкой ступени

$$T_{H*H} = 2,5 - [10(-40)] + 1,5[-34 - (-40)] - 25 = \\ = 2,5 * 30 + 1,5 * 6 - 25 = 61^\circ\text{C}.$$

Температура перегрева после высокой ступени

$$T_{H.B} = 2,5 - [35 - (-10)] + 1,5[-4 - (-10)] - 5 = 2,5 * 45 + 1,5 * 6 - 5 = 116,5^\circ\text{C}.$$

Если при этом режиме осуществить одноступенчатое сжатие, то

$$T_H = 2,5[35 - (-40)] + 1,5[-35 - (-40)] - 15 = 181,5^\circ\text{C}.$$

Такой перегрев недопустим, работа по одноступенчатой схеме невозможна.

Перегрев на нагнетательной стороне фреоновых компрессоров также зависит от температуры (давления) испарения и от перегрева на всасывающей стороне. Значение перегрева нагнетания для фреоновых компрессоров, работающих с перегревом во всасывающей стороне на  $20^\circ\text{C}$ , приведены в табл. 11.

Таблица 11

Температура конденсации, $^\circ\text{C}$	Температура паров фреона в конце сжатия при температуре испарения, $^\circ\text{C}$						
	0	-5	-10	-15	-20	-25	-30
19	42/50	43/52	44/56	45/60	46/65	49/68	51/71
23	47/57	48/60	50/63	51/67	52/72	54/73	57/78
28	54/63	55/66	56/70	57/75	58/80	61/82	63/85
33	58/72	59/75	60/78	62/83	63/86	65/88	67/93
38	63/78	65/81	66/85	67/88	68/93	72/95	73/100

Примечание. В числителе указана величина перегрева для компрессора, работающего на фреоне-12, в знаменателе — на фреоне-22.

Если отношение давлений велико, то перегрев может быть выше допустимой величины, поэтому иногда (сюда типа «Тропик») в аммиачных установках вспрыскивают жидкий холодильный агент во всасывающий трубопровод компрессора. Подача небольшого количества жидкого аммиака вызывает сбив перегрева в всасывающем трубопроводе и уменьшает перегрев на нагнетательной линии.

*Неисправности в работе.* Отклонение от оптимального режима вызывает снижение производительности установки нарушение режима в охлаждаемом объекте, увеличение эксплуатационных затрат, а в некоторых случаях и аварии.

Низкое давление в испарительной системе. Если установка работает при пониженной температуре испарения, а температура охлаждаемого объекта не достигает заданного значения, то причину этого следует искать в неудовлетворительной работе испарителя. Недостаточная подача холодильного агента, замасливание поверхности испарителя, образование значительного слоя снеговой шубы на поверхности охлаждающих батарей, обмерзание труб из-за слабой концентрации раствора – основные причины пониженной температуры испарения.

При недостаточной подаче холодильного агента или недостатке его в система только часть поверхности испарителя омывается жидким холодильным агентом, поэтому теплоприток уменьшается, давление испарения снижается. В отличие от других причин, вызывающих понижение испарения, недостаточная подача холодильного агента в испаритель сопровождается сравнительно высоким **перегревом** на всасывающей стороне. Следует отличать работу компрессора при пониженном давлении всасывания от работы при пониженной температуре испарения. Причиной пониженного давления всасывания может быть гидравлическое сопротивление во всасывающем трубопроводе, например засорение фильтра-грязевика или неполное открытие вентилей на всасывающих трубопроводах.

Низкое давление в испарительной системе после определения причины можно устранить, увеличив проходное сечение регулирующего вентиля, своевременно удаляя снеговую шубу, выпуская масло или продувая засоренную часть системы. Пониженное давление испарения приводит к перерасходу энергии, уменьшению холодопроизводительности компрессора.

Высокое давление в испарительной системе. Причиной этого может быть большое открытие регулирующего вентиля, что может сопровождаться влажным ходом компрессора. Высокое давление в конденсаторе и испарителе свидетельствует о переполнении системы холодильным агентом. Высокое давление в испарителе может

быть также при недостаточном отсосе паров в результате неисправности компрессора и при несоответствии между поверхностью испарителя и холодопроизводительностью работающих компрессоров.

Высокое давление в конденсаторе. При повышенном давлении в конденсаторе снижается холодопроизводительность установки, повышается температура конденсации и в конце сжатия, увеличивается удельный расход энергии. Повышение температуры конденсации на 1°С вызывает увеличение удельного расхода электроэнергии примерно на 2-2,5%.

Причины повышения температуры конденсации (возрастания давления в конденсаторе) следующие: недостаточная подача или прекращение подачи охлаждающей воды в конденсатор, высокая температура забортной воды, скапливание воздуха в системе, загрязнение охлаждающей поверхности конденсатора, переполнение его холодильным агентом. Температура (давление) конденсации может повыситься также при несоответствии поверхности конденсаторов производительности работающих компрессоров, что чаще всего происходит при пуске отопленной установки. В этом случае не следует включать все компрессоры одновременно.

Загрязнение охлаждающей поверхности конденсатора может быть вызвано образованием водяного камня, отложением ила, водорослей. Для устранения причин, вызывающих повышение температуры и давления конденсации, необходимы чистка поверхностей, слив в баллоны или ресивер избыточного количества холодильного агента, выпуск воздуха.

Повышение температуры перегрева. Высокая температура перегрева на нагнетательной стороне компрессора свидетельствует о неисправности его или ненормальном режиме работы установки. Высокий перегрев нежелателен, так как ухудшается смазка компрессора, а при перегреве выше допустимого предела возможен взрыв.

Перегрев на нагнетательной стороне может быть следствием высокого перегрева на всасывающей стороне компрессора, повышенного давления в конденсаторе и других причин. Чрезмерный перегрев может быть при неисправностях компрессора: значительный износ цилиндра компрессора, вызывающий большое перетекание пара через поршневые кольца, неплотность или неисправность нагнетательных клапанов. В этих случаях к пару, поступающему из испарителя примешивается горячий пар, существенно повышающий температуру пара в начале его сжатия, в результате чего соответственно повышается температура пара в конце процесса сжатия. Недостаточная подача воды в охлаждающую рубашку компрессора или отложение водяного камня на стенках рубашки, неисправность предохранительного клапана также могут быть причиной высокого перегрева пара.

Влажный ход компрессора. Это одна из серьезнейших нормальностей работы холодильных установок, нередко производящая к тяжелым авариям. Влажный ход не только опасен, но и способствует уменьшению холодопроизводительности вследствие уменьшения коэффициента подачи. Наступление влажного хода сопровождается снижением перегрева на всасывающей стороне, уменьшением перегрева на нагнетательной стороне. Влажный ход компрессора можно определить по характерному стуку клапанов – обычно звонкий стук становится глухим, могут появляться стуки и в цилиндре. Если при работе сухим холодом обмерзает только корпус всасывающего вентиля компрессора., то при поступлении влажного пара начинают обмерзать стенки цилиндров.

Основные причины влажного хода следующие: неправильное регулирование подачи рабочего тела в испарительную систему, когда жидкого холодильного агента подается больше, чем успевает выкипеть, под действием теплопритоков, испаритель переполняется, заливается отделитель жидкости.

вскипание жидкости в затопленных испарителях при резком снижении давления или при резком повышении тепловой нагрузки. Особую опасность представляет неправильное включение к работающей установке новых потребителей холода (испарителей) или включение испарителей после снятия снеговой шубы.

Во избежание бурного вскипания жидкости в подключаемом испарителе необходимо прикрыть всасывающий вентиль компрессора и постепенно открыть запорный вентиль на паровой трубке вновь подключаемого испарителя;

Переполнение системы холодильным агентом.

## Эксплуатация масляной системы холодильной установки.

Смазкой достигается разделение поверхностей трения деталей, движущихся одна относительно другой и, как следствие этого, уменьшение работы сил трения и снижение износа сопрягаемых деталей.

Различают три вида трения: сухое – при полном отсутствии смазки; полусухое – при нарушении смазки и дефектах поверхности трения; жидкостное – поверхности скольжения разделены слоем смазки.

При относительных перемещениях поверхностей появляется сила трения  $F$ , равная

$$F = f p$$

где  $f$  – коэффициент трения скольжения;

$p$  – сила нормального давления к поверхности сопрягаемых деталей.

При сухом трении металлических поверхностей коэффициент трения равен 0,15 – 0,20, при жидкостном – 0,0015–0,0050, т.е. в 40–100 раз меньше, чем при сухом. В связи с этим при жидкостном трении существенно уменьшаются затраты энергии и износ трущихся деталей. Жидкостное трение обеспечивается непрерывной и, как правило, принудительной подачей масла в зазор между сопрягаемыми деталями.

При вращении вала в подшипнике скорость масла, прилипшего к поверхности вала, равна окружной скорости вала, а масло непосредственно у поверхности подшипника остается неподвижным. Таким образом, трение двух твердых поверхностей заменяется трением слоев масла. При вращении вала масло, увлекаемое в зазор, создает так называемый масляный клип, давление которого достаточно для подъема вала. Наибольшее давление наблюдается в месте наибольшего сужения зазора.

Толщина масляного слоя зависит от ряда факторов, в том числе от нагрузки – чем тоньше слой масла между валом и подшипником, тем больше его несущая способность. Однако всегда надо выполнять основное условие жидкостного трения – не допускать уменьшения минимальной толщины масляного слоя ниже суммы микронеровностей на поверхности вала. При соприкосновении грубо обработанных поверхностей или появлении дефектов (царапин, выбоин, задиров и т.п.) на трущихся поверхностях нарушаются условия жидкостного трения, возникает полужидкостное трение деталей, которое остается до тех пор, пока не приработаются вершины неровностей на поверхностях.

Стирание неровностей на трущихся поверхностях сопровождается повышенным нагревом деталей, загрязнением смазки частицами, образовавшимися при износе поверхности. Этим объясняется необходимость частой смены масла и холостой обкатки нового оборудования после ремонта. Например, для компрессоров ряда V4/120-2 и 10, вторая–50, третья–200, четвертая после 1000 ч работы; впоследствии – через каждые 2000 ч работы, т.е. при 24-часовой работе в сутки каждые три месяца. Если масло загрязнено, то его заменяют чаще. При замене все старое масло сливают, фильтры и другие узлы масляной системы промывают растворителем и заливают новое масло.

Смазочное масло постоянно уносится из компрессора с парами холодильного агента в систему. Одна часть уносимого масла улавливается в маслоотделителе и через маслосборник выпускается в бак для отработавшего масла, другая уносится в систему и периодически выпускается из аппаратов через маслосборник в бак для отработавшего масла.

Во фреоновых установках выпуск масла из системы в открытый сосуд связан с большими потерями холодильного агента вследствие большой растворимости его в масле. Поэтому предусматривается циркуляция масла в системе с возвратом в компрессор или периодическим перепуском из аппаратов в компрессор.

Расход масла в аммиачных установках определяется количеством масла, уносимого паром из компрессора, которое указано в паспорте. Однако анализ фактических данных по расходу масла и изучение условий работы аммиачных холодильных машин показал, что при эксплуатации компрессоров к свежему маслу добавляют профильтрованное отработавшее. Отработавшее масло добавляют к свежему в количестве 33–44%. При этом до 1000ч работы нового компрессора или после капитального ремонта расход масла принимается по заводской норме уноса масла из компрессора, т.е. отработавшее масло повторно не используется.

Ниже приведены норма уноса масла для некоторых компрессоров отечественного производства.

Компрессор	Унос масла, г/ч	Компрессор	Унос масла, г/ч
АВ-22	40	АУ-200	150
АУ-45	50	АУУ-400	250
АУУ-90	100	ДАУ50	200
АВ-100	100	ДАУ80	200-250

Можно рекомендовать следующий порядок расчета расхода свежего масла на один компрессор (например, компрессор ДАУ80). В рейсе предполагается 3000ч работы компрессора, он отработал до этого рейса 2000ч. Унос масла из компрессора за весь рейс составляет  $3000 \cdot 0,2 = 600$ кг, с учетом использования отработавшего масла в количестве 35% расход свежего масла на заправку компрессора составит  $600 \cdot 0,65 = 390$ кг за рейс. В соответствии с заводской рекомендацией смена масла должна быть через 2000 ч, т.е. 1 раз. Количество масла, необходимое для заправки картера компрессора ДАУ80, составляет 60кг. Следовательно, расход свежего масле за рейс составит  $390 + 60 = 450$ кг на один компрессор. Аналогично рассчитывают количество масла на других компрессоров.

Если же компрессор новый или после капитального ремонта, то схема расчета будет следующая: исходные данные те же, что и в первом примере (3000 ч работы за рейс, компрессор ДАУ80). Эксплуатационный расход масла, на первые 1000ч составит по норме уноса из компрессора без использования отработавшего масла  $1000 \cdot 0,2 = 200$ кг. Для оставшихся 2000ч с учетом использования отработавшего масла в количества 35% расход свежего масла равен  $2000 \cdot 0,2 \cdot 0,65 = 260$ кг.

С учетом двух смен масла в картере за первые 1000ч и смены еще через 1000ч (резерв) получим дополнительный расход свежего масле  $3 \cdot 60 = 180$ кг. Всего расход свежего масла для одного компрессора за один рейс составит  $200 + 260 + 180 = 640$ кг.

При определении расхода масла рекомендуется рассматривает три периода работы компрессора в зависимости от числа отработанных часов с начала эксплуатации, после капитального ремонта или длительной стоянки.

В первый период (до 1000ч), когда еще не используется отработавшее масло, за норму расхода принята паспортный унос масла из компрессора и двойная смена масла в картере с учетом того, что первые две смены масла производятся на заводе-изготовителе.

Во второй период (от 1000 до 8000ч) норма расхода определяется с учетом количества добавленного отработавшего масла к количеству его по паспортной норме уноса и учитывается профилактическая смена масла в картере через 2000ч.

В третий период (свыше 8000ч) среднечасовой расход принимается таким же, как и для второго периода, но с коэффициентом 1,25, учитывающим повышенный износ цилиндров компрессора и прибавляется масло для профилактической смены в картере через 2000 ч.

Приведенный порядок расчета расхода масла принят для максимального числа оборотов компрессора. При минимальном числе оборотов расход масла должен быть уменьшен на 15%.

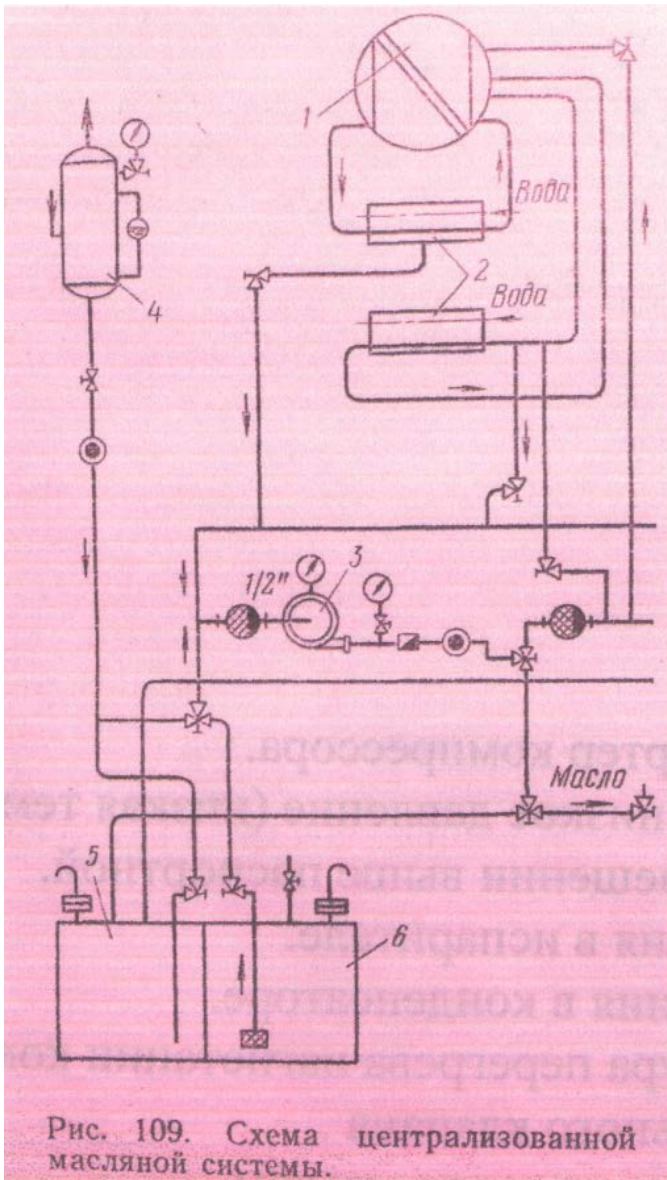


Рис. 109. Схема централизованной масляной системы.

Для фреоновых компрессоров, работающих на Фреоне-12, расход масла в соответствии с ГОСТ 7475-63 ограничивается первоначальной зарядкой системы. Однако следует рекомендовать некоторый резерв масла в количестве, равном объему картера компрессора. В аммиачных кстановках для повторного использования отработавшее масло регенерируют фильтрацией, сепарированием, химической очисткой. Для лучшего отстаивания примесей подогревают масло в отстойнике до температуры не выше 70-80°C.

Целесообразно добавлять масло в компрессоры судовой установки, а также заменять его, используя систему централизованного снабжения маслом компрессоров, что не только облегчает эту работу, но и обеспечивает чистоту подаваемого масла. Схема централизованной масляной системы приведена на рис. 109 (РТМ «Атлантик»).

Схемой предусмотрено снабжение компрессоров свежим маслом, слив отработавшего масла из маслосборника 4 и из компрессоров 1 в бак 5, выдача масла из системы на берег, прокачка масла через неработающие компрессоры.

Свежее масло засасывается масляным насосом через фильтр из бака 6 и подается к компрессорам через второй фильтр на нагнетательной стороне масляного насоса. Масло из аппаратов (конденсаторы, ресиверы, промежуточные сосуды и пр.) спускается в маслосборник 4. Из него под небольшим избыточным давлением масло сливается в бак 5, отработавшее масло из компрессоров также можно отсосать насосом 3 и подать в бак 5.

Особенностью приведенной схемы является то, что перед пуском компрессора масло можно прокачать через смазочную систему насосом 3.

Во время работы компрессора масляный насос прокачивает масло через водяные холодильники 2. При напряженной работе масло может сильно нагреться, охлаждение его способствует улучшению условий смазки компрессора. По эксплуатационным требованиям температура масла не должна превышать 70°C при температуре окружающего воздуха до 35°C.

## Выводы и предложения.

### Вопросы для самоконтроля:

1. Объясните как заправить масло в картер компрессора.

2. В каком случае в испарителе, будет низкое давление (низкая температура кипения), а в охлаждаемом помещении выше паспортной.
3. Назовите причины высокого давления в испарителе.
4. Раскройте причины высокого давления в конденсаторе.
5. Объясните почему растет температура перегрева нагнетании компрессора при неисправности нагнетательного клапана.
6. Почему опасна работа компрессора «влажным» ходом.
7. Объясните почему в хладоновых установках возможно создание циркуляции масла с хладагентом.
8. Расскажите как определить эксплуатационный расход масла для аммиачной установки (рейс 2 месяца).
9. Поясните признаки нормальной работы холодильной установки.

Каковы признаки влажного хода компрессора и ваши действия при этом.

### **Лабораторная работа №14, 16.**

#### **Тема лабораторной работы:**

«Выпуск воздуха из системы холодильного агента, воды и рассола. Заправка системы холодильным агентом, удаление из системы.»

#### **Цель работы:**

1. Приобрести практические навыки в обслуживании холодильных установок по выпуску воздуха и пополнению системы холодильным агентом;
2. Изучить правила выпуска воздуха из системы холодильного агента; изучить правила наполнения и пополнения систем холодильным агентом;
3. Определить наличие воздуха в системе холодильного агента лабораторной установки, произвести операции по его выпуску; произвести пополнение системы холодильным агентом.

#### **Оборудование:**

1. Малая холодильная машина, работающая на хладоне 12, с агрегатом типа МАК или ФАК и др. с холодильной камерой;
2. ТЭНы, смонтированные на панелях для установки в холодильную камеру (мощностью 60-80% от производительности машины);
3. Баллон с хладоном 12;
4. Весы для взвешивания баллона;
5. Манометр для проверки давления в баллоне.

#### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы. (описание хода работы)**

1. Общие положения
  - 1.1. Воздух в системе холодильного агента. Воздух может оказаться в системе холодильного агента в результате недостаточно тщательного вакуумирования ее перед

первоначальным заполнением холодильным агентом, при вскрытии компрессоров, аппаратов систем при ремонтных работах, а также при работе установки в вакууме.

Воздух скапливается в конденсаторе (или ресивере). При наличии смеси воздуха и паров хладагента общее давление в конденсаторе будет равно сумме парциальных давлений паров хладагента и воздуха.

$$P_k = P + P_v \text{ [МПа]}$$

$P_k$  – давление конденсации, МПа

$P$  – парциальное давление паров хладагента, МПа

$P_v$  – парциальное давление воздуха, МПа

Парциальное давление паров хладагента зависит от температуры среды, охлаждающей конденсатор, а парциальное давление воздуха – от его количества в конденсаторе.

Таким образом, наличие в системе холодильного агента, воздуха и других неконденсирующихся газов приводит к повышению давления в конденсаторе, что в свою очередь, вызывает снижение холодопроизводительности компрессора, увеличение расхода электроэнергии, повышение температуры нагнетания.

Значительное количество воздуха в системе может привести к повышению давления и температуры нагнетания компрессора до значений, превышающих допустимые.

При работающем компрессоре наличие воздуха в системе хладагента можно определить путем сравнения температуры конденсации (которую можно определить при данном давлении конденсации по таблицам или по температурной шкале манометра на конденсаторе) с температурой жидкого хладагента на выходе из конденсатора или линейного ресивера (по термометру).

Соответствие (в пределах погрешности показаний манометра) указанных температур свидетельствует об отсутствии воздуха, а превышение температуры конденсации над температурой жидкого хладагента – о наличии его в системе.

При неработающем компрессоре метод определения воздуха в системе заключается в следующем. После выключения компрессора конденсатор должен охладиться до температуры охлаждающей его среды. Чем больше разность между показанием манометра конденсатора и табличным значением давления насыщенных паров хладагента для данной температуры охлаждающей среды, тем больше в системе воздуха. При разности давлений больше 0,03 – 0,04 МПа (0,3 – 0,4 кгс/см<sup>2</sup>) требуется удаление воздуха.

Внешними признаками наличия воздуха в системе при работе холодильной установки являются: повышенное давление конденсации, увеличение амплитуды колебания стрелки манометра на стороне нагнетания компрессора, значительное повышение температуры конца сжатия в компрессоре.

Выпуск воздуха из системы хладагента производится посредством специального аппарата – воздухоотделителя или при отсутствии его через воздухопускной вентиль в верхней части конденсатора.

Воздухоотделители применяются в основном в установках на аммиаке.

Выпуск воздуха через воздухопускной вентиль на конденсаторе производится при неработающей холодильной установке после длительного охлаждения конденсатора (до температуры охлаждаемой среды). При наличии линейного ресивера рекомендуется предварительно заполнить его хладагентом (отсасывая испарительную систему), с последующим отключением от конденсатора.

Воздух выпускают, открывая воздухопускной вентиль, через присоединенный к вентилю шланг (трубку): в установках на аммиаке – в сосуд с водой, в установках на хладоне – в канал вытяжной вентиляции.

При отсутствии вентиля на конденсаторе воздух следует выпускать из верхней точки нагнетательного трубопровода, ослабляя гайку одного из соединений. Воздух выпускают до тех пор, пока давление в конденсаторе (по манометру) не станет близким к значению,

определенному по таблице насыщенных паров хладагента при температуре охлаждающей среды. При выпуске воздуха таким способом неизбежны значительные потери хладагента, составляющие не менее 70% выпускаемой смеси. Смесь рекомендуется выпускать с небольшими интервалами в объеме равном или превышающем объем конденсатора при наличии средств индивидуальной защиты.

#### 1.2. Наполнение системы холодильным агентом.

Наполнение системы хладагентом производится после монтажа или ремонта при удовлетворительных результатах испытания на плотность и вакуумирования системы.

В процессе эксплуатации холодильных установок приходится добавлять хладагент в систему для восполнения его потерь.

##### 1.2.1. Признаки недостатка хладагента в системе.

Внешними признаками недостатка хладагента в системе являются: повышение температуры в охлаждаемых помещениях вследствие недостаточного заполнения испарителей хладагентом, частичное оттаивание снеговой «шубы», понижение давления всасывания и высокая температура на стороне нагнетания компрессора. Увеличение открытия ТРВ не приводит к снижению перегрева всасываемого пара. Одним из характерных признаков недостатка хладагента является прохождение его через ТРВ с характерным свистом.

При небольшом недостатке хладагента в автоматизированных установках, регулируемых по принципу «пуск – остановка» от РНД, компрессор работает длинными циклами.

При значительном недостатке хладагента компрессор быстро отсасывает пар из испарителя и работает короткими циклами.

В установках, где циклическая работа обеспечивается посредством термореле, компрессор работает непрерывно.

##### 1.2.2. Признаки переполнения системы хладагентом.

Признаки переполнения системы холодильным агентом: высокое давление в конденсаторе сопровождается высоким давлением в испарителе, уменьшение открытия ТРВ не приводит к снижению давления кипения; перегрев на всасывающей и нагнетательной сторонах компрессора меньше нормального; компрессор работает влажным ходом, нижняя часть покрывается инеем.

##### 1.2.3. Контроль баллонов перед наполнением системы.

На заполняемый в систему аммиак необходимо иметь сертификат. Каждый баллон с хладоном должен иметь паспорт. Необходимо убедиться, что в каждом баллоне находится соответствующий хладагент.

Независимо от маркировки каждый баллон с хладоном подлежит обязательной проверке. Для этого необходимо установить баллон вертикально вверх, продуть его, подключить на его штуцер манометр и замерить давление. Зная температуру хладона в

баллоне, равную температуре воздуха в помещении, сверяют давление в баллоне с табличным значением давления насыщенных паров хладона при данной температуре. Следует помнить, что в таблицах приведены абсолютные давления, а манометр показывает избыточное давление.

Затем баллон взвешивается. По разности масс наполненных и опорожненных баллонов определяется количество поступившего в систему хладагента.

##### 1.2.4. Заполнение и пополнение холодильным агентом крупных и средних машин.

Крупные и средние холодильные машины заправляются жидким холодильным агентом при положении баллона головкой вниз через специальный наполнительный вентиль на коллектор регулирующей станции.

Если производится заполнение системы после монтажа или ремонта, то система должна быть отвакуумирована. Если осуществляется пополнение то из испарительной системы предварительно производится отсасывание паров холодильного агента.

При заполнении системы необходимо принять все меры против попадания в неё влаги и воздуха.

При заполнении системы хладагентом соблюдается следующая последовательность действий:

- взвешенный после продувки баллон подключается к наполнительному вентилю специальным шлангом или трубкой, испытанными предварительно на давление 2,1 МПа (21 кгс/см<sup>2</sup>) для аммиака и хладона-22 и на 1,4 (14 кгс/см<sup>2</sup>) для хладона-12;
- произвести продувку шланга или трубки, обжать соединения, убедиться в отсутствии утечек;
- открыть запорные ventили на линии циркуляции хладагента и регулирующие ventили;
- открыть наполнительный ventиль, затем ventиль на баллоне, внимательно наблюдая за повышением давления в системе по манометрам, хладагент первоначально будет поступать в систему за счёт разности давлений в системе и баллоне;
- если производится заполнение отвакуумированной системы после монтажа или ремонта, то при повышении давления в системе хладагента до 0,4 – 0,5 МПа (4 – 5 кгс/см<sup>2</sup>) для аммиака и хладона-22 и до 0,25 – 0,30 МПа (2,5 – 3 кгс/см<sup>2</sup>) для хладона-12 наполнение системы прекращается и производится проверка системы на плотности;
- при положительных результатах проверки на плотность, при достижении указанных давлений, запускается холодильная установка;
- прием хладагента продолжается, при этом жидкий хладагент попадает в испаритель, кипит в нем (необходимо создание тепловой нагрузки на испаритель), отсасывается компрессором, конденсируется и накапливается в линейном ресивере при закрытом главном жидкостном ventиле;
- после заполнения линейного ресивера приём хладагента из баллона приостанавливается, открывается главный жидкостный ventиль, часть хладагента перепускается в испарительную систему для более равномерного заполнения хладагентом всех аппаратов, главный жидкостный ventиль закрывается;
- продолжается заполнение системы примерно до 90% расчётного количества.

После этого холодильная установка включается для пробной работы и, в случае необходимости, добавляется остальное количество хладагента.

Количество заправленного в систему хладагента фиксируется в вахтенном журнале холодильной установки и в журнале технического состояния.

#### 1.2.5. Заполнение и пополнение холодильным агентом малых холодильных машин.

Малые холодильные машины, работающие на хладоне, не имеющие специального наполнительного ventиля, заполняются через штуцер трёхходового всасывающего запорного ventиля компрессора.

Зарядка производится при вертикальном положении баллона, головной вверх, парами холодильного агента, которые будут отсасываться компрессором непосредственно из баллона, конденсироваться, и жидкий холодильный агент будет накапливаться в ресивере при закрытом главном жидкостном ventиле.

При это необходимо обеспечить сухой ход компрессора. Это достигается поддержанием избыточного давления всасывания в пределах 0,05 – 0,15 (0,5 – 1,5 кгс/см<sup>2</sup>). Регулирование давления осуществляется с помощью ventиля баллона.

Общая последовательность действий и правила заполнения системы сохраняются, как и в случае заполнения систем крупных и средних машин.

Во всех случаях персонал, занятый наполнением системы должен пройти инструктаж по технике безопасности, должен иметь на рабочих местах индивидуальные средства защиты от поражения хладагентом.

При приеме аммиака присоединение, отсоединение и продувку баллонов и трубопроводов необходимо производить в противогазе, резиновых сапогах и перчатках.

#### 1.2.6. Признаки опорожнения баллона при заправке системы.

При наполнении системы холодильным агентом опорожнение баллона определяется по образованию инея на баллоне в районе ventиля и на соединительной трубке.

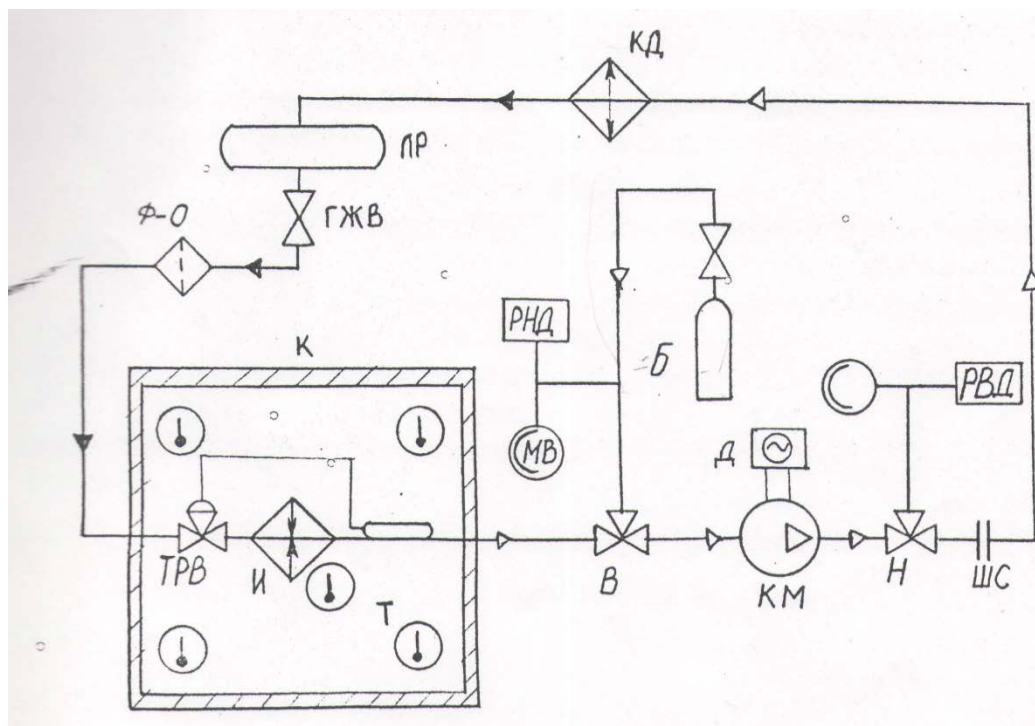


Рис.12 Схема выпуска воздуха из системы и заполнения системы холодильным агентом на лабораторной холодильной установке.

КМ – компрессор; НВ – нагнетательный и всасывающий вентили компрессора; КД – конденсатор; ЛР – линейный ресивер; ГЖВ – главный жидкостный вентиль; Ф-О – фильтр-осушитель; ТРВ – терморегулирующий вентиль; И – испаритель; РВД и РНД – реле высокого и низкого давления соответственно; ШС – штуцерно-торцевое соединение трубопровода; Т – термометр; Б – баллон с хладагентом. R-12.

2. Порядок выполнения работы на лабораторной холодильной установке с агрегатом типа ФАК.

2.1. К выполнению лабораторной работы можно приступать только после прохождения инструктажа по технике безопасности, пожарной безопасности и основным правилам эксплуатации холодильных установок.

2.2. Ознакомьтесь с лабораторной холодильной установкой, уясните ее состав, взаимное расположение ее элементов, расположение и подключение приборов; составьте техническую характеристику установки. Вычертите схему холодильной установки с учетом выполнения операций по выпуску воздуха из системы и заполнения системы холодильным агентом.

2.3. Определение наличия воздуха в системе хладагента на неработающей холодильной установке. Обратите внимание на то, что установка перед этим некоторое время не работала, т.е. температура конденсатора равна температуре окружающего воздуха; запорные вентили компрессора и главный жидкостный вентили закрыты, отсасывание паров хладагента из испарителя произведено.

Запишите показания манометра (давление в конденсаторе) и мановакуумметра (давление в испарителе). Определите давление, которым должен обладать холодильный агент R-12 при данной температуре по таблицам насыщенных паров. Сравните определенные по манометру и по таблицам давление и определите наличие воздуха в системе.

2.4. Проведите операции по выпуску воздуха из системы. При этом необходимо пользоваться защитными очками и резиновыми перчатками.

Выпуск смеси паров хладагента и воздуха производится ослаблением затяжки гайки штуцерно-торцевого соединения ШС нагнетательного трубопровода за нагнетательным вентилем Н с последующим обжатием (см.рис.12) выпуск производится с небольшими интервалами в объеме приблизительно равном объему конденсатора до тех пор, пока давление манометра на

нагнетательном трубопроводе не приблизится к давлению насыщения паров хладона-12 при данной температуре.

После выпуска воздуха гайку соединения затянуть, плотность проверить обмыливанием.

#### 2.5. Пополнение системы хладагентом.

К пополнению холодильным агентом холодильная установка должна быть подготовлена. Пары холодильного агента из испарителя должны быть отсосаны при закрытом главном жидкостном вентиле, установка остановлена. Реле низкого давления должно быть настроено на давление выключения  $P_{\text{выкл}} = 0,05$  МПа ( $0,5$  кгс/см<sup>2</sup>) и давление включения  $P_{\text{вкл.}} = 0,15$  МПа ( $1,5$  кгс/см<sup>2</sup>).

Установите баллон с хладагентом вертикально, головкой вверх, отверстие вентиля баллона направьте в сторону от людей.

Пользуясь защитными очками и резиновыми перчатками продуйте баллон, открывая его вентиль на 1-2 с. При этом из баллона должен выходить парообразный, а не жидкий хладон. В случае выхода жидкого хладона необходимо несколько раз открывать вентиль на баллоне до появления парообразного хладона.

Подсоедините к баллону манометр и измерьте давление в баллоне. Сравните с табличным значением давления насыщения паров хладона-12 при данной температуре, убедитесь, что в баллоне находится хладон-12 отсоедините манометр.

Выверните шток всасывающего вентиля компрессора И (см.рис.12) против часовой стрелки до отказа, отсекая тем самым его штуцер; снимите заглушку со штуцера.

Присоедините баллон с помощью зарядной трубки к освободившемуся штуцеру, перед обжатием соединения трубки со штуцером произведите продувку трубки, слегка приоткрыв на короткое время вентиль на баллоне.

Проверьте плотность соединений обмыливанием. Вверните шпindel всасывающего вентиля компрессора В на 1 – 1,5% оборота.

Зарядка системы хладагентом начинается открытием вентиля баллона, при этом давление по мановакууметру должно быть не выше 0,15 МПа ( $1,5$  кгс/см<sup>2</sup>).

Первоначально пополнения системы осуществляется перепуском паров хладагента из баллона.

При достижении давления 0,15 МПа ( $1,5$  кгс/см<sup>2</sup>) закройте вентиль баллона и всасывающий вентиль компрессора В, повернув его шток по часовой стрелке до отказа.

Дальнейшее пополнение системы хладагентом будет происходить за счет отсасывания компрессором паров хладагента из баллона.

Запустите компрессор (соблюдая правила пуска). Давление всасывания компрессора отрегулируйте вентилем баллона в пределах 0,1 – 0,15 МПа ( $1 – 1,5$  кгс/см<sup>2</sup>).

Холодильный агент будет конденсироваться в конденсаторе и накапливаться в линейном ресивере, т.к. главный жидкостный вентиль ГЖВ закрыт. Следите за работой компрессора, периодически контролируйте плотность соединений обмыливанием, следите за показаниями приборов.

При достижении давления конденсации 0,9 МПа ( $9$  кгс/см<sup>2</sup>) зарядки системы хладагентом прекратите, закрыв вентиль баллона и отсосав пары хладагента из подсоединительной трубки до автоматической остановки компрессора.

Устраните возможность автоматического включения компрессора.

Отсоедините баллон с хладагентом:

- вентиль баллона должен быть плотно завернут;
- выверните шток всасывающего вентиля компрессора В против часовой стрелки до отказа;
- пользуясь защитными очками и резиновыми перчатками отсоедините трубку от штуцера всасывающего вентиля компрессора и от баллона;
- установите заглушку на штуцере вентиля, а на баллон колпак.

Определить достаточно ли в системе холодильной установки хладагента можно произведя ее пробную работу при открытом ГЖВ и создав тепловую нагрузку с помощью ТЭНов в охлаждаемой камере.

Если при нормальной работе холодильной установки выполняются заданные температурные условия в охлаждаемой камере, и отсутствуют признаки взвешиванием баллона до и после приемки.

### 3. Составление отчета.

На выполненную работу составляется отчет, который должен содержать:

- 3.1. - техническую характеристику холодильной установки;
  - схему холодильной установки для случаев выпуска воздуха и пополнения системы холодильным агентом;
  - данные для определения наличия воздуха в системе и заключение о необходимости его выпуска;
  - краткое описание способа выпуска воздуха на лабораторной установке и правила техники безопасности
- 3.2. - данные и результаты проверки марки хладагента;
  - параметры, контролируемые при приемке хладагента в систему;
- краткое описание процесса пополнения системы хладагентом и правила техники безопасности.

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Влияние наличия воздуха в системе хладагента на работу холодильной установки;
2. Способы выпуска воздуха из системы хладагента;
3. Признаки наличия воздуха в системе хладагента;
4. Признаки недостаточного количества хладагента в системе;
5. Признаки переполнения системы холодильным агентом;
6. Признаки опорожнения баллона при заправке системы;
7. Последовательность действий при выпуске воздуха;
8. Последовательность действий при наполнении системы хладагентом;
9. Правила техники безопасности при выпуске воздуха и наполнении системы.

## **Лабораторная работа № 15.**

### **Тема лабораторной работы:**

«Снятие снеговой шубы с приборов охлаждения»

### **Цель работы:**

1. Закрепить теоретические знания по теме: «Обслуживание холодильной установки. практические навыки в удалении снеговой шубы с приборов охлаждения.
2. Приобрести

### **Оборудование:**

1. Методические указания к лабораторной работе:  
Малая холодильная машина с агрегатом ФАК.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластухин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы (описание хода работы)**

При охлаждении воздуха ниже температуры точки росы из него выпадает влага. Если температура охлаждающих батарей,

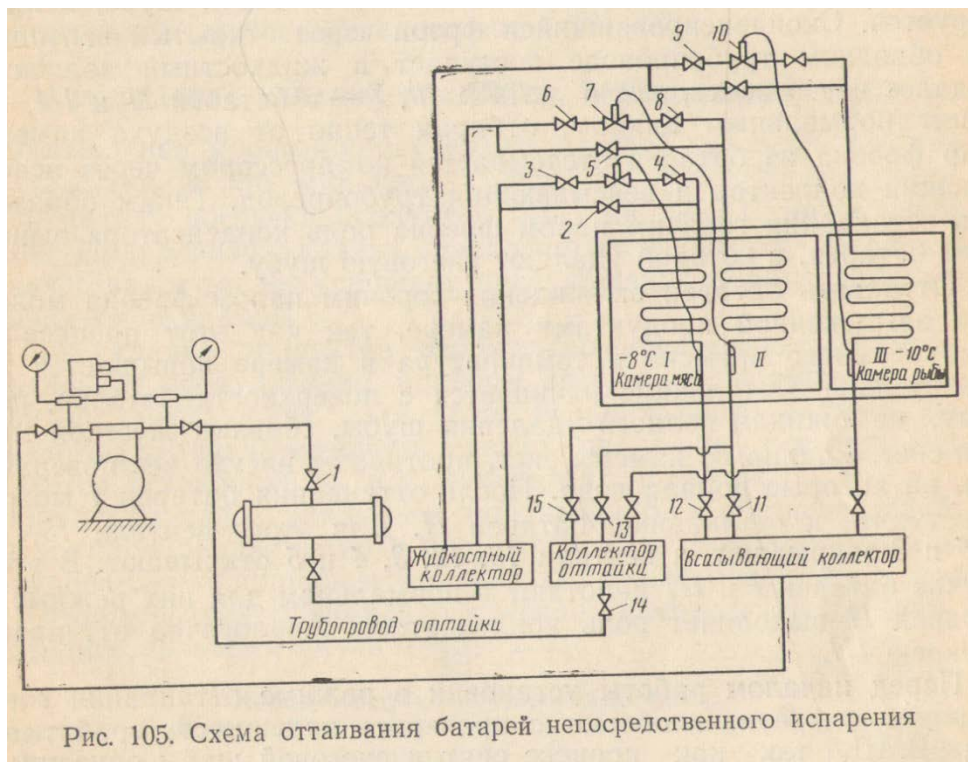


Рис. 105. Схема оттаивания батарей непосредственного испарения

установленных в камерах, ниже  $0^{\circ}\text{C}$ , выпавшая влага замерзает на охлаждающих поверхностях, образуя так называемую снеговую шубу. Образование снеговой шубы отрицательно сказывается на процессе теплопередачи. Так, слой снега толщиной в 1-2 мм уменьшает коэффициент теплопередачи на 12 – 15%.

В связи с этим следует принимать меры, замедляющие процесс образования снеговой шубы: не допускать проникновения влаги в провизионные камеры, извне, грузить продукты в камеры в возможно более короткое время, работать с минимально возможной разностью температур охлаждаемого помещения и холодильного агента (рассола) и др.

Образовавшуюся на поверхности испарительных батарей снеговую шубу можно удалить следующими способами: горячим паром фреона, горячей пресной водой, посредством местного или полного обогрева камеры электрогрелками.

Схема оттаивания батарей непосредственного охлаждения горячим паром фреона показана на рис. 105. Батареи оттаивают в порядке очередности. При этом все батареи установки, кроме батареи, подлежащей оттаиванию, работают в нормальном для них режиме.

Чтобы оттаяла снеговая шуба с испарительной батареи I, необходимо вентили 1, 3, 4 и 12 закрыть, а вентили 14, 15, 2 открыть. Горячий пар фреона из компрессора, минуя конденсатор, по трубопроводу оттаивания через вентили 14 и 15 поступает в оттаиваемую батарею и, отдавая тепло снеговой шубе, конденсируется. Сконденсировавшийся фреон через открытый вентиль 2 на обводном трубопроводе поступает в жидкостный коллектор и далее через вентили 9, 6 и ТРВ 10, 7 – в батареи II и III, где кипит нормальным циклом, отбирая тепло от воздуха камеры. Пар фреона из батарей отсасывается компрессором через всасывающий коллектор и всасывающий трубопровод. Таким образом, при оттаивании горячим паром фреона роль конденсатора выполняет батарея, с которой удаляют снеговую шубу.

Оттаивать батареи охлаждения горячим паром фреона можно при загруженной продуктами камере, так как этот процесс не требует много времени и температура в камере повышается незначительно. Оттаивание начинается с поверхности батареи, поэтому, не ожидая полного удаления шубы, сбивают жесткой метлой снег. Удалив из камеры снег, протирают насухо все поверхности, на которые попала вода. После оттаивания батареи I можно приступить к оттаиванию батареи II. Для этого вентили 15, 11, 2, 6 и 8 закрывают, а вентили 13, 12, 3, 4 и 5

открывают. В этом случае батареи I и III работают в нормальном для них режиме, а батарея II выполняет роль конденсатора. Аналогично оттаивают батарею III.

Перед началом работы установки в режиме оттаивания горячим паром фреона необходимо проверить надежность срабатывания ВДМ, так как процесс снятия снеговой шубы описанным способом проходит при повышенном давлении нагнетания компрессора.

Прежде чем приступить к удалению шубы горячей пресной водой, освобождают камеру от продуктов и отсасывают фреон из батарей камеры до постоянного давления 0,2 ати. Из шланга под малым напором поливают батарею горячей водой, которая затем стекает в поддон. После этого протирают насухо испаритель, переборки и подволок от сконденсировавшейся влаги. Попадание воды на пол камеры не опасно только при полной герметичности обшивки; просочившаяся через обшивку вода вызывает гниение изоляции.

На современных судах предусмотрено удаление снеговой шубы с помощью электрогрелок, смонтированных в испарительные батареи. В этом случае можно осуществлять местный обогрев камеры, не освобождая ее от продуктов. Перед началом оттаивания фреон отсасывается из батарей. На период оттаивания включаются камерные вентиляторы. Оттаявшая вода стекает в поддоны, соединенные со шпигатами. На ряде судов (например, теплоходах типа «Новгород») предусмотрено автоматическое управление работой установки при режиме оттаивания, осуществляемое двухимпульсным реле времени (импульсы интервалов настройки от 1 до 24 ч и импульсы продолжительности от 1 до 6 мин). Так, при настройке интервала на 20 ч и продолжительности на 10 мин через каждые 20 ч цепь питания компрессора будет размыкаться, а цепь электроподогревателей и вентилятора на 10 мин замыкаться. Такая настройка характерна для средних широт, в тропиках интервалы должны быть короче – 12 – 16 ч.

### **Выводы и предложения.**

#### **Вопросы для самоконтроля.**

1. Назовите причины образования снеговой шубы на приборах охлаждения.
2. Расскажите как влияет снеговая шуба на работу холодильной установки.
3. Назовите меры образования снеговой шубы.
4. Перечислите способы удаления снеговой шубы
5. Дайте сравнительную характеристику способам удаления снеговой шубы
6. Объясните работу схемы оттаивания батареи горячими парами фреона.
7. Расскажите как происходит удаление снеговой шубы горячей пресной водой. Поясните сущность удаления снеговой шубы с помощью ...

### **Лабораторная работа №17.**

#### **Тема лабораторной работы:**

«Изучение конструкции и работы различных типов морозильных аппаратов»

#### **Цель работы:**

1. Закрепить теоретические знания по теме «технологическое холодильное оборудование»
2. Научиться разбираться в конструкции и работе морозильных аппаратов различных типов.
3. Уметь давать сравнительную характеристику морозильных аппаратов разных типов.

### **Оборудование:**

1. Плакаты
2. Схемы морозильных аппаратов.
3. Методические указания.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы.**

**(описание хода работы)**

#### **Оборудование для замораживания рыбы**

Замораживание рыбы осуществляется в воздухе, в результате контакта с холодильными металлическими поверхностями, в жидких средах. Замораживание в воздухе - наиболее распространенный способ, используемый на промысловых судах в настоящее время. Постепенно он вытесняется замораживанием в плиточных морозильных аппаратах. Замораживание в жидких средах перспективно, но применяют его в настоящее время на судах только для замораживания тунца.

Воздушное охлаждение. Морозилки воздушного охлаждения бывают стеллажные и туннельные.

*Стеллажные морозилки.* В них замораживаемый продукт размещается на стеллажных батареях (змеевики образуют полки). Выполнены они в виде шкафа со стеллажами, на которые ставят противни с рыбой или подвешивают крупную рыбу; применяют на мелких рыбопромысловых судах. Они просты, но не допускают механизации обслуживания и не обеспечивают равномерного замораживания рыбы.

*Туннельные морозилки.* Они состоят из грузового отсека, в котором помещен замораживаемый продукт, и отсека для воздухоотделителей.

В зависимости от способа перемещения замораживаемого продукта туннельные морозилки подразделяют на тележечные, конвейерные и гравитационные (груз движется по направляющим с помощью толкающего механизма).

В тележечных морозилках механизировано только перемещение тележек вдоль туннеля, а загружают и выгружают рыбу вручную.

В настоящее время наибольшее применение на промысловых судах находят морозилки воздушного охлаждения с конвейерным и гравитационным перемещением продукта. Автоматизированный скороморозильный аппарат типа АСМА. На рис.106 показано конвейерное устройство этого аппарата. Производительность аппарата 25т рыбы за 22ч работы.

Замораживается рыба в этих аппаратах в закрытых блок-формах с крышками, что снижает усушку продукта.

Скороморозильный аппарат состоит из грузового конвейера, воздухоохладителя и вентилятора, помещенных в изолированный кожух.

Две параллельные цепи конвейера, изменяя с помощью звездочек направление, образуют 16 горизонтальных участков. Специальное устройство переводит блок-формы с одного яруса на другой, сохраняя их горизонтальное положение. Сбоку от грузового конвейера расположены воздухоотделитель и вентилятор.

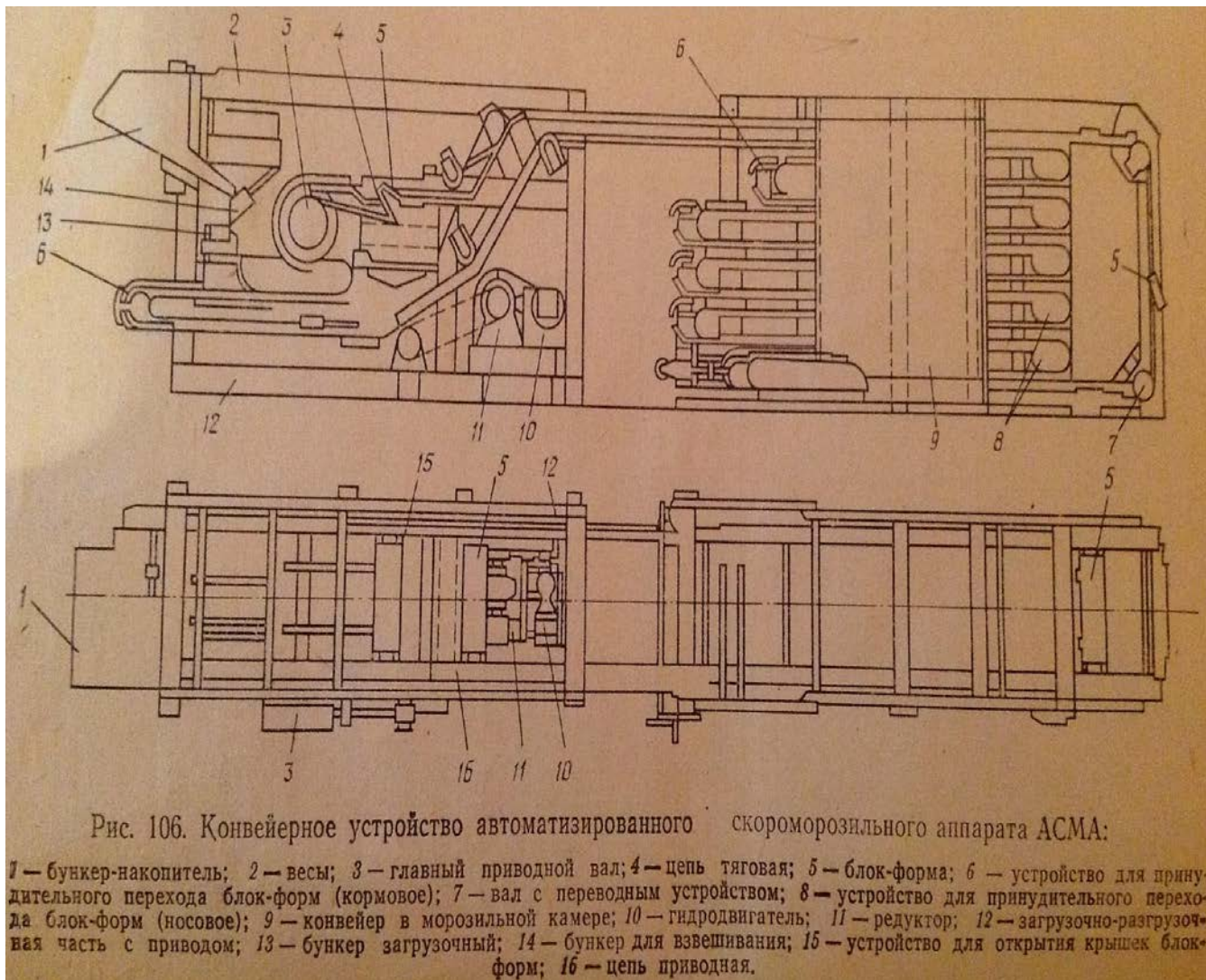


Рис. 106. Конвейерное устройство автоматизированного скороморозильного аппарата АСМА:

1 — бункер-накопитель; 2 — весы; 3 — главный приводной вал; 4 — цепь тяговая; 5 — блок-форма; 6 — устройство для принудительного перехода блок-форм (кормовое); 7 — вал с переводным устройством; 8 — устройство для принудительного перехода блок-форм (носовое); 9 — конвейер в морозильной камере; 10 — гидродвигатель; 11 — редуктор; 12 — загрузочно-разгрузочная часть с приводом; 13 — бункер загрузочный; 14 — бункер для взвешивания; 15 — устройство для открытия крышек блок-форм; 16 — цепь приводная.

К аппарату монтируют бункерные веса, распределительный бункер, элеватор для подъема блок-форм, оттаивательное устройство, ленточный транспортер для замороженных блоков, глазуровочный аппарат и транспортер для глазурованных блоков.

Из моечной машины рыба поступает в загрузочные бункерные веса, откуда — в распределительный бункер, из которого высыпается в блок-форму. Рыбу разравнивают, закрывают блок-форму крышкой, и элеватор поднимает загруженные блок-формы на верхний ряд грузового конвейера, перемещающий их в камеру скороморозильного аппарата.

В зависимости от скорости движения цепей продолжительность нахождения блок-форм может колебаться от 1ч 46мин до 3ч 44мин.

Выходя из аппарата, блок-формы, только одной стороной шарнирно связанные с цепью, переворачиваются вниз крышкой, орошаются подогретой забортной водой, крышка отстегивается, и оттаявший блок рыбы падает на транспортер, последний подает блоки на глазуровку и упаковку.

Освобожденные блок-формы перевертываются и возвращаются к месту загрузки. Воздух охлаждается аммиачным воздухоохладителем из оребренных труб с поверхностью охлаждения  $1950 \text{ м}^2$ . Для циркуляции воздуха установлен центробежный вентилятор с двусторонним всасыванием производительностью  $60000 \text{ м}^3/\text{ч}$ .

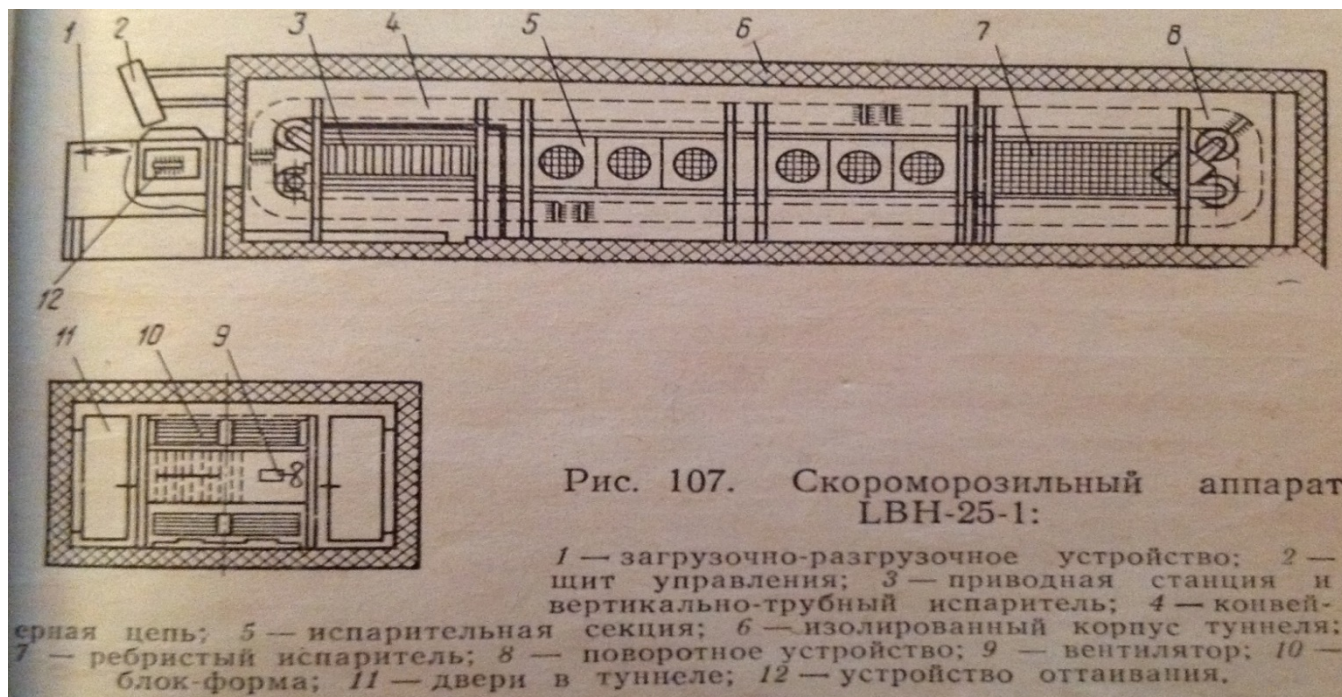
*Автоматизированный скороморозильный аппарат с конвейерным перемещением продукта* ЛВН-25-1 (предприятия «Кюльаомат», ГДР) производительностью 22,5т за 22ч (рис.107). Выполнен аппарат в виде изолированного грузового туннеля, внутри которого установлены воздухоохладители и грузовый конвейер, несущий блок-формы.

Передвижение конвейера осуществляется с помощью гидропривода давлением масла. Загрузка и выгрузка блок-форм происходит вне туннеля. Рыба из двух весовых бункеров

поступает в блок-формы, блок-формы закрываются крышками, посредством гидравлических рычагов вставляются в захваты цепи конвейера и поступают на заморозку. В процессе продвижения по конвейеру блок-формы обдуваются поперечным потоком холодного воздуха.

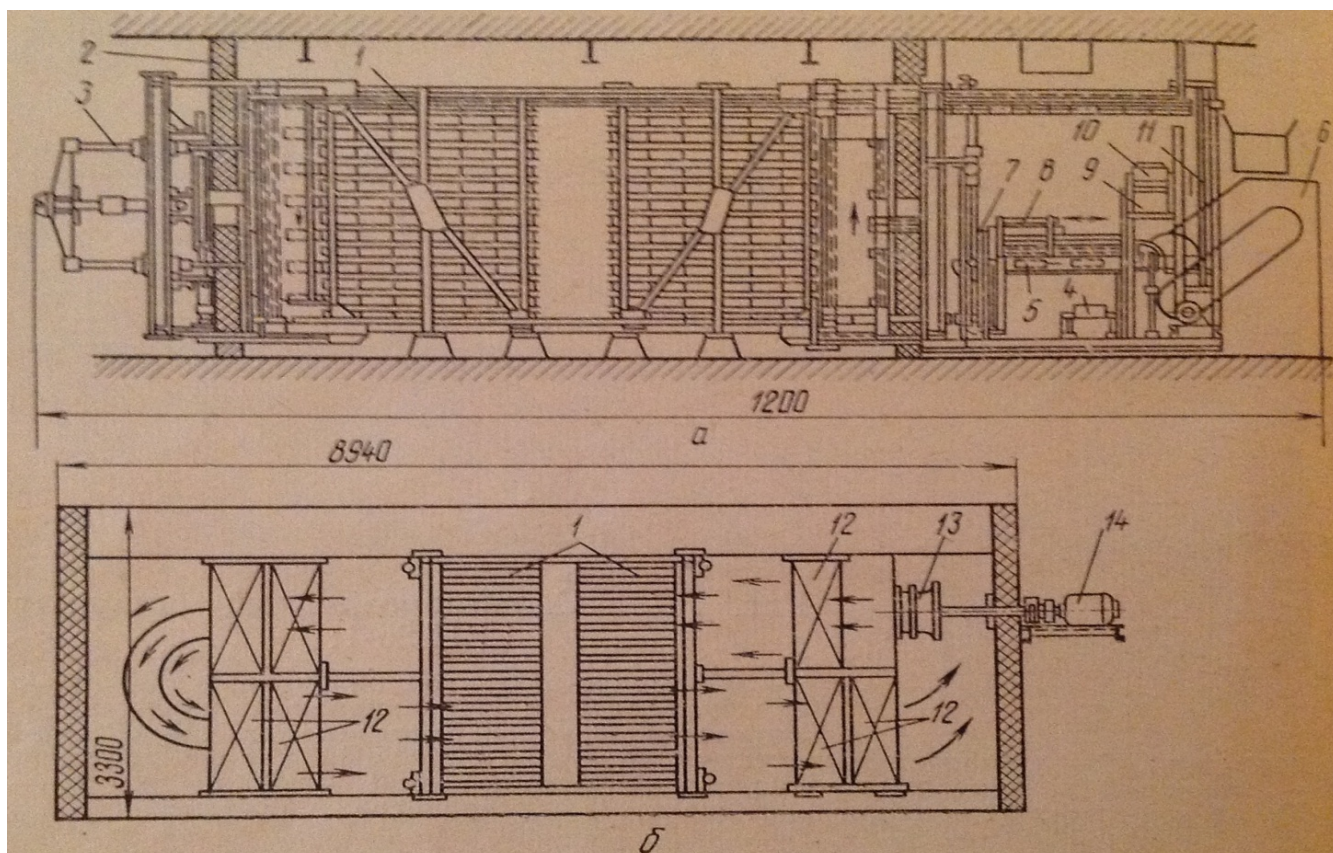
Воздухоохладитель и грузовой конвейер разделены на четыре секции, отделенные одна от другой переборками с лабиринтным уплотнением. В первой и четвертой секциях вентиляторы установлены по одну сторону от конвейера, во второй и третьей – с противоположной стороны. Направление потока холодного воздуха соответственно изменяется, что обеспечивает более равномерное замораживание блоков рыбы.

Змеевики первой секции воздухоохладителя выполнены из гладких труб, и возможно оттаивание снеговой шубы первой секции без остановки конвейера, трубы последующих секций изготовлены из оребренных труб. Блок-формы с замороженной рыбой извлекаются из захватов конвейера и поступают в камеру оттаивания, затем блок-формы опрокидываются, и блоки рыбы выпадают из блок-формы.



Продолжительность одного цикла замораживания рыбы от 10 до  $-22^{\circ}\text{C}$  3,8ч. Скороморозильный аппарат обслуживается одним рабочим, все основные процессы автоматизированы.

Механизированный туннельный скороморозильный аппарат фирмы «Линде» (ФРГ) с гравитационным перемещением груза (рис. 108). Производительность его 50т за 22ч работы.



**Рис. 108. Бесконвейерный скороморозильный аппарат фирмы «Линде» (ФРГ):**

*а* — продольный разрез; *б* — поперечный разрез; 1 — блок-формы; 2 — теплоизоляционный контур; 3 — механизм передвижения по вертикали и горизонтали; 4 — транспортер для брикетов рыбы; 5 — моечное устройство; 6 — глазурочный аппарат; 7 — подъемное и поворотное устройство; 8 — камера оттаивания; 9 — весы; 10 — подающий транспортер; 11 — подъемное устройство; 12 — воздухоохладители; 13 — вентилятор; 14 — электродвигатель.

Блоки рыбой массой 10-11 кг замораживаются в оребренных блок-формах из алюминиево-магниевого сплава с закрывающимися крышками при температуре воздуха  $-30 \div -35^{\circ}\text{C}$ . В грузовом туннеле установлены рельсы двумя параллельными рядами в 14 ярусов по высоте с расстоянием 170 мм. По рельсам движутся блок-формы, скользящие по специальным вставкам из нестирающегося материала, проталкивая друг друга торцевыми буферами. На конце каждого ряда блок-формы с помощью механизма вертикального перемещения спускаются на рельсы нижележащего ряда и т.д., а по самому нижнему ряду рельсов выходят из изолированного контура.

Блок-формы с замороженной рыбой при выходе из аппарата переворачиваются крышками вниз и поступают под оттаивательное устройство, в котором орошаются забортной водой с температурой  $35-40^{\circ}\text{C}$ . Крышки автоматически отстегиваются, а замороженные блоки выпадают на транспортер, доставляющий их на глазуровку. После глазуровки блоки упаковывают в картонную пару и передают в трюм на хранение.

**Замораживание при контакте рыбы с холодильными поверхностями.** Оно осуществляется в плиточных аппаратах различной конструкции. В плиточных аппаратах можно замораживать филе, рыбные палочки и мелкую рыбу, упакованную в пакеты, при толщине замораживаемого слоя не более 100 мм.

В замораживающие плиты по гибким высоконапорным шлангам подают холодильный агент или холодильный рассол, а между плитами кладут рыбу. С помощью гидравлического или механического устройства замораживающие плиты сдвигают так, чтобы был обеспечен хороший контакт между плитой и рыбой. Между плитами размещены промежуточные рамы для защиты замораживаемого продукта от раздавливания и получения брикетов одинаковой толщины. Число замораживающих плит колеблется примерно от 8 до 20. Расположение плит может быть вертикальным, горизонтальным или радиальным.

В контактных плиточных аппаратах быстро и равномерно замораживаются продукты, они имеют высокую удельную производительность, отнесенную к объему занимаемого помещения, высокий уровень санитарного состояния. Недостаток контактных плиточных аппаратов - в них нельзя замораживать отдельные большие рыбы.

Для среднетоннажных судов с суточным объемом замораживания 12-18т целесообразно применять горизонтально-плиточные морозильные аппараты АМП-7А.

*Скороморозильный аппарат АМП-7А.* Он предназначен для замораживания рыбы, филе и фарша в блоках 10кг размером 800х250х60мм. Производительность по рыбе 6т/сут, единовременная загрузка аппарата 780кг, продолжительность замораживания одной загрузки 3ч.

Замораживается продукт в блок-формах, представляющих собой штампованные из листового алюминиевого сплава противни с крышками. Аппарат имеет 14 морозильных плит, изготовленных из алюминиевого сплава. По каналам замораживающих плит циркулирует холодильный агент, коллекторы подачи топлива и отвода холодильного агента встроены в контур плит.

Скороморозильный аппарат подключается к схеме холодильной установки, работающей на аммиаке или хладоне-22, с насосной подачей жидкого холодильного агента в приборы охлаждения.

Горизонтально-плиточные аппараты по сравнению с воздушными морозильными аппаратами шкафного типа имеют значительные преимущества: примерно в 4 раза уменьшается площадь, занимаемая аппаратом, в два раза увеличивается выработка продукции на одного обслуживающего работника, улучшается качество продукции.

**Роторный скороморозильный аппарат АРСА-Р-12 отечественного производства** (рис.109). Производительность 12т за 22ч работы, имеет радиальное расположение морозильных плит.

Аппарат состоит из загрузочного устройства, упаковочного механизма, ротора, привода, разгрузочного устройства. Ротор образован полным валом с двумя дисками, между которыми равномерно распределены радиально по окружности 23 двойных блок-формы (соединенные попарно морозильные плиты из специального алюминиевого проката), шарнирно закрепленные на валу. Замораживание происходит в результате контакта блока рыбы, завернутого в пергамент или бумагу, покрытую полиэтиленовой пленкой, и холодильных поверхностей морозильных плит, в каналах которых кипит холодильный агент. Первые аппараты этого типа МАР-8 и МАР-8А работают на рассоле, МАР-8АМ- универсальный, может работать на рассоле и холодильном агенте. Холодильный агент подводится с торца вала через коллектор в гибкие шланги, распределяется по каналам морозильных плит и отводится через коллектор и гибкие шланги с другого конца вала. Лист упаковочного материала укладывают в рамки загрузочных кассет, с помощью дозатора заполняют их подготовленной к замораживанию рыбой, вручную разравнивают ее и завершают завертку блока.

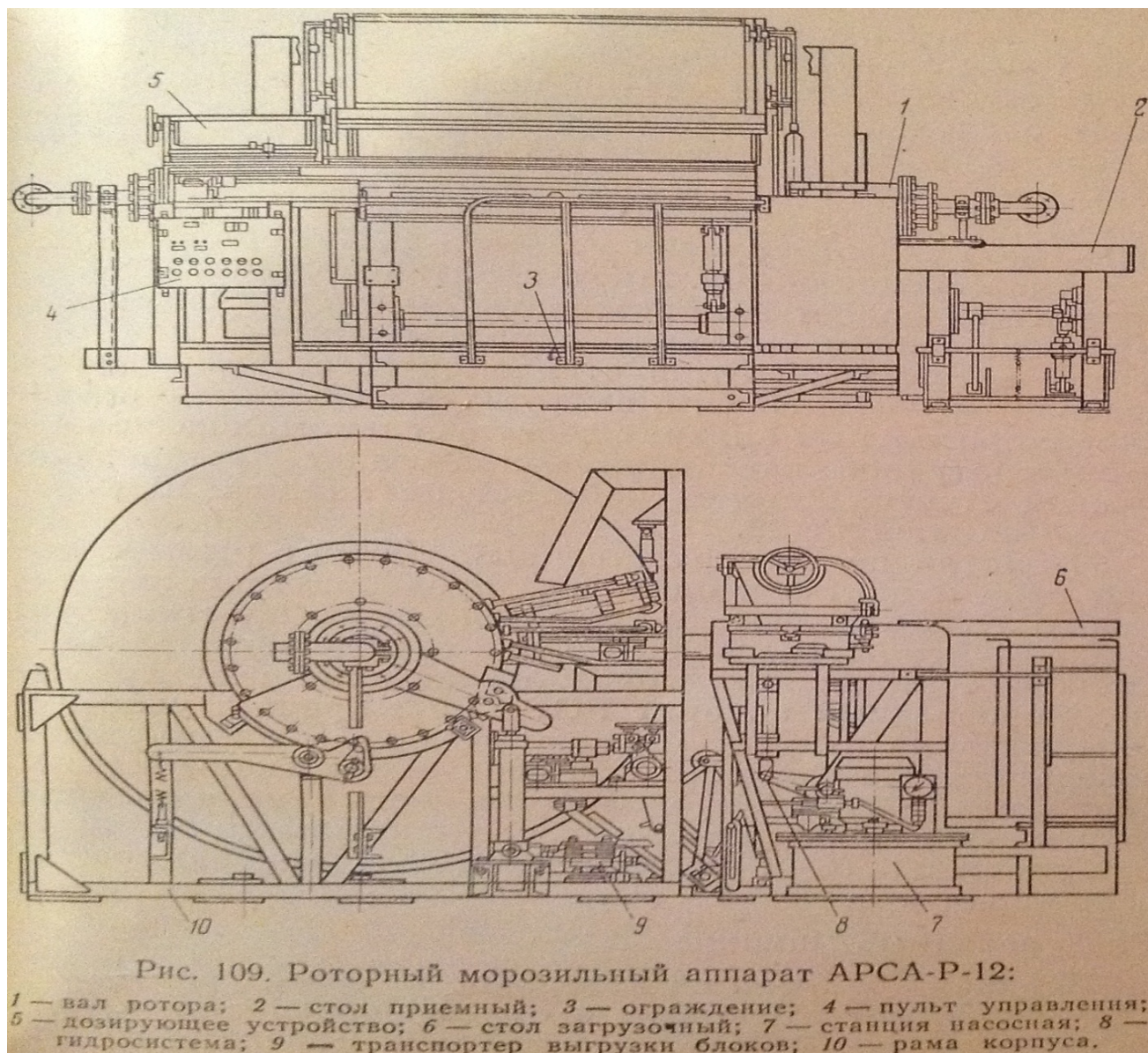


Рис. 109. Роторный морозильный аппарат АРСА-Р-12:

1 — вал ротора; 2 — стол приемный; 3 — ограждение; 4 — пульт управления; 5 — дозирующее устройство; 6 — стол загрузочный; 7 — станция насосная; 8 — гидросистема; 9 — транспортер выгрузки блоков; 10 — рама корпуса.

Эти операции производятся на загрузочном столе. Затем кассеты с рыбой заводят в блок-форму, блоки подпрессовывают, а кассету отводят назад на загрузочный стол для следующей загрузки.

После загрузки блок-формы дается команда на разгрузку ранее заполненной готовой блок-формы. При разгрузке плиты раскрываются специальным устройством, и блок без оттаивания выталкивается из формы на приемный транспортер. После чего ротор поворачивается и подает под загрузку освободившуюся блок-форму. Вращение осуществляется механизмом поворота ротора. Аппарат обслуживает один рабочий. Продолжительность замораживания при температуре кипения аммиака  $-40^{\circ}\text{C}$  составляет 1,75ч.

**Роторный плиточный морозильный аппарат FGP-31,5-3** сконструирован учеными ГДР при участии советских специалистов. Производительность его 30т/сут. Аппарат позволяет замораживать рыбу без упаковки в непосредственном контакте с морозильными плитами, внутри которых циркулирует хладон-13 с температурой кипения  $-70 \div -65^{\circ}\text{C}$ , и выгружать их без оттаивания. Скороморозильный аппарат действует в комплексе с низкотемпературной каскадной холодильной установкой, нижняя ступень которой работает на хладоне-13, верхняя- на хладоне-22.

Несмотря на непосредственный контакт рыбы с морозильными плитами, блоки без предварительного оттаивания легко удаляются из межплиточного пространства, поскольку силы сцепления переохлажденного льда с гладкой поверхностью морозильных плит незначительны. Морозильный аппарат FGP-31,5-3 прост и удобен в обслуживании и имеет хорошие технико-

экономические показатели. По сравнению с воздушным конвейерным аппаратом LBH-31,5 продолжительность замораживания сокращается примерно в 3 раза, уменьшаются занимаемая площадь, объем, масса, расход холода на замораживание продукта.

### **Выводы и предложения:**

#### **Вопросы для самоконтроля :**

1. Объясните, классификацию морозильных аппаратов по способу замораживания.
2. Расскажите, в чем сущность мокрого замораживания.
3. Поясните, как происходит воздушное замораживание.
4. Дайте характеристику плиточно-контактному замораживанию.
5. Объясните работу конвейерного скороморозильного аппарата.
6. Расскажите, в чем особенность конструкции и работы гравитационного морозильного аппарата.
7. Объясните, как работает плиточно-воздушный морозильный аппарат типа LBH.
8. Назовите техническую характеристику морозильного аппарата типа LBH.
9. Поясните особенности конструкции и работы многоплиточного скороморозильного аппарата.
10. Расскажите о работе роторных скороморозильных аппаратов АРСА.
11. Как устроен и, как работает роторный плиточный морозильный аппарат FGP.

Дайте сравнительную характеристику различных типов морозильных аппаратов.

## **Лабораторная работы №18**

### **Тема лабораторной работы:**

«Изучение работы рефрижераторных вагонов и авто-рефрижераторов»

### **Цель работы:**

1. Закрепить теоретические знания по теме : "железнодорожный и автомобильный холодильный транспорт".
2. Научится разбираться в составе и работе рефрижераторных вагонов и авторефрижераторов.

### **Оборудование:**

1. Методические указания к лабораторной работе №18.
2. Плакаты
3. Схемы холодильных установок.

### **Перечень используемых источников:**

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

### **Содержание и порядок выполнения работы ( описание хода работы)**

Холодильный транспорт служит для перевозки скоропортящихся грузов при температурах ниже температуры окружающей среды и является одним из важнейших звеньев непрерывной холодильной цепи, обеспечивая высокое качество доставляемых грузов. Холодильный транспорт называется изотермическим, так как температура

воздуха в нем поддерживается постоянной независимо от температуры наружного воздуха. С этой целью грузовое помещение снабжают приборами охлаждения для перевозки грузов в летнее время и отопления — для перевозки грузов в зимнее время.

## ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫЙ ХОЛОДИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

### Классификация изотермических вагонов и их устройство

Изотермические вагоны классифицируют по следующим признакам:

1. **По способу охлаждения** — на вагоны с *машинным охлаждением* (рефрижераторные вагоны) и вагоны с *льдосоляным охлаждением*. Машинное охлаждение имеют 21- и 23-вагонные поезда и 12-вагонные секции, вагоны которых охлаждаются холодным раствором, подаваемым от центральной аммиачной холодильной установки, а также 5-вагонные секции и автономные вагоны, охлаждаемые индивидуальными холодильными установками, работающими на хладоне-12 с воздухоохладителями непосредственного охлаждения, которые монтируются в грузовом помещении.

Вагоны с лйдосоляным охлаждением, называемые вагонами-ледниками, подразделяют на вагоны с пристенными карманами и с потолочными баками для лйдосоляной смеси. Главные недостатки вагонов с пристенными карманами, заполненными лйдосоляной смесью, — это неравномерность температур по объему вагона, большие колебания температуры во времени, уменьшение загрузочной площади вагона примерно на 25%, необходимость ежедневного снабжения вагонов льдом. Колебания температур вызваны таянием лйдосоляной смеси и уменьшением вследствие этого охлаждающей поверхности при движении поезда от одного пункта льдоснабжения до другого.

2. **По способу отопления** — на вагоны с *электрическим отоплением* и вагоны, *отапливаемые печами-временками*. Вагоны с машинным охлаждением имеют электрическое отопление, вагоны-ледники — печное.

3. **По назначению** — на *универсальные*, предназначенные для перевозки разных грузов при различных температурных режимах, и *специализированные* — для перевозки определенного вида груза (молока, вина, живой рыбы и т. д.). В зависимости от перевозимого груза вагоны снабжены соответствующими приборами охлаждения, отопления и оборудованием для укладки грузов. Универсальные вагоны более экономичны в эксплуатации.

Требования к изотермическим вагонам: а) надлежащая постоянная температура воздуха внутри грузового помещения, а при перевозке некоторых грузов также вентиляция грузового объема; б) достаточная циркуляция воздуха; в) надежность и простота действия приборов охлаждения, отопления и вентиляции; г) удобство обслуживания; д) невысокая стоимость.

Кузов вагона должен быть прочным, непроницаемым для пыли и атмосферных осадков, иметь малую массу и максимальную вместимость. Ограждение кузова состоит из каркаса, обшивки и изоляции, заполняющей пространство между наружной и внутренней обшивками. Четырехосные вагоны изготавливают с цельнометаллическим сварным кузовом длиной 21 м и менее.

Цельнометаллический вагон имеет металлический каркас с наружной обшивкой стен из стального листа толщиной 1,5—2,5 мм с горизонтальным гофром, с внутренней обшивкой из стального оцинкованного листа толщиной 2 мм с вертикальным гофром и обшивкой крыши из гладкого стального листа. Пространство между обшивками заполнено теплоизоляционным материалом. Рама вагона выполняется с хребтовой балкой. Пол вагона образован деревянными брусками, уложенными на металлический настил рамы, с поверхностным настилом из досок. Между настилом из досок и брусками размещен теплоизоляционный материал. Со стороны вагона пол покрывают палубной мастикой и листами резины толщиной 4 мм. На полу напольные решетки из

алюминиевого сплава, шарнирно прикрепленные к боковым стенам. Для удаления промывочной воды и конденсата в полу предусмотрены два отверстия, снабженные гидравлическими затворами.

Пол грузовых вагонов и напольные решетки рассчитаны на нагрузку от погрузчиков, въезжающих в вагон.

Погрузочные двери выполняют преимущественно одностворчатыми, прислонными, с двойным резиновым уплотнением. Размеры дверей обеспечивают возможность проезда в вагон погрузчика с поддоном.

В качестве изоляционных материалов используют блоки мипоры, обернутые гидроизоляционной пленкой ПК-1, плиты полистирола, пенополиуретан. Вспенивание пенополиуретана в полостях конструкции позволяет получить легкую, прочную изоляционную конструкцию типа "сэндвич" со стабильным коэффициентом теплопередачи.

### Вагоны и поезда с механическим охлаждением

В действующем парке рефрижераторных вагонов имеются 23- и 21-вагонные поезда, 12- и 5-вагонные секции и вагоны с индивидуальным машинным охлаждением.

*Рефрижераторный 23-вагонный поезд* состоит из 20 цельнометаллических охлаждаемых вагонов, одного служебного вагона, вагона — машинного отделения и вагона с дизель-электростанцией.

Оборудование вагона-холодильника (рис. 183) поддерживает в грузовом объеме температуру  $-10^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $+30^{\circ}$  и

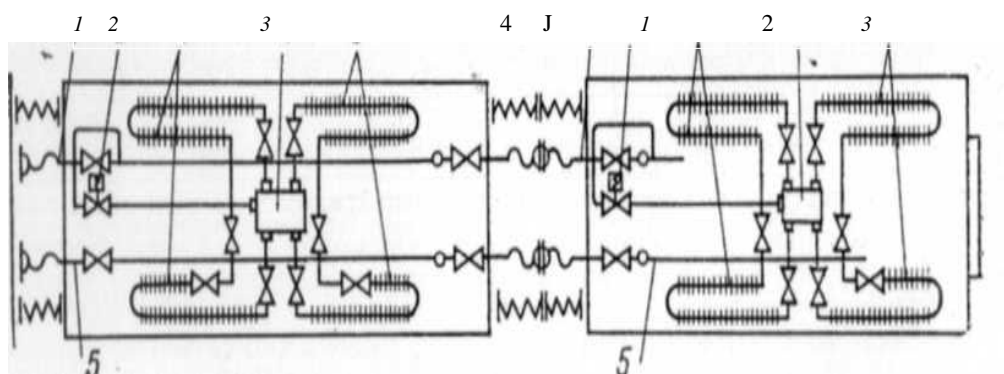


Рис. 183. Схема размещения рассольных батарей в изотермическом вагоне

температуру  $+6^{\circ}\text{C}$  при температуре наружного воздуха  $-45^{\circ}\text{C}$ . Вагон оборудован потолочными четырехсекционными рассольными батареями 3 из оребренных труб. Хладоносителем служит хлористый кальций. Холодный рассол насосом подается в батареи вагонов по прямому магистральному трубопроводу 1, отеплившийся рассол возвращается в испаритель по обратному магистральному трубопроводу 5. В каждом грузовом вагоне установлены датчики температуры. При достижении заданной температуры воздуха термореле дает импульс на соленоидный клапан 2, установленный на рассольном трубопроводе, и подача рассола в распределитель 4 и в батареи прекращается. Магистральные трубопроводы изолированы. Между вагонами рассолопроводы соединены гибкими рукавами (рис. 184) из прорезиненной материи, снабженными специальными клапанами, не позволяющими вытекать рассолу при расцепке вагонов.

Конденсат, образующийся на батареях при таянии снеговой шубы, сливается в поддоны из оцинкованной стали, подвешенные под батареями. Из желобов поддона вода стекает на пол вагона и через гидравлический затвор сливается наружу. В зимнее время вагоны отапливаются двухсекционными электропечами мощностью 6 кВт. Для лучшей

циркуляции воздуха при перевозках грузов с отоплением и для вентиляции вагона в грузовом помещении установлен воздухопровод, сообщающийся с наружным воздухом и с электропечами, в котором размещены два вентилятора - по одному у каждой торцевой стены вагона. Температуру воздуха в помещении измеряют термометрами сопротивления. Указатель температур установлен в вагоне дизель-электростанции. В вагоне — машинном отделении установлены две аммиачные холодильные установки холодопроизводительностью по 102 340 Вт. Каждая холодильная установка состоит из четырехцилиндрового

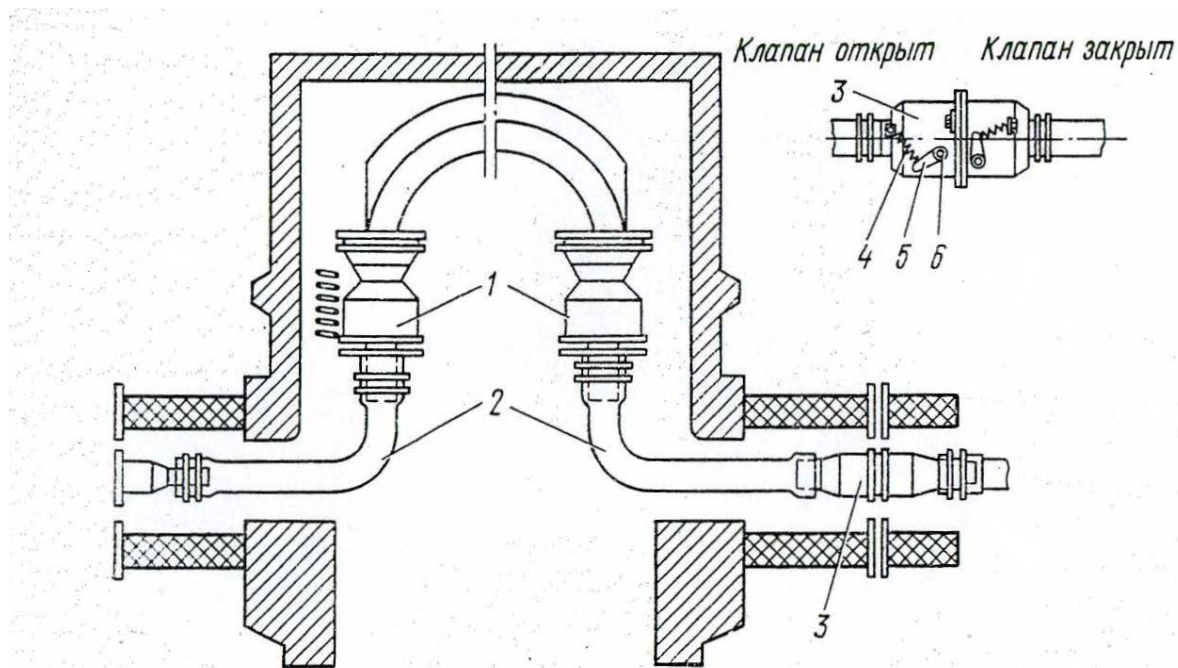


Рис. 184. Межвагонное соединение рассолопроводов:

1 — разъединительная головка; 2 — переходный рукав; 3 — соединительная головка; 4 — пружина; 5 — рычаг; 6 — ось

В вагоне — машинном отделении установлены две аммиачные холодильные установки холодопроизводительностью по 102 340 Вт. Каждая холодильная установка состоит из четырехцилиндрового компрессора, воздушного конденсатора из оребренных труб поверхностью  $800 \text{ м}^2$ , вентилятора, подающего воздух на конденсатор, кожухотрубного рассольного испарителя с поверхностью охлаждения  $35,2 \text{ м}^2$  и рассольного насоса производительностью  $35 \text{ м}^3/\text{ч}$ . Каждый холодильный агрегат обеспечивает холодом 10 вагонов-холодильников. Схема трубопроводов (рис. 185) позволяет работать любой установкой на любую группу вагонов. В вагоне дизель-электростанции установлены два дизеля мощностью  $73,6 \text{ кВт}$  каждый. С валом каждого дизеля эластичной муфтой соединен генератор трехфазного тока мощностью  $60 \text{ кВт}$ . Летом дизель-генераторы питают холодильную установку, зимой — электропечи.

Рефрижераторный поезд из 21 вагона состоит из 18 грузовых и 3 вспомогательных вагонов. Охлаждение вагонов рассольное, с помощью четырехсекционных рассольных потолочных батарей. Температура воздуха в грузовых вагонах контролируется термистровыми термометрами с указателем температур, установленным в вагоне с дизель-

электростанцией, а также термистровыми термометрами, показания которых снимаются с помощью переносной термостанции. В вагоне — машинном отделении смонтированы две автоматизированные аммиачные холодильные установки двухступенчатого сжатия с конденсаторами воздушного охлаждения холодопроизводительностью 87 кВт при  $t_0 = -10^\circ\text{C}$  и  $t_K = 49^\circ\text{C}$  каждая.

Для отопления вагонов в грузовых помещениях установлены по две электропечи мощностью 4 кВт. Оборудование грузовых помещений поддерживает в них температуры воздуха  $-10^\circ\text{C}$  при охлаждении и  $+14^\circ\text{C}$  при отоплении вагонов.

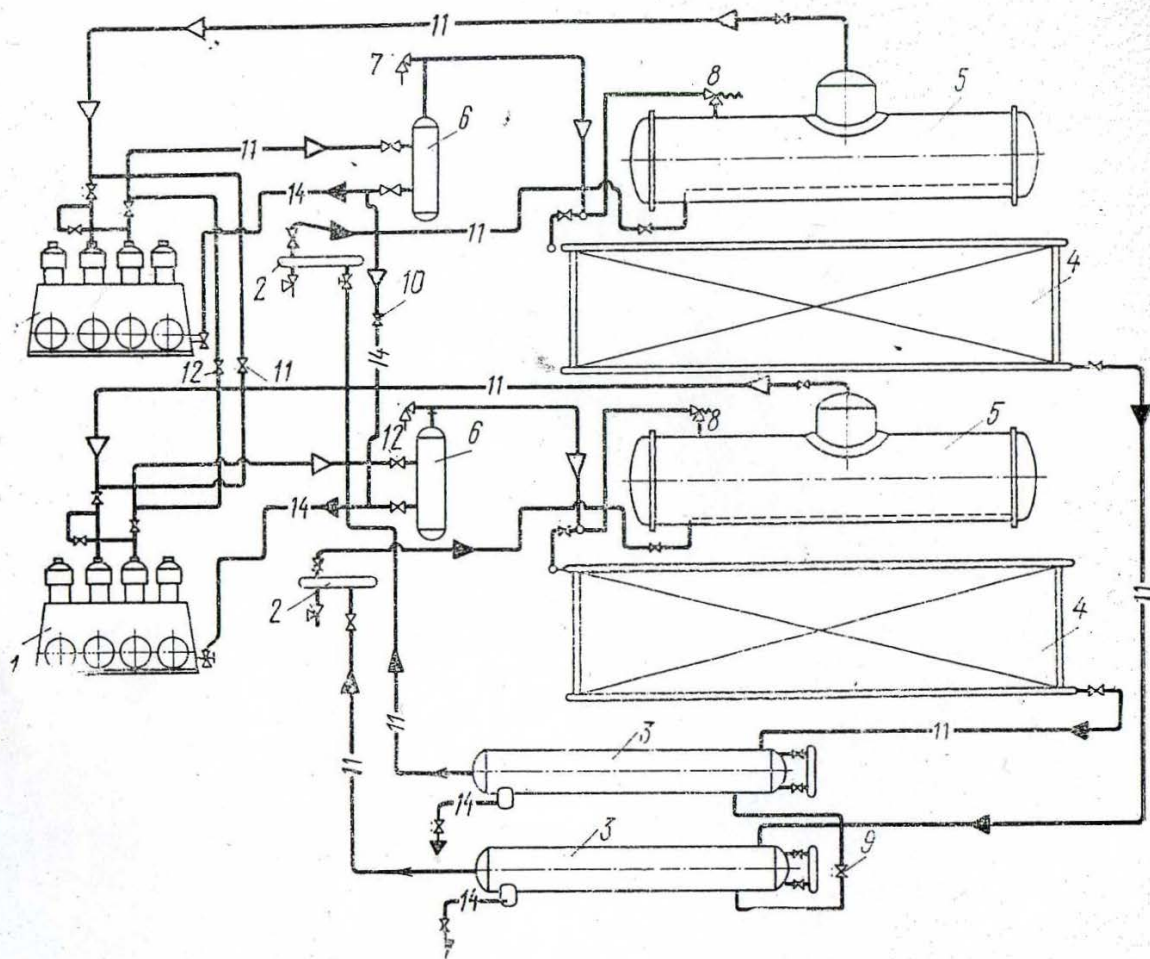


Рис. 185. Схема холодильной установки 23-вагонного поезда:

1 — компрессор; 2 — регулирующая станция; 3 — линейный ресивер; 4 — конденсатор; 5 — испаритель; 6 — маслоотделитель; 7 — вентиль для выпуска воздуха из системы; 8 — предохранительный клапан; 9, 10, 11, 12 — вентили на трубопроводах, соединяющих машины № 1 и № 2

Рефрижераторная секция из 12 вагонов состоит из 10 вагонов-холодильников, вагона — машинного отделения и вагона дизель-электростанции с отделением для обслуживающего персонала. Вагоны-холодильники 12-вагонной секции служат для перевозки грузов при температурах от  $+12$  до  $-12^\circ\text{C}$ . Холодильное оборудование грузовых вагонов такое же, как у 21-вагонного поезда. В вагоне — машинном отделении установлены две холодильные установки каждая из которых может работать на любую группу вагонов. Холодопроизводительность каждой из них равна 54,5 кВт при  $t_0 = -20^\circ\text{C}$ ,  $t_K = 45^\circ\text{C}$ ,  $t_{\text{пер}} = 40^\circ\text{C}$ , что составляет 75% от общей потребности в холоде 10 вагонов. При температуре наружного воздуха выше  $+15^\circ\text{C}$  холодильные установки работают по циклу двухступенчатого сжатия. Каждая холодильная установка состоит из

двухцилиндрового вертикального компрессора низкого давления с электродвигателем мощностью 20 кВт и двухцилиндрового вертикального компрессора высокого давления с электродвигателем мощностью 14 кВт, двух маслоотделителей, конденсатора с воздушным охлаждением, вентилятора и кожухо-трубного испарителя с рассольным насосом. Вагоны отапливаются электропечами общей мощностью 8 кВт.

Пятивагонная рефрижераторная секция предназначена для перевозки различных грузов при температурах от  $-20$  ( $-15$ ) до  $+12$  °С ( $-20$  °С — расчетная температура воздуха в пятивагонной секции БМЗ;  $-15$  °С—расчетная температура воздуха пятивагонной секции завода «Дессау»).

*Пятивагонная секция Брянского машиностроительного завода (БМЗ)* состоит из четырех грузовых вагонов и одного вспомогательного вагона с дизель-электростанцией и служебным помещением. Каждый вагон имеет грузовое помещение и машинное отделение. В машинном отделении смонтированы две холодильные установки холодопроизводительностью 6,6 кВт при  $t_0 = -28$  °С и  $t_k^{+45}$  °С, работающие на хладоне-12, и электроцит. Одна холодильная установка обеспечивает 50% максимальной потребности вагона в холоде. Холодильно-компрессорные агрегаты смонтированы каждый на своей раме и установлены в два яруса на общем каркасе. Со стороны грузового помещения у перегородки, отделяющей его от машинного отделения, расположены испарители — воздухоохладители обеих холодильных установок, над ними установлены электропечи.

Оттаивание снеговой шубы с испарителей производится путем подачи в батареи горячих паров хладона. Грузовое помещение оборудовано приборами принудительной приточно-вытяжной вентиляции. Работа холодильной установки (кроме оттаивания снеговой шубы) и поддержание заданного температурного режима в грузовом помещении автоматизированы. Для отопления вагонов в зимнее время в каждом из них установлены электропечи общей мощностью 5 кВт.

Температура в грузовых помещениях контролируется с помощью термометров сопротивления, установленных в вагонах, показания которых снимаются переносной термостанцией. В кабине управления дизель-электростанцией установлен прибор, показывающий и записывающий температуру в грузовых помещениях.

На рис. 186 показана схема трубопроводов R12 пятивагонной секции БМЗ. Пятивагонная секция завода «Дессау» с пятью грузовыми вагонами комплектуется из трех вагонов, имеющих грузовое помещение и машинное отделение, одного вагона (№ 3), расположенного в середине секции, имеющего кроме грузового помещения и машинного отделения помещение для дизель-электростанции, и одного вагона (№ 2), имеющего служебное помещение

Пятивагонная секция завода «Дессау» с четырьмя грузовыми вагонами комплектуется из четырех вагонов, состоящих из грузового помещения и машинного отделения, и одного вагона вспомогательного с дизель-электростанцией и служебным отделением. Холодильное оборудование каждого вагона состоит из двух автоматизированных холодильных агрегатов, работающих на R12 с воздухоохладителями непосредственного охлаждения, расположенными в грузовом помещении у перегородки, отделяющей его от машинного отделения. Вагоны оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией. Вагоны отапливаются электропечами.

Вагоны с индивидуальным охлаждением служат для перевозок небольших партий скоропортящихся грузов при температурах от  $-20$  ( $-18$ ) до  $+14$  °С. Вагон имеет грузовое помещение и два машинных отделения, в каждом из которых находится по одному дизель-генераторному агрегату и холодильно-отопительной установке. Грузовое помещение охлаждается воздухоохладителями непосредственного охлаждения и снабжено оборудованием приточно-вытяжной вентиляции

## АВТОМОБИЛЬНЫЙ ХОЛОДИЛЬНЫЙ ТРАНСПОРТ

Автомобильный холодильный транспорт служит для межобластных, межгородских и внутригородских перевозок небольших партий скоропортящихся грузов. Он делится на изотермический и рефрижераторный автотранспорт. Изотермические автомобили имеют изолированный кузов. Низкая температура воздуха в кузове поддерживается за счет холода, аккумулированного перевозимым грузом, в результате плавления эвтектика в зероторах или с помощью сухого льда, причем температура воздуха не регулируется.

Авторефрижераторы имеют изолированный кузов и снабжены холодильной машиной или другой охлаждающей системой (сухо-ледной, с использованием жидкого азота и др.) с автоматическим регулированием температуры охлаждаемого воздуха.

Автомобильный холодильный транспорт применяется малой грузоподъемности — до 1 т включительно, средней грузоподъемности — от 2 до 5 т, большой грузоподъемности — от 5 до 50 т; соответственно первые используются для внутригородских перевозок малыми партиями, вторые — для внутриобластных и городских перевозок крупными партиями, третьи — для междугородных, межобластных и международных перевозок. Автомобильный холодильный транспорт малой и средней грузоподъемности выполняют в виде единого автомобиля — кузов и кабину водителя устанавливают на одном шасси. Кузов автомобиля-холодильника большой и иногда средней грузоподъемности выполняется в виде прицепа или полуприцепа. Применяются также мотохолодильники, у которых кузов установлен на мотоцикле или мотороллере.

Кузов авторефрижератора должен быть прочным, иметь малый вес и малый коэффициент теплопередачи. Кузов состоит из каркаса, наружной и внутренней обшивки и тепловой изоляции, заключенной между обшивками, и имеет деревянно-металлическую или облегченную цельнометаллическую конструкцию. Внешнюю обшивку делают из оцинкованной стали толщиной 0,4—0,7 мм, соединенной в замок с пропайкой швов, или из бакелитовой фанеры. Швы обшивки промазывают специальными герметиками. Металлические элементы конструкции иногда заменяют прочными изделиями из пластмассы.

Для защиты стен и пола от механических повреждений вдоль стен и на полу устанавливают съемные решетки из дерева, металла или пластмассы. При необходимости под потолком кузова размещают подвесные пути. В качестве теплоизоляционных материалов применяют альфоль и различные пенопласты, наилучшим из которых является пенополиуретан, вспененный непосредственно внутри конструкции кузова.

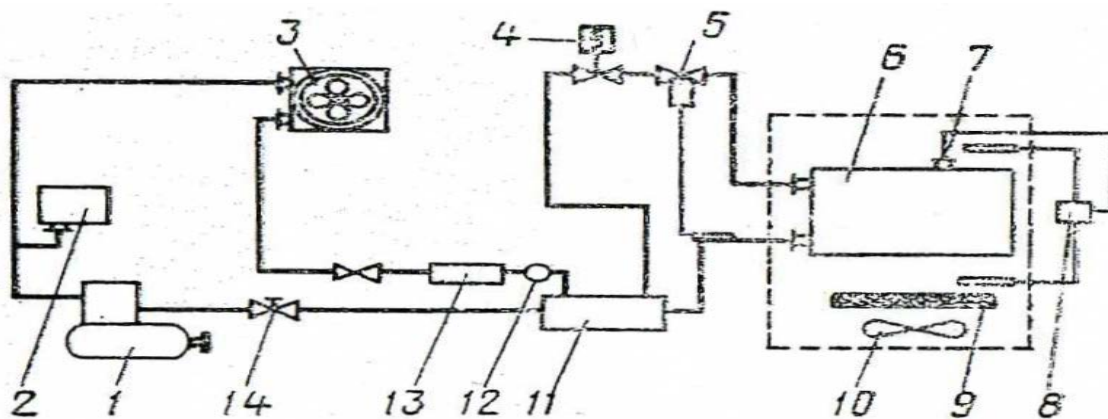


Рис. 190. Схема холодильной машины на R12 для охлаждения авторефрижератора:

1 — компрессор; 2 — реле высокого давления; 3 — конденсатор воздушного охлаждения; 4 — соленоидный вентиль; 5 — терморегулирующий вентиль; 6 — воздухоохладитель; 7 — термореле конца цикла оттаивания; 8 — реле разности давлений; 9 — электронагреватель; 10 — вентилятор; 11 — регенеративный теплообменник; 12 — индикатор влажности и полноты заполнения установки холодильным агентом; 13 — фильтр-осушитель; 14 — регулятор давления всасывания

Авторефрижераторы могут иметь машинное, аккумуляционное, зероторное охлаждение, охлаждение сухим льдом и с помощью сжиженных газов.

Авторефрижераторы с машинным охлаждением (температура воздуха в кузове от  $-20$  до  $+12^{\circ}\text{C}$ ) различают местом расположения машинного отделения, системой охлаждения кузова и родом силового привода. Машинное отделение размещают под изолированным кузовом, над кабиной водителя или в отдельно выделенном машинном отделении, для чего отделяют по всей ширине часть объема кузова. В этом случае машинное отделение не изолируют и снабжают двумя дверьми. В машинном отделении размещается полностью автоматизированная холодильная машина, работающая на R12. Грузовое помещение имеет воздушное или непосредственное охлаждение. В первом случае в кузове ставят воздухоохладитель из оребренных труб, через который вентилятор прогоняет воздух, во втором — в кузове у потолка или в верхней трети продольных стен устанавливают батареи непосредственного охлаждения из оребренных труб. На рис. 190 показана схема холодильной машины авторефрижератора.

Привод холодильной машины может осуществляться двигателем внутреннего сгорания, установленным в машинном отделении авторефрижератора, или путем отбора мощности от коробки передач. В том и другом случаях компрессор может работать только при движении авторефрижератора. Для того чтобы холодильная установка могла работать и на стоянках, применяют комбинированное питание электродвигателя компрессора. К компрессору ставят два электродвигателя — постоянного и переменного тока. Первый питают постоянным током во время движения машин второй — переменным током от внешнего стационарного источника во время стоянок.

Привод холодильных компрессоров небольших авторефрижераторов осуществляют от коленчатого или распределительного вала двигателя автомашины. При этом компрессоры ставят на двигателе под капотом, а конденсатор — впереди радиатора и он обдувается встречным потоком воздуха.

Грузовое помещение отапливается электрическими нагревателями или путем переключения холодильной машины на работу по циклу теплового насоса.

Преимущества системы машинного охлаждения— полная автономность и неограниченная продолжительность работы.

#### Аккумуляционное о х л а ж д е н и е

производится с помощью приборов охлаждения, представляющих собой плоские баки, изготовленные из гофрированных листов, заполненные эвтектическим раствором, в которые встроены змеевики из оребренных труб. Змеевики присоединяют гибкими шлангами к стационарной аммиачной холодильной установке и подают в них жидкий аммиак, замораживая эвтектический раствор. Замороженного раствора хватает примерно на 12 ч работы авторефрижератора при температуре наружного воздуха  $-130^{\circ}\text{C}$ .

Применяют также аккумуляционное охлаждение с замораживанием раствора с помощью холодильной машины, установленной на самом авторефрижераторе и, получающей энергопитание на стоянках от внешней электросети. Такой способ охлаждения меньше связывает авторефрижератор с зарядной станцией.

Зероторное охлаждение или охлаждение эвтектикой состоит в том, что в грузовом объеме у стен кузова подвешивают зеро-торы— герметично закрытые формы, заполненные твердыми эвтектическими растворами. Воздух охлаждается за счет теплоты плавления замороженного эвтектического раствора. Низкая постоянная температура плавления эвтектического раствора позволяет получить в охлаждаемом объеме примерно постоянную температуру воздуха. После плавления и нагревания раствора зероторы заменяют новыми с замороженным раствором, а использованные помещают в камеры зарядной станции для заморозки. Большой объем грузовых работ, связанный с заменой одних зероторов другими, связанность с зарядными станциями, большая коррозия зероторов раствором являются существенными недостатками этого способа охлаждения.

Охлаждение сухим льдом позволяет получить достаточно низкие температуры воздуха в грузовом объеме, при этом отсутствует коррозия металлических частей оборудования, в кузове поддерживаются высокие санитарные условия. Этот способ охлаждения применяется при перевозках на дальние расстояния замороженных продуктов и мороженого. Сухой лед можно использовать при перевозке грузов без приборов охлаждения. В этом случае разбитый на куски сухой лед кладут непосредственно на коробки с грузом или насыпают на ребристую алюминиевую плиту, расположенную под потолком кузова. Применяют также сухоледное охлаждение с выводом образующихся паров углекислоты наружу.

Охлаждение с помощью сжиженных газов (главным образом жидкого азота) приобретает большое распространение ввиду своей простоты, невысокой стоимости азота, получаемого как побочный продукт при производстве кислорода, и возможности получения низких температур в большом диапазоне.

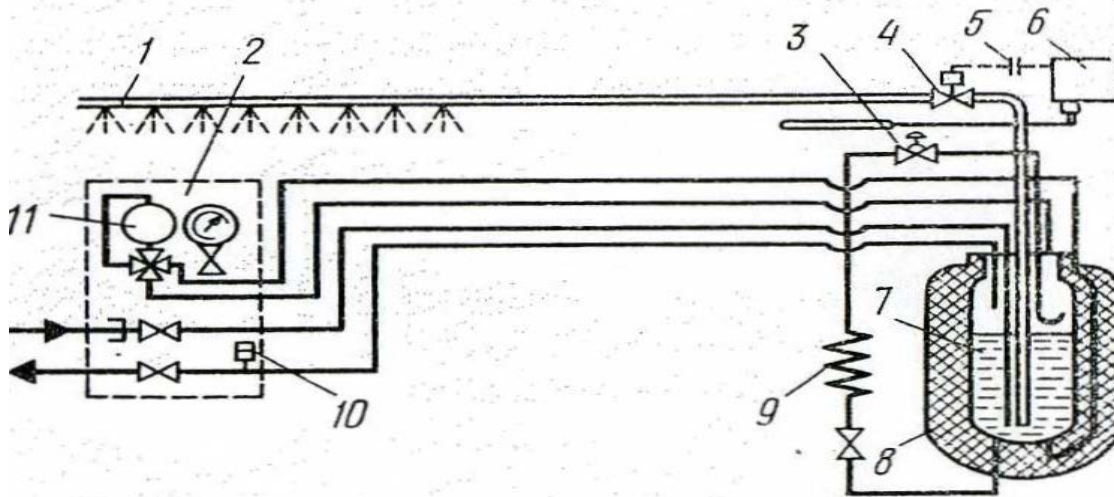


Рис. 191. Схема азотной холодильной установки для авторефрижератора:

1 — распылительный коллектор; 2 — щит контроля и управления; 3 — регулятор давления; 4 — соленоидный вентиль; 5 — концевой выключатель (двери); 6 — реле температуры; 7 — жидкий азот; 8 — сосуд с вакуумно-порошковой изоляцией; 9 — испаритель; 10 — предохранительный клапан; 11 — уровнемер

Схема установки изображена на рис. 191. В кузове устанавливают сосуд 8, имеющий вакуумно-порошковую изоляцию, с жидким азотом. С помощью испарителя 9 и регулятора 3 давление азота в сосуде поддерживается на 0,05—0,1 МПа выше атмосферного. Под потолком по длине кузова устанавливают распылительный коллектор 1, в который азот поступает из сосуда через соленоидный вентиль 4, управляемый реле температуры 6. Снаружи кузова установлены щит 2 с приборами управления и контроля и присоединительный штуцер для заправки сосуда азотом. Выхлопной клапан на стене авторефрижератора открывается при повышении в кузове давления. Обогащение воздуха азотом, содержание которого повышается до 96—98%, положительно влияет на качество перевозимого груза (мяса и мясопродуктов и продуктов растительного происхождения).

### **Выводы и предложения:**

### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Объяснить классификацию изотермических вагонов
2. Объяснить какие бывают вагоны по способу охлаждения
3. Какие требования к изотермическим вагонам вы знаете
4. Объясните конструкцию цельнометаллического вагона
5. Расскажите состав оборудования вагона-холодильника
6. Поясните работу схемы холодильной установки 23х вагонного поезда
7. Объясните состав и работу схемы холодильной установки пяти вагонной рефрижераторной секции БМЗ
8. Назовите какое охлаждение могут иметь авторефрижераторы

9. Расскажите состав и работу схемы холодильной машины для охлаждения авторефрижератора
10. Поясните в чём особенности схемы азотной установки для авторефрижератора.

## Лабораторная работа №19

### Тема лабораторной работы:

«Изучение работы промышленно-производственных холодильников»

### Цель работы:

1. Закрепить теоретические знания по теме : "Холодильники".
2. Научится разбираться в планировке, составе и работе Промышленно - производственных холодильников.

### Оборудование:

1. Методические указания к лабораторной работе №19.
2. Плакаты и схемы производственных холодильников портового рыбного и рыбоперерабатывающего предприятия.

### Перечень используемых источников:

1. Сластихин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010

## Содержание и порядок выполнения работы ( описание хода работы).

### Назначение и классификация холодильников

Холодильником называется строительное сооружение или устройство, предназначенное для охлаждения, замораживания и хранения пищевых продуктов или иных грузов обычно при температурах ниже температуры окружающей среды. Совокупность холодильных устройств, обеспечивающих постоянное воздействие низких, температур на скоропортящиеся продукты от момента их производства до момента потребления, называется *холодильной цепью*^ Непрерывность холодильной цепи позволяет снабжать население в любое время года скоропортящимися продуктами высокого качества.

Холодильники обладают определенными особенностями, обусловленными выполняемыми ими функциями. В камерах холодильника должны поддерживаться определенная температура воздуха (обычно ниже температуры окружающей среды), определенная относительная влажность и скорость циркуляции воздуха. Для поддержания внутри холодильника параметров, отличных от параметров наружного воздуха, ограждение холодильника покрывают специальными материалами, уменьшающими тепло- и влаго- притоки в помещение. К холодильникам предъявляют высокие санитарные требования.

Количество груза, которое можно разместить в камерах холодильника, в зависимости от вида термообработки, которой подвергается продукт на холодильнике, от рода груза, тары и способа укладки будет различным. Для характеристики холодильников вводят понятие «условная вместимость».

*Условная вместимость* холодильника равна сумме количеств мороженого мяса, которое можно разместить в камерах хранения мороженого и охлажденного груза.

Холодильники классифицируют по условной вместимости, целевому назначению и этажности.

По условной вместимости холодильники подразделяют на *мелкие*- с условной вместимостью до 100 т, *малые* - до 500 т, *средние*- до 3000 т, *крупные* - до 10 000 т, *сверхкрупные* - свыше 10 000 т.

По целевому назначению различают холодильники производственные, распределительные, портовые, базисные, торговые, транспортные, бытовые, специального назначения.

**Производственные холодильники.** Строятся при предприятиях, перерабатывающих скоропортящиеся продукты, и служат для первичной термообработки и кратковременного хранения сырья и продуктов производства этих предприятий. Производственные холодильники имеют сравнительно мощное холодильное оборудование, так как наличие охлаждающих и замораживающих устройств требует значительного расхода холода.

**Распределительные холодильники.** Строятся в городах и промышленных центрах и служат для круглогодичного снабжения населения скоропортящимися продуктами. На распределительные холодильники грузы поступают с производственных холодильников. Грузы, отеплившиеся в пути, доохлаждаются и: домораживаются в камерах распределительных холодильников. Если на одной территории с холодными складами размещены другие производства, потребляющие холод, например льдозавод, фабрика мороженого и т. п., то предприятие называют *хладокомбинатом*.

**Портовые холодильники.** Служат для хранения скоропортящихся продуктов в местах перегрузки их с одного вида транспорта на другой; они имеют увеличенную площадь вспомогательных помещений для сортировки и осмотра груза.

**Базисные холодильники.** Предназначены для долгосрочного хранения продуктов с целью создания резервов. Эти холодильники имеют большие вместимости камер хранения грузов и незначительную производительность охлаждающих и замораживающих устройств.

**Торговые холодильники.** Строятся при предприятиях торговли и общественного питания и служат для краткосрочного хранения продуктов перед их реализацией. Торговые холодильники обычно имеют небольшое число камер и сравнительно высокие температуры хранения от +5 до -5° С. К торговым холодильникам относятся также холодильные шкафы торгового типа, охлаждаемые прилавки и витрины, сборные камеры.

**Транспортные холодильники.** Предназначены для транспортировки продуктов при низких температурах. К ним относятся суда-рефрижераторы, авторефрижераторы, рефрижераторные поезда, воздушный хладотранспорт. Транспортные холодильники могут выполнять функции производственных холодильников, например промысловые суда-рефрижераторы.

**Бытовые холодильники.** Служат для краткосрочного хранения скоропортящихся продуктов в быту. Они снабжаются полностью автоматизированной холодильной машиной, имеют красивую внешнюю отделку.

**Холодильники специального назначения.** Предназначены для хранения медицинских препаратов, зимних вещей мехов и т. д. Планировка таких холодильников и температурный режим зависят от назначения холодильника.

По этажности холодильники делятся на *одно-* и *многоэтажные*. Первые более просты по конструкции, имеют большой фронт грузовых работ, допускают применение комплексной механизации по-грузочно-разгрузочных работ, позволяют увеличить норму нагрузки на 1 м<sup>2</sup> площади пола и соответственно высоту камер до 6-9 м. Это создает предпосылки к строительству одноэтажных холодильников любой вместимости.

Однако одноэтажные холодильники занимают большую площадь, требуют искусственного подогрева грунта под низкотемпературными камерами, имеют большие поверхности наружных ограждений, из-за которых увеличивается теплоприток (в среднем на 30%) и приблизительно на столько же увеличиваются потери продуктов от усушки по сравнению с потерями в многоэтажных холодильниках такой же вместимости. Целесообразно строить специализированные одноэтажные холодильники для затаренных грузов.

В многоэтажных холодильниках рациональным выбором размеров здания и размещения камер можно избежать искусственного подогрева грунта, уменьшить теплопритоки в холодильник, но при этом удорожаются строительные конструкции и усложняется механизация грузовых операций. Многоэтажными строят холодильники вместимостью от 10 000 т и выше.

Интересен опыт работы по подземным холодильникам, для которых используются естественные пещеры, горные выработки, бывшие каменоломни.

При остановке холодильной машины или при повышении температуры наружного воздуха в камерах холодильника температура длительное время остается достаточно низкой ввиду большой аккумулялирующей способности естественных ограждений

Уменьшается и расход холода для покрытия внешних теплопритоков. Строительство подземных холодильников обходится на 30- 40% дешевле наземных. Недостатками подземных холодильников являются малый фронт погрузочно-разгрузочных работ, длительность первоначального охлаждения грузовых помещений в связи с необходимостью охлаждения естественных наружных ограждений, значительная протяженность коридоров, коммуникаций.

### Принципы планировки холодильников различных типов

В основу планировок холодильников различных типов положены определенные принципы, учитывающие особенности выполняемых холодильником функций и условий, в которых он работает, климатические особенности района строительства. Планировка должна:

1. Соответствовать принятой схеме термообработки груза, уменьшая пути перевозки грузов в пределах холодильника, не допуская встречных грузовых потоков.

2. Обеспечивать экономичность строительства и эксплуатации холодильника, для чего следует:

а) наиболее рационально использовать площади холодильника путем повышения коэффициента использования площади каждой камеры и уменьшения площади вспомогательных помещений. Для этого увеличивают шаг колонн, высоту камер, площадь отдельных камер (до 1000-1500 м<sup>2</sup>); камеры оснащаются приборами охлаждения интенсивного действия, имеющими малые габариты. Сетку колонн для многоэтажных холодильников и для одноэтажных малой вместимости принимают 6 х 6 м, для средних и крупных - 6X12, 6x18, 12X18 м, высоту этажа многоэтажных холодильников (от верха плиты пола до верха плиты перекрытия) принимают 4,8-6 м,

высоту одноэтажных холодильников - 6-9 м; для камер с подвесными путями рекомендуется высота 4,2 и 4,8 м; для холодильников малой вместимости и специального назначения допускается высота 3,6 м. Высота камер (в свету) определяется расстоянием от пола до потолка при безбалочных перекрытиях и от пола до выступающих балок - при балочных перекрытиях;

б) максимально использовать местные строительные материалы уменьшать расход изоляционных материалов путем рационального размещения камер;

в) выбирать размеры строительных конструкций здания холодильника, исходя из возможности использования сборных железобетонных конструкций заводского изготовления;

г) выбирать размеры и форму холодильника и размещать в нем камеры с учетом минимальной величины теплопритоков как снаружи, так и между камерами; при выборе размеров холодильника учитывать удобство его монтажа, а также достаточный фронт погрузочно-разгрузочных работ;

д) выделять камеры с большой влажностью воздуха в отдельные блоки, отделенные от остальных камер надежной гидроизоляцией;

е) предусматривать наиболее передовые и интенсивные методы термообработки продуктов, наиболее эффективное оборудование, что позволит на меньших площадях получить увеличенную мощность предприятия.

3. Соответствовать принятой схеме охлаждения, иметь необходимые помещения для размещения оборудования, например при воздушном охлаждении камер - помещения для воздухоохладите-

лей, в вестибюле надо предусмотреть место для установки распределительных коллекторов п т. д.

4. Отвечать требованиям правил охраны труда, техники безопасности и пожарной безопасности.

5. Обеспечивать возможность расширения предприятия и поочередного ввода вместимостей.

При планировке холодильника следует обращать внимание на предохранение от вспучивания находящегося под ним грунта, что зависит от температуры воздуха в камерах нижнего этажа, характера грунта и уровня грунтовых вод. При сухом грунте и низком уровне грунтовых вод или при крупнодисперсном грунте (гравий, крупный песок) грунт при промерзании не вспучивается.

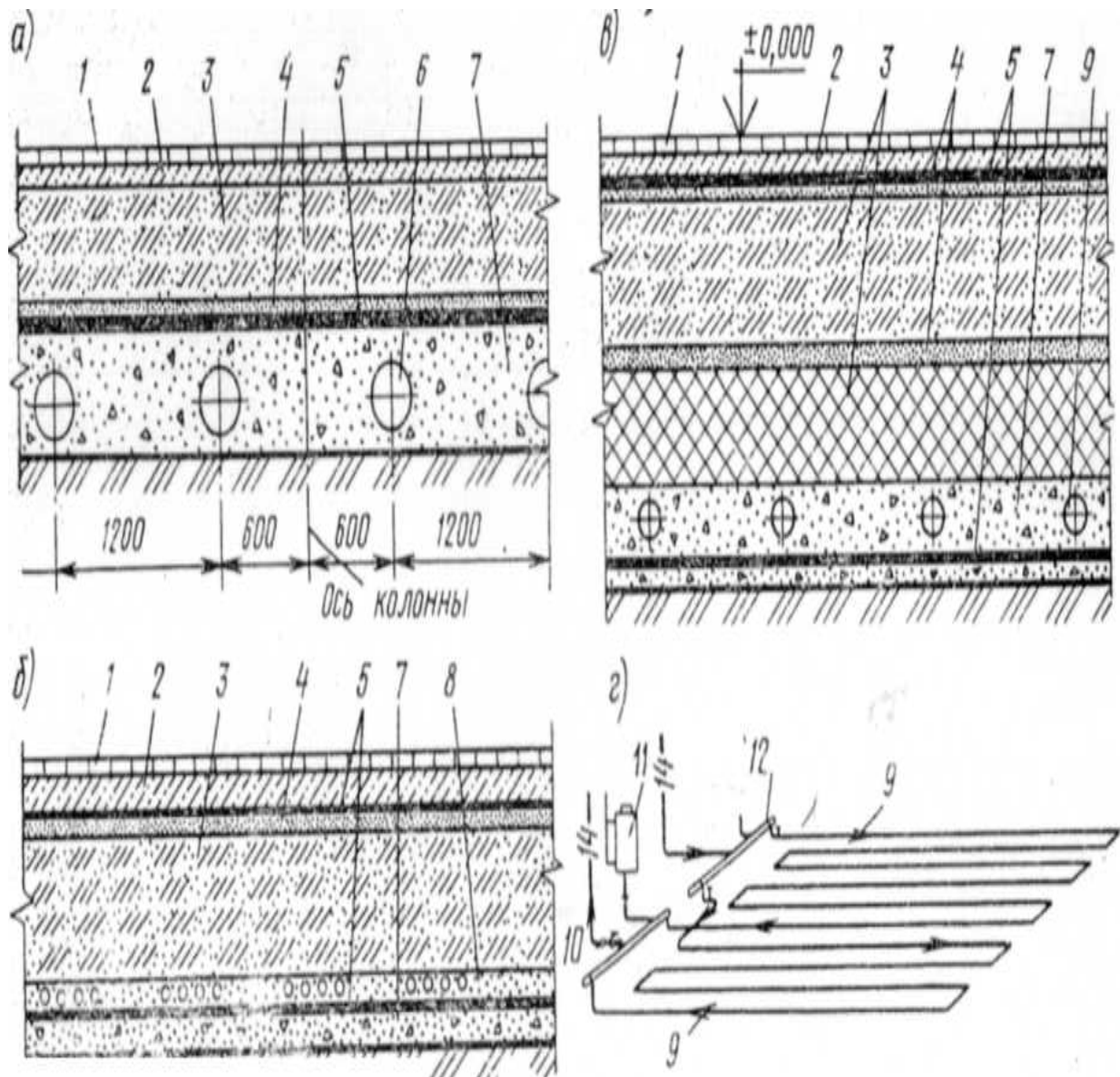


Рис. 127. Конструкция пола с устройствами для защиты от промерзания грунта под низкотемпературными камерами:

При промерзании мелкодисперсных грунтов (мелкий песок, ил, глина) из-за роста кристаллов льда объем грунта увеличивается, он вспучивается, а это ведет к разрушению отдельных элементов конструкций здания холодильника

*а - с керамическими трубами для подачи в них теплого воздуха; б - с электрообогревом; в - с трубами для подачи в них нагретой жидкости (масла); г - схема циркуляции нагретой жидкости (масла) по трубам; / - чистый пол; 2 - армобетонная стяжка; 3 - теплоизоляция- 4 - шлаковый песок; 5 - гидроизоляция; 6 - бетонные трубы Ø 300 мм; 7- глинобетон; 8- бетонная подушка с электродами» 9 - трубы Ø 38 X 3,5 м для циркуляции нагретой жидкости (масла); 10 - коллектор возврата жидкости; 11 - расширительный бак; 12 - коллектор подачи нагретой жидкости*

Для защиты здания холодильника от разрушения вследствие вспучивания грунта используются различные средства, а именно:

1. Увеличение толщины изоляционного слоя настолько, чтобы нулевая изотерма проходила в изоляционном слое.

2. Устройство каналов или прокладка керамических труб с подачей в них теплого воздуха под низкотемпературными камерами первого этажа холодильника (рис. 127, а). В каналы подается вентилятором летом наружный, а зимой подогретый воздух. Летом воздух, пройдя по каналам, выбрасывается наружу и поступает свежий, а зимой система закрыта и работает с рециркуляцией и повторным подогревом отработанного воздуха.

3. Устройство электроподогрева под полом (рис. 127, б) путем укладки в бетонную подушку стальных проводников диаметром Ю-18 мм с шагом не более 1 м, через которые пропускают ток напряжением 25-30 В. Среднюю расчетную температуру бетонной плиты с электродами принимают равной 1°С.

4. Укладка под полом змеевиков из труб, в которых циркулирует подогретая вода, масло или другая жидкость (рис. 127, в, г). Для подогрева жидкости может быть использован горячий пар хладагента, взятый с нагнетательной стороны компрессора.

5. Отрыв пола первого этажа от грунта, устройство подполья (рис. 128). Подполье продувается наружным воздухом за счет естественной циркуляции его.

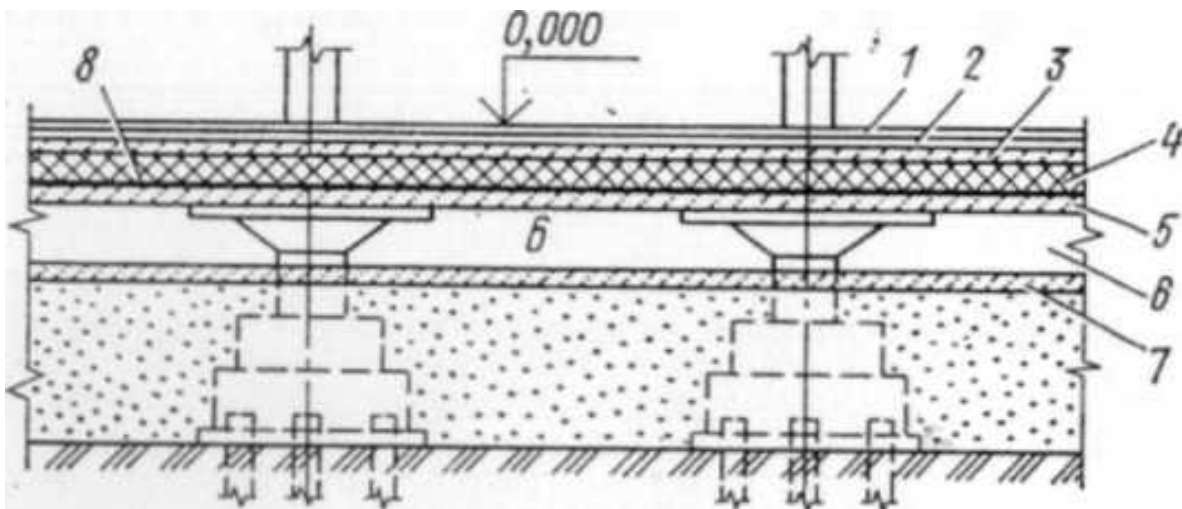


Рис. 128. Перекрытие над подпольем:

1 — покрытие из мозаичных бетонных плит; 2 — цементная прослойка; 3 — армобетонная стяжка; 4 — теплоизоляция; 5 — железобетонное перекрытие; в — проветриваемое подполье; 7 — бетонная подготовка; в — пароизоляция

Как показал опыт работы подобных холодильников, промерзания грунта под холодильником не происходит. При применении оторванного от грунта пола не расходуется электроэнергия, упрощается эксплуатация здания и сокращаются ежегодные эксплуатационные расходы, недостаток - высокая стоимость пола первого этажа.

#### 6. Устранение возможности притока грунтовых вод к зоне промерзания грунта.

Для многоэтажных холодильников наиболее рациональное решение- это устройство подвального этажа, используемого для хранения охлажденных грузов. При поддержании температуры воздуха в камерах 0°C и выше надобность в устройствах для подогрева грунта отпадает. Устройство подвала в одноэтажном холодильнике исключило бы одно из основных достоинств - большую высоту камер и увеличенную нагрузку на 1 м<sup>2</sup> площади пола, поэтому при наличии низкотемпературных камер в одноэтажных холодильниках устройство под ними подвального помещения нецелесообразно.

Одноэтажные холодильники с большим шагом колонн можно строить без внутренних колонн, т. е. однопролетными с консольной схемой несущих конструкций, при этом фундаменты колонн выносят за зону промерзания грунта. Это освобождает от необходимости применения специальных устройств для защиты грунта от промерзания.

Рассмотрим планировки различных типов холодильников.

Распределительные холодильники проектируют одно- и многоэтажными.

В одноэтажных холодильниках площадь основания представляет собой прямоугольник шириной, кратной 12 м, что соответствует длине наиболее распространенного пролета, и длиной, кратной 6м, достаточной для размещения вдоль холодильника пятивагонной секции. Высоту холодильника (от пола до низа балок) принимают от 6 м и более. Высоту камер холодильников малой вместимости принимают в соответствии с используемыми средствами механизации, но не менее 3,6 м. В проектах одноэтажных холодильников предусматривают 3-5 камер хранения мороженных грузов площадью 300-600 м<sup>2</sup>, 4-5 камер хранения охлажденных грузов площадью до 300 м<sup>2</sup>, 1-2 камеры с универсальным температурным режимом, не более 3 камер замораживания. Холодильные камеры рекомендуется проектировать без внутренних колонн, с применением увеличенных размеров пролетов зданий. Камеры с одинаковым температурным режимом объединяют в отдельные отсеки.

Для удобства грузовых операций делают сквозной грузовой коридор, из которого предусматривают вход во все камеры хранения. На холодильниках большой вместимости коридоров может быть 2-3. Ни одна из камер хранения не должна быть проходной, но для облегчения перемещения грузов камеры хранения сообщаются между собой. Платформы располагают фронтально, соединяя их грузовым коридором или соединительной платформой шириной 4-5 м. На распределительных холодильниках небольшой вместимости сквозных коридоров обычно не делают, а платформы располагают с одной стороны холодильника, совмещая авторефрижераторную с железнодорожной, или располагают их под углом. В этом случае коридор заменяют экспедицией, из которой должен быть вход в каждую камеру. Перед морозилками предусматривают накопительную камеру. Накопительная для мяса оборудуется подвесными путями. Из морозилок замороженное мясо поступает в разгрузочную камеру, снимается с подвесных путей и транспортируется в камеры хранения мороженого мяса. На рис. 129 показана планировка одноэтажного холодильника вместимостью 3000 т.

Многоэтажные холодильники (рис. 130) проектируют с основанием, выполненным в виде прямоугольника со сторонами, кратными 6 м. Ширина здания не должна превышать 42 м для удобства монтажа из сборных железобетонных элементов двумя башенными кранами. Площадь камер хранения мороженных грузов принимают 1000-1300 м<sup>2</sup>. Камеры с одинаковыми или близкими температурными режимами размещают отсеками по вертикали. При наличии подвального помещения в нем размещают камеры хранения с температурой воздуха не ниже -3° С. Лифты размещают в контуре здания холодильника с непосредственным выходом на грузовые платформы, ширина которых принимается не менее 7,5 м.

Высоту камер многоэтажного холодильника принимают 4,8 м при условии, что расчетная нагрузка на перекрытие не превысит 2 т/м<sup>2</sup>.



наружного воздуха в холодильные камеры. На холодильнике предусматривают экспедицию, которая должна быть связана с обеими платформами и с камерами хранения.

Холодильники рыбной промышленности (рис. 132) строят в рыбных портах и при рыбо-перерабатывающих предприятиях. В первом случае холодильники служат для приема рыбы с судов, временного хранения и передачи на другие виды транспорта, т. е. выполняют функции перевалочных холодильников, а во втором - для хранения сырья и готовой продукции рыбоперерабатывающего предприятия

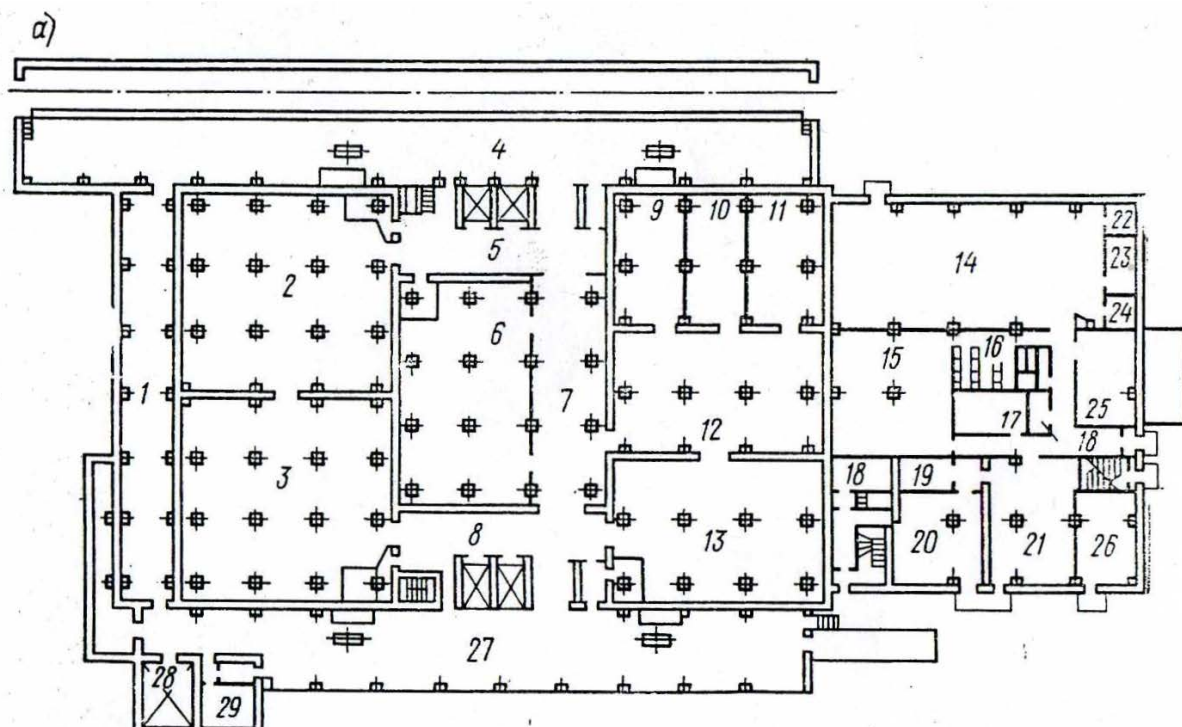


рис. 130. Многоэтажный распределительный холодильник емкостью 10 000 т:

а - план 1-го этажа; б - план 2-4-го этажей и подвала; 1 - соединительный коридор; 2-3 - универсальные камеры; 4 - железнодорожная платформа; 5, 8 - вестибюли; 6 - камера хранения охлажденного мяса; 7 - коридор; 9-11 - камеры замораживания; 12 - накопитель-разгрузочная камера; 13 - камера хранения охлажденного мяса; 14 - машинное отделение; 15 - материальный склад; 16 - гардероб; 17 - тепловой пояс; 18 - кладовая; 19 - электролитное отделение; 20 - зарядная станция; 21 - профилакторий и стоянка электропогрузчиков; 22 - лаборатория; 23 - помещение КИПиА; 24 - кабинет механика; 25 - щитовое отделение; 26 - механическая мастерская; 27 - автомобильная платформа; 28 - моечная инвентаря; 29 - комната кладовщиков

На портовые холодильники рыба обычно поступает с судов-рефрижераторов замороженной, поэтому при проектировании камеры замораживания могут не предусматриваться. Ввиду ограниченности территории порта рыбные холодильники проектируют главным образом многоэтажными. Для загрузки камер хранения мороженой рыбой со стороны причала предусматривают поэтажные грузовые балконы, на которые рыбу подают порталными кранами непосредственно из трюмов судов. Рыбу с балконов в холодильные камеры с температурой воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$  доставляют электропогрузчиками. На первом этаже холодильника размещают экспедицию и камеры для хранения пищевых продуктов, предназначенных для снабжения продовольствием экипажа судов. Холодильники при рыбоперерабатывающих предприятиях проектируют

как многоэтажными (если предприятие находится на территории порта и необходимо уменьшить занимаемую площадь), так и одноэтажными (рис. 133).

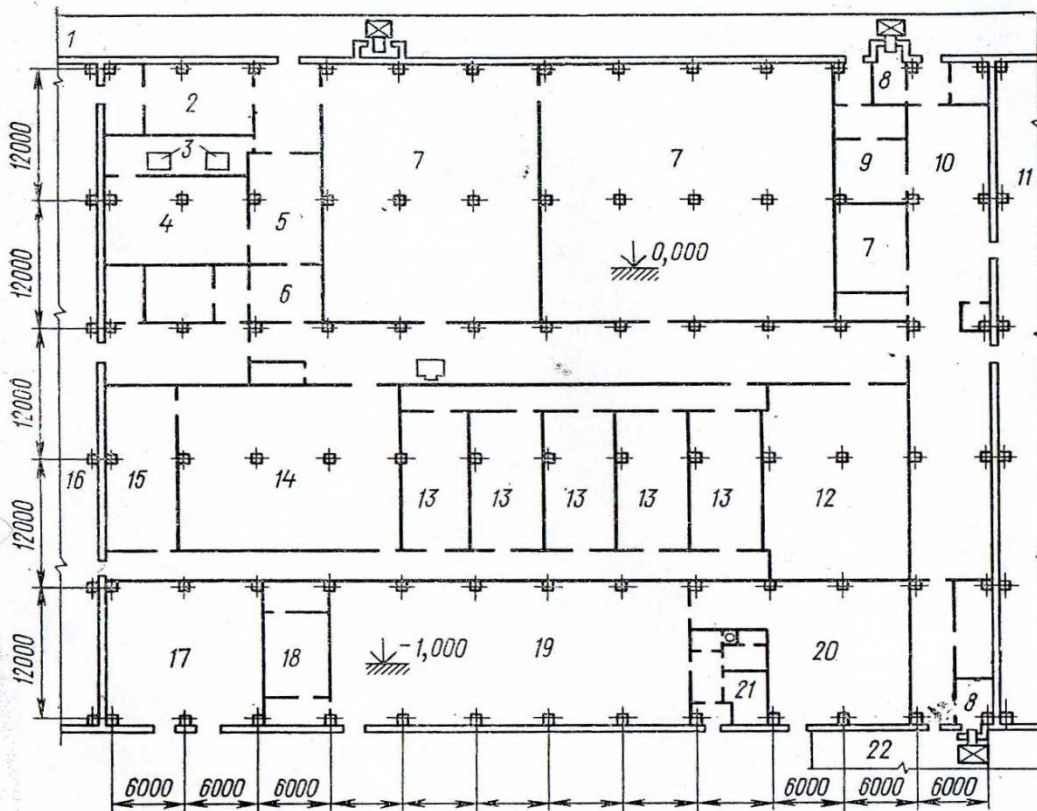
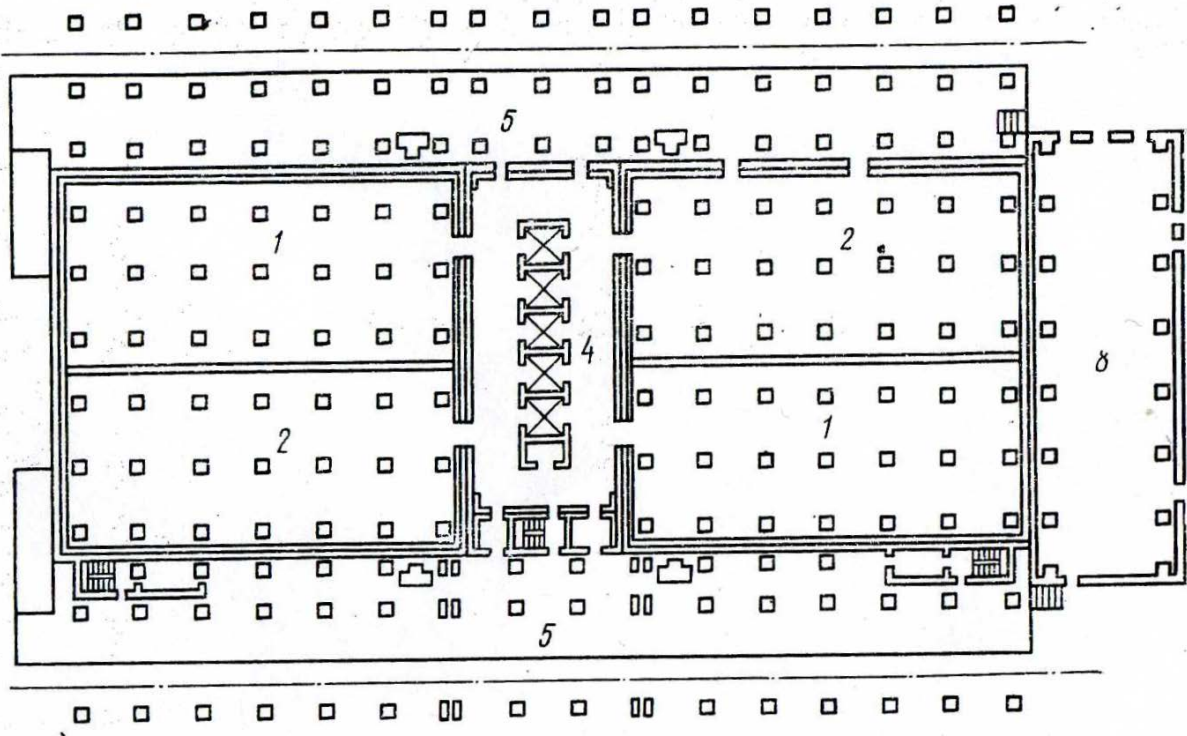


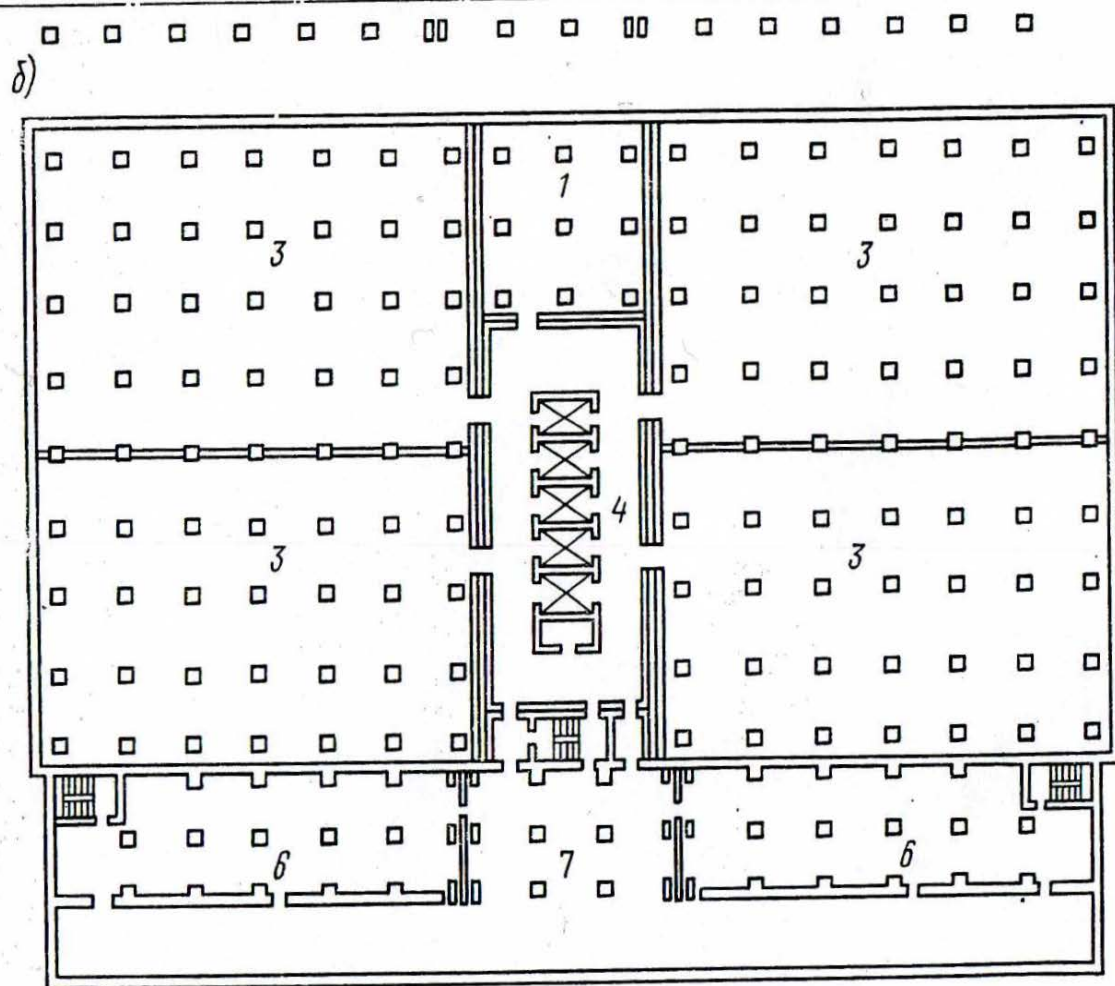
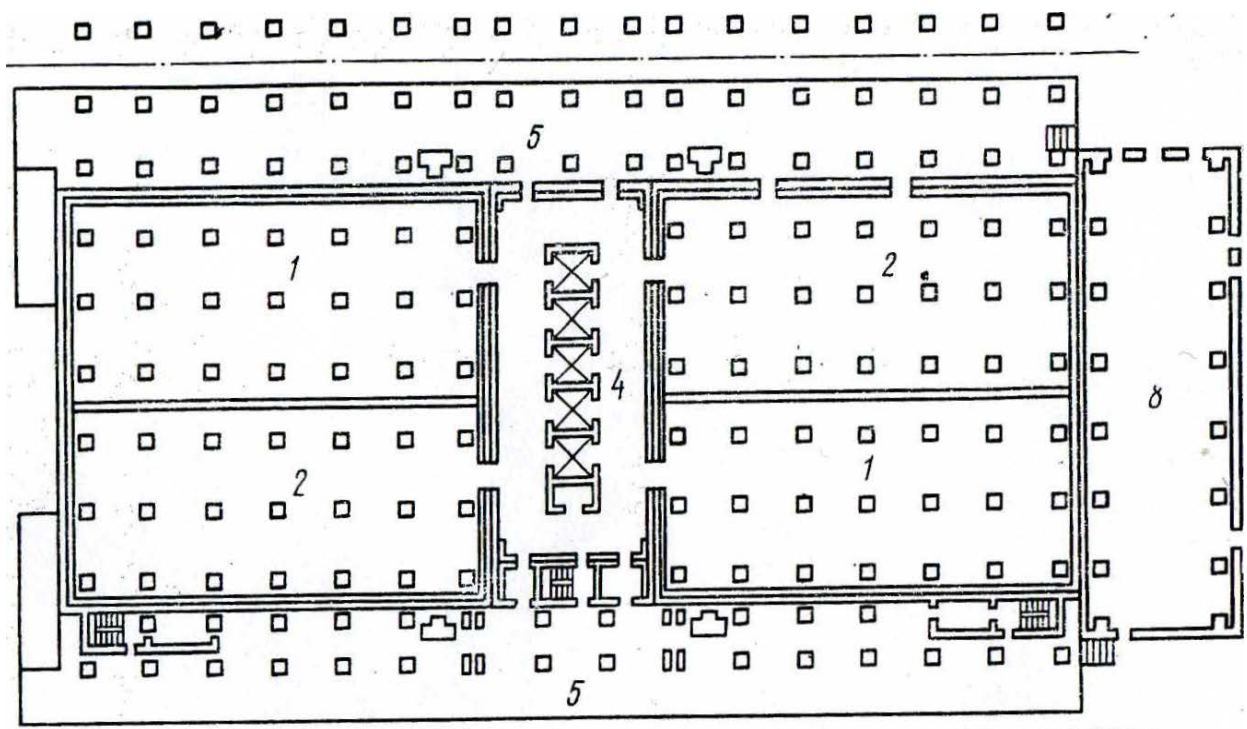
Рис. 131. Одноэтажный производственный холодильник вместимостью 2000 т при мяскокомбинате мощностью 50 т в смену:

1 - железнодорожная платформа; 2 - камера хранения жира ( $t = -20^{\circ}\text{C}$ ); 3 - скороморозильные роторные аппараты АРСА-10-2; 4 - отделение упаковки блоков и сыворотки; 5 - камера хранения замороженных субпродуктов ( $t = -20^{\circ}\text{C}$ ); 6 - камера замораживания субпродуктов ( $\leq -30^{\circ}\text{C}$ ); 7 - камера хранения мороженого мяса ( $t = -20^{\circ}\text{C}$ ); 8 - помещение для весовщиков; 9 - камера подморозки некондиционных грузов ( $t = -20^{\circ}\text{C}$ ); 10 - экспедиция; 11 - мясоперерабатывающий корпус; 12 - камера хранения охлажденного или мороженого мяса ( $t = -20^{\circ}\text{C}$ ); 13 - камера однофазного замораживания мяса ( $t = -30^{\circ}\text{C}$ ); 14 - накопительная и хранение охлажденного мяса  $t = -1^{\circ}\text{C}$ ; 15 - камера сверхбыстрого охлаждения мяса ( $t = -10^{\circ}\text{C}$ ); 16 - мясожировой корпус; 17 - трансформаторная подстанция; 18 - помещение КИПиА; 19 - компрессорное отделение; 20 - аппаратное отделение; 21 - подсобно-бытовые помещения; 22 - автомобильная платформа

Производственные холодильники, строящиеся в порту, располагают вместе с рыбоперерабатывающим предприятием вдоль причальной линии. На этих холодильниках предусматривают камеры хранения мороженой рыбы с температурой воздуха  $-25^{\circ}\text{C}$ , камеры хранения соленой продукции и камеры готовой продукции в соответствии с ассортиментом, выпускаемым предприятием.

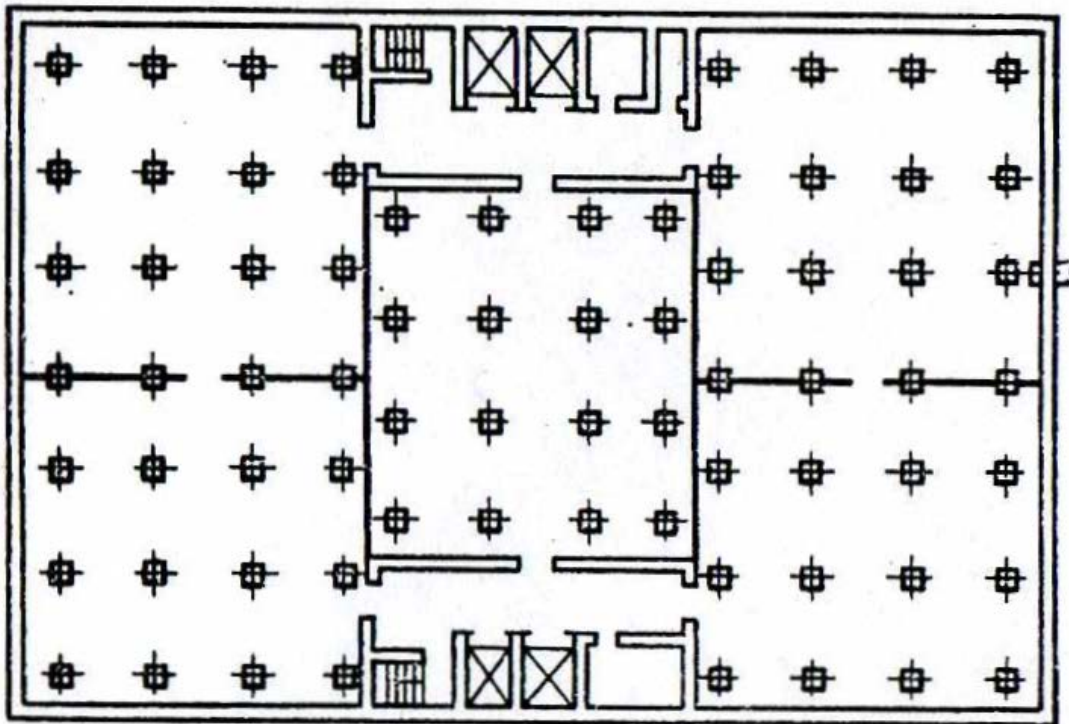
a,





а-план 1-го этажа; б-план 2-4-го этажей; 1 универсальные камеры для хранения малосольной и соленой Рыбопродукции, 2 экспедиционные камеры, 3 камеры для хранения мороженой продукции, 4 - вестибюль, 5- платформы" 6 - конторские и бытовые помещения, 7= балкон, 8 - машинное отделение

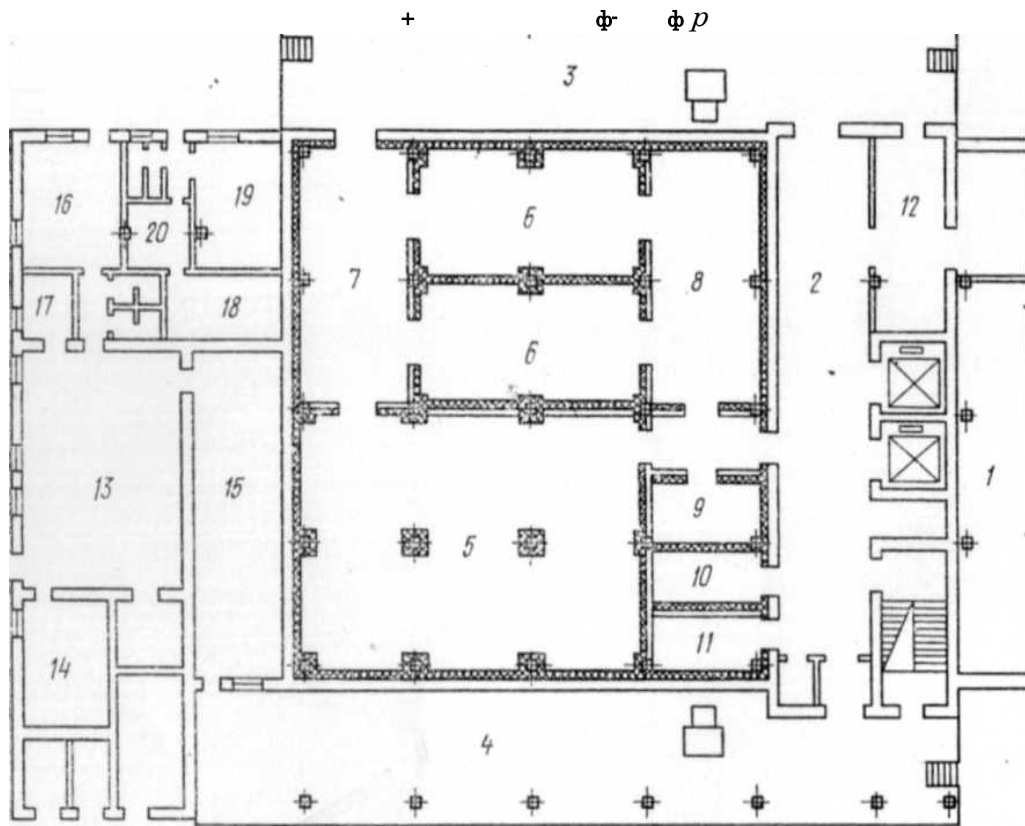
б)



т,

Рис 132 Планировка  
портового рыбного  
холодильника  
емкостью 17 тыс.

## Холодильники предприятий молочной промышленности



**Рис. 133. План производственного холодильника рыбоперерабатывающего предприятия:**

**1** — рыбообработывающий корпус; **2** — вестибюль-экспедиция; **3** — железнодорожная платформа; **4** — автомобильная платформа; **5** — камера хранения мороженой рыбы и льда; **6** — морозильное отделение; **7** — приемная; **8** — упаковочная; **9** — камера хранения икры; **10** — камера хранения кулинарных изделий; **11** — камера хранения отходов; **12** — помещение для хранения копченостей; **13** — машинное отделение; **14** — трансформаторная и щитовая; **15** — льдозавод; **16** — механическая мастерская; **17** — комната механика; **18** — сушилка спецодежды;

строят при городских молочных заводах и маслосырбазах. Холодильники проектируют одноэтажными с центральными коридорами, сеткой колонн 6X12 м и высотой камер 4,8-6,0 м, сблокированными в одном здании с молочным заводом. Холодильники при городских молочных заводах обычно не имеют железнодорожных платформ, а со стороны автомобильной имеют экспедицию для выдачи готовой продукции или приемки сырья. Если молочный завод имеет цех мороженого, то его размещают ближе к машинному отделению и на холодильнике предусматривают низкотемпературные камеры для закаливания и хранения мороженого.

На рис. 134 показана планировка холодильника для хранения фруктов. Доставка грузов на холодильник и отправка их потреби телью предусмотрена автомобильным транспортом. Здание с сеткой колонн 6X12 м - прямоугольной формы, с крытой платформой. К торцевой стороне примыкают бытовые и подсобные помещения. Холодный-склад состоит из шести камер с температурой в них 0° С и двух охлаждаемых экспедиций с температурой +5° С.

Мелкие холодильники предприятий торговли и общественного питания, располагаемые в уже существующих зданиях, служат для хранения запаса продуктов от одного до шести дней.

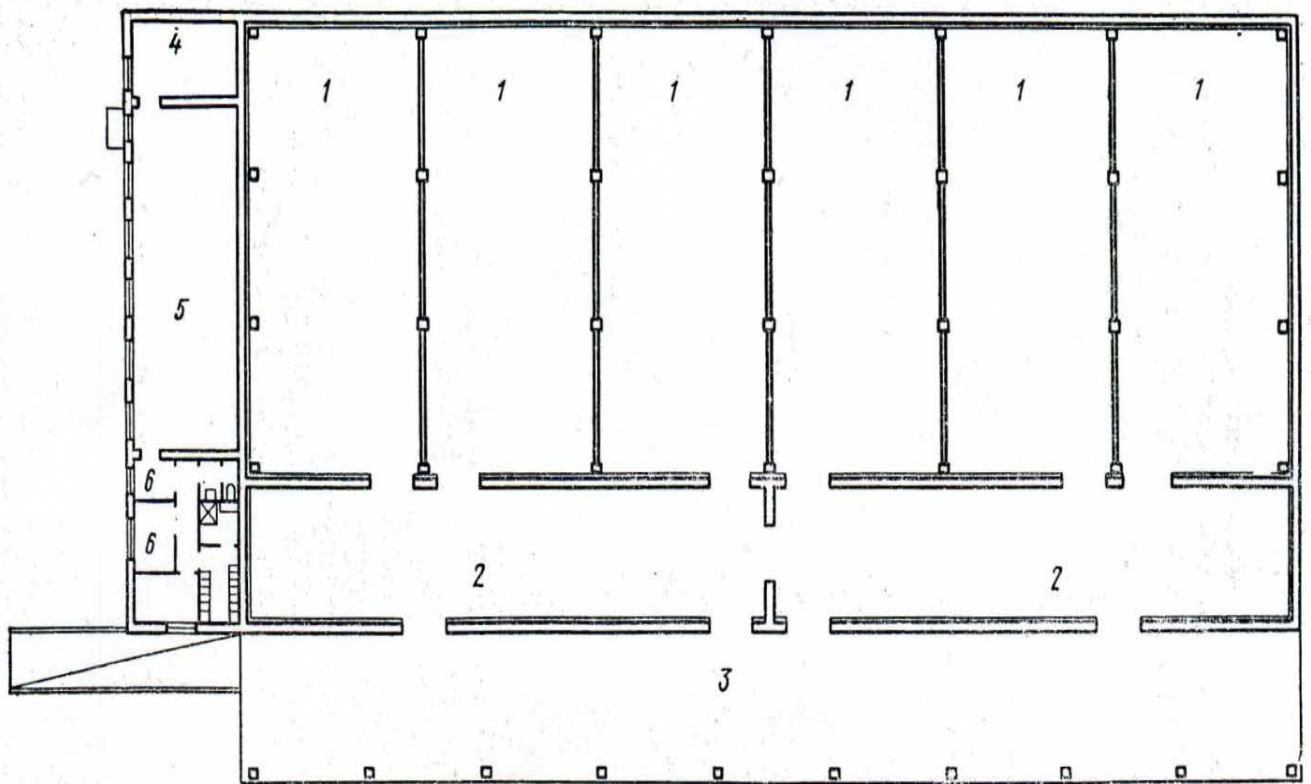


Рис. 134. Холодильник емкостью 700 т для хранения фруктов:

1 — камеры хранения; 2 — экспедиции; 3 — автомобильная платформа; 4 — щитовая; 5 — машинное отделение; 6 — бытовые помещения

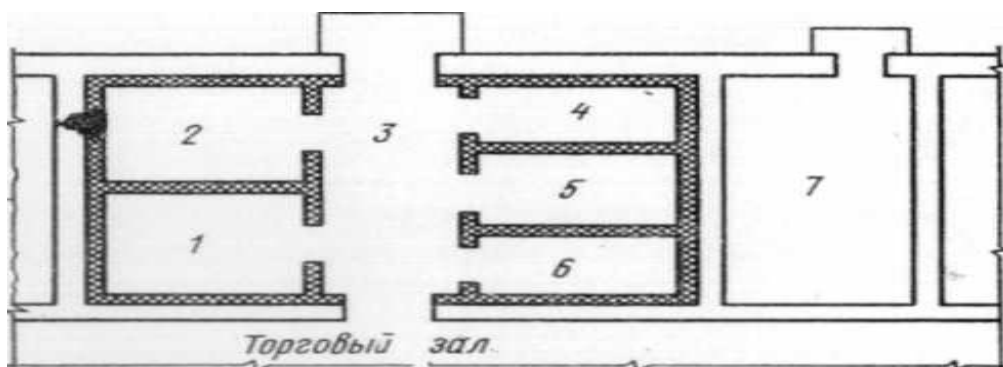


Рис. 135. Планировка холодильных камер торгового предприятия:

1 - камера для мяса; 2 - камера для рыбы; 3 - коридор-тамбур; 4 - камера для колбасных изделий; 5 - камера для молока и сыров; 6 - камера для фруктов и вина; 7 - машинное отделение

При планировке таких холодильников следует принимать во внимание следующее: для уменьшения теплопритоков камеры размещают блоком с входом в них через тамбур шириной не менее 1,4 м. Размеры камер должны быть не менее 4 м<sup>2</sup> при ширине не менее 2,1 м, отношение

длины камеры к ширине не более 1 :2,5 и высота камеры не менее 2,4 м. Камеры не должны быть проходными, нельзя прокладывать через камеры водяные, канализационные, газовые, паровые трубы. В камерах площадью менее 20 м<sup>2</sup> не должно быть колонн. Нельзя размещать камеры рядом с помещениями, имеющими большую влажность или высокую температуру воздуха (котельные, душевые и т. д.). Камеры следует располагать с учетом удобства загрузки и выгрузки продуктов. Для охлаждения камер применяют хладоновые холодильные установки. На рис 135 показана планировка мелкого холодильника, охлаждаемого с помощью хладонового агрегата, установленного в соседнем помещении. На предприятиях торговли и общественного питания устанавливают также холодильные устройства в виде охлаждаемых прилавков, витрин, шкафов, сборных камер.

Маши н н о е . о т д е л е н и е (рис. 136) располагают в пристройке к холодильнику или в отдельном здании центральной холодильной станции. Размещение машинного отделения в контуре здания холодильника нецелесообразно, так как это нарушает теплоизоляционный контур холодильника, стесняет компоновку оборудования. Машинное отделение средних и крупных холодильников обычно состоит из компрессорного зала и аппаратной, но может быть также все оборудование размещено в одном помещении.

Машинное отделение должно иметь два выхода, максимально удаленных друг от друга, из которых один - непосредственно наружу. Помещение аппаратного отделения при наличии выхода из него в машинное отделение должно иметь запасной выход наружу.

Высота машинного отделения аммиачных холодильных установок до низа несущих конструкций покрытия должна быть не менее 4,2 м, высота аппаратного отделения - не менее 3,6 м, высота машинного отделения холодильных установок, работающих на хладагоне,- не менее 3,5 м. Ширина помещений машинных отделений крупных распределительных и производственных холодильников принимается 12 м, допускается 18 м. В машинном отделении размещают компрессоры, промежуточные сосуды, регулируемую станцию; в аппаратном отделении - циркуляционные ресиверы и насосы хладагента, испарители, дренажные ресиверы и т. д. Вертикальные кожухотрубные конденсаторы, маслоотделители и иногда линейные ресиверы устанавливают снаружи, вблизи машинного отделения, причем над линейными ресиверами устраивают навес. Водяные насосы размещают в аппаратном отделении, а на крупных холодильниках проектируют отдельную насосную станцию, располагая ее вблизи конденсаторов и градирни. При расстановке оборудования должны быть учтены правила техники безопасности, удобство ремонта и эксплуатации оборудования, уменьшение протяженности коммуникаций. Регулирующую станцию и манометровый щит размещают так, чтобы сигнальные устройства и показания манометров были видны из любого рабочего места. Проход и расстояние от регулирующей станции до выступающих частей машины должно быть не менее 1,5 м, расстояние между выступающими частями машин - не менее 1 м, проход между гладкой стеной и машиной или аппаратом - не менее 0,8 м, если он не является главным для обслуживания. Допускается установка аппаратов у стен без проходов. При наличии в машинном отделении- колонн расстояние от колонны до выступающих частей машин должно быть не менее 0,7 м. При установке кожухотрубных аппаратов следует предусматривать возможность прочистки и замены труб. Компрессоры и аппараты, требующие осмотра на высоте свыше 1,5 м, должны быть оборудованы специальными площадками и лестницами.

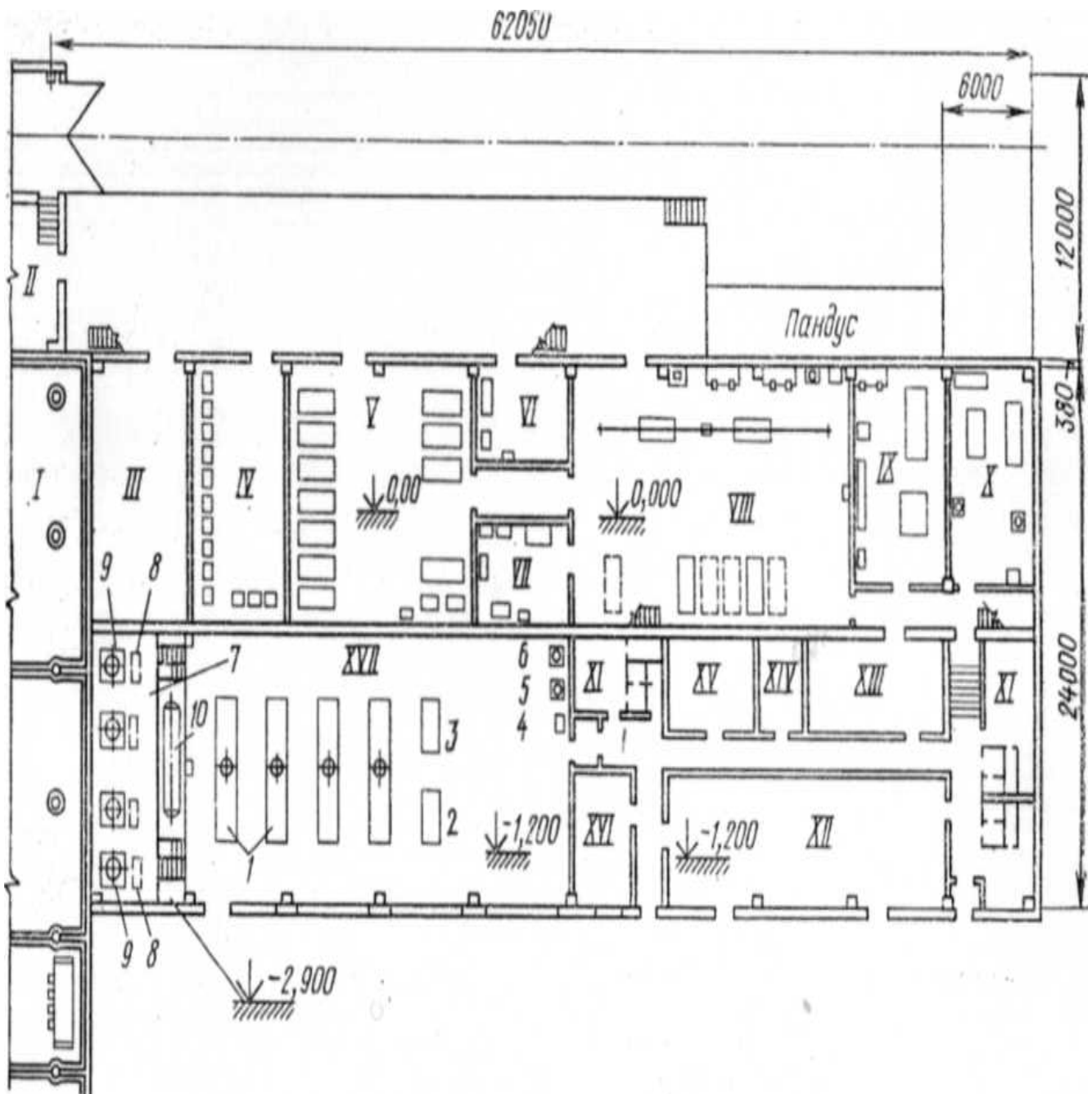


Рис. 136. Планировка машинного отделения крупного холодильника:

1 — холодильник; II — закрытая железнодорожная платформа; III — материальный склад; IV — помещение для зарядных агрегатов; V — зарядная станция; VI — отделение для мойки инвентаря; VII — электролитное отделение; VIII — профилакторий электрогрузчиков; IX — механическая мастерская; X — столярная мастерская; XI — подсобно-вспомогательные помещения; XII — трансформаторная подстанция; XIII — тепловой пункт; XIV — кладовая; XV — помещение КИПиА; XVI — комната механика; XVII — машинное отделение — агрегаты гат двухступенчатого сжатия АД130-3; 2 — одноступенчатый компрессор А110-1\*; 3 — воздушный компрессор; 4 — маслонасосная установка; 5 — маслосборник; 6 — маслоотделитель; 7 — площадка для обслуживания циркуляционных ресиверов; 8 — герметичные аммиачные насосы; S — вертикальные циркуляционные ресиверы; 10 — дренажный горизонтальный ресивер. Вертикальные кожухотрубные конденсаторы и линейные ресиверы установлены вне машинного отделения, поэтому на планировке не показаны.

Аммиачная распределительная запорная арматура холодильных камер должна

размещаться на уровне, удобном для обслуживания, - не выше 1,8 м от пола. Для обслуживания распределительных устройств с запорной арматурой, расположенных выше 1,8 м, в машинном и аппаратном отделениях предусматривают металлические площадки.

Машинные и аппаратные отделения должны быть оборудованы приточно-вытяжной вентиляцией, рассчитанной: приточная - на двукратный, а вытяжная - на трехкратный обмен воздуха в час. Кроме того, должна быть аварийная вытяжная вентиляция с восьмикратным обменом воздуха в час. Такая вентиляция должна иметь пусковые приспособления внутри вентилируемого помещения и вне его, на наружной стене здания.

Машинное отделение должно иметь основное освещение и аварийное, автоматически включающееся при выключении основного.

В отдельных случаях на распределительном холодильнике может быть применено так называемое децентрализованное охлаждение. Центральное машинное отделение отсутствует, а каждую камеру или группу камер охлаждают самостоятельной, полностью автоматизированной аммиачной холодильной установкой или холодильной установкой, работающей на хладоне. Холодильные агрегаты устанавливаются вблизи камеры во вспомогательном помещении (экспедиции, коридоре, тамбуре). Уменьшение штата обслуживающего персонала, отсутствие расходов на содержание машинного отделения создает экономию и снижает себестоимость холода

### **Выводы и предложения:**

#### **Вопросы для самоконтроля:**

1. Объяснить классификацию холодильников .
2. Расскажите что такое условная вместимость холодильников.
3. Поясните как подразделяются холодильники целевому назначению.
4. Расскажите как происходит деление холодильников по этажности.
5. Какие требования по планировке холодильников вы знаете.
6. Расскажите по схеме состав и работу одноэтажного распределительного холодильника ёмкостью 3000т.
7. Расскажите по схеме состав и работу многоэтажного распределительного холодильника ёмкостью 10000т.
8. Объясните состав оборудования и работу портового рыбного холодильника вместимостью 17тыс.т .
9. Дайте пояснение к схеме производственного холодильника рыбоперерабатывающего предприятия.
10. Расскажите планировку и работу холодильных камер торгового предприятия.
11. Назовите требования к машинному отделению крупного холодильника.

### **Перечень литературы**

#### **Основная:**

1. Сластухин Ю.Н., Техническая эксплуатация СХУ. – изд. Моркнига, 2014 г.
2. Лэнли Б.К., Холодильная техника и кондиционирование воздуха. – Москва, 2012 г.
3. Полевой А.А., Автоматизация СХУ и систем кондиционирования воздуха. – изд. Профессия, 2010 г.
4. Абдульманов Х.А., Балыкова Л.И., Сарайкина И.П. «Холодильные машины и установки» М. Колос, 2006 г.
5. Лашутина Н.Г., Верхова Г.А., Суедов В.П. «Холодильные машины и установки» М. Колос, 2006 г.
6. Ладин Н.В. «Основы теории холодильных машин» СПб, ГМА им.Макарова, 2007 г.
7. Петров Ю.С. «Судовые холодильные машины и установки» Л. Судостроение, 1991 г.
8. Румянцев Ю.Д., Калюнов В.С. "Холодильная техника" СПб, Профессия, 2003г.

9. Колиев И.Д. "Судовые холодильные установки" Одесса, Феникс, 2009г.

**Дополнительная:**

1. Курычев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. "холодильные установки" СПб, Политехника, 2000г.
2. Антипов А.В., Дубровин И.А. "Монтаж и эксплуатация хладоновых установок" 2009г.
3. Ленгли Б. под ред. Гальперика А.Д. "Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха в холодильных установках" М. Евроклимат, 2002г.
4. Полевой А.А. "Автоматизация холодильных установок и систем кондиционирования воздуха" М.Профессия,2010г.