

Областное бюджетное профессиональное образовательное учреждение  
«Курский электромеханический техникум»  
(ОБПОУ «КЭМТ»)

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
ПМ 02 Участие в работах по ремонту и испытанию холодильного  
оборудования (по отраслям)  
для студентов специальности 15.02.06 Монтаж и техническая  
эксплуатация холодильно- компрессорных машин и установок  
(по отраслям)**

Разработчик: Л.А.Черникова  
преподаватель первой  
квалификационной категории

2018 г.



РАССМОТРЕНА

на заседании предметной (цикловой)  
комиссии преподавателей  
профессионального цикла по направлению  
подготовки Технологии и сервис

Протокол № 2 от 8.10 2018 г.

Председатель ПЦК А Борзенкова Л.Н.

Заведующий (-ая) отделением

Л.А. Орлова  
« 8 » 10 2018 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ  
по ПМ 02 Участие в работах по ремонту и испытанию  
холодильного оборудования (по отраслям)  
для студентов специальности 15.02.06 Монтаж и  
техническая эксплуатация холодильно- компрессорных  
машин и установок (по отраслям)

Разработчик: \_\_\_\_\_ В \_\_\_\_\_ Черникова Л.А., преподаватель  
первой квалификационной категории

Рецензенты:

1. \_\_\_\_\_ Щеголев Ю. Ю.
2. \_\_\_\_\_ Орлова Л. А.



## СОДЕРЖАНИЕ

Пояснительная записка	5
Критерии оценки практических работ	6
Перечень практических работ по МДК 02.01. Управление ремонтом холодильного оборудования (по отраслям) и контроль за ним	7
Практическая работа №1 Определение износа шеек коленчатого вала	8
Практическая работа №2 Определение износа цилиндрических втулок компрессора	12
Практическая работа №3 Определение износа поршней компрессора	17
Практическая работа №4 Определение износа, подгонка и проверка поршневых колец	21
Практическая работа №5 Измерение величины линейного вредного пространства вертикальных компрессоров	25
Практическая работа №6 Анализ работы контрольно-измерительных приборов	30
Практическая работа №7 Анализ характеристик оборудования	43
Практическая работа №8 Анализ схемы хладоновой холодильной установки	46
Практическая работа №9 Составление графика ремонта холодильного оборудования	50
Практическая работа №10 Привалка поршней цилиндра компрессора	56
Практическая работа №11 Анализ теплообменных аппаратов	61
Практическая работа №12 Анализ ремонта теплообменных аппаратов	64
Практическая работа №13 Анализ технологических трубопроводов	68
Практическая работа №14 Анализ ремонта трубопроводов	71
Практическая работа №15 Анализ конструкции запорной арматуры	74
Практическая работа №16 Анализ ремонта запорной арматуры	76
Практическая работа №17 Анализ ремонта малых холодильных машин	79
Практическая работа №18 Заполнение журнала обмеров основных деталей и узлов холодильного компрессора	83
Практическая работа №19 Оформление ведомости дефектов	89
Практическая работа №20 Оформление заявки на запасные части	94
Практическая работа №21 Оформление заявки на материалы	99
Практическая работа №22 Оформление приемо-сдаточных актов	103

Практическая работа №23 Проверка качества проведенного ремонта-	109
Перечень практических работ по МДК 02.02. Управление испытанием холодильного оборудования (по отраслям) и контроль за ним	113
Практическая работа №1 Анализ испытаний на вакуум (вакуумирование холодильного контура)	114
Практическая работа №2 Анализ оценки заправки маслом компрессора	117
Практическая работа №3 Анализ оценки заполнения системы хладагентом и хладоносителем	120
Практическая работа №4 Анализ оценки заполнения системы хладоносителем	124
Практическая работа №5 Анализ пуска и остановки одноступенчатой холодильной установки	128
Практическая работа №6 Анализ пуска и остановки двухступенчатой холодильной установки	132
Практическая работа №7 Анализ мероприятий по испытанию компрессора на плотность	139
Практическая работа №8 Анализ мероприятий по испытанию компрессора на прочность	144
Практическая работа №9 Анализ мероприятий по испытанию аммиачных трубопроводов на прочность	148
Практическая работа №10 Анализ мероприятий по испытанию хладоновых трубопроводов на прочность	153
Практическая работа №11 Анализ мероприятий по испытанию аммиачных трубопроводов на плотность	157
Практическая работа №12 Анализ мероприятий по испытанию хладоновых трубопроводов на плотность	161
Практическая работа №13 Анализ мероприятий по гидравлическим испытаниям рассольных трубопроводов	166
Практическая работа № 14 Анализ мероприятий по гидравлическим испытаниям водяных трубопроводов	169
Практическая работа № 15 Анализ регулирования холодильной установки и выхода на оптимальный режим работы	174
Практическая работа № 16 Анализ неисправностей компрессора, выявленных по индикаторным диаграммам	178
Практическая работа № 17 Анализ испытаний бытовых холодильников	182
Список литературы	

## ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

В современных условиях перед системой среднего профессионального образования страны поставлена задача повышения качества подготовки профессионалов своего дела.

Современное общество заинтересовано в конкурентоспособных профессионалах, умеющих самостоятельно, активно действовать, принимать решения и нести за них ответственность, гибко адаптироваться к изменяющимся условиям социально-экономической среды, критически мыслить, уметь анализировать возникающие проблемы и искать пути их рационального решения, используя современные технологии.

Цели и задачи методической разработки — углубление и закрепление знаний, полученных на теоретических занятиях. Практические работы формируют и развивают умения и прививают практические навыки исследования, расчета и контроля.

У1 Участвовать в организации и осуществлять операции по ремонту холодильного оборудования

У2 Определять износ холодильного оборудования и назначать меры по его устранению

У3 Обеспечивать безопасность работ при ремонте холодильного оборудования

У4 Участвовать в организации и проводить разборку и сборку основного и вспомогательного холодильного оборудования

У5 Участвовать в проведении различных видов испытаний холодильного оборудования

З1 Технологические процессы ремонта деталей и узлов холодильной установки

З2 Основные пути и средства повышения долговечности холодильного оборудования

З3 Прогнозирование отказов в работе и обнаружение дефектов холодильного оборудования

З4 Основные методы диагностирования и контроля технического состояния холодильного оборудования

З5 Основные технологии проведения различных испытаний холодильной установки

## КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

Отметка «5» ставится в следующем случае:

- работа выполнена полностью;
- на теоретические вопросы дан полный, исчерпывающий ответ литературным языком в определенной логической последовательности;
- студент обнаруживает верное понимание сущности рассматриваемых вопросов, дает точное определение и истолкование основных понятий, теорий при защите практической работы;
- решение задач произведено правильно, математические расчеты произведены верно.

Отметка «4» ставится в следующем случае:

- работа выполнена полностью или не менее чем на 80 % от объема задания, но в ней имеются недочеты и несущественные ошибки;
- ответ на теоретические вопросы удовлетворяет вышеперечисленным требованиям, но содержит неточности в изложении фактов определений, понятий, объяснении взаимосвязей, выводах и решении задач.

Отметка «3» ставится в следующем случае:

- работа выполнена в основном верно (объем выполненной части составляет не менее  $2/3$  от общего объема), но допущены существенные неточности;
- студент обнаруживает понимание учебного материала при недостаточной полноте усвоения понятий и закономерностей;
- умеет применять полученные знания при решении простых задач с использованием готовых формул, но затрудняется применять их в нестандартных ситуациях.

Отметка «2» ставится в следующем случае:

- работа в основном не выполнена (объем выполненной части менее  $2/3$  от общего объема задания);
- студент показывает незнание основных понятий, непонимание изученных теоретических выкладок, не умеет решать задачи.

**ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ**  
 По МДК 02.01 Управление ремонтом холодильного оборудования  
 (по отраслям) и контроль за ним

№ п/п	Наименование разделов (тем)	Темы практических работ	Количество часов
1	Методы диагностирования и контроль технического состояния холодильного оборудования	1.Определение износа шеек коленчатого вала	2
		2. Определение износа цилиндрических втулок компрессора	2
		3. Определение износа поршней компрессора	2
		4. Определение износа, подгонка и проверка поршневых колец	4
		5 Измерение величины линейного вредного пространства вертикальных компрессоров	4
2	Ремонт холодильного оборудования	6. Анализ работы контрольно-измерительных приборов	4
		7. Анализ характеристик оборудования	4
		8. Анализ схемы хладоновой холодильной установки	4
		9. Составление графика ремонта холодильного оборудования	4
		10. Привалка поршней цилиндра компрессора	4
		11. Анализ конструкции теплообменных аппаратов	4
		12. Анализ ремонта теплообменных аппаратов	4
		13. Анализ технологических трубопроводов	4
		14. Анализ ремонта трубопроводов	4
		15. Анализ конструкции запорной арматуры	4
		16. Анализ ремонта запорной арматуры	4
		17. Анализ ремонта малых холодильных машин	4
		3	Ремонтная документация
19. Оформление ведомости дефектов	4		
20. Оформление заявки на запасные части	4		
21. Оформление заявки на материалы	4		
22. Оформление приемо-сдаточных актов	4		
23. Проверка качества проведенного ремонта-	4		

## Практическая работа № 1

### Определение износа шеек коленчатого вала

Цель работы:

1. Получить навыки в определении износа шеек коленчатого вала
2. Получать навыки в выборе вида необходимого ремонта

### Теоретическая справка

Износ шеек коленчатого вала проявляется в нарушении геометрической формы (образование овальности), а также в повреждении поверхности шеек вала рисками, вмятинами и раковинами. Проверка износа и степени искажения геометрической формы вала позволяет определить необходимость и характер проведения ремонта.

Следствием естественного износа коленчатого вала являются уменьшение диаметра, изменение формы и чистоты поверхности шеек и его поверхности в месте сальникового уплотнения.

Результатом аварийного износа могут быть изгиб вала, превышающий предел его упругой деформации, скручивание, возникновение трещин, изломов и сколов. В этих случаях вал заменяют новым. Иногда применяется правка погнутого коленчатого вала гидравлическим или механическим прессом.

Коренные шейки коленчатых валов современных бескрейцкопфных компрессоров в большинстве случаев установлены в подшипниках качения и практически не изнашиваются. Шатунные шейки, не утратившие размера и формы, но имеющие небольшие риски, задиры или вмятины от воздействия абразивных частиц, обрабатывают вручную с помощью хомута, под который подкладывают наждачное полотно из электрокорунда. Полирование производят пастой ГОИ.

При незначительном износе коленчатого вала, когда отклонение формы шеек достигает предельной, указанной в табл. 1, производится шлифование вала на станке. Перед шлифованием необходимо забить все отверстия масляных каналов деревянными заглушками.

При использовании толстостенных вкладышей нижней головки шатуна шейки вала шлифуют до восстановления правильной цилиндрической формы и первоначальной чистоты поверхности. Диаметр шеек в этом случае не имеет существенного значения; дальнейшая подгонка вкладышей производится шабровкой, а зазор устанавливается изменением толщины прокладок в разъеме шатуна. Однако не

рекомендуется, чтобы диаметр шеек отличался от номинального более чем на 0,05 мм.

Таблица 1 Допустимые значения износа шеек коленчатого вала

Диаметр шейки вала, мм	Допустимая овальность и конусообразность шейки, мм		Биение шеек, мм	
	коренной	шатунной	При изготовлении и ремонте вала, мм	Предельно допустимое при эксплуатации
5-100	0,15	0,15	0,02	0,06
100-200	0,2	0,22	0,03	0,09
200-300	0,25	0,3	0,035	0,15
300-400	0,3	0,35	0,04	0,2
400-500	0,35	0,4	0,05	0,2

В случае применения тонкостенных вкладышей при шлифовании восстанавливаются не только форма и чистота поверхности, но и размер, соответствующий ближайшему ремонтному размеру вкладышей. Таким образом, достигается установление необходимого зазора, поскольку любая подгонка вкладышей и установка прокладок в разьеме шатуна запрещена. По окончании шлифования зенкуют отверстия масляных каналов, а затем полируют шейки пастой ГОИ.

Удалив заглушки из масляных каналов, их (каналы) прочищают ершом, промывают керосином и продувают сжатым воздухом. При постановке заглушек на место их смазывают мастикой из свинцового глета и глицерина и раскернивают.

При износе вала в месте сальникового уплотнения сальник становится негерметичным. Предпочтителен метод ремонта хромированием поверхности с предварительным ее шлифованием. При этом значительно увеличивается срок службы всего узла. При невозможности применить хромирование вал восстанавливают постановкой втулки.

Наиболее вероятным местом возникновения трещин являются галтели шеек вала и шпоночные пазы. Поэтому при шлифовании шеек не допускается уменьшение радиуса галтелей.

Призматические и сегментные шпонки устанавливаются в пазу вала по неподвижной посадке, а в пазу охватывающей детали — по подвижной. Основным признаком нарушения узла является выпадение шпонки из паза вала. Эксплуатация узла без ремонта недопустима. Новую шпонку изготавливают из стали Ст5. При необходимости паз вала фрезеруют, вручную подгоняют шпонку по пазу вала, паз охватывающей детали подгоняют по размеру шпонки. Не рекомендуется изготавливать

ступенчатую шпонку ввиду сложности ремонта и уменьшения надежности узла.

Допускаемая овальность и конусообразность не более 0,5 допуска на диаметр. Нормальная работа сопряжения вал-подшипник скольжения возможна, если рабочий зазор будет находиться в пределах между начальным и максимальным зазорами.

$$\Delta H = 0,467d \sqrt{\frac{n\mu}{PC}}, \text{ мм}$$

где  $\Delta H$  – начальный зазор, мм;

$d$  – диаметр вала, мм;

$n$  – частота вращения вала, об/мин;

$\mu$  – динамическая вязкость масла, Па·с;

$P$  – удельная нагрузка на вал, Па;

$C$  – коэффициент, зависящий от соотношения длины  $L$  шейки и диаметра  $d$  шейки вала

$$C = (d+L)/L$$

Максимальный допустимый зазор определяется по формуле

$$\Delta g = \frac{\Delta H^2}{4\delta}, \text{ мм}$$

где  $\delta$  – максимально допустимый зазор трущихся поверхностей вала  $\delta_v$  и отверстия подшипника  $\delta_o$ , мм

$$\delta = \delta_v + \delta_o, \text{ мм},$$

Величина  $\delta$  принимается больше размеров частиц загрязнений, проходящих через масляные фильтры, и составляет  $(3-4) \cdot 10^{-3}$ , мм

Для переходной посадки Js7/h6 принимаем:

- для 6 квалитета точности Ra = 0,63 – 0,8

- для 7 квалитета точности Ra = 0,8 – 1,25

#### Задания для аудиторной работы:

По заданным параметрам определить:

1. износ шатунных шеек коленчатого вала (переходная посадка Js7/h6), вычислив максимально допустимый зазор,
2. сравнить с допускаемым износом
3. предложить вариант ремонта.

Таблица 2 – Задания для выполнения работы

№ варианта	d h6, мм	n, об/мин	$\mu \cdot 10^{-4}$ , Па·с	L, мм	P, Па
1	45	233	8,2	40	4600
2	65	120	3,2	80	5000
3	36	1800	2	44	24000
4	35	450	3	60	45000
5	50	1200	3,2	70	8000
6	22	2200	3	60	45000

Контрольные вопросы:

1. В чем проявляется износ шеек коленчатого вала?
2. Что является следствием естественного износа коленчатого вала?
3. В чем проявляется аварийный износ коленчатого вала?
4. Виды необходимого ремонта при износе коленчатого вала.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Выполнение заданий для аудиторной работы.
3. Ответы на контрольные вопросы.

## Практическая работа №2 Определение износа цилиндрических втулок компрессора

Цель работы:

1. Получить навыки в определении износа цилиндрических втулок компрессора
2. Получать навыки в выборе вида необходимого ремонта

Измерительные инструменты: уровни, монтажные линейки, штихмасс, стальные клинья и монтажные каретки.

### Теоретическая справка.

Основные дефекты цилиндра — это износ и повреждение зеркала цилиндра. Увеличение внутреннего диаметра и искажение правильности формы зеркала цилиндра являются следствием нормального эксплуатационного износа, вызванного истирающим действием поршневых колец (табл. 1).

Таблица 1 Отклонение формы цилиндра

Ход поршня компрессора, мм	Номинальный диаметр цилиндра, мм	Начальная овальность и конусность, мм	Предельное искажение формы цилиндра, мм
Аммиачные компрессоры			
70	81,9	0,025	0,08
82	115	0,025	0,3
130	150	0,027	0,1
150	200	0,03	0,12
Хладоновые компрессоры			
50	67,5	0,02	0,06
70	101,6	0,025	0,08
130	150	0,0225	0,1

Увеличение диаметра цилиндра по сравнению с номинальным допускается в пределах 0,3—0,5 мм на 100 мм диаметра. Максимальное искажение формы цилиндра первоначально составляет половину допуска на диаметр, а предельное — не должно превышать первоначальную величину более чем в 3,5 раза.

Гильза цилиндра или цилиндр растачивается на станке с последующим хонингованием до шероховатости поверхности  $R_a = 0,63$  — 0,16 мкм. Диаметр зеркала должен обеспечивать зазор между поршнем и

гильзой. Погрешность формы не должна превышать половины допуска на диаметр. Износ цилиндра обычно увеличивается по мере приближения к вредному пространству. Неравномерное распределение давления поршня на стенки цилиндра приводит к тому, что его сечение становится овальным.

Перекосы шатуна или поршня при сборке также служат причиной овальности. Ревизия цилиндра заключается в проверке состояния его зеркала. В каждом положении штихмассом с микрометрической головкой измеряют взаимно перпендикулярные диаметры. По разности величин диаметров сечений цилиндра определяют величину его конической выработки. Разность замеров двух диаметров в одной плоскости дает величину овальности. Все величины замеров заносят в специальный формуляр. Если выработка цилиндра или втулки превышает норму, то их следует заменить.

Овальность и конусность цилиндра после ремонта не должна превышать 0,04 мм на каждые 100 мм его диаметра. В блок-картерных компрессорах изношенную гильзу цилиндра удаляют и запрессовывают новую. В горизонтальных компрессорах овальность и конусность можно ликвидировать расточкой цилиндров на станке с последующим шлифованием. Расточку ведут на специальных токарных станках в заводских условиях. Небольшие дефекты на поверхности цилиндра устраняют зачисткой корундовым камнем, шабером, напильником, выгнутым по зеркалу цилиндра, а также мелким наждачным полотном, закрепленным на лекальную колодку, имеющую кривизну цилиндра. Иногда небольшие углубления на зеркале цилиндра устраняют напайкой баббита с последующим пришабриванием. Глубоким рискам перед напайкой баббита предварительно придают форму ласточкиного хвоста с помощью крейцмейселя (разновидность зубила, имеющая зауженную режущую кромку). При среднем и капитальном ремонте тщательно очищают цилиндры от нагара, накипи, следов коррозии и проверяют состояние шпилек и гаек, прикрепляющих цилиндры к раме или картеру.

#### Задание для аудиторной работы.

1. Произвести наружный осмотр цилиндров компрессора с целью выявления трещин и определить состояние поверхности зеркала цилиндра (наличие задиров, выбоин и др.)

2. Для определения степени и характера износа втулки цилиндра компрессора произвести с помощью обычного микрометрического или индикаторного штихмасса измерение внутреннего диаметра цилиндра в

четырёх-восьми сечениях по высоте (1,2,3,4) и в двух плоскостях: вдоль оси вала (II-II) и в плоскости движения кривошипного механизма (I-I) перпендикулярно оси вала. Перед проведением замеров рабочую поверхность цилиндра разделить по длине с помощью линейки на равные части, пронумеровав при этом измеряемые сечения (1,2,3,4).

3. На основании произведенных измерений диаметра цилиндра в различных сечениях определить степень и характер износа. Проанализировать данные наружного осмотра и полученные измерения характера износа для установления причин износа. Определить характер ремонта в случае, если износ превышает допустимые нормы.

4. Определить величину общего износа ( $I_{общ}$ ), мм

$$I_{общ} = D_u - D_n, \text{ где}$$

$D_u$  — наибольшее значение диаметра замеренного цилиндра (использовать величину с наибольшим износом);

$D_n$  — диаметр цилиндра до начала эксплуатации (наибольший предельный размер по рабочему или ремонтному чертежу)

5. Определить величину одностороннего неравномерного износа ( $I$ ), мм

$$I = \beta * I_{общ}, \text{ где}$$

$\beta$  — коэффициент неравномерности износа ( $\beta = 0,4$ ).

6. Определить нецилиндричность (овальность и конусообразность), мм

$$\Delta_{ов} = D_{А-А} - D_{Б-Б}$$

$$\Delta_{кон} = D_{max} - D_{min}$$

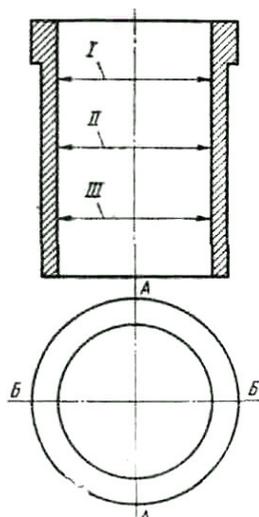
7. Определить размер обработки отверстия под поршень ( $D_p$ ), мм  
Расчет вести по втулке с предельным размером отверстия под поршень

$$D_p = D_i + I + 2Z, \text{ где}$$

$Z$  — минимальный односторонний припуск на обработку (для расточки и хонингования  $2Z = 0,150$  мм).

Заключение: Определить действительное состояние цилиндра компрессора, подлежащего дефектации- («без ремонта», «в ремонт», «брак»).

При направлении детали «в ремонт» указать способ устранения дефекта.



*Рисунок 1 Цилиндр компрессора*

Контрольные вопросы.

1. Какие дефекты зеркала цилиндра вы знаете?
2. Какие дефекты цилиндра являются следствием нормального эксплуатационного износа?
3. Назовите способы устранения дефектов цилиндра.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Выполнить задание для аудиторной работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

Таблица 1 Задания для выполнения работы

№ варианта	$D, мм$	$D_{u1}, мм$	$D_{u2}, мм$	$D_{u3}, мм$	$D_{A-A}, мм$	$D_{B-B}, мм$	$I_{обц}, мм$	$I, мм$	$\Delta_{ов}$	$\Delta_{кон}$	$\Delta_p$	Заключение
1	81,9H7	81,95	81,945	81,947	81,952	81,951						
2	115 H7	115,06	115,056	115,058	115,06	115,058						
3	150 H7	150,07	150,068	150,07	150,065	150,064						
4	200 H7	200,08	200,08	200,078	200,05	200,055						

## Практическая работа № 3

### Определение износа поршней компрессора

Цель работы:

1. Получить навыки в определении износа поршней компрессора
2. Получать навыки в выборе вида необходимого ремонта

Измерительные инструменты: калибры, монтажные линейки, штихмасс, стальные клинья и щупы.

### Теоретическая справка

В результате длительной эксплуатации компрессора уменьшается наружный диаметр поршней, увеличиваются ширина канавок под поршневые кольца и диаметр отверстия под поршневой палец.

Основные дефекты поршня

1. уменьшение наружного диаметра,
2. увеличение ширины канавок под поршневые кольца,
3. увеличение диаметра отверстия под поршневой палец.

Основная причина преждевременного износа поршней - это перекос механизма движения. Чтобы не допустить этого, необходимо следить за зазорами, определяющими центровку поршня, и своевременно устранять даже небольшие перекосы. При увеличении зазора между поршнем и цилиндром сверх допустимого поршень подлежит замене новым поршнем, изготовленным по рабочему диаметру цилиндра. Допустимый зазор между поршнем и цилиндром зависит от диаметра цилиндра.

Ориентировочно зазор между чугунным поршнем и гильзой составляет от 0,1 до 0,16 мм на каждые 100 мм диаметра.

При правильной установке и работе поршня его геометрическая ось совпадает с осью цилиндра. Такое положение обеспечивает наименьший износ поршня и экономичную работу компрессора.

Любые перекосы механизма движения вызывают усиленный износ поршней, поэтому очень важно контролировать зазоры, определяющие центровку поршней.

Радиальные зазоры замеряют специальными щупами в четырех направлениях со сдвигом  $90^\circ$  при положении поршня в верхней и нижней мертвых точках. Зазоры должны обеспечивать свободное движение нагретого поршня с учетом необходимой толщины масляного слоя на зеркале цилиндра. Недостаточный зазор может привести к заеданию поршня с обрывом шатунных болтов, изгибом вала и шатунов.

В процессе работы поршня значительно изнашиваются по торцу канавки поршневых колец, особенно первая поршневая канавка из-за ухудшения смазывания в конце хода поршня и значительных усилий, воспринимаемых и передаваемых первым поршневым кольцом. Износ определяют измерением высоты канавок проходным или непроходным калибром или штангенциркулем с ценой деления 0,05. Торцовое биение канавок не должно превышать 0,05 мм. Восстановить поршневые канавки поршня можно не более одного раза протачиванием их на токарно-винторезном станке под ремонтный размер поршневых колец.

Если размер канавок по высоте превышает на 20 % номинальный, то такой поршень подлежит выбраковке и замене новым.

При повышенных зазорах в сопряжении поршень - палец следует развернуть отверстие под палец большего диаметра и по нему необходимо подогнать поршневой палец. При значительном износе поршень может быть восстановлен наплавкой баббитового пояса и подгонкой его к цилиндру.

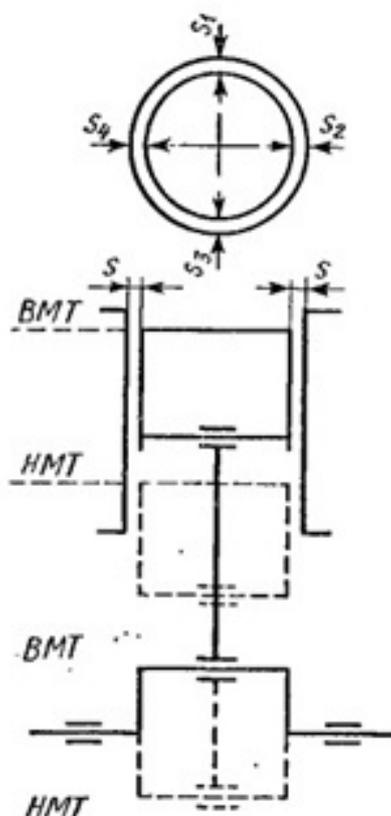


Рисунок 1 Измерение радиальных зазоров между поршнем и втулкой цилиндра компрессора

В целях предотвращения заклинивания поршней при работе компрессора диаметр поршня определяют, из наличия необходимых зазоров между стенками цилиндра и поршня в холодном состоянии:

$$D\tau = D - \Delta\tau,$$

где  $\Delta\tau = (0.006 - 0.008)D$ , мм – диаметральный зазор между стенкой цилиндра и головкой поршня.

Правильность установленных размеров проверяют по формуле:

$$\Delta\tau = D(1 + \alpha_{\text{ц}}(T_{\text{ц}} - T_{\text{п}})) - D\tau(1 + \alpha_{\text{п}}(T_{\text{ц}} - T_{\text{п}})),$$

где  $\alpha_{\text{ц}}$  и  $\alpha_{\text{п}}$  — коэффициенты линейного расширения материалов цилиндра и поршня.

Для чугуна  $\alpha_{\text{ц}} = \alpha_{\text{п}} = 11 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ ;

для алюминиевых сплавов  $\alpha_{\text{ц}} = \alpha_{\text{п}} = 22 \times 10^{-6} \text{ 1/K}$ ;

$T_{\text{ц}}$  и  $T_{\text{п}}$  соответственно температура стенок цилиндра и поршня в рабочем состоянии.

$T_0 = 293$  — начальная температура цилиндра и поршня.

При водяном охлаждении  $T_{\text{ц}} = 383 \dots 388$  и  $T_{\text{п}} = 473 \dots 723$ ,

а при воздушном -  $T_{\text{ц}} = 443 \dots 463$  и  $T_{\text{п}} = 573 \dots 873 \text{ K}$

При получении отрицательных значений  $\Delta\tau$  (натяг) поршень непригоден к работе. В этом случае необходимо увеличить  $\Delta\tau$  или соответственно уменьшить  $D\tau$

Контрольные вопросы.

1. Основные дефекты поршня.
2. Назначение зазоров между поршнем и цилиндром.
3. Основные дефекты канавок поршней.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Рассчитать диаметр поршня, при заданном диаметре цилиндра.

Проверить правильность установленных размеров по формуле.

4. Сравнить с чертежным размером.

Таблица 1 – Задания для выполнения

№ варианта	Базовый компрессор		Диаметр цилиндра		Поршень по чертежу	Материал цилиндра и поршня	Тип охлаждения	Зазор в соединении поршень-цилиндр		Расчитанный диаметр
	Диаметр цилиндра, мм	Марка	По чертежу	Предельно допустимый (без ремонта)				По чертежу		
								от	до	
1	40	2ФВ474,5	40Н7	40,125	40 f7	Чугун	Водяное	0,025	0,077	
	67,5	ФВ6	67,5 Н7	67,625	67,5 f7	Алюминий	Воздушное	0,05	0,013	
2	76	П40	76 Н7	76,2	76 f7	Чугун	Водяное	0,06	0,15	
	81,8	АВ22	81,8 Н7	82,2	81,8 f7	Алюминий	Воздушное	0,12	0,21	
3	101,6	ФВ20	101,6 Н7	102	101,6 f7	Чугун	Водяное	0,065	0,155	
	115	П110	115 Н7	115,6	114,8 f7	Алюминий	Воздушное	0,2	0,3	
4	150	АВ100	150 Н7	150,5	150 f7	Чугун	Водяное	0,15	0,25	
	190	ФУ175	190 Н7	190,7	189,8 f7	Алюминий	Воздушное	0,38	0,495	

## Практическая работа № 4

### Определение износа, подгонка и проверка поршневых колец

Цель работы:

1. Получить навыки в определении износа поршневых колец.
2. Получить навыки в подгонке поршневых колец.
3. Получить навыки в проверке поршневых колец.
4. Получать навыки в выборе вида необходимого ремонта

Измерительные инструменты: уровни, щелевые калибры, калибры, кольцевые калибры, шупы, контрольная плита.

### Теоретическая справка

Износ поршневых колец проявляется в увеличении зазоров в замке, в сопряжениях поршень - поршневые кольца (зазоры радиальный и по образующей), а также в уменьшении толщины кольца снижающего его упругость. Износ канавок происходит в основном по нижним торцевым поверхностям. Причины износа — высокие удельные давления колец на нижние торцевые поверхности канавок, ухудшение условий смазки при повышенных температурах в конце сжатия. Наибольшему износу подвергается верхняя канавка поршня. Износ выявляют измерением высоты канавок калибром ПР и НЕ

Каждую канавку измеряют в четырех местах: два измерения в плоскости, проходящей через ось поршневого пальца, и два в плоскости, перпендикулярной этой оси. Увеличение высоты канавок при одновременном уменьшении высоты поршневых колец из-за износа приводит к увеличению осевого зазора в сопряжении канавка поршня — поршневое кольцо, вследствие чего наблюдаются повышенный унос масла и интенсивный износ канавок из-за перемещения (прокручивания) колец '.

### Задания для аудиторной работы.

1. Произвести измерения осевых  $a$  и радиальных  $\delta$  зазоров в сопряжении поршневое кольцо - поршневая канавка с помощью щупа и монтажного угольника. Ширину поршневых канавок замерить с целью определения характера их износа.

2. Пользуясь пластинками из ножовочных полотен, которые заводятся между поршнем и кольцом. Снять поршневые кольца и

произвести следующие измерения (мм); величину вырезки замка  $f$  (зазор в замке кольца в свободном состоянии), высоту кольца  $h$ , толщину кольца  $B$ .

3. Для определения величины деформации кольца и плотности прилегания его к цилиндру завести поршневое кольцо в цилиндр и произвести с помощью щупа измерение зазора в замке кольца  $c$ .

4. Результаты полученных измерений, характеризующие степень износа поршневых колец, занести в журнал наблюдений и сравнить со значениями максимально допустимых зазоров  $c_{\text{доп.}}$  и  $f_{\text{доп.}}$  для решения дальнейшей пригодности к работе отдельных поршневых колец.

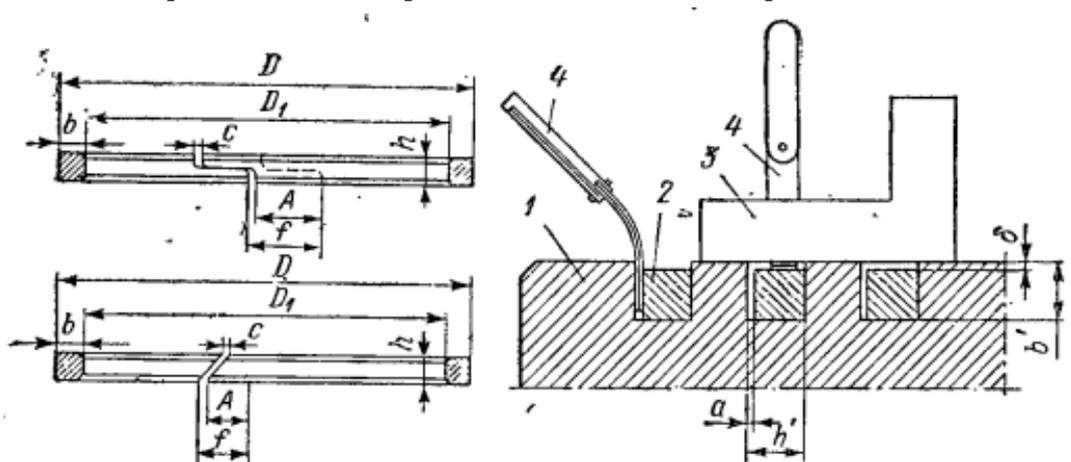


Рисунок 1 Определение зазоров

1. Поршень; 2. Кольцо; 3. Угольник; 4. Щуп

В процессе износа поршневых колец увеличивается зазор в свободном состоянии кольца, уменьшается его толщина, вследствие чего снижается упругость кольца. Для сравнения упругости изношенного кольца с оптимальной упругостью, соответствующей новому кольцу, определить удельное давление  $p$ , с которым кольцо прижимается к стенке цилиндра собственной упругостью:

$$p = \frac{AE}{7,08D \left( \frac{D}{B} - 1 \right)^3}, \text{ кгс/см}^2,$$

где  $A$  – величина деформации кольца ( $A=f-c$ ), см<sup>2</sup>;

$E$  – модуль упругости чугуна поршневых колец ( $E= 1,0 \cdot 10^6 - 1,2 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>);

$B$  – толщина кольца, см;

$D$  – диаметр кольца, см;

Удельное напряжение в кольце заданного диаметра

$$\delta = \frac{A \cdot E}{2,14 \left( \frac{BD}{b} - 1 \right)^3}, \text{ кгс/см}^2$$

Оптимальная величина давления чугунных колец на зеркало цилиндра за счет упругости материала (Рк) находится в следующих пределах:

для цилиндров диаметром 40—100 мм 0,137—0,108 МПа

для цилиндров диаметром 100—300 мм 0,137- 0,05 МПа.

Износ поршневого кольца определяется величиной зазора в замке. При установке кольца в цилиндр или приспособления в виде кольца тепловой зазор в замке должен быть 0,4—0,6 % диаметра цилиндра. Кроме теплового зазора проверяют плотность прилегания кольца к цилиндру. Допустимый, зазор составляет 0,03—0,04 мм на дуге до 45° (но не более чем в двух местах). При износе цилиндра ставят кольца ремонтных размеров (на 01; 0,2 и 0,3 мм больше номинального).

Таблица 1 Зазоры в соединениях

Сопряже- ние	Ход поршня компрес- сора	Начальный по чертежу, мм	Зазор, при котором допускается дальнейшая эксплуатация компрессора без замены деталей		Предельный зазор, по достижении которого детали восстанавлива- ются		Рекоменду- емый зазор после восстанов- ления, мм, не более
			вид ремо- нта	Вели- чина зазора, мм	вид ремон- та	Величи- на зазора, мм	
<b>Фреоновые компрессоры</b>							
Поршень- цилиндро- вая гильза	50	0,05-0,13	С	0,29	К	0,35	0,1
	70	0,4-0,155		0,33		0,40	0,12
Коленча- тый вал - шатунный подшипник	50	0,025-0,063 (баббитова я заливка)	М	0,1	С	0,12	0,4
		0,014-0,053 (вкладыш)		0,09		0,12	0,3
	70	0,026-0,07		0,095		0,12	0,045
Замок поршневого кольца в рабочем положении	50	0,2-0,4	С	1,7	К	2,5	0,3
	70	0,15-0,45	М	2,5	С	3,0	0,3
	130	0,6-0,9	О	2,2	М	3,0	0,7

## Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Эскизы измеренных деталей, техническая характеристика измерительного инструмента.
3. Таблицы измеряемых величин.
4. Выполнение заданий для аудиторной работы.
5. Анализ причин износа и определение характера ремонта.

Таблица 2 – Таблица измеряемых величин

№ варианта	D, мм	Ход поршня компресора	Зазоры в замке кольца				Зазор по образующей, мм		Радиальный зазор, мм		Толщина кольца мм $B_{-0,03}$ $-0,048$	Толщина кольца измеренная мм $B_k$
			В рабочем состоянии, мм		В свободном состоянии, мм		a	a доп	$\delta$	$\delta$ доп		
			c,	c доп	f	f доп.						
1	40	50										
2	55	50										
3	67	50										
4	82	50										

## Практическая работа № 5

### Измерение величины линейного вредного пространства вертикальных компрессоров

Цель работы:

1. Ознакомиться с наиболее современным и точным методом измерения линейного пространства с помощью индикатора часового типа, устанавливаемого непосредственно на цилиндре компрессора.
2. Ознакомиться с устройством приспособления для измерения линейного вредного пространства, с компрессором, на котором выполняется работа, и измерительным инструментом.
3. Ознакомиться с методикой проведения работы, журналом наблюдений, методикой обработки результатов.

#### Теоретическая справка.

Мертвое пространство поршневого компрессора представляет собой объем, заключенный между клапанами и днищем поршня в момент нахождения его в верхней, мертвой точке. Основной причиной существования мертвого пространства является линейный зазор между днищем поршня и клапанной доской (не менее 0,01 диаметра цилиндра), предназначенной для компенсации удлинения поршня и шатуна при их нагревании, а также возможной неточности, допущенной при изготовлении деталей и сборке компрессора. В мертвое пространство входит также объем углублений и отверстий клапанов и объем кольцевого зазора между стенкой цилиндра и поршнем (до первого кольца).

Расширение паров, остающихся в мертвом пространстве цилиндра, уменьшает объем всасывания, а следовательно, и производительность компрессора. Чем больше объем мертвого пространства, тем значительнее снижение действительной производительности компрессора. Поэтому мертвое пространство называют иногда «вредным» пространством.

#### Порядок выполнения работы.

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности, компрессором, на котором выполняется работа, устройством приспособления для измерения вредного пространства.
2. Провести подготовку цилиндра компрессора к измерению вредного пространства, наличие приспособлений и инструмента, их исправность и

комплектность. Выписать в журнал наблюдений техническую характеристику приспособления измерения вредного пространства.

3. Снять крышку цилиндра (или блока цилиндров), вынуть буферную пружину и нагнетательный клапан. Работа начинается с отвертывания гаек со шпилек, крепящих крышку. Освобожденная крышка слегка приподнимается под действием буферной пружины и легко снимается. Крышку следует снимать равномерно, не допуская перекосов, так как при перекосах ее может заклинить и повредить резьбу на шпильках. После снятия крышки из нагнетательной полости цилиндра вынимаются буферная пружина и нагнетательный клапан. Нагнетательный клапан вынимается при помощи рымов, которые ввертываются в два резьбовых отверстия, имеющих в корпусе нагнетательного клапана. Выемку клапана следует проводить двумя руками.

4. Протереть вынутый клапан ветошью, разобрать, уложить части на ровную чистую поверхность. Посадочная плоскость торца цилиндра под клапан тщательно протирается.

5. Надеть на конец вала компрессора рукоятку на шпонке (при наличии маховика на валу компрессора рукоятка не нужна). Отвести поршень от крайней верхней точки 15-20мм с помощью рукоятки или маховика. Подготовка компрессора к замеру вредного пространства на этом заканчивается.

6. Приступить к подготовке приспособления к испытанию, для чего приспособление, укрепленное на корпусе нагнетательного клапана 4, установить на контрольную шлифовальную шайбу 5 и снять показания индикатора 2. Если индикатор не дает показаний или показания индикатора меньше, чем предполагаемая величина вредного пространства, то слегка ослабить винт 3, крепящий индикатор, и выдвинуть ножку индикатора таким образом, чтобы она не выступала из корпуса нагнетательного клапана 4 больше возможной величины вредного пространства, и закрепить винт.

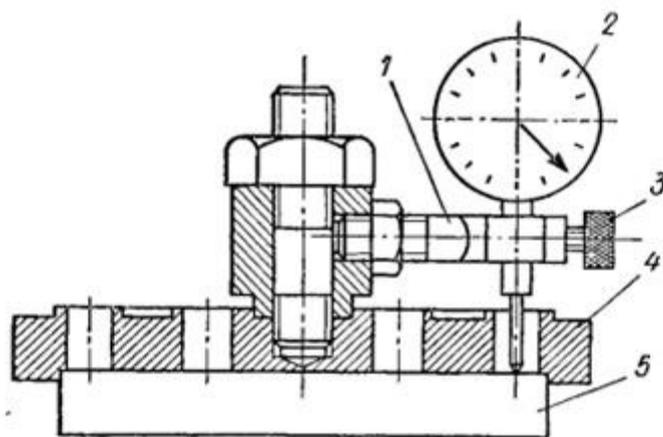


Рисунок 1 Замер линейного мертвого пространства

1-кронштейн для крепления индикатора, 2- индикатор, 3- винт крепления индикатора, 4-корпус нагнетательного клапана, 5- шлифовальная шайба.

7. Показания произвести не менее 2-3 раз и занести в журнал наблюдений. Полное проворачивание коленчатого вала производить не следует. Удобнее производить поворот рукоятки на  $30^{\circ}$ - $40^{\circ}$  в обе стороны таким образом, чтобы поршень проходил через положение верхней мертвой точки.

8. По окончании работы приспособление вынуть из нагнетательной полости цилиндра. Нагнетательный клапан собрать и аккуратно с помощью рымов установить на место, после чего поставить буферную пружину и крышку цилиндра (блоков цилиндров). При закреплении крышки блока необходимо поочередно и равномерно затягивать гайки на шпильках, чтобы избежать перекоса крышки.

9. Полученную при измерениях среднюю величину вредного пространства сравнить с допустимой для данной марки компрессора. В зависимости от выявленных отклонений отрегулировать вредное пространство или изложить рекомендации по ремонту компрессора.

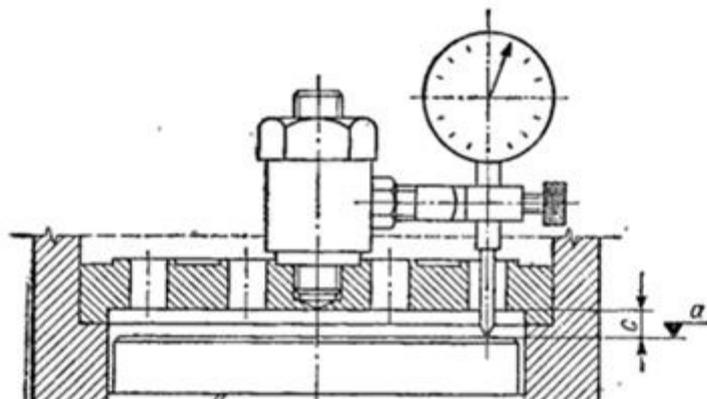


Рисунок 2 Приспособление для измерения линейного вредного пространства

Приспособление для измерения линейного вредного пространства установленное на цилиндре компрессора, а- верхняя мертвая точка, с- линейное вредное пространство.

Задание для аудиторной работы.

Условие задачи

Поршень одноступенчатого одноцилиндрового компрессора одинарного действия имеет диаметр  $d$ , мм, а ход поршня составляет  $s$ , мм. Вал компрессора вращается со скоростью  $n$ , об/мин. Воздух в компрессоре претерпевает сжатие от давления  $P_1$ , мПа до  $P_2$ , мПа. Производительность компрессора составляет  $Q$ , м<sup>3</sup>/мин. Принять показатель политропы равным  $m$ . Определить величину вредного объема цилиндра.

1. Площадь сечения поршня  $F$

$$F = (\pi \times d^2) / 4$$

где  $d$  - диаметр поршня

2. Объем  $V_n$ , описываемый поршнем за один ход

$$V_n = F \times s,$$

где  $s$  - ход поршня

3. Производительность компрессора простого действия

$$Q = \lambda \times z \times F \times s \times n, \text{ где}$$

$\lambda$  - коэффициент подачи,

$z$  - коэффициент (для компрессора простого действия  $z = 1$ , для компрессора двойного действия коэффициент  $z = 2$ )

Производительность компрессора двойного действия

$$Q = 2 \times \lambda \times z \times F \times s \times n, \text{ где}$$

Следовательно: коэффициент подачи

$$\lambda = \frac{Q}{z \times F \times s \times n}$$

4. Объемный КПД

$$\lambda_0 = \frac{\lambda}{1,01 - 0,02 \frac{P_2}{P_1}}, \text{ где}$$

$P_1$  и  $P_2$  - давленнии в компрессоре от и до

5. Величина вредного объема цилиндра

$$V_{вр} = [(1 - \lambda_0) / ([P_2/P_1]^{1/m} - 1)] \times V_n, \text{ м}^3, \text{ где}$$

$M$  - показатель политропы

Таблица 1 – Задания для аудиторной работы

№ варианта	d, мм	S, мм	n, об/мин	P <sub>1</sub> , мПа	P <sub>2</sub> , мПа	Q, м <sup>3</sup> /мин	m	· z ·	V <sub>B</sub> , м <sup>3</sup>
1	200	150	120	0.1	0.32	0.5	1.3	1	
2	120	160	180	0.3	1.1	0.3	1.2		
3	180	110	120	0.1	0.5	0.12	1.2		
4	180	125	180	0.1	0.28	0.28	1,3		

### Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Провести анализ схемы приспособления измерения линейного вредного пространства.
3. Выполнить задание для аудиторной работы.

## Практическая работа №6

### Анализ работы контрольно-измерительных приборов

Цель работы:

изучение устройства и принципов работы контрольно-измерительных приборов, применяемых в холодильной технике, приобретение навыков пользования ими.

Теоретическая справка

#### **1. Измерение температуры**

Для наблюдения за температурой пользуются термометрами расширения, дилатометрическими и манометрическими термометрами, термографами металлическими и полупроводниковыми термометрами сопротивления

##### **Жидкостные термометры расширения**

Жидкостные термометры расширения используют в основном как показывающие приборы местного действия в интервале температур от -19 до +75 °С. По назначению термометры подразделяют на: технические, лабораторные и образцовые.

Для технических стеклянных термометров в качестве термометрической жидкости используют ртуть в диапазоне измерений от -30 до +60 °С; спирт, толуол – от -13 до +60 °С и другие органические жидкости. В зависимости от формы нижней части эти термометры подразделяются на: прямые (тип А) и угловые (тип Б) с углом 90° или 135°.

Основные достоинства этих термометров – простота, надежность, высокая точность измерения. Недостатки – невозможность ремонта, отсутствие автоматической записи и передачи показаний на расстояние.

##### **Манометрические термометры**

Принцип действия манометрических термометров основан на изменении объема или давления среды в замкнутой системе в зависимости от температуры чувствительного элемента. В зависимости от вида среды, находящейся в замкнутой системе, манометрические термометры разделяются на: жидкостные (рабочее вещество – ртуть, кремнийорганическая или полиметилсилановая жидкость), газовые (наполнитель – азот или аргон), конденсационные (паровые), в которых используются низкокипящие жидкости – фреон, ацетон, этиловый спирт. Чувствительным элементом у них служит трубчатая (манометрическая)

пружина, упругая деформация которой зависит от изменения объема (в жидкостных термометрах) или давления (в парожидкостных и газовых термометрах) рабочей среды в замкнутой системе под действием температуры.

### **Термометры сопротивления**

Электрическое сопротивление тел изменяется с изменением их температур. Эта особенность позволила создать устройства, называемые термометрами сопротивления. Чувствительным элементом термометра является тонкая металлическая проволока. Проволоку наматывают на каркас и заключают в защитную арматуру. Измеряя электрическое сопротивление такой проволоки, можно судить о температуре, до которой она нагревается. Термометрами сопротивления можно измерять температуру с передачей на значительное расстояние от места измерений. В комплект аппаратуры, применяемой для измерения температуры, входят термометр сопротивления как чувствительный элемент, измерительный прибор, источник тока и соединительные провода, переключатель (в случае присоединения нескольких термометров к одному измерительному прибору). Термометры сопротивления более подходят для измерения невысоких температур, чем термоэлектрические термометры, так как термоэлектрические термометры при температурах менее 30°C имеют повышенную погрешность. Термометры сопротивления чаще всего изготавливают из тонкой платиновой проволоки диаметром 0,015...0,07 мм или медной эмалированной проволоки диаметром 0,1 мм. Материалы, используемые для изготовления термометров сопротивления, должны иметь максимальный и постоянный температурный коэффициент сопротивления (ТКС), линейную зависимость сопротивления от температуры, обладать хорошей воспроизводимостью свойств и инертностью к воздействиям окружающей среды. К достоинствам термометров сопротивления можно отнести возможность дистанционной передачи показаний и измерения температуры одним показывающим прибором от нескольких термометров сопротивления с помощью специальных переключателей. Недостатками термометров сопротивления по сравнению с термоэлектрическими термометрами являются более сложное устройство и большая инерционность

## **2. Измерение влажности воздуха**

Для измерения влажности воздуха применяются гигрометры, гигрографы и психрометры.

Гигрометр — это прибор для измерения влажности воздуха. В зависимости от принципа устройства различают: весовой гигрометр, позволяющий определять количество водяного пара в граммах на  $1 \text{ м}^3$  воздуха; конденсационный гигрометр, основанный на охлаждении воздуха до точки росы и конденсации водяного пара; психрометр и волосяной гигрометр, основанный на свойстве человеческого волоса укорачиваться при уменьшении относительной влажности воздуха и удлиняться при ее увеличении.

Различные типы гигрометров широко используются при определении относительной и абсолютной влажности в полевых условиях, на метеостанциях. Весовой и конденсационный гигрометр обычно применяют только в лабораторных условиях для определения абсолютной влажности воздуха.

В зимний период года единственным прибором для определения влажности атмосферного воздуха является волосяной гигрометр (рис. 1), так как наблюдения по психрометру прекращаются при температуре воздуха ниже  $-10^\circ$ . Основной частью волосяного гигрометра является обезжиренный человеческий волос, натянутый на рамку так, что верхний конец его закрепляется при помощи подвижного винта, а нижний соединяется с блоком и оттягивается небольшим грузиком, прикрепленным к блоку. С блоком же связана легкая стрелка-указатель. При изменении относительной влажности воздуха изменяется длина волоса, и стрелка-указатель перемещается вдоль шкалы, на которой нанесены деления, непосредственно указывающие процент влажности.

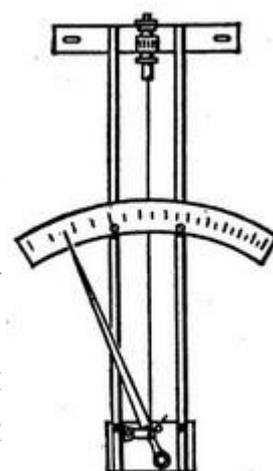


Рис. 1. Волосяной гигрометр.

Влажность воздуха может быть измерена психрометрами Августа и Ассмана. Прибор Августа состоит из двух термометров, смонтированных на общей раме. Шарик одного из термометров обвязан марлей и погружен в стаканчик с водой. Испаряясь с шарика влажного термометра, вода поглощает тепло и охлаждает термометр, в результате он показывает более низкую температуру, чем сухой термометр. Чем суше окружающий воздух, тем энергичнее происходит испарение и тем большей будет разница между показаниями сухого и влажного термометров.

### 3 Измерение скорости движения воздуха

Скорость движения воздуха измеряют с помощью чашечных или крыльчатых анемометров, электроанемометров и кататермометров.

Для определения больших скоростей движения воздуха (до 50 м/с) используют приборы – анемометры для измерения малых скоростей движения воздуха в помещениях (от 0,1 до 2 м/с) применяют *кататермометры*.

Чашечный анемометр используется для определения движения воздуха от 1 до 50 м/с, крыльчатый- 0,5-15 м/с. При работе с анемометром необходимо, чтобы его лопасти 1-2 минуты вращались вхолостую для принятия постоянной скорости вращения.

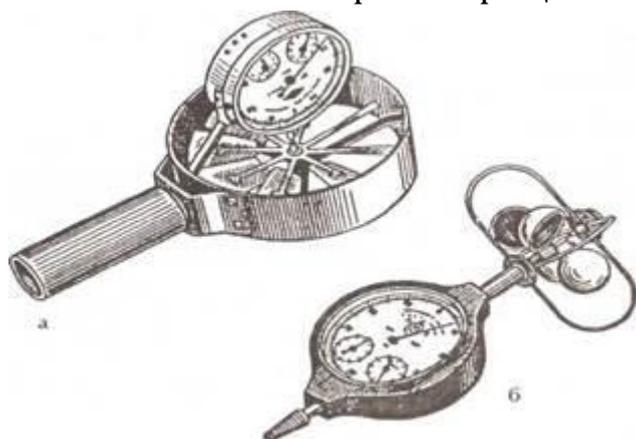


Рисунок 2 – Анемометры: а) крыльчатый; б) чашечный

Направление воздушных течений должно быть перпендикулярным к плоскости вращения лопастей. Затем с помощью рычага включают счетчик, по секундомеру отмечают время наблюдений. Вычисляют разницу в показаниях счетчика до и в конце измерения, результат делят на время работы анемометра и умножают на поправку, указанную в паспорте (для чашечного анемометра) или пересчитывают по графику (для крыльчатого анемометра).

Электроанемометр позволяет определить скорость движения воздуха от 0,03 до 5 м/с и его температуру в пределах от 10 до 60 С.



Рисунок 3- Кататермометры

Кататермометры бывают с цилиндрическим или шаровидным резервуаром, заполненным подкрашенным спиртом.

Кататермометр Хилла — цилиндрический, его шкала разделена на градусы от 35 до 38. Во время работы прибор опускают в горячую воду (около 80 °С) и нагревают до тех пор, пока спирт не поднимется до  $\frac{1}{2}$  –  $\frac{2}{3}$ ; верхнего резервуара. После этого кататермометр вытирают насухо и вешают на штативе. С помощью секундомера отмечают время спуска столбика спирта с 38 до 35 °С (в сек.). Опыт повторяют 2-3 раза и вычисляют среднее значение. При охлаждении кататермометр теряет некоторое количество тепла. Эта величина постоянная для каждого прибора и называется фактором кататермометра (F). В холодной атмосфере падение столбика спирта протекает быстрее, чем в теплой.

Шаровой кататермометр имеет температурную шкалу от 33°С до 40°С.

Нагревание прибора осуществляется при температуре воды 65-70°С. Наблюдение за охлаждением кататермометра производится в пределах различных интервалов при условии, что средняя арифметическая верхнего и нижнего значения температуры равна 36,5°С (40-33°С; 39-34°С; 38-35°С).

#### **4 Средства для измерения давления**

Под давлением жидкости, газа или пара понимают величину, характеризующую интенсивность сил, действующую на какую-нибудь часть поверхности тела по направлениям, перпендикулярным этой поверхности.

Давление определяется отношением силы, равномерно распределенной по нормальной к ней поверхности, к площади этой поверхности. Единицей давления в СИ является паскаль (Па).

Паскаль — давление, вызываемое силой 1 Н, равномерно распределенной по поверхности площадью 1 м<sup>2</sup> и нормальной к ней. В связи с тем, что в технической литературе встречаются данные в ранее применявшихся единицах, ниже приведены соотношения некоторых единиц давления. Различают атмосферное, избыточное, вакуумметрическое и абсолютное давление. Атмосферное (барометрическое) давление — это давление рб окружающей среды. Оно непостоянно и зависит от высоты местности над уровнем моря, географической широты и метеорологических условий.

Таблица 1 Соотношение единиц измерения давления

Единицы давления	кгс/м <sup>2</sup> (мм вод. ст.)	кгс/см <sup>2</sup>	Атм	мм рт. ст.	Па
1 КГС/м <sup>2</sup> (мм вод. ст.)	1	10 <sup>-4</sup>	9,68·10 <sup>-5</sup>	7,35·10 <sup>-2</sup>	9,80665
1 кгс/см <sup>2</sup> или 1 ат (техническая атмосфера)	104	1	0,9678	736,56	98066,5
1 атм (физическая атмосфера)	10332	1,033	1	760,00	101325
1 мм рт. ст.	13,6	1,36·10 <sup>-3</sup>	1,316·10 <sup>-3</sup>	1	133,322
1 Па	0,102	1,02·10 <sup>-5</sup>	9,87·10 <sup>-8</sup>	7,50·10 <sup>-3</sup>	1

Абсолютное давление  $p_a$  — измеряемое давление среды. Оно может быть больше или меньше атмосферного. Избыточное давление  $p_{изб}$  определяется как превышение измеряемого давления среды над атмосферным, т. е.

$$p_{изб} = p_a - p_b.$$

Вакуумметрическое давление характеризует разрежение (вакуум) в среде, т. е.

$$p_v = p_a - p_b.$$

Вакуумметрическое давление можно выразить относительной величиной  $V$  в процентах:

$$V = \frac{p_a - p_b}{p_b} \cdot 100$$

Приборы для измерения давления классифицируются по принципу действия, по уровню измеряемого давления, классу точности. По принципу действия приборы делятся на:

1. жидкостные, у которых измеряемое давление сравнивается с гидростатическим давлением столба жидкости;
2. грузопоршневые, которые основаны на сравнении измеряемого давления с давлением, создаваемым аттестованными грузами, действующими на калиброванный плунжер;
3. деформационные (пружинные), у которых измерение давления производится по деформации различных упругих элементов, возникающей под действием регистрируемого давления;
4. электрические, основанные на прямом или косвенном преобразовании давления в какую-либо электрическую величину. Приборы данного типа широко применяются в лабораториях для исследовательских целей;
5. прочие, к которым можно отнести тепловые, акустические, оптические и др.

По уровню измеряемого давления приборы делятся на:

1. манометры, предназначенные для измерения избыточного давления.

Верхний предел измерения этих приборов до 1000 МПа;

2. вакуумметры - приборы для измерения разрежений (вакуумметрических давлений); диапазон измерений от 0 до - 0,1 МПа;

3. напоромеры и тягомеры — приборы для измерения малых давлений и разрежений от -t-0,04 до - 0,04 МПа;

4. мановакуумметры - приборы для измерения избыточного давления (0,06 - 2,4 МПа) и разрежения (до - 0,1 МПа);

5. манометры абсолютного давления;

6. барометры - приборы, предназначенные для измерения атмосферного давления;

7. дифференциальные манометры - приборы, обеспечивающие измерение разности двух давлений;

8. микроманометры - лабораторные приборы повышенной точности для малых избыточных давлений.

По метрологическому назначению все существующие типы манометров можно разделить на три группы:

1. технические (рабочие);

2. лабораторные (контрольные);

3. образцовые (предназначенные для поверки других манометров).

В соответствии с рекомендациями СЭВ установлен следующий ряд классов манометров: 0,005; 0,02; 0,05; 0,15; (6,16); (0,2); (0,25); 0,4; (0,5); 0,6; 1,0; 1,5; (1,6); 2,5; 4,0; 6. В скобках указаны классы приборов, использующихся реже других. Под классом точности прибора понимают предельное значение допустимых основных и дополнительных погрешностей его, выраженное в процентах от диапазона измерений данного прибора. Так, манометр класса 2,5 с предельными значениями шкалы 0 и 1 МПа может иметь относительную погрешность до 2,5 % от 1 МПа. Выбор класса прибора зависит от требуемой точности измерений и возможности осуществления всех условий (технических, экономических и организационных), необходимых для достижения этой точности. Одновременно с делением по классам точности, образцовые приборы в зависимости от положения в поверочной схеме классифицируются по разрядам.

### **Жидкостные манометры**

В жидкостных манометрах, или дифманометрах, измеряемое давление или разность давлений уравнивается давлением столба жидкости. Измерение давления с помощью жидкостных манометров основано на изменении высоты столба (уровня) рабочей жидкости в стеклянной измерительной трубке в зависимости от прилагаемого давления. В качестве манометрической (рабочей) жидкости чаще всего используются: этиловый спирт, дистиллированная вода, ртуть. Использование этих веществ связано со стабильностью их физических свойств, незначительной вязкостью, несмачиваемостью стенок. Процесс измерения давления можно осуществить с высокой степенью точности. Простота устройства и легкость измерения являются причиной широкого распространения жидкостных манометров. К приборам этого типа относятся двухтрубные (U-образные) и однотрубные (чашечные) манометры, а также микроманометры.

Двухтрубный манометр (ГОСТ 9933—75) предназначен для измерения избыточных давлений или разности давлений. Шкала прибора обычно выполняется подвижной. Перед началом измерений производят проверку нуля, соединив с атмосферой оба колена U-образного манометра. При этом уровни рабочей жидкости устанавливаются на одной горизонтали  $ab$ . Перемещая шкалу прибора, совмещают нулевую отметку шкалы с установившимся уровнем жидкости.

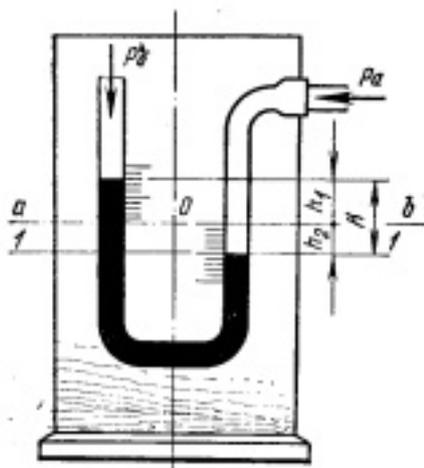


Рисунок 1. Манометр двухтрубный  
(чашечный)  
(U-образный)

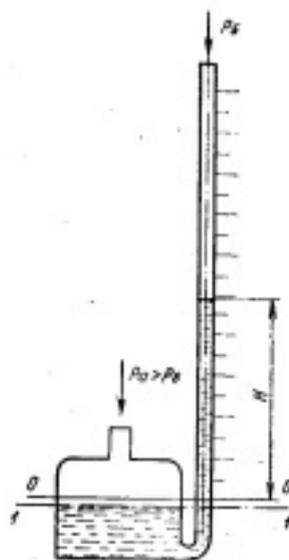


Рисунок 2. Манометр однотрубный

Двухтрубный манометр (ГОСТ 9933—75) предназначен для измерения избыточных давлений или разности давлений. Шкала прибора обычно

выполняется подвижной. Перед началом измерений производят проверку нуля, соединив с атмосферой оба колена U-образного манометра. При этом уровни рабочей жидкости устанавливаются на одной горизонтали  $ab$ . Перемещая шкалу прибора, совмещают нулевую отметку шкалы с установившимся уровнем жидкости. При соединении одного колена трубки с емкостью, в которой необходимо измерить давление, жидкость перемещается до тех пор, пока измеряемое давление не уравновесится давлением столба жидкости высотой  $H$ . Так как уровень жидкости в одной трубке повышается, а в другой понижается, то высота столба  $H$  определяется как разность двух отсчетов. Этот недостаток U-образных манометров частично устранен в чашечном манометре, состоящем из сосудов разного диаметра. Измеряемое давление подается в плюсовой (широкий) сосуд, а разность уровней определяется путем снятия одного отсчета по минусовой тонкой трубке.

Для сечения 1—1 (рисунок 1) справедливо следующее равенство сил:

$$P_a f = P_b f + H \rho g f .$$

$f$  - площадь отверстия измерительной трубки,  $m^2$ ;

$H$  - высота подъема столба жидкости,  $m$ ;

$\rho$  - плотность рабочей жидкости,  $kg/m^3$ ;

$g$  - ускорение свободного падения,  $m/c^2$ .

Путем преобразования выражения получим:

$$P_{изб} = P_a - P_b = H \times \rho \times g.$$

Очевидно, что при измерении избыточного давления высота подъема рабочей жидкости не зависит от площади поперечного сечения трубок. Исходя из условий удобства работы с прибором (для ограничения высоты трубок манометра), при измерении избыточного давления 0,15-0,2 МПа рекомендуется в качестве рабочей жидкости использовать ртуть, при более низких давлениях — воду или спирт. Чашечный и U-образный манометры не могут использоваться при измерении малых избыточных давлений и разрежений, так как погрешность измерений становится чрезмерно большой. В этих случаях применяются специальные чашечные манометры с наклонной трубкой (микроманометры). Использование наклонной трубки позволяет, уменьшив угол  $\phi$ , при той же высоте подъема столба жидкости  $h$  увеличить его длину, что повышает точность отсчета. Измерение длины и высоты столба жидкости связано соотношением

$$h = l \times \sin \phi .$$

Отсюда

$$p = \rho \times g \times l \times \sin \phi$$

Изменяя угол наклона трубки  $\phi$ , можно изменять пределы измерений прибора. Минимальный угол наклона трубки 8-10°. Погрешность прибора не превышает  $\pm 0,5\%$  конечного значения шкалы.

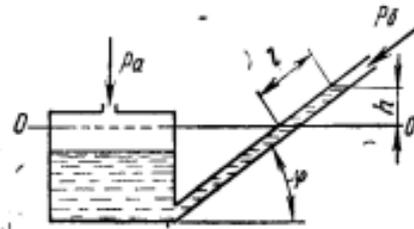


Рисунок 3 Чашечный манометр с наклонной трубкой

### **Деформационные (пружинные) манометры.**

Этот тип приборов находит наиболее широкое применение благодаря простоте конструктивных решений, достаточно высокой точности и надежности, а также небольшим габаритам. Деформационные манометры позволяют проводить измерения в широком диапазоне и передавать и осуществлять дистанционную регистрацию результатов.

Работа приборов основана на измерении деформации упругого чувствительного элемента, возникающей в результате воздействия измеряемого давления. Деформация фиксируется отсчетным устройством прибора, градуированным в единицах давления.

Деформационные манометры по виду упругого чувствительного элемента принято классифицировать на следующие группы приборов: с трубчатой пружиной, или, собственно, пружинные приборы; мембранные; пружинно-мембранные; сильфонные; пружинно-сильфонные приборы.

Манометры с одновитковой трубчатой пружиной (рис. 4) имеют металлическую трубку эллиптического или плоскоовального сечения, согнутую по дуге окружности. Один конец трубки через штуцер жестко соединен с полостью, в которой измеряется давление. Второй запаянный конец трубки свободен и соединен со стрелкой прибора. При изменении давления внутри трубки изменяется ее кривизна, что фиксируется стрелкой показывающего прибора. Аналогичную конструкцию имеют вакуумметры и мановакуумметры.

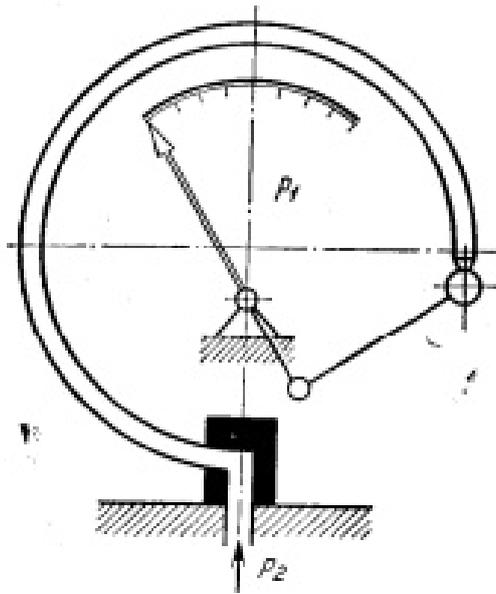


Рисунок 4 Манометр с одновитковой трубчатой пружиной

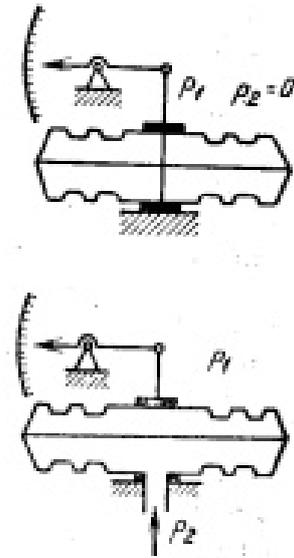


Рисунок 5 Гофрированные

Перемещение свободного конца трубчатой пружины находится в прямой зависимости от давления. Пружина работает в зоне пропорционального изменения напряжения и деформации, вследствие чего градуировка шкалы манометра равномерная.

Однако перемещение свободного конца одновитковой пружины невелико (до 5-8 мм). При превышении предела пропорциональности незначительное приращение давления  $p$  приводит к появлению остаточной деформации пружины и погрешности измерения. На точность измерений трубчато-пружинными манометрами оказывает влияние упругий гистерезис трубки, определяемый как разность положения конца трубки при одном и том же давлении при постепенном повышении (прямой ход) и понижении (обратный ход) давления, а также упругое последствие, которое проявляется в том, что при достижении некоторого давления деформация трубки продолжается, несмотря на то что давление больше не изменяется. Упругий гистерезис и упругое последствие вызывают специфические погрешности всех деформационных манометров.

У трубчато-пружинных приборов чувствительность растет с уменьшением толщины стенок трубки, увеличением радиуса и центрального угла кривизны пружины, а также с увеличением отношения осей поперечного сечения трубки.

Деформационные приборы изготавливаются для работы в качестве образцовых, контрольных и технических с классами точности от 0,2 до 4. Пределы измерения приборов от 0,1 до 1000 МПа, а по вакуумметрической части шкалы - до - 0,1 МПа.

Манометры с многовитковой трубчатой пружиной представляют собой приборы, имеющие как бы последовательно соединенные 6-9 одновитковых пружин. При этом развивается значительное усилие, что позволяет использовать многовитковые пружины в самопишущих манометрах.

Приборы, использующие в качестве чувствительного элемента гофрированные мембраны (рис. 5), мембранные коробки и блоки, применяются для измерения небольших избыточных давлений и разрежений (манометры, напоромеры и тягомеры), а также перепадов давлений (дифманометры). Гофрировка мембраны значительно уменьшает нелинейность характеристики и увеличивает чувствительность. Связь между прогибом и давлением в общем случае нелинейна. Для увеличения прогиба мембраны в приборах измерения малых давлений используется соединение мембран попарно в мембранные коробки, а коробок - в блоки. Мембранные коробки в зависимости от конструкции могут быть анероидными и манометрическими.

Манометры для измерения давления до 0,4 МПа, а также вакуумметры и мановакуумметры могут иметь в качестве чувствительного элемента гофрированный тонкостенный цилиндрический сосуд с закрытым дном — сильфон 2 (рис. 6)

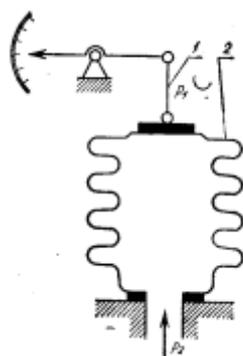


Рисунок 6 Сильфон

Сильфоны изготавливаются из нержавеющей стали и бериллиевой бронзы. При изменении давления изменяется высота сильфона, и шток / перемещается и приводит в движение стрелку отсчетного устройства и перо самописца. Сильфонные приборы имеют характеристику, близкую к линейной, но сравнительно большой гистерезис. Для уменьшения последнего недостатка сильфоны применяют с дополнительными винтовыми пружинами.

## Задание для аудиторной работы.

Опишите принцип действия каждого прибора, данные внесите в таблицу 1.

Таблица 1.

Прибор	Принцип действия прибора

## Содержание отчета.

1. Наименование, цель работы.
2. Выполнить задание для аудиторной работы.

## Практическая работа №7

### Анализ характеристик оборудования

Цель работы:

1. Изучение принципа действия, конструкций отдельных элементов холодильной установки.
2. Изучение характеристик отдельных элементов холодильной установки.

#### Теоретическая справка

Холодильная установка представляет собой совокупность механизмов, аппаратов и приборов, собранных в единую холодильную схему для создания искусственного холода и автоматического поддержания заданного температурного режима.

Холодильная установка состоит из следующих основных элементов: компрессора, конденсатора, регулирующего вентиля, испарителя. Кроме основных элементов имеется вспомогательная аппаратура (ресивер, вентили, фильтры и др.), которая служит для поддержания нормального режима работы, улучшения эксплуатационных показателей и обеспечения безопасности работы. Отдельные элементы холодильной машины соединяют в единую систему посредством трубопроводов.

Компрессор отсасывает пары холодильного агента (хладона) из испарителя, сжимает их и нагнетает в конденсатор. В конденсаторе за счёт отвода теплоты от паров холодильного агента к окружающей среде (воздухом или водой) происходит процесс конденсации хладона. Жидкий хладон из конденсатора сливается в ресивер, который служит для сбора холодильного агента. Далее жидкий хладон поступает в регулирующий вентиль, где из-за дросселирования снижается его давление и температура. В таком состоянии холодильный агент поступает в испаритель, в котором происходит его кипение за счёт теплоты, отбираемой от охлаждаемого объекта.

В регулирующем вентиле, помимо дросселирования, происходит регулировка подачи жидкого холодильного агента в испаритель. Для защиты от чрезмерного повышения давления в линии нагнетания и регулировки холодопроизводительности компрессора в схему включено реле давления. Большинство хладоновых холодильных установок снабжены регенеративным теплообменником, в котором происходит перегрев пара

перед всасыванием в компрессор за счёт теплоты, отдаваемой жидким хладоном перед регулирующим вентилем. Благодаря этому существенно улучшаются энергетические характеристики холодильной установки.

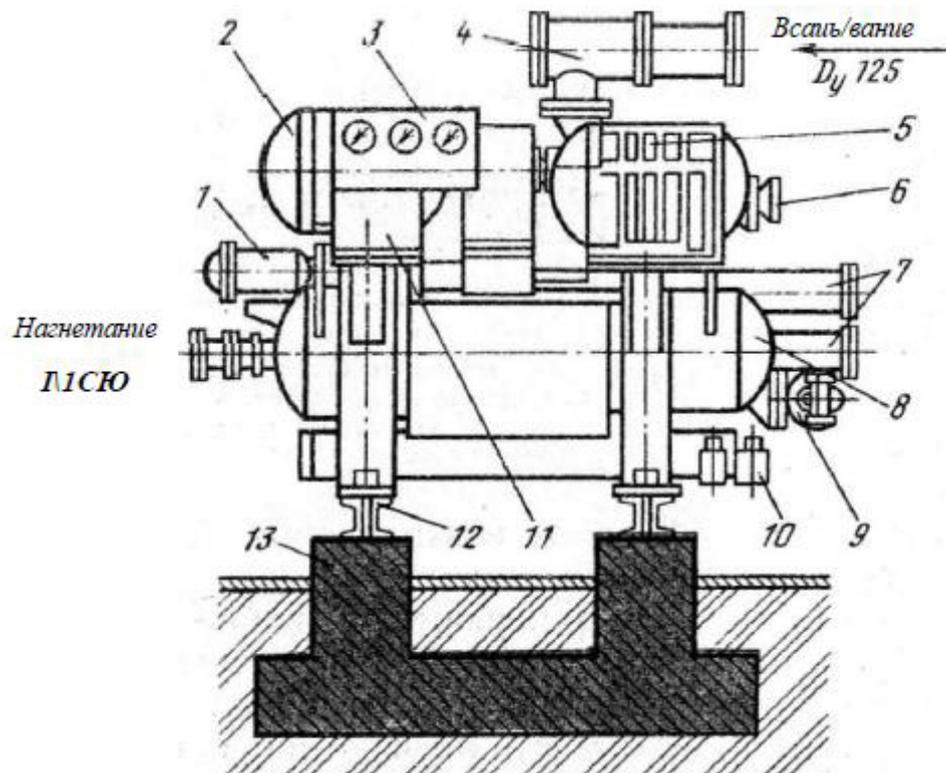


Рисунок 1 Общий вид холодильной установки

1. Фильтр тонкой очистки; 2. Электродвигатель; 3. Щит манометров;  
 4. Газовый фильтр; 5. Компрессор; 6. Регулятор производительности;  
 7. Маслоохладитель; 8. Маслоотделитель; 9. Маслонасос; 10. Фильтр грубой очистки; 11. Щит датчиков; 12. Металлическая опора; 13. Фундамент

### Порядок проведения работы.

1. Изучить принцип работы холодильной установки, устройство и назначение основных и вспомогательных механизмов, аппаратов и регулирующей аппаратуры .

2. Установить характеристики основных элементов холодильной установки.

Контрольные вопросы:

1. Сформулируйте назначение основных и вспомогательных элементов холодильной машины.

2. Каково назначение компрессора, конденсатора, испарителя, регулирующего вентиля в схеме холодильной машины?

3. Перечислите основные технические характеристики компрессора, конденсатора и испарителя.

Содержание отчета.

1. Наименование, цель работы.

2. Описание конструкции и принципа работы установки.

3. Характеристики основных элементов холодильной установки (компрессора, конденсатора, регулирующего вентиля, испарителя).

4. Ответы на контрольные вопросы.

## Практическая работа №8

### Анализ схемы хладоновой холодильной установки

Цель работы:

- 1.Изучение схемы холодильной установки.
- 2.Получение навыков по составлению принципиальных схем холодильной установки и ознакомление с основными обозначениями, применяемыми при составлении принципиальных схем.

Порядок проведения работы

Изучить принцип работы холодильной установки

Теоретическая справка

Изучение холодильных машин невозможно без изображения схем. Для однозначности восприятия схем в мире были выработаны условные обозначения каждого элемента. Строго определенные обозначения соответствуют требованиям ЕСКД. В учебной литературе, а также в периодических научных изданиях применяется более наглядное изображение элементов, чтобы детализация изображения давала возможность четко представить себе элемент машины с точки зрения классификационных признаков и назначения в схеме.

СХЕМА в конструкторской документации - документ, на котором условными графическими обозначениями показаны составные части изделия (или установки) и соединения или связи между ними. Схемы выполняются, как правило, без учёта масштаба и действительного пространственного расположения составных частей изделия.

В зависимости от типа элементов изделий и вида связей между ними схемы подразделяют на:

1. электрические,
2. пневматические,
3. гидравлические,
4. кинематические
5. комбинированные.

В соответствии с назначением различают схемы:

1. структурные,
2. функциональные,
3. принципиальные,

4. соединений,
5. подключений,
6. общие,
7. расположения.

Структурная схема (блок-схема) определяет основные функциональные части изделия (установки), их назначение и взаимосвязи; она разрабатывается при проектировании (конструировании) изделия, раньше схемы др. типов, и используется при изучении структуры изделия и программы его работы, а также во время его эксплуатации.

Функциональная схема раскрывает процессы, протекающие в изделии и его отдельных частях; используется при изучении функциональных возможностей изделий, а также при их наладке, регулировке, контроле и ремонте.

Принципиальная схема определяет полный состав элементов изделия и связей между ними и, как правило, даёт детальное представление о принципе работы изделия; служит основанием для разработки др. конструкторских документов, например электромонтажных чертежей, спецификации.

Схемы соединений (внутренних и внешних) отображает связи составных частей изделия, способы прокладки, крепления или подсоединения проводов, кабелей или трубопроводов, а также места их присоединения или ввода.

На схеме подключений показывают внешние подключения изделия; эти схемы используют при монтаже и эксплуатации комплексов. Общая схема определяет составные части комплекса (сложного изделия) и соединения их между собой на месте эксплуатации; предназначена преимущественно для общего ознакомления с комплексами.

На схеме расположения показывается относительное размещение (местоположение) составных частей установки или комплекса.

Таблица 1 - Обозначение трубопроводов холодильных машин

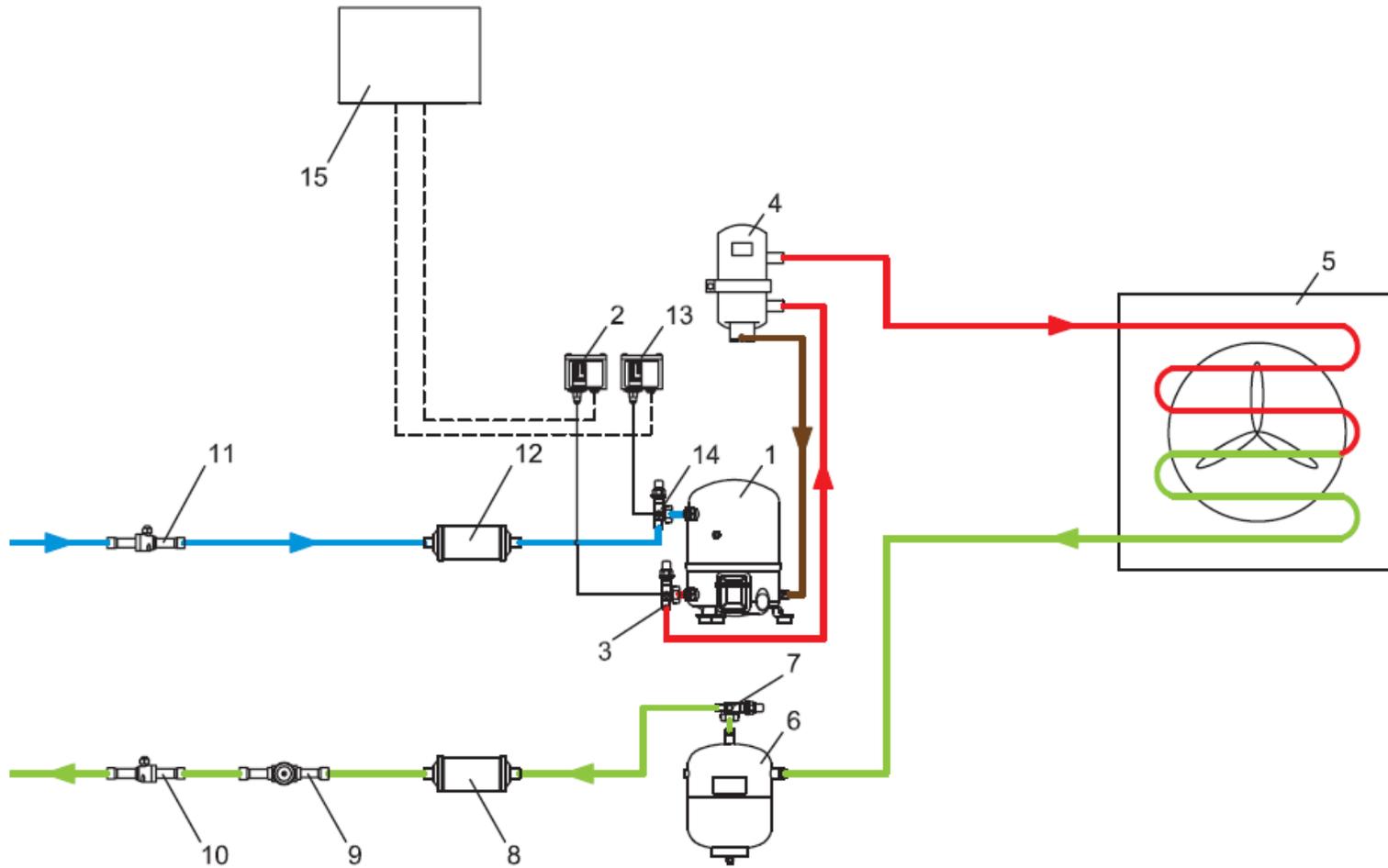
Вид трубопровода	Цвет обозначения
жидкий агент	желтый
вода	зеленый
масло	коричневый
холодный пар агента	голубой
горячий пар агента	красный

Таблица 2 - Графическое изображение узлов холодильной установки

Обозначения	Расшифровка обозначения	Обозначения	Расшифровка обозначения
	Компрессор поршневой		Вентиль запорный шаровый угловой (нормально открыт)
	Компрессор винтовой		Клапан запорный с пневматическим приводом (нормально открыт)
	Смотровое стекло		Регулятор давления
	Смотровое стекло с индикатором (протока, влажности)		Манометр
	Общее обозначение ресивера		Воздушный маслоохладитель
	конденсатор проточный (чаще - с водяным охлаждением)		Фильтр-осушитель
	конденсатор с воздушным охлаждением (принудительным)		Электродвигатель
	испаритель проточный (с промежуточным хладоносителем)		Пластинчатый теплообменный аппарат
	воздухоохладитель		маслоотделитель

### Содержание отчета.

1. Наименование и цель работы.
2. Составить принципиальную схему хладоновой одноступенчатой холодильной установки непосредственного охлаждения, пользуясь принятыми в холодильной технике условными обозначениями. На схеме показать фазовое состояние и направление движения рабочего вещества по трубопроводам.



## Практическая работа № 9

### Составление графика ремонта холодильного оборудования

Цель работы:

Получить навыки составления графиков ремонта холодильного оборудования.

#### Теоретическая справка

Сроки ремонтных работ определяются графиком планово-предупредительного ремонта (ППР). Система ППР включает в себя следующий комплекс мероприятий: текущий уход и надзор, осмотры и проверки, плановые ремонты.

Согласно графикам ремонтный цикл – период между двумя капитальными ремонтами – составляет примерно 24000-30000ч. Учитывая, что средняя наработка в год составляет от 3000 до 5000ч, ремонтный цикл равняется 6-8 лет. У фреоновых машин износ цилиндров происходит значительно медленнее, чем у аммиачных (лучше условия смазки), поэтому ремонтный цикл может быть увеличен до 10-12 лет. В середине ремонтного цикла обычно планируют один средний ремонт (С), а между средним и капитальным (К) – один-два малых ремонта (М) и несколько осмотров (О). Интервал между осмотрами -1500-2000 ч работы.

Ремонтный цикл - это период работы оборудования от начала ввода его в эксплуатацию до первого капитального ремонта, или период работы между двумя капитальными ремонтами. Структура ремонтного цикла - это порядок чередования ремонтов и осмотров, зависящих от типа оборудования, степени его загрузки, возраста, конструктивных особенностей и условий эксплуатации.

Профилактические осмотры компрессоров производятся с целью предупреждения отказов вследствие поломки быстроизнашивающихся деталей, самоотвинчивания резьбовых соединений, преждевременного износа базовых деталей абразивными частицами, внезапной поломки деталей, имеющих дефекты.

Техническое обслуживание предусматривает работы, выполняемые в течение каждой смены.

Для осмотра компрессор останавливают, промывают паровые и масляные фильтры, проверяют состояние клапанов, поршневых колец и чистоту трущихся поверхностей.

Техническое обслуживание и осмотр аппаратов производятся с целью проверки их герметичности, концентрации хладоносителя, а также установления рН охлаждающей и охлаждаемой сред.

Малый ремонт компрессора предусматривает ревизию клапанов с заменой пластин и пружин, осмотр шатунно-поршневых групп с заменой поршневых колец и перетяжкой толстостенных вкладышей. Замена тонкостенных вкладышей рекомендуется до возникновения предельного износа, если будут замечены абразивные частицы, внедрившиеся в антифрикционный слой. Производятся промывка и тарировка предохранительного клапана компрессора.

Малый ремонт компрессора заключается в очистке их от загрязнений, восстановлении рН и замене протекторов. Работы по текущему ремонту проводятся обслуживающим персоналом холодильной установки.

Средний ремонт производят с целью замены или ремонта деталей, имеющих большой срок службы.

Наиболее характерными работами среднего ремонта являются ревизия сальника с заменой или притиркой его деталей; замена подшипников скольжения верхней и нижней головки шатуна; дефектация и замена шатунных болтов; притирка нагнетательных клапанов; регулирование мертвого пространства и высоты подъема пластин всасывающих клапанов; очистка водяной полости компрессора от водяного камня. При среднем ремонте аппарата производится замена дефектных труб новыми.

Капитальный ремонт аппаратов заключается в полной замене труб. При высокой культуре эксплуатации длительность межремонтного цикла может быть увеличена в 1,5—2 раза. Работы по капитальному ремонту поднадзорного оборудования и трубопроводов производятся специализированной организацией.

Составление графика ППР следует проводить с учетом загруженности предприятия и потребности в холодильной мощности в различное время года.

Капитальный ремонт машин производится с целью восстановления их до такого состояния, когда они по своим характеристикам и надежности будут соответствовать новому.

При осмотре и проверке оборудования заполняют специальный журнал, в котором указывают все замеченные дефекты и ненормальности в работе оборудования, а также мероприятия по их устранению. Перед

наступлением срока ремонта производят особо тщательный осмотр и проверку оборудования и составляют дефектную ведомость.

Система ППР требует проведения ряда мероприятий по подготовке к ремонтным работам. На каждую единицу оборудования должен быть заведен паспорт, в котором дается наименование, подробная техническая характеристика, состояние и годность к эксплуатации, указывается место нахождения, отмечаются все выполненные ремонты.

#### Контрольные вопросы:

1. Чем определяются сроки ремонтных работ?
2. Что включает в себя система ППР?
3. Дать определение ремонтному циклу.

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Заполнить план график годовой.

Таблица 1 Нормативы периодичности, продолжительности и трудоемкости технического обслуживания и ремонта

№ варианта	Наименование оборудования	Нормативы ресурса между ремонтами		Время простоя оборудования	
		Т	К	Т	К
1	Поршневой компрессор Danfoss MT18-5V1	6720	40320	8	32
2	Поршневой компрессор Danfoss MT44-4V1	6720	40320	8	32
3	Поршневой компрессор Danfoss MTZ22-5 V1	6720	40320	8	32
4	Поршневой компрессор Danfoss MTZ50-5 V1	6720	40320	8	32

Таблица 2 Время работы оборудования

Учет времени работы оборудования													
№ п/п	Наименование оборудования	Месяц года											
		Январь	Февраль	март	Апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь
1	Поршневой компрессор Danfoss MT18-5V1	68	77	75	67	72	65	70	74	85	98	68	35
2	Поршневой компрессор Danfoss MT44-4V1	120	125	161	168	152	165	158	160	162	158	164	165
3	Поршневой компрессор Danfoss MTZ22-5 V1	120	125	161	168	152	165	158	160	162	158	164	165
4	Поршневой компрессор Danfoss MTZ50-5 V1	120	125	161	168	152	165	158	160	162	158	164	165

Таблица 3 Нормы времени на единицу ремонтосложности

Виды работ	Наименование работ	Капитальный ремонт	Текущий ремонт	Осмотр	Осмотр перед капитальным ремонтом	
		Норма времени на единицу ремонтосложности, ч				
При ремонте механической части	Станочные	Изготовление заменяемых деталей	10,7	2,0	0,1	0,1
		Восстановление деталей	3,0	-	-	-
		Пригонка при сборке	0,3	-	-	-
		Итого	14,0	2,0	0,1	0,1
	Слесарные и другие	На изготовление заменяемых деталей	1,1	0,2	-	-
		На восстановление деталей	0,8	-	-	-

СОГЛАСОВАНО  
 Главный механик  
 \_\_\_\_\_ Ф.И.О,

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г.

Приложение 3  
 УТВЕРЖДЕНО

Главный инженер  
 \_\_\_\_\_ Ф.И.О.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201 г.

ГОДОВОЙ ПЛАН-ГРАФИК

планово-предупредительного ремонта оборудования на 201 г

\_\_\_\_\_ (наименование организации)

Наименование оборудования	Количество оборудования	Нормативы ресурса между капитальными ремонтами и текущими.		Трудоемкость одного ремонта, чел.-ч.		Месяц число последнего ремонта		Условное обозначение ремонта (числитель) месяц и время простоя в ремонте, ч (знаменатель)												Годовой простой оборудования в ремонте	Годовой фонд рабочего времени	
								Январь	Февраль	март	Апрель	май	июнь	июль	август	сентябрь	октябрь	ноябрь	декабрь			
																						Т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	

Механик \_\_\_\_\_ Ф.И.О.  
 (подпись)

## Практическая работа № 10

### Привалка поршней цилиндра компрессора

Цель работы:

Ознакомление с основными методами контроля и способами выверки и центровки, применяемые при монтаже компрессора.

Измерительные инструменты: уровни, монтажные линейки, штихмасс, стальные клинья и монтажные каретки.

#### Теоретическая справка

Надежная и длительная работа компрессоров зависит в большой степени от правильно выполненного монтажа.

Одним из методов центровки шатунно-поршневого механизма при монтаже компрессора является измерение радиальных зазоров между поршнем и втулкой цилиндра. Нормальный износ поршня проявляется в уменьшении наружного диаметра цилиндрической поверхности и искажении ее геометрической формы; увеличении размеров канавок для поршневых колец, появлении трещин, задиров и рисок на рабочих поверхностях, выкрашиваний и трещин на вытеснителях мертвого объема у алюминиевых поршней нового ряда компрессоров.

Ускоренный износ поршня возникает при его перекосе в цилиндре вследствие повышенной конусообразности шатунных шеек коленчатого вала и отверстий, образованных вкладышами подшипника скольжения; при неперпендикулярности оси отверстий для поршневого кольца к оси поршня. Ускоренный износ выражается в образовании значительных натиров, задиров и наволакиваний металла. Для своевременного выявления возможности ускоренного износа производят проверку привалки (центровки) поршня, измеряя зазоры  $S$  между гильзой цилиндра и поршнем при положении поршня в верхней (ВМТ) и нижней (НМТ) мертвых точках. Измерения проводят щупом при снятых поршневых кольцах.

Разность зазоров  $s$ , измеренных в верхней и нижней мертвых точках, не должна превышать 0,05—0,07 мм.

$$SCP = SBMT - SHMT, (1)$$

SBMT - зазор в верхней мертвой точке

SHMT - зазор в нижней мертвой точке

Таблица 1 Значения, рекомендованные заводом - изготовителем

Базовый компрессор		Диаметр цилиндра		Поршень по чертежу	Зазор в соединении поршень-цилиндр	
Диаметр цилиндра мм	Марка	По чертежу	Предельно допустимый (без ремонта)		По чертежу	
				от	до	
40	2ФВ474,5	$40^{+0,027}$	40,125	$40^{-0,025}$ $-0,050$	0,025	0,077
76	П40	$76^{+0,03}$	76,2	$76^{-0,06}$ $-0,12$	0,06	0,15
115	П110	$115^{+0,035}$	115,6	$114,8^{-0,07}$	0,2	0,3
190	ФУ175	$190^{+0,045}$	190,7	$189,8^{-0,18}$ $-0,25$	0,38	0,495

Основными дефектами цилиндров являются износ зеркала в виде конусной и овальной выработки его средней части, задиров и рисок. Если овальность и конусность цилиндра выше допустимой, то его растачивают и шлифуют до следующего ремонтного размера (обычно на 1мм больше номинального диаметра), с постановкой поршней и колец этого же ремонтного размера.

Уменьшение диаметра наружной поверхности поршня при одновременном увеличении внутреннего диаметра цилиндра вследствие износа обеих деталей приводит к увеличению зазора между поршнем и цилиндром. В случае превышения предельно допустимой величины зазора в цилиндре компрессора появляется стук, резко повышается температура нагнетания. В условиях эксплуатации зазор между поршнем и цилиндром не должен превышать 2—3-кратную величину максимального первоначального зазора.

Изношенные поршни бракуют или обрабатывают под меньший ремонтный размер.

#### Порядок выполнения работы

1. Установить поршень в верхнюю мертвую точку и с помощью щупа произвести измерения радиальных зазоров в четырех местах диаметрально противоположных плоскостей. Данные измерений занести в журнал наблюдений.

2. Установить поршень в нижнюю мертвую точку и произвести аналогичные замеры. Перекос поршня в цилиндре допускается не свыше

0,15мм на 1 м длины поршня.

3. При установлении перекоса, превышающего допустимые нормы, установить причину появления перекоса и способы его устранения.

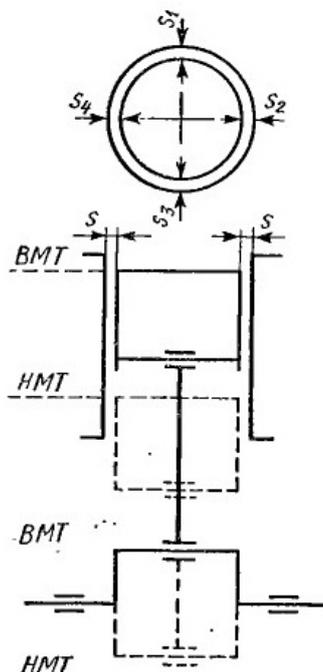


Рисунок 1 Измерение радиальных зазоров между поршнем и втулкой цилиндра.

#### 4.Контрольные вопросы:

- 4.1 Дать определение привалка- это... .
- 4.2 В чем проявляется нормальный износ поршня?
- 4.3 В чем причина возникновения ускоренного износа?
- 4.4 Какой инструмент используют при проведении измерения зазоров S между гильзой цилиндра и поршнем?

#### Содержание отчета

1. Эскиз выверяемого оборудования.
2. Журнал наблюдений.
3. Анализ измеряемых величин. При установлении перекоса, превышающего допустимые нормы, установить причину появления перекоса и способы его устранения.

Таблица 2. Замеры

Вариант	Марка компрессора	Диаметр цилиндра, мм	Диаметр поршня мм	S <sub>1</sub> ВМТ	S <sub>2</sub> ВМТ	S <sub>3</sub> ВМТ	S <sub>4</sub> ВМТ	S <sub>1</sub> НМТ	S <sub>2</sub> НМТ	S <sub>3</sub> НМТ	S <sub>4</sub> НМТ
1	2ФВ474,5	40 <sup>+0,027</sup>	39,93	0,072	0,071	0,073	0,07	0,04	0,044	0,05	0,048
2	П40	76 <sup>+0,03</sup>	76 <sup>-0,06</sup> -0,12	0,12	0,125	0,135	0,14	0,07	0,065	0,625	0,07
3	П110	115,038	114,8 <sup>-0,07</sup>	0,245	0,245	0,248	0,25	0,295	0,298	0,3	0,3
4	ФУ175	190 <sup>+0,045</sup>	189,8 <sup>-0,18</sup> -0,25	0,492	0,491	0,48	0,49	0,378	0,43	0,425	0,44

Журнал наблюдений

Компрессор марки \_\_\_\_\_

Цилиндр № \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

№ цилиндров	Верхнее положение поршня в мм				Нижнее положение поршня в мм				Scp
	S1	S2	S3	S4	S1	S2	S3	S4	

## Практическая работа №11

### Анализ теплообменных аппаратов

Цель работы: Изучение конструкции и принципов работы теплообменных аппаратов различного типа.

#### Теоретическая справка

Теплообменными аппаратами (теплообменниками) называются устройства, предназначенные для передачи тепла от одного теплоносителя к другому.

Классификация теплообменных аппаратов:

1. по назначению:
  - 1.1 подогреватели;
  - 1.2 охладители;
  - 1.3 испарители;
  - 1.4 конденсаторы;
2. по принципу действия:
  - 2.1 рекуператоры;
  - 2.2 регенерасмесители;
  - 2.3 по типу работы:
    - 2.4 непрерывного действия;
    - 2.5 периодического действия;
3. по виду материала, из которого выполнена поверхность нагрева:
  - 3.1 стальные;
  - 3.2 чугунные;
  - 3.3 стеклянные;
  - 3.4 керамические;
  - 3.5 фторопластовые и другие;
4. по способу установки на месте эксплуатации:
  - 4.1 вертикальные;
  - 4.2 горизонтальные;
  - 4.3 наклонные.

К теплообменным аппаратам предъявляют следующие требования:

1. высокая интенсивность теплопередачи;
2. небольшой расход металла на единицу тепловой нагрузки;
3. простота и компактность конструкции;
4. безопасность и удобство эксплуатации;
5. лёгкость очистки аппарата от загрязнений;

6. удобство транспортировки и монтажа;
7. конкурентная стоимость.

К теплообменным аппаратам холодильных установок относятся:

#### Испарители

По виду охлаждающей среды различают два типа испарителей:

1. для охлаждения жидкого хладоносителя – воды и рассолов;
2. для охлаждения воздуха – воздухоохладители.

По виду исполнения:

1. Кожухотрубные,
2. Пластинчатые,
3. Панельные (плёночные).

#### Конденсаторы

По роду охлаждающей среды различают:

1. Конденсаторы с воздушным и водяным охлаждением;
2. Испарительные конденсаторы;
3. Со смешанным воздушно-водяным охлаждением.

#### Градирни

Назначение – для охлаждения оборотной воды в холодильных системах.

Основной тип – открытые вентиляторные градирни.

Кожухотрубный теплообменник считается самым распространенным видом из существующих в настоящее время. Впервые подобные устройства были разработаны в начале 20 века. Их появление было обусловлено тем, что тепловым станциям потребовались теплообменники с высокими показателями теплообмена и возможностью функционировать при высоком давлении. В дальнейшем такое оборудование начали применять при создании испарителей и нагревателей

В кожухотрубном теплообменнике один из теплоносителей движется по трубам (трубное пространство), другой — в межтрубном пространстве. При этом теплота от более нагретого теплоносителя через поверхность стенок труб передаётся менее нагретому теплоносителю. Чаще всего предусмотрено противоположное направление движения теплоносителей, способствующее наиболее эффективному теплообмену.

Составными элементами конструкции кожухотрубного теплообменника являются:

1. пучок труб, который размещен в собственной камере и закрепленный на трубной решётке
2. кожух, представляющий собой камеру с трубными решётками

3. входные и выходные отверстия в камеру
4. отвод для дренажа жидкости из межтрубного пространства
5. перегородки

Число трубок, которые расположены в сердцевине кожуха оказывают самое непосредственное влияние на скорость движения вещества, а от скорости зависит коэффициент теплопередачи.

Применяются следующие виды теплообменников:

1. с температурным кожуховым компенсатором;
2. с неподвижными трубками;
3. с плавающей головкой;
4. с U-образными трубками;
5. элементные теплообменники;
6. двухтрубные («труба в трубе»)

Кожухотрубные теплообменники выгодно отличаются широким диапазоном рабочих температур, устойчивостью к гидроударам, высокой эффективностью, износостойкостью, долговечностью, ремонтпригодностью, безопасностью эксплуатации, способностью работать в агрессивной среде.

Контрольные вопросы:

1. Назначение теплообменных аппаратов.
2. Классификация теплообменных аппаратов.
3. Основные характеристики кожухотрубных теплообменников, их классификация.

Содержание отчета

1. Наименование работы, цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.

## Практическая работа №12

### Анализ ремонта теплообменных аппаратов

Цель работы:

Ознакомление с основными видами ремонта теплообменных аппаратов.

#### Теоретическая справка

Теплообменные аппараты являются самым распространенным оборудованием в производстве.

Теплообменные аппараты можно классифицировать:

по конструкции — аппараты, изготовленные из труб (кожухотрубчатые, «труба в трубе», оросительные, погружные змеевиковые, воздушного охлаждения); аппараты, поверхность теплообмена которых изготовлена из листового материала (пластинчатые, спиральные, сотовые); аппараты с поверхностью теплообмена, изготовленной из неметаллических материалов (графита, пластмасс, стекла и др.).

Теплообменные аппараты должны обеспечивать интенсивный теплообмен между средами, быть безопасными и надежными в эксплуатации, компактными по объему, неметаллоемкими, удобными для монтажа, обслуживания и ремонта.

В силу неравномерного износа и случайного характера повреждений и отказов теплообменного оборудования обычно требуется восстановление или замена только некоторой части узлов и деталей. Так наиболее повреждаемым узлом (сборочной единицей) теплообменного аппарата является трубная система и, в частности, теплообменные трубки. В процессе длительной работы происходит эрозионный и коррозионный износ труб и стенок корпуса: теплопередающие поверхности загрязняются, и эффективность теплопередачи падает.

Технологический процесс ремонта определяется, прежде всего, стратегией ремонта, т.е. совокупностью правил управления техническим состоянием оборудования. Виды ремонтов: текущий, средний и капитальный.

*Средний ремонт* теплообменного аппарата предусматривает ревизию отдельных узлов, а также восстановление и замену изношенных деталей. К основным операциям, выполняемым при среднем ремонте, относятся:

1. работы, предусматриваемые текущим ремонтом;

2. замена арматуры с проверкой предохранительных клапанов на гидравлическом прессе;

проверка герметичности трубной системы и корпуса и устранение повреждений подвальцовкой, заваркой или отглушением отдельных трубок;

3. ревизия разъемных резьбовых, сальниковых и фланцевых соединений;

4. разборка и ремонт вспомогательных элементов с восстановлением или заменой отдельных узлов и деталей

5. ремонт обмуровки и антикоррозионных покрытий

6. ремонт изоляции и окраска поверхностей аппарата.



Рис. 1. Схема технологического процесса, соответствующего стратегии ремонта по наработке

Капитальный ремонт имеет целью восстановление работоспособности оборудования по возможности до начального технического состояния. При капитальном ремонте производится полная разборка аппарата с ремонтом отдельных деталей и узлов на месте, в ремонтных цехах или предприятиях. Капитальный ремонт производится по специально разработанному плану и обеспечивается необходимыми документами и материалами. Последовательность операций при капитальном ремонте:

1. ознакомление с чертежами и дефектной ведомостью на аппарат; подготовка необходимых запасных деталей, инструмента, материалов и подъемно-транспортных приспособлений;

2. получение разрешения на отключение оборудования, подлежащего ремонту; \*снятие контрольно-измерительных приборов, вскрытие аппарата и разборка его на узлы и детали;

3. промывка и очистка;

4. отбраковка деталей методом осмотра и измерений, уточнение дефектной ведомости на ремонт и ведомости на запасные части;
5. ремонт деталей, сборка узлов, подгонка деталей и узлов;
6. изготовление новых деталей и узлов, внесение усовершенствований, намеченных к реализации в период капитального ремонта;
7. сборка, опробование аппарата и устранение выявленных дефектов;
8. проверка аппарата после сборки, подготовка к испытанию;
9. испытание аппарата и сдача его в эксплуатацию.

Завершается выполнение капитального ремонта составлением акта о передаче оборудования в эксплуатацию.

Уравнение теплового потока  $Q$  выражается следующей зависимостью, Вт

$$Q = F \times k (t_{cp} - t_0),$$

где  $F$  — площадь поверхности теплообмена,  $m^2$ ;

$t_{cp}$ ,  $t_0$  — температура охлаждаемой среды и температура кипения  $^{\circ}C$ ;

$k$  — коэффициент теплопередачи аппарата, Вт ( $m^2 \cdot K$ ),

тогда

$$F = Q / k \times (t_{cp} - t_0), m^2$$

#### Содержание отчета:

1. Определить поверхность кожухотрубного испарителя при заданных условиях.
2. Виды ремонтов теплообменных аппаратов

Таблица 1 – Задание для аудиторной работы

№ варианта	Испаритель	$k$ , коэффициент теплопередачи аппарата, Вт	$Q$ , кВт	$t_{cp}$ , $^{\circ}C$	$t_0$ , $^{\circ}C$	$F$ , $m^2$
1	Аммиачный кожухотрубный многоходовой	400-470	16	-15	-10	
2	Аммиачный трубчато-змеевиковые батареи непосредственного охлаждения	9-11	25	-22.5	-17.5	
3	Фреоновый трубчато-змеевиковый ребристый с естественной циркуляцией воздуха	4-6	16	-18	-13	

4	Фреоновый трубчато-змеевиковый ребристый с принудительной циркуляцией воздуха	17-23	25	-21	-16	
---	---	-------	----	-----	-----	--

## Практическая работа №13 Анализ технологических трубопроводов

Цель работы:

Научиться анализировать технологические трубопроводы при их выборе.

### Теоретическая справка

Среди «транспортных средств», которые нужны для перемещения определенного материала, одним из самых распространенных являются трубопроводы. Трубопровод обеспечивает недорогую и непрерывную транспортировку газов и жидкостей. Сегодня существует немало видов трубопроводов. Конструкции различаются и классифицируются по масштабу, диаметру, давлению, а также рабочей температуре.

По масштабу различают магистральные, коммунально-сетевые, технологические, судовые (машинные) трубопроводы.

Технологические трубопроводы. Назначение и категории.

Технологические трубопроводы – устройства для подачи топлива, воды, сырья, полуфабрикатов и различных продуктов, которые используются в производстве на промышленном предприятии. Такие трубопроводы транспортируют отработанное сырье и различные отходы.

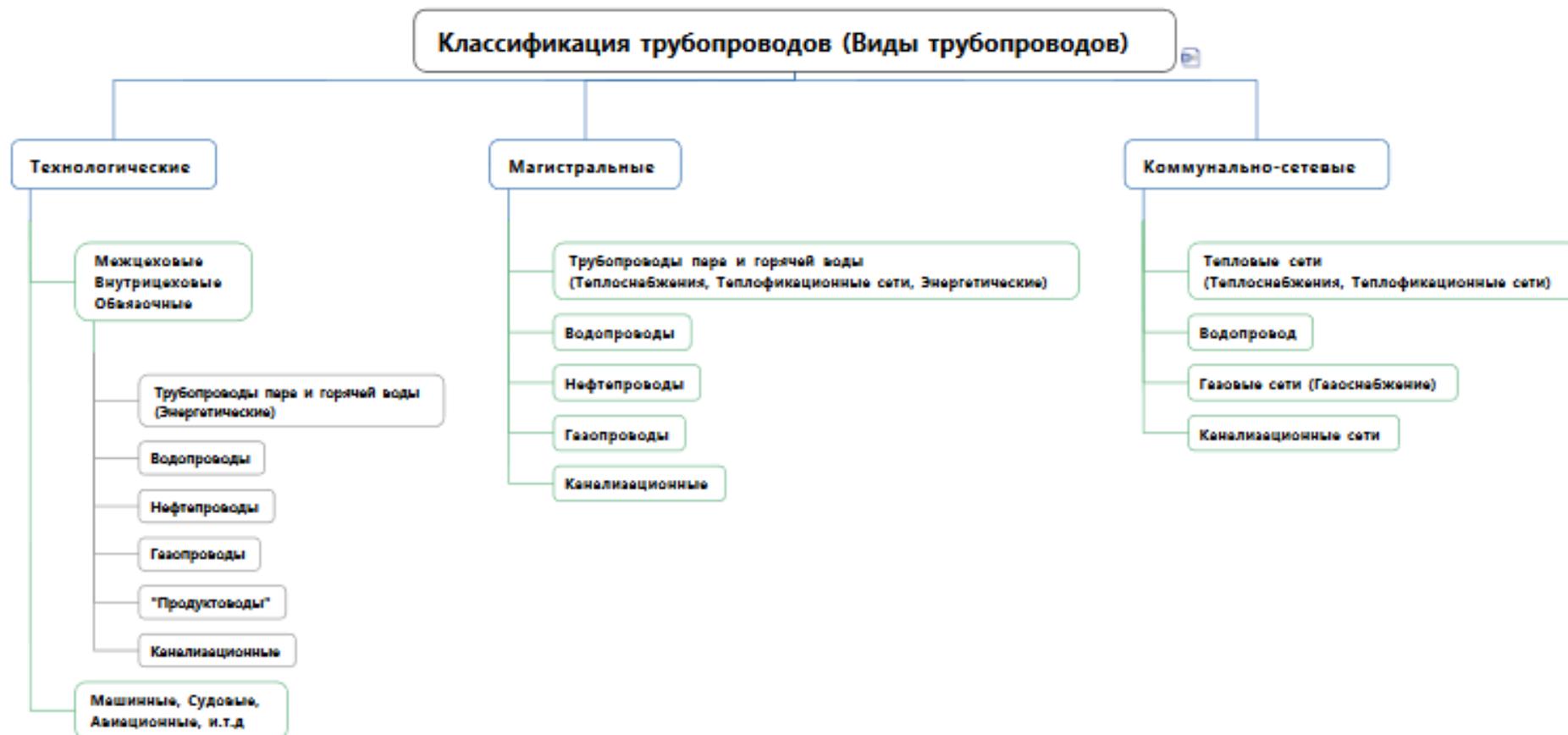
В связи с особыми условиями эксплуатации промышленных трубопроводов при их проектировании необходимо учитывать:

- возможность образования загазованной зоны (из-за неплотностей конструкций), представляющей опасность, особенно при прокладке газопроводов внутри помещений;
- корродирующее воздействие как наружной, так и внутренней сред, особенно при наличии в них серы и других агрессивных примесей;
  - абразивное воздействие потока взвешенных в газе частиц;
  - влияние на сооружение температурного режима (как технологического, так и атмосферного).

Трубопроводы совместно с опорами, оборудованием, устройствами для их обслуживания, лестницами, площадками составляют так называемую трубопроводную систему.

Классификация технологических трубопроводов происходит по таким признакам как:

Месторасположение: межцеховые, внутрицеховые.



Способ прокладки: надземные, наземные, подземные.

Внутреннее давление: безнапорные (самотечные), вакуумные, низкого давления, среднего давления, высокого давления.

Температура транспортируемого вещества: криогенные, холодные, нормальные, теплые, горячие, перегретые.

Агрессивность транспортируемого вещества: неагрессивные, слабоагрессивные (малоагрессивные), среднеагрессивные, агрессивные.

Транспортируемое вещество: паропроводы, водопроводы, нефтепроводы, газопроводы, кислородопроводы, мазутопроводы, ацетиленопроводы, маслопроводы, бензопроводы, кислотопроводы, щелочепроводы, аммиакопроводы и др.

Материал: стальные, стальные с внутренним или наружным покрытием, из цветных металлов, чугунные, из неметаллических материалов.

Способ соединения: неразъемные, разъемные.

Технологические трубопроводы и соединительные детали к ним изготавливаются из полипропилена, полиэтилена (с рабочим давлением до 10 атмосфер и температурой от -30 °С до +40 °С), поливинилхлорида и полипропилена с ППУ-теплоизоляцией. Наиболее качественными являются изделия из полиэтилена, которые не подвержены коррозии и имеют впечатляющий срок эксплуатации в 50 лет, а также трубы из полипропилена с ППУ-теплоизоляцией, которые сокращают теплотери и снижают затраты на эксплуатацию сетей.

Контрольные вопросы:

1. Назначение трубопроводов.
2. Классификация трубопроводов.
3. Назначение и категории технологических трубопроводов.

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.

## Практическая работа №14 Анализ ремонта трубопроводов

Цель работы:

1. Получить навыки в определении вида ремонта трубопровода.
2. Получать навыки в расчете трубопровода.

Теоретическая справка

Эксплуатация и ремонт трубопроводов должны производиться с соблюдением правил техники безопасности и технических условий. В процессе эксплуатации трубопроводы изнашиваются от механического (в основном эрозионного), теплового и коррозионного воздействия.

При плановых осмотрах и малом ремонте трубопроводов ликвидируют все дефекты, обнаруженные во время эксплуатации: устраняют пропуски хладагента в трубах и сварочных швах при помощи хомутов; ликвидируют неисправности в креплении трубопроводов и, кроме того, замена отдельных участков трубопроводов в размере не более 20% его протяженности, ремонт подвижных и неподвижных опор трубопровода, термоизоляции и восстановление антикоррозионного покрытия, испытание на плотность, гидравлические испытания на прочность и частичная окраска.

Основные дефекты, характерные для трубопроводов холодильных установок, следующие:

замасливание трубопроводов (устраняется промывкой растворами),  
отложение ила, нагара и солей жесткости (также промывкой);  
коррозионный износ,  
эрозионный износ, особенно при высоких скоростях или загрязненных средах в коленах, отводах (необходима замена деталей);  
дефекты в сварных швах (сварка или чеканка); усталостные трещины, появляющиеся из-за повышенной вибрации или из-за брака при прокате труб (выясняют и устраняют причины, а участок трубопровода, заменяют).

Основная профилактическая мера — систематическая проверка характерных мест категорийных трубопроводов по графику на изменение толщины стенки трубы с составлением акта. Проверку проводит лаборатория дефектоскопии службы главного механика.

При ремонте обращают внимание на точность изготовления уплотнительных прокладок во фланцевых соединениях трубопроводов и разъемах аппаратов. Прокладка должна перекрывать полностью уплотнительные поверхности и не должна выступать в проточную часть

трубопровода. Трубопроводы после ремонта проверяют избыточным давлением на герметичность: аммиачные нагнетательные – воздушным давлением на 1,5 МПа ( $\approx 15$  кгс/см<sup>2</sup>), всасывающие - 1,2 МПа ( $\approx 12$  кгс/см<sup>2</sup>). Рассольные и водяные трубопроводы проверяют гидравлическим (избыточным) давлением 0,5-0,6 МПа ( $\approx 5-6$  кгс/см<sup>2</sup>). Трубопроводы очищают, высушивают, покрывают вначале гидроизоляцией, а затем накладывают теплоизоляцию. Изолированные трубы покрывают мешковиной или оштукатуривают и затем окрашивают в условный цвет. Неизолированные трубы только окрашивают масляной краской.

### Расчет трубопроводов

При расчете трубопроводов необходимо выбрать марку жидкости. При этом следует учитывать тип принятого оборудования и температурный режим работы системы. В системах, предназначенных для работы в стабильных температурных условиях, рекомендуются жидкости с вязкостью  $(20-40) \cdot 10^{-6}$  м<sup>2</sup>/с при давлении до 10 мПа;  $(40-60) \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с – при давлении до 20 мПа и  $(110-175) \cdot 10^{-5}$  м<sup>2</sup>/с – при давлении 50–60 мПа.

Расчет трубопроводов включает в себя расчет геометрических размеров и расчет потерь давления. Расчет внутреннего диаметра трубы ведется, прежде всего, из условия обеспечения допустимой скорости потока

$$d'_x = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot V}} \quad (1), \text{ где}$$

Q - расход в системе, м<sup>3</sup>/с

V - допускаемая скорость потока, м/с

Внутренний диаметр трубы, исходя из условия ламинарного потока в трубе ( $Re < 2300$ ), определяется по формуле

$$d''_x = \frac{4}{2300 \cdot \pi} \cdot \frac{Q}{\nu}, \quad (2), \text{ где}$$

$\nu$  - коэффициент кинематической вязкости масла "Индустриальное-30":

а исходя из допустимых потерь давления ( $\Delta p$ ) в трубах:

$$d'''_x = \sqrt[4]{\frac{128 \cdot \nu \cdot \rho \cdot L \cdot Q}{\pi \cdot \Delta p}} \quad (3), \text{ где}$$

$\Delta p$  - потери давления, МПа

$p$  - рабочее давление, МПа

## Расчет трубопровода.

Задано: расход в системе  $Q$ ; рабочее давление  $p_n$ ; масло "Индустриальное-30"; трубопровод имеет длину  $L=6\text{м}$ , 6 соединительных штуцеров, 2 переходника, 4 поворота под прямым углом и 1 соединение с резервуаром.

Определить:

1. внутренний диаметр трубы по формуле (1):
2. внутренний диаметр трубы исходя из условия ламинарного потока в трубе по формуле (2):
3. внутренний диаметр трубы исходя из допустимых потерь по формуле (3):

Контрольные вопросы:

1. Основные дефекты, характерные для трубопроводов холодильных установок.
2. Профилактические работы.

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Рассчитать геометрические размеры трубопровода.

По таблице 61, Общетехнического справочника подбирать ближайший больший внутренний диаметр и толщину стенки.

Таблица 1 – Задания для аудиторной работы

Вариант	$Q$ , $\text{м}^3/\text{с}$	$V$ , $\text{м}/\text{с}$	$v_1 \text{ м}^2/\text{с}$	$v_2 \text{ м}^2/\text{с}$	$T_1, \text{ К}$	$T_2, \text{ К}$	$P, \text{ МПа}$	$\Delta p, \text{ МПа}$
1	1,6	0,8	$3,0 \times 10^{-5}$	$20 \times 10^{-5}$	323	293	10	0,18
2	2,2	2	$3,0 \times 10^{-5}$	$20 \times 10^{-5}$	323	293	10	0,2
3	1,8	1,8	$3,0 \times 10^{-5}$	$20 \times 10^{-5}$	323	293	10	0,16
4	2,4	5	$3,0 \times 10^{-5}$	$20 \times 10^{-5}$	323	293	10	0,19

## Практическая работа № 15

### Анализ конструкции запорной арматуры

Цель работы:

Изучить существующие конструкции запорной арматуры.

#### Теоретическая часть.

Запорно-регулирующая арматура является одним из важнейших элементов в системах холодильного оборудования.

В конструктивных типах арматурных изделий наиболее распространены - задвижка, клапан, кран, затвор дисковый.

Клапаны очень распространенные изделия и имеют много модификаций. Применение разгрузки и современных уплотнений - основные вехи работы с клапанами. Использование разгрузки существенно уменьшает усилия на приводе. При этом заметно усложняется конструкция клапана и его диагнозопригодность из-за размещения силового разгрузочного элемента внутри клапана.

Наклонные клапаны позволяют сравнительно легко, заменой только корпуса, снижать гидравлическое сопротивление протекающей среды. Однако эксплуатация таких клапанов выявила ограничения их применения: установка приводов на них создает сильный изгибающий момент, затрудняющий нормальное функционирование. Требуется проводить наклонные трубопроводы.

Шаровой кран - самое динамично развивающееся из всех арматурных изделий. Ограничением его применения являются мягкие уплотнения (до 180°C) или очень дорогие металлические. В шаровом кране, как и в другом поворотном (а не поступательном) арматурном изделии, усилия от протекающей среды приходятся на опоры, а усилия на перемещение относительно невелики и могут быть обеспечены негромоздкими приводами.

Дисковые поворотные затворы позволяют соединить в одной конструкции две основные функции трубопроводной арматуры - регулирование и полное перекрытие потока, что обуславливает экономичность их использования. Правда, точность регулирования у затворов все же невысока. Открытие/закрытие затвора производится простым поворотом диска на 90°. Для использования в качестве регулирующей арматуры предусмотрено несколько фиксированных промежуточных положений. Затвор должен выбираться под определенный

расход рабочей среды, который должен укладываться в поворот диска приблизительно от  $15^\circ$  до  $75^\circ$ . В этом диапазоне поворота диска затвор обладает пропорциональной характеристикой расхода, а поток рабочей среды не наносит вреда затвору. Регулирование расхода рабочей среды в узкой щели приводит к интенсивной кавитации, которая разрушает седловое уплотнение и покрытие диска.

#### Контрольные вопросы:

1. На какие виды делится запорная арматура?
2. Опишите назначение и принцип действия: клапанов, шарового крана, запорных вентилях, дисковых поворотных затворов.

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.

## Практическая работа № 16

### Анализ ремонта запорной арматуры

Цель работы:

1. Научиться определять и устранять дефекты запорной арматуры

#### Теоретическая часть.

Характерными дефектами деталей запорной арматуры являются: дефекты формы и чистоты уплотнительных поверхностей клапанов (золотников) и уплотнительных колец (седел) корпусов; отслоения, вмятины и глубокие риски в баббитовой заливке золотников и крышек; дефекты шпинделей; трещины, раковины и коррозионные разрушения корпусов и крышек.

Уплотнительные притертые поверхности деталей арматуры подвержены абразивному износу и эрозии. Изношенные уплотнительные поверхности не обеспечивают плотного закрытия арматуры, вследствие чего эрозия протекает еще более интенсивно. Неплотность прилегания уплотнительных притертых поверхностей определяют с помощью краски или мягкого графитового карандаша.

При ремонте устраняют следующие дефекты.

Дефекты геометрической формы и чистоты уплотнительных поверхностей (отклонение от прямолинейности, риски, раковины и др.) устраняют способом, выбор которого зависит от характера и величины дефекта.

Дефекты глубиной до 0,05 мм устраняют притиркой, глубиной 0,05—0,5 мм - шлифованием абразивным кругом с последующей притиркой, глубиной более 0,5 мм — механической обработкой уплотнительной поверхности с последующими шлифованием и притиркой.

Притирку уплотнительных поверхностей осуществляют с помощью специального инструмента — притира, который изготавливают из мягкого мелкозернистого чугуна. Шероховатость рабочих поверхностей притиров  $Ra = 0,634-0,16$  мкм. В процессе ручной обработки должно быть обеспечено правильное взаимное расположение притира и обрабатываемой детали, что достигается устройством центрующих кольцевых выступов на притире или установкой центрующих дисков для воротка притира. Высокое качество обработки и повышение производительности обеспечивается путем использования приспособлений, устанавливаемых в шпиндель вертикально-сверлильного станка или электродрели.

Дефектами шпинделей вентиляей и задвижек являются повреждения резьбовых участков, изгиб стержня, отклонения от правильной геометрической формы и коррозионные разрушения поверхностей, риски на конусах шпинделей вентиляей с условным проходом диаметром 6-10 мм. Шпиндели, имеющие сорванную резьбу или значительную величину изгиба стержня, заменяют новыми. Овальность шпинделя на участке, сопрягаемом с сальником, не должна превышать 0,05 мм. Повышенную величину овальности, а также глубокие коррозионные разрушения устраняют протачиванием на токарном станке с последующим шлифованием.

Конусы шпинделей, имеющие риски, шлифуют с последующей притиркой к седлу.

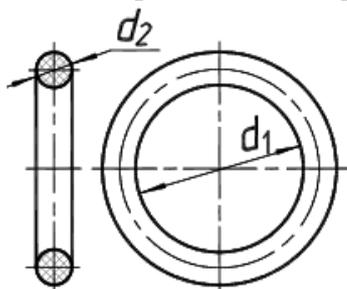
При наличии трещин, раковин и местных коррозионных разрушений глубиной свыше 30 % номинальной толщины деталей корпуса и крышки вентиляей и задвижек бракуют.

Допускается заварка трещин, свищей и раковин у деталей, изготовленных из стали, ковкого чугуна или бронзы. Обработка деталей в этом случае заключается в подготовке трещин под заварку, опиловке после заварки и испытании на герметичность.

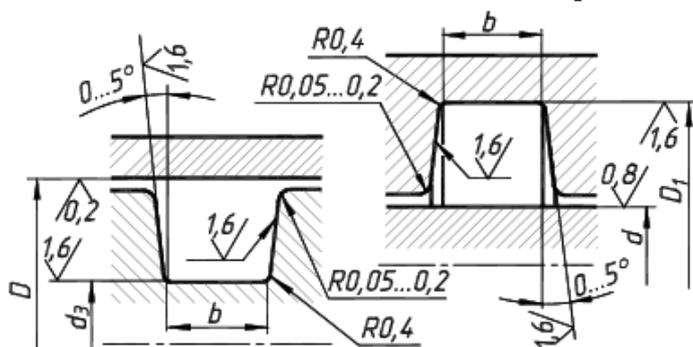
Механические повреждения и коррозионные разрушения фланцев арматуры устраняют протачиванием.

Канавки под уплотнительные резиновые кольца. ГОСТ 9833-73\*

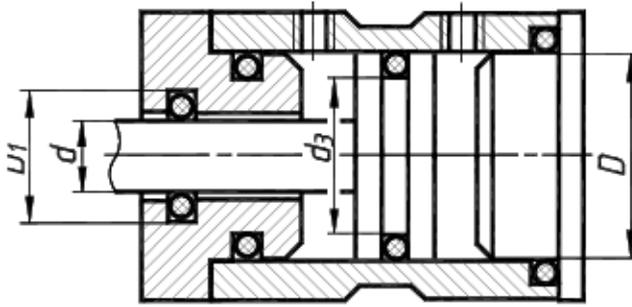
Кольцо резиновое круглого сечения



Канавки и посадочные места для радиальных уплотнений



Пример размещения в конструкции резиновых уплотнительных колец



Контрольные вопросы:

1. Что является дефектом запорной арматуры?
2. С помощью каких инструментов определяют неплотность прилегания уплотнительных поверхностей?
3. С помощью каких инструментов осуществляют притирку ?

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Подобрать канавки и посадочные места для радиальных уплотнений,  
резинное уплотнительное кольцо для заданного диаметра вала (отверстия)
3. Ответить на контрольные вопросы.
4. Выполнить задание.  
Задание подобрать резинное уплотнительное кольцо для заданного диаметра

Таблица 1 – Задания для аудиторной работы

Вариант	Тип соединения	d, мм	D, мм
1	Подвижное	20	25
2	Подвижное	15,5	19,5
3	неподвижное	20	24
4	неподвижное	32	38

## Практическая работа № 17

### Анализ ремонта малых холодильных машин

Цель работы:

ознакомление с устройством домашних холодильников и с методикой расчета рабочих циклов, коэффициентов работы холодильной машины.

Оборудование, приборы, материалы: бытовой холодильник, электросчетчик, датчики температуры.

Ход работы:

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности, рабочей схемой испытания, устройством холодильника, методиками проведения и обработки результатов испытания.

2. Установить переключатель термореле в заданное положение. В моменты включения и выключения компрессора, фиксируемые по сигнальной электрической лампе, произвести измерения температур воздуха внутри шкафа и в непосредственной близости от него, по счетчику определить расход электроэнергии, потребляемой компрессором за время одного цикла. Потребляемую мощность определить в момент включения компрессора и за 10 – 20 с до его выключения. Зафиксировать время включения и выключения компрессора. Данные занести в журнал.

3. Установить термореле в другое положение, повторить наблюдения и произвести записи данных измерения в журнал наблюдений.

4. По окончании испытания определить для каждого режима: среднюю температуру воздуха в шкафу, среднюю условную холодопроизводительность, средний коэффициент рабочего времени, часовой расход электроэнергии, потребляемым компрессором, удельную эффективную холодопроизводительность.

Теоретическая справка

Бытовые холодильники предназначены для кратковременного хранения скоропортящихся пищевых продуктов, пищевых полуфабрикатов и готовых блюд в охлажденном виде, а также замороженных продуктов.

Холодильник представляет собой шкаф, внутри которого находится холодильная камера с полками для пищевых продуктов. В машинном отсеке шкафа расположен холодильный агрегат. Камера ограждена от наружных стенок шкафа слоем теплоизоляции. Спереди камера закрыта дверью. Теплоизоляция, ограждающая со всех сторон холодильную камеру, препятствует проникновению тепла извне.

Неисправности холодильников можно разделить по нескольким признакам:

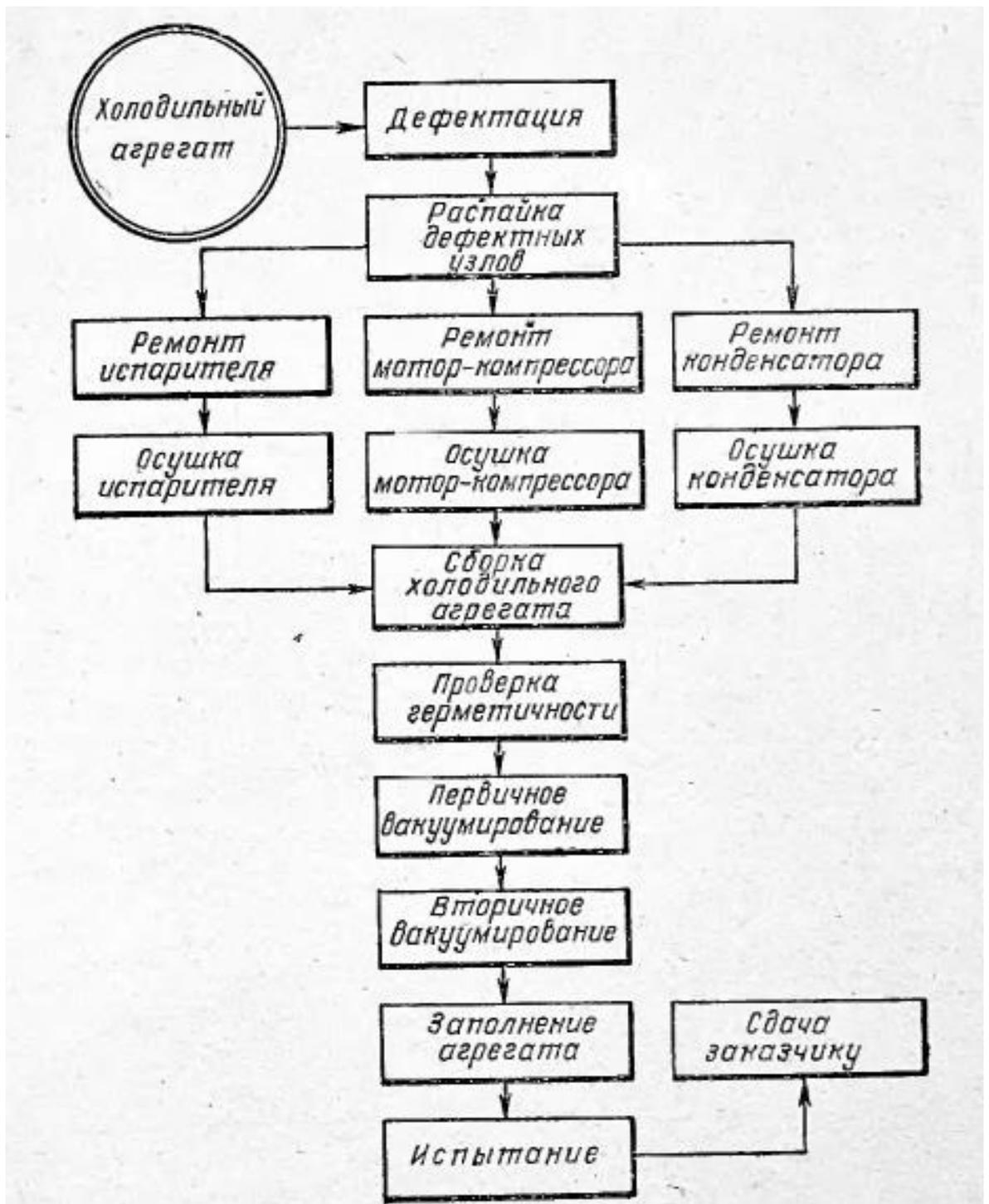
1. По степени влияния неисправностей на работоспособность холодильника: неисправности, ухудшающие внешний вид, неисправности, ухудшающие условия пользования холодильником, но не влияющие на хранение продуктов, неисправности, ухудшающие параметры работы холодильника, неисправности, приводящие к потере работоспособности холодильника,

2. По степени опасности при дальнейшем использовании (неисправности электропроводки)

3. По сложности и трудоемкости восстановительного ремонта:

Ремонт без нарушения герметичности, ремонт, связанный с нарушением герметичности, ремонт с восстановлением работоспособности компрессора.

Технологическая схема (укрупненная) ремонта холодильника



Работу холодильника с периодическими выключениями называют циклической.

Цикл состоит из рабочей части, в течение которой холодильник работает, и нерабочей, в течение которой холодильник находится в выключенном состоянии:

$$T_{\text{ц}} = T_{\text{раб}} + T_{\text{о}},$$

где  $T_{\text{ц}}$  - продолжительность цикла,

$T_{\text{раб}}$  - продолжительность рабочей части цикла

$T_{\text{о}}$  - продолжительность нерабочей части цикла

Количество циклов в час

$$K=60/ T_{ц}$$

Коэффициент рабочего времени

$$b= T_{раб}/ T_{ц}$$

Потребляемая мощность

$$N= 3600*n*1000/T_{ц} *n_0, \text{ где}$$

n- число оборотов диска электросчетчика, полученное при измерении,  
n<sub>0</sub>-число оборотов диска, соответствующее 1 кВт\*ч, указанное на  
шкале электросчетчика,

T-продолжительность времени замеров.

Расход электроэнергии

$$\text{Э}=b*N$$

Содержание отчета:

1. Наименование и цель работы.
2. Описание холодильного устройства.
3. Неисправности холодильного устройства.
4. Решение задачи.

Задача

Расход электроэнергии определяем электросчетчиком типа СО-2 (220В 1 кВт\*ч соответствует n<sub>0</sub> оборотам диска). Средняя продолжительность работы в цикле T<sub>раб</sub>-, продолжительность простоя T<sub>о</sub>.

По полученным данным определить:

- 1.Количество циклов в час
- 2.Коэффициент рабочего времени
- 3.Потребляемая мощность
- 4.Расход электроэнергии

Таблица 1 - Задание для аудиторной работы

Вариант	Счетчик	n <sub>0</sub>	T <sub>раб</sub>	T <sub>о</sub>
1	Счетчик тип СО-2	1250	4мин 29с	11 мин
2		1250	5 мин 37 с	10 мин
3		1500	6 мин 28 с	12 мин
4		1500	6 мин 48с	12 мин

## Практическая работа № 18.

### Заполнение журнала обмеров основных деталей и узлов холодильного компрессора

Цель работы:

Получить навыки в заполнении журнала обмера основных деталей и узлов холодильного компрессора.

Инструмент для замеров: Скоба, микрометр, индикатор часового типа.

### Порядок выполнения работы.

1. Произвести замеры шеек вала в перпендикулярных плоскостях.
2. Замеры занести в журнал.

### Теоретическая справка

Проектно-конструкторскими и научно-исследовательскими организациями была разработана документация по непрерывной системе технического обслуживания и ремонта. Эта документация может быть принята для ориентирования при планировании технического обслуживания и ремонта по конкретному техническому состоянию. Для планирования технического обслуживания и ремонта по конкретному техническому состоянию должна быть следующая документация:

1. Журнал технического состояния или формуляр, в котором должны содержаться обмеры основных деталей с указанием наработки (отработанного времени с начала эксплуатации и их деталей и узлов или последней замены деталей).

2. Предельные (предельно допустимые) величины износов деталей и зазоров в узлах по каждому механизму в виде таблиц с указанием вида износа

3. Нормы средней и предельной скорости изнашивания (с наименьшими скоростями изнашивания).

Журнал ведется на каждый агрегат, систему, комплект аппаратуры (оборудования) (далее агрегат), имеющий формуляр и присвоенный индекс.

Журнал хранится вместе с агрегатом или в месте хранения эксплуатационной документации. В отдельных случаях допускается ведение одного журнала на несколько агрегатов (систем, комплектов аппаратуры). Журнал должен быть пронумерован, прошнурован и зарегистрирован в делопроизводстве

На титульном листе Журнала необходимо указать индекс и заводской номер агрегата (системы), на который заведен Журнал.

После заполнения одного из разделов журнала заводится новый.

Вверху титульного листа нового Журнала делается запись

«Продолжение Журнала инв. № \_\_\_\_».

Внизу титульного листа старого Журнала делается запись:

«Заведено продолжение инв. № \_\_\_\_».

Записи заверяются подписью главного инженера.

Заполненные Журналы хранятся в течение года после заведения нового Журнала вместе с эксплуатационной документацией на агрегат.

Расчеты:

1. Определить износ детали  $U$  и - на момент обмеров путем вычитания из номинального размера замеренного размера - для валов.

2. Определить скорость изнашивания детали  $V_d$  величиной износа за единицу времени, в данном случае за 1000 часов работы (мк/тыс. ч).

$$V_d = \frac{U}{t}, \text{ где:}$$

$V_d$  - скорость изнашивания детали, мк/тыс. ч;

$U$  - износ, мм;

$t$  - время, тыс. ч.

3. Определить ресурс детали  $R$  до ее замены

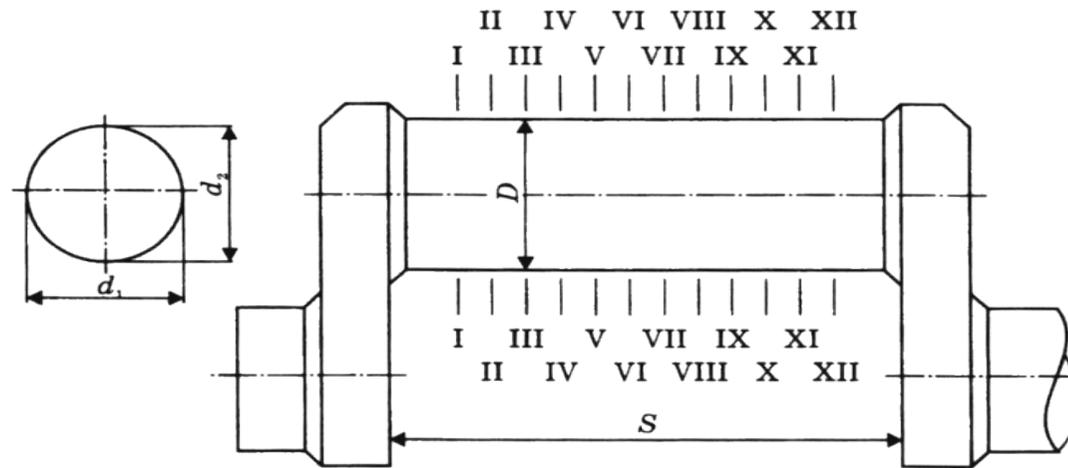
$$R = \frac{U_{пр}}{V_d}, \text{ где:}$$

$R$  - ресурс детали до замены или ремонта, мк/тыс. ч;

$U_{пр}$  - предельная величина износа, мм.

Содержание отчета:

1. Наименование, цель работы.
2. Журнал замеров.
3. Эскиз вала
4. Заполнить таблицу, выполнив все расчеты.



<b>D мм</b>	<b>25<sup>-0,021</sup></b>											
<b>сечение</b>	<b>I-I</b>		<b>III-III</b>		<b>V-V</b>		<b>VII-VII</b>		<b>IX-IX</b>		<b>XI-XI</b>	
<b>Параметр</b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>	<b>d<sub>1</sub></b>	<b>d<sub>2</sub></b>
<b>1 замер мм</b>	24,991	24,988	24,989	24,991	24,993	24,992	24,994	24,988	24,991	24,993	24,995	24,994
<b>2 замер мм</b>	24,98	24,983	24,983	24,982	24,981	24,984	24,983	24,984	24,985	24,984	24,986	24,987
<b>U<sub>пр</sub> - предельная величина износа, мм.</b>	<b>0,12</b>											
<b>t - время, тыс. ч.</b>	<b>3,5</b>											
<b>зазор U мм</b>												
<b>Скорость изнашивания V мк/тыс. ч;</b>												
<b>Ресурс детали до замены R мк/тыс. ч;</b>												

**Ж У Р Н А Л**  
**УЧЕТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА**

ЭКЗ. № \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Заводской номер \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г. \_\_\_\_\_

**Журнал начат**

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 200\_\_ г. \_\_\_\_\_

**Журнал окончен**

Ф.И.О. (подпись)

**Наименование**

---

**Изготовитель**

---

**Заводской номер**

---

**Дата изготовления**

---

**Дата ввода в эксплуатацию**

---

**Гарантийный срок**

---

**В журнале пронумеровано и прошнуровано \_\_\_\_\_ листов.**

**“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 200\_\_ г.**

---

\_\_\_\_\_

**(должность, фамилия, инициалы руководителя организации, выдавшего журнал)**

## Практическая работа №19

### Оформление ведомости дефектов

Цель работы: Приобрести навыки по составлению ведомости дефектов.

#### Теоретическая справка

Ведомость дефектов является исходным документом для определения ремонта и потребности в материалах и запасных частях. Она составляется на основе технических документов предыдущего ремонта, записей в эксплуатационных документах о замеченных отклонениях в работе узлов, а также планов модернизации или реконструкции деталей. На основании ведомости дефектов составляется смета на ремонт. Ведомость дефектов, смета на ремонт уточняются, в процессе ремонта. На основании объема ремонтных работ по ведомости дефектов составляются календарный график ремонта и план организации работ.

Ведомость дефектов также дополняется дефектным актом и утверждается как приложение к нему.

Ведомость дефектов подписывается председателем комиссии, представителями заказчика и иных организаций, утверждается заказчиком.

Что должно быть указано в ведомости?

Строгих требований к оформлению дефектной ведомости нет. Однако есть определенные указания по содержанию документа. В ведомости обязательно должны быть указаны:

1. название документа;
2. дата составления;
3. наименование экспертной организации;
4. наименование оборудования;
5. данные владельца;
6. перечень дефектов, их расположение, детальное описание;
7. рекомендации по исправлению дефекта, ремонту или замене детали

Для проведения среднего ремонта ведомость дефектов составляется при останове оборудования на текущий ремонт не позднее, чем за 10 дней до начала среднего ремонта, для проведения капитального ремонта ведомость дефектов составляется не позднее, чем за 1 месяц это дает возможность определить характер износа деталей оборудования. В ведомости дефектов описывается каждая ремонтная работа, указываются ее объем и потребность в материалах, запчастях. В состав ремонтных работ

должны быть включены все работы по подготовке оборудования к ремонту, его ревизии и испытанию.

Основанием для включения в ведомость дефектов ремонтных работ являются графики планово-предупредительного ремонта на все виды оборудования потребность в проведении ревизии результаты предыдущей ревизии результаты ревизии, проведенной во время работы оборудования замечания обслуживающего персонала по работе оборудования в межремонтный период результаты обследования состояния оборудования.

В последний раздел ведомости дефектов заносятся все работы, которые могут быть выполнены в период подготовки к ремонту (изготовление узлов и деталей оборудования, трубопроводов и металлоконструкций, некоторые строительные работы, изготовление нестандартного оборудования, подготовка подменного фонда арматуры, форсунок и т. д.).

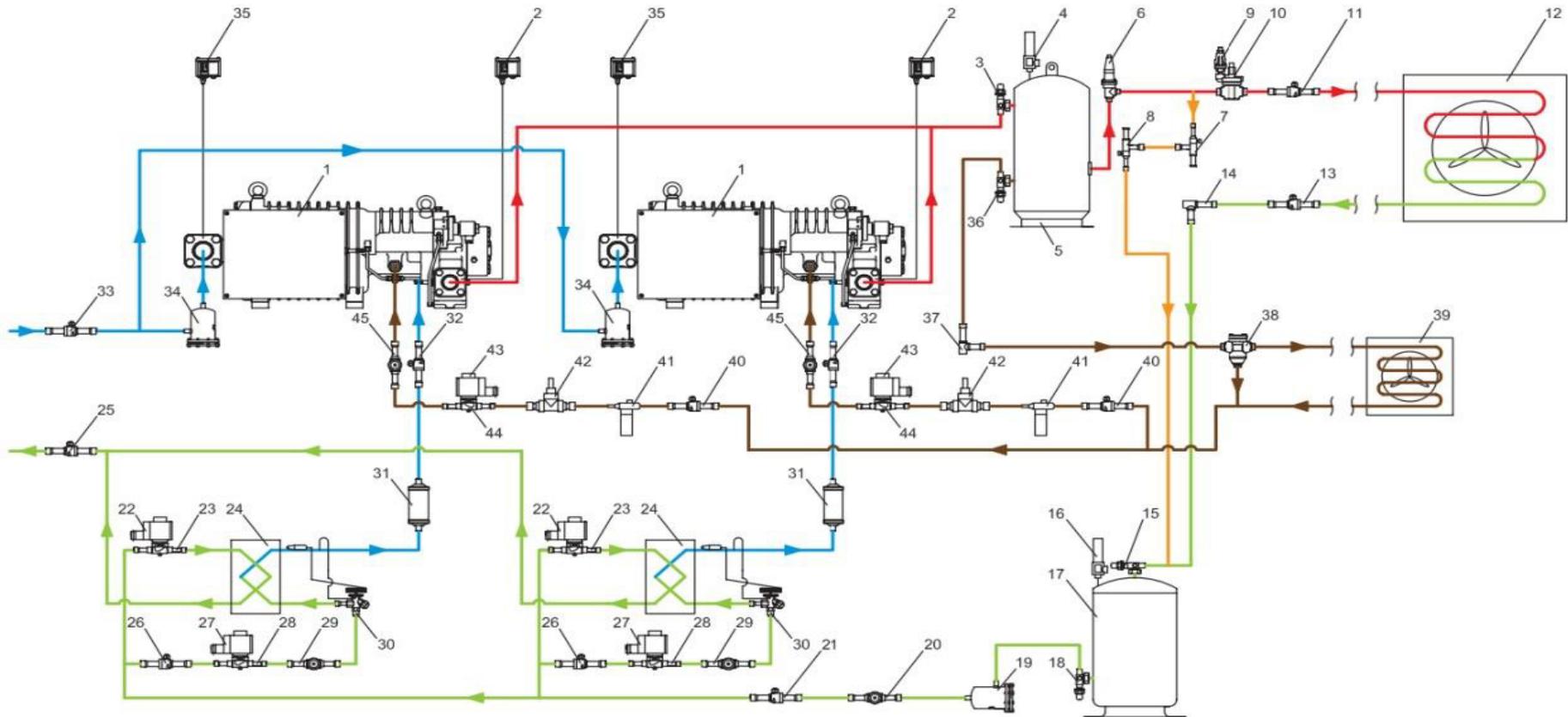
ВД должна содержать перечень дефектов, не только предполагаемых или обнаруженных при осмотре в период подготовки оборудования для сдачи в ремонт, но и уточненных при разборке машины, агрегата, аппарата и их узлов. Для этого при составлении ведомости дефектов предусматривается стадия уточнения. Ведомость ремонтных работ (ведомость дефектов) нельзя считать документом, требующим неукоснительного, пунктуального исполнения. При вскрытии, разборке и тщательном техническом осмотре ремонтируемого оборудования могут быть выявлены новые, не предусмотренные ведомостью дефекты или, наоборот, предполагаемые дефекты могут отсутствовать. Поэтому в ходе ремонта ведомость дополняется новыми пунктами или сокращается. Откорректированная ведомость, отражающая перечень и объем фактически произведенных работ, называется исполнительной и, вместе с предварительной ведомостью, служит отчетным документом при оформлении сдачи объекта после ремонта.

Подготовленное к капитальному ремонту оборудование руководитель ремонтных работ принимает от начальника цеха или от лица, назначенного им, с составлением акта. Капитально отремонтированное оборудование после испытания и обкатки принимается начальником цеха или лицом, назначенным им, с составлением акта не позднее трехдневного срока со дня завершения обкатки. При наличии формуляра на данное оборудование вместо составления акта производится соответствующая запись в формуляре.

Содержание отчета:

1. Наименование, цель работы.
2. Заполнить ведомость дефектов для холодильной установки, согласно схеме принципиальной.

**Многокомпрессорная холодильная машина с компрессорами винтового типа и экономайзерами, с системой зимнего пуска**



**Спецификация**

- |   |   |   |                                     |
|---|---|---|-------------------------------------|
| 1 Компрессор винтового типа                         | 11 Кран шаровой GBC                         | 23 Клапан соленоидный EVR                   | 35 Реле низкого давления KP         |
| 2 Реле высокого давления KP                         | 12 Конденсатор воздушного охлаждения        | 24 Экономайзер тип В (Danfoss)              | 36 Клапан запорный Rotolock         |
| 3 Клапан запорный Rotolock                          | 13 Кран шаровой GBC                         | 25 Кран шаровой GBC                         | 37 Клапан обратный NRV              |
| 4 Клапан предохранительный SFV                      | 14 Клапан обратный NRV                      | 26 Кран шаровой GBC                         | 38 Регулятор температуры масла ORV  |
| 5 Маслоотделитель                                   | 15 Клапан запорный Rotolock                 | 27 Катушка для клапана соленоидного Danfoss | 39 Маслоохладитель                  |
| 6 Клапан обратный запорный SCA                      | 16 Клапан предохранительный SFV             | 28 Клапан соленоидный EVR                   | 40 Кран шаровой GBC                 |
| 7 Регулятор давления конденсации KVR                | 17 Ресивер линейный                         | 29 Стекло смотровое SG                      | 41 Фильтр очистки масла             |
| 8 Регулятор давления в ресивере KVD                 | 18 Клапан запорный Rotolock                 | 30 Клапан терморегулирующий TE              | 42 Реле протока масла               |
| 9 Клапан пилотный CVP                               | 19 Фильтр-осушитель DCR                     | 31 Фильтр-осушитель DAS/DCR                 | 43 Катушка для клапана соленоидного |
| 10 Клапан сервоприводной с пилотным управлением ICS | 20 Стекло смотровое SG                      | 32 Кран шаровой GBC                         | 44 Клапан соленоидный               |
|   | 21 Кран шаровой GBC                         | 33 Кран шаровой GBC                         | 45 Стекло смотровое                 |
|   | 22 Катушка для клапана соленоидного Danfoss | 34 Фильтр-осушитель DCR                     |                                     |

## Карта дефектации и ремонта

Обозначение и наименование изделия,  
составной части

№ позиции

№ эскиза

№ карты

Количество на изделие, шт. \_\_\_\_\_

Обозначение	Возможный дефект	Метод установления дефекта	Средство измерения	Заключение и рекомендуемые методы ремонта	Требования после ремонта

## Практическая работа №20 Оформление заявки на запасные части

Цель работы:

получить навыки в оформлении заявки на запасные части.

Теоретическая справка.

Качественный и своевременный ремонт в сжатые сроки возможен только при наличии достаточного количества запасных частей и ремонтных материалов. На цеховом складе должно иметься достаточное количество запасных частей для быстрой замены износившихся частей аппаратуры и запас ходовых ремонтных материалов.

Потребность предприятий в запасных частях и оборудовании обеспечивается за счет: приобретения их у заводов-изготовителей, специализированных машиностроительных предприятий, а также через торговые организации (основной источник), восстановления бывших в употреблении агрегатов и узлов на специализированных ремонтно-механических фирмах или в ремонтно-механических мастерских предприятия (дополнительный источник).

При заказе запасных частей на машиностроительных заводах следует руководствоваться номенклатурой и нормами расхода запасных частей для ремонта соответствующих видов оборудования. Для заказа запасных частей, не предусмотренных в этих документах, номенклатура и нормы расхода разрабатываются предприятием – владельцем оборудования. При составлении заявок на запасные части учитывать следующее: что в среднем, только 10-20% комплектующих самой фирмой-поставщиком комплектной машины. Остальные 80-90% деталей эта фирма доукомплектовывает у других фирм, которые специализируются на изготовлении отдельных узлов и деталей, таких как, например, электродвигатели, переключатели, реле, датчики, приводные ремни, уплотнения, гидравлические и пневматические элементы, электронные компоненты и другие детали.

Новые запасные части следует проверить на полное их соответствие ранее установленным, чтобы при замене не требовалась их подгонка или доводка. При определении объема и номенклатуры запасных частей необходимо обратить внимание на детали, которые установлены на механизмы с отклонением от номинальных размеров, т. е. которые нельзя

заменить нормальными типовыми запасными частями. На все детали, предназначенные для установки должна быть сопроводительная документация (паспорт, формуляр, чертежи и т. п.), подтверждающая прохождение испытаний, соответствие свойств металла и т. д. Сами детали должны иметь маркировку и клеймение и надлежащим образом быть упакованы и законсервированы.

Суммарная потребность в запасных частях на единицу оборудования складывается из следующих величин: потребность в запасных частях для замены деталей, выработавших свой ресурс, - потребность в запасных частях для замены еще не отказавших, но имеющих дефекты деталей, выявленных при проведении профилактических осмотров, потребность в запасных частях для устранения случайных отказов деталей.

Для составления заявок на запасные части, технического обслуживания и ремонта холодильных установок имеется «Каталог деталей и сборочных единиц». В заказе на запасную часть следует указывать: код и наименование детали, обозначение каталога. При составлении заявок на запасные части исходят из установившихся расходов. Нормы расхода запасных частей и вспомогательных материалов для аммиачных и фреоновых холодильных компрессоров приведены в таблице 111-12. Нормы расхода запасных частей разработаны на основе ремонтных комплектов запасных частей. Сводные среднегодовые нормы расхода запасных частей к холодильным компрессорам приведены в таблице 111-13.

Запасные части располагают в порядке, аналогичном записи в спецификации изделия. Номенклатуру запасных частей записывают только один раз

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Заполнить заявку на запасные части.

Таблица III-12

Нормы расхода запасных частей и вспомогательных материалов по видам ремонтов

Компрессор	Ремонтные затраты, руб.						
	запасные части			вспомогательные материалы			
	виды ремонта						
	м	д	к	о	м	с	к
<b>Фреоновые компрессоры</b>							
ФВ6	1,5	6,9	—	2,0	5,8	9,0	—
ФУ12	3,06	14,2	—	3,3	9,5	15,0	—
ФУУ25	6,16	48,5	—	4,2	12,5	19,0	—
ФВБС4, ФВБС5	1,75	5,7	—	2,0	5,8	9,0	—
ФУБС9, ФУБС12	2,85	11,85	—	3,3	9,5	15,0	—
ФУУБС18, ФУУБС25	6,9	45,35	—	4,2	12,5	19,0	—
2ФВБС4, 2ФВБС5	2,65	5,37	—	2,0	5,8	9,0	—
2ФУБС9, 2ФУБС12	4,12	9,75	—	3,3	9,5	15,0	—
2ФУУБС18, 2ФУУБС25	6,1	42,5	—	4,2	12,5	19,0	—
ФВ20	9,66	26,2	125,5	13,2	19,8	23,4	28,0
ФУ40	16,98	47,6	198,5	18,0	27,0	33,0	38,0
ФУУ80	23,3	73,3	330,5	26,5	37,2	45,0	52,0
ФУБС40	18,09	30,0	186,7	18,0	27,0	33,0	38,0
ФВ12	4,2	28,1	84,8	17,0	24,0	38,0	43,0
ФУ175	36,8	142,1	553,3	33,0	44,0	64,0	105,0
ФУУ350	64,9	251,2	857,0	50,0	66,0	97,0	136,0
<b>Аммиачные бескрейковные компрессоры</b>							
АВ22	10,46	29,1	97,8	10,0	14,1	15,8	21,1
АУ45	10,67	44,3	139,5	16,3	22,7	23,6	31,2
АУУ90	11,29	72,7	243,6	23,7	32,1	32,9	42,1
АВ100	25,7	91,1	293,9	16,7	23,6	31,6	36,5
АУ200	40,29	153,8	522,7	27,9	39,7	46,0	57,4
АУУ400	71,3	288,2	1008,2	49,1	67,8	87,9	93,8
ДАУ50	39,96	177,5	541,8	28,0	38,8	47,3	59,8
ДАУУ100	70,95	319,1	1018,0	49,3	68,4	89,3	97,2
ДАУ80	73,3	321,5	946,3	31,2	43,6	56,8	66,4
АУ300	72,9	281,3	921,37	31,0	43,0	55,4	59,0
<b>Опозитные компрессоры</b>							
АО600	198,5	546,5	1396,0	33,1	77,8	78,9	122,8
АО600П	167,8	713,9	1525,0	33,1	77,8	78,9	122,8
АО1200	397,1	1040,0	2670,0	57,6	129,6	140,7	183,1
АО1200П	335,6	1317,0	2938,0	57,6	129,6	140,7	183,1
ДАОН175	207,0	602,2	1636,0	42,2	86,2	106,5	136,8
ДАОН175П	175,6	767,4	1850,0	42,2	86,2	106,5	136,8
ДАОН350	413,9	1151,0	3133,0	74,2	148,9	169,5	192,6
ДАОН350П	351,3	1424,0	3589,0	74,2	148,8	169,5	192,6
ДАО275	205,8	601,1	1610,0	42,1	86,2	106,4	136,8
ДАО275П	174,4	765,6	1838,0	42,1	86,2	106,4	136,8
ДАО550	411,5	1440,0	3080,0	74,0	149,0	170,0	193,0
ДАО550П	348,9	1421,0	3465,0	74,0	148,9	169,5	192,6

Сводные годовые нормы расхода запасных частей к компрессорам

Компрессор	Годовая норма расхода запасных частей на компрессор, руб			
	общая норма	структура общей нормы		
		норма, производимая на завод-изготовитель компрессора	норма на детали, изготовляемые по кооперации заводами Министерства СССР	норма на детали (покупные), изготовляемые заводами других министерств
AB100	59,65	47,4	12,25	—
AZ200	100,8	76,3	24,5	—
ДАУ50	95,7	71,4	24,3	—
ФУ175	109,6	72,1	37,5	—
БАУ200	109,6	72,1	37,5	—
AУУ400	169,0	120,0	49,0	—
ФУУ350	200,9	126,0	74,9	—
ДАУУ100	173,6	125,0	48,6	—
AУ300	160,2	114,3	45,9	—
ДАУ80	166,4	120,6	45,9	—
АО600	471,7	181,0	290,7	—
АО1200	904,4	323,0	581,4	—
ДАО650	1059,5	374,0	684,8	—
ДАОН175	540,4	202,0	338,4	—
ДАОН350	1059,8	385,0	674,8	—
ДАО275	534,4	197,0	337,4	—
ФВ1,5	5,3	5,3	—	—
2ФВ6,5	7,8	4,1	1,35	2,35
AB22	23,13	16,4	3,6	3,13
AУ45	39,2	25,0	7,2	7,0
AУУ90	59,5	32,3	14,4	12,8
AB15	16,04	16,04	—	—
AУ30	23,06	23,06	—	—
ФВ20	36,27	31,3	3,82	1,15
ФУБС15	20,0	20,0	—	—
ФУБС40	53,94	44,0	7,64	2,3
ФВ12	35,0	35,0	—	—
АО600П	499,7	473,0	26,7	—
АО1200П	865,4	812,0	53,4	—
ДАО650П	1248,8	1142,0	106,8	—
ДАОН175П	642,4	589,0	53,4	—
ДАО275П	641,4	588,0	53,4	—
ДАОН350П	1252,8	1146,0	106,8	—
ФУ40	50,83	40,8	7,65	2,38
ФУУ80	83,6	63,0	15,3	4,76
ФВ6	6,3/3,7*	2,6/1,2*	1,35/1,0*	2,35/1,5*
ФУ12	14,1/8,6*	7,0/3,6*	2,7/2,0*	4,4/3,0*
ФУУ25	19,14	14,0	4,0	1,14
2ФВБС4	6,0	3,5	1,0	1,5
2ФВБС6	6,0	3,5	1,0	1,5
2ФУБС9	11,8	6,8	2,0	3,0

\* В числителе дроби приведены нормы для компрессоров, применяемых в системе торговли и общественного питания.



## Практическая работа №21 Оформление заявки на материалы

Цель работы:

Приобрести навыки в оформлении заявки на материалы.

### Теоретическая справка

Для того чтобы обеспечить предприятие (объединение) необходимыми ему материалами в соответствии с выявленной потребностью, организуется материально-техническое снабжение предприятия. Его задача заключается в определении потребности предприятия в материалах и технических ресурсах, изыскании возможностей покрытия этой потребности, организации хранения материалов и выдачи их в цехи, а также в проведении контроля за правильным использованием материально-технических ресурсов и содействия в их экономии.

Решая эту задачу, работники органов снабжения должны изучать и учитывать спрос и предложение на все потребляемые предприятием материальные ресурсы, уровень и изменение цен на них и на услуги посреднических организаций, выбирать наиболее экономичную форму товародвижения, оптимизировать запасы, снижать транспортно-заготовительные и складские расходы. Подразделения и ремонтные мастерские к 15 декабря года, предшествующего планируемому, в соответствии с нормами расхода материалов и предполагаемых изменений в планах ремонта на планируемый год, определяют годовую потребность в материалах, составляют заявки на их приобретение и направляют их в отдел материально-технического снабжения (МТС) предприятия. При этом следует учитывать возможность повторного использования старых материалов, переходящих запасов, отходов производства и т. п.

Согласно ГОСТ 2.610-2006 «Нормы расхода вспомогательных материалов» установлены в соответствии с пооперационными пронормированными технологическими процессами ремонта холодильных компрессоров.

Норма расхода основных материалов может устанавливаться в различных видах. Наиболее распространенными являются нормы, определяющие удельную величину расхода материалов на единицу конкретного вида продукции, например расход стали определенной марки и профиля в весовых единицах, затрачиваемой на производство конкретной машины. Расход на единицу продукции зависит от качества сырья и

материалов, замены одного вида материала другим, изменения рецептуры сырья, техники, технологии и организации производства, квалификации работников, отходов сырья и др. Суммируя чистые веса по всем деталям, входящим в данное изделие и изготавливаемым из того же сорта метра материалов (с учетом полного числа деталей каждого наименования, комплектующих готовое изделие), получаем сводную норму расхода данного материала на изделие по чистому весу, или, как принято ее называть, норму - нетто.

В самом общем виде состав нормы расхода основных материалов может быть выражен следующей формулой:

$$N_{ж} = П_{ж} + O_{т} - O_{т.м} + O_{о} - O_{ох},$$

где

$N_{ж}$  — норма расхода материала на единицу продукции;

$П_{ж}$  — полезное содержание материала в готовой продукции;

$O_{т}$  — отходы технологические;

$O_{ти}$  — используемая часть технологических отходов;

$O_{о}$  — отходы и потери организационно-технического характера;

$O_{оп}$  — используемая часть организационно-технических отходов и потерь.

Методика нормирования вспомогательных материалов устанавливается в зависимости от их назначения. Потребность в основных, вспомогательных материалах определяется на основе норм их расхода. Потребность в основных материалах определяется на основании производственной программы предприятия или цеха, норм расхода материалов и планируемого изменения запасов.

В условиях рынка у предприятий возникает право выбора поставщика, а значит, и право закупки более эффективных материальных ресурсов. Это заставляет снабженческий персонал предприятия внимательно изучать качественные характеристики продукции, изготавливаемой различными поставщиками. Поставляется продукция по договорам, которые служат документом, определяющим права и обязанности сторон.

В договорах указываются наименование продукции, количество, ассортимент, комплектность, качество и сортность продукции с указанием стандартов и технических условий, требования к упаковке и таре, сроки поставки продукции, общий срок действия договора, цена на поставляемую продукцию и общая ее стоимость, условия оплаты, предусматривается ответственность сторон за соблюдение условий договоров.

Учитывая целесообразность обособленного хранения, все потребные для работы материальные ресурсы разбивают на следующие группы: сырье и основные материалы; вспомогательные материалы; топливо (твердое, жидкое, газообразное); запасные детали машин, малоценный инвентарь и инструменты; тара и упаковочные материалы; смазочные материалы; конторские и хозяйственные материалы; спецодежда; ремонтно-строительные материалы.

Материалы в заявку на материалы (ЗМ) включают в последовательности, как они записаны в спецификацию изделия. Допускается в заявку на материалы записывать наряду с материалами также крепежные изделия, например шпильки, шурупы, гвозди, заклепки и т.п.

Сведения в ЗМ рекомендуется излагать в виде таблицы.

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Заполнить заявку на материалы.

В отдел снабжения \_\_\_\_\_ -

От мастера \_\_\_\_\_

Организации \_\_\_\_\_

### Заявка

На материалы по объекту \_\_\_\_\_

Участок мастера \_\_\_\_\_

Организация \_\_\_\_\_

№№	Наименование материала	Ед. изм.	Кол-во	Кол-во факт	Примечание
1	Металл				
2	Труба				
3	Запорная арматура				
4	Изоляция				
5	Оборудование				
6	Разное				

Дата \_\_\_\_\_

Подпись \_\_\_\_\_

## Практическая работа №22

### Оформление приемо-сдаточных актов

Цель работы:

Получить навыки в оформлении приемо-сдаточных актов.

#### Теоретическая часть

Ремонт оборудования производят в соответствии с техническими условиями. Контроль качества осуществляют в процессе ремонта, во время сборки и по окончании ремонта. Представитель ОТК проверяет комплектность собранной машины и качество выполнения слесарно-сборочных работ. Вся документация, по которой производится ремонт оборудования, испытания после ремонта, сдача его в эксплуатацию после проведенных испытаний регламентируется ГОСТами.

Ремонтные документы (РД) на ремонт (капитальный, средний) предназначены для подготовки ремонтного производства, ремонта и контроля отремонтированных изделий и их составных частей. РД разрабатывают на изделия, для которых предусматривают с помощью ремонта технически возможное и экономически целесообразное восстановление параметров и характеристик (свойств), изменяющихся при эксплуатации и определяющих возможность использования изделия по прямому назначению.

В зависимости от характеристик ремонтируемых изделий и специфики ремонта РД разрабатывают на ремонт:

- изделий или составных частей одного изделия одного конкретного наименования (одной марки, типа);
- изделий нескольких наименований, когда требования к их ремонту идентичны;
- изделий, ремонтируемых на специализированных предприятиях;
- изделий, ремонтируемых на месте эксплуатации, включая все составные части;
- изделий, ремонтируемых на месте эксплуатации, а отдельных их составных частей на специализированных предприятиях.

Сведения об изделии, помещаемые в РД, должны быть минимальными по объему, но достаточными для обеспечения правильного выполнения ремонта. При необходимости в РД приведены указания о требуемом уровне подготовки обслуживающего персонала. Сведения об изделии после

ремонта (приемка, ресурс, срок службы, упаковка, гарантии и другие необходимые сведения) приводят в формуляре (паспорте, этикетке) на изделие в соответствии с требованиями ГОСТ 2.601.

Цех-изготовитель совместно с разработчиком проводит предварительные испытания отремонтированного изделия до его предъявления приемочной совместной комиссии (изготовителя, разработчика и заказчика). На каждый вид проверок в соответствии с методикой составляется акт. По результатам предварительных приемосдаточных испытаний составляется ведомость доработок узлов, агрегатов и деталей с указанием причин, их вызвавших, и рекомендуемых технических решений по осуществлению доработок.

Приемо-сдаточный акт составляется после окончательной приемки оборудования. Отметка о фактическом выполнении ремонтов производится после их окончания специально назначенным ответственным лицом в отделе главного механика, в производственных цехах – мастером цеха.

Приемо-сдаточный акт вместе с технической документацией передается в бухгалтерию, которая после записи в инвентарной карточке направляет техническую документацию соответствующему отделу предприятия. Приемо-сдаточный акт утверждается руководителем предприятия.

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Заполнить акты.

Приемо-сдаточный акт

г. \_\_\_\_\_ " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.

Во исполнение договора подряда (трудового соглашения), заключенного  
" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г.,

Подрядчик сдает, а Заказчик в лице \_\_\_\_\_ (должность, Ф.И.О.) принимает  
следующие работы (услуги, продукцию):

1. Качество работы (продукции, услуг) проверено полномочным  
представителем Заказчика в присутствии Подрядчика и соответствует  
требованиям

(договора, технических условий, стандарта и пр.)

2. Согласно представленным

(наименование финансовых документов, их реквизиты) расходы Подрядчика  
на \_\_\_\_\_ составляют  
\_\_\_\_\_ рублей, которые Заказчик обязуется оплатить.

3. Выполненные Подрядчиком работы оформлены надлежащим образом и  
приняты полностью (комплектно).

4. За выполненную работу Заказчик устанавливает надбавку (скидку) в  
размере \_\_\_\_\_ руб. за \_\_\_\_\_  
по сравнению с суммой, установленной в договоре подряда.

5. Заказчик оплачивает выполненные Подрядчиком работы с учетом  
надбавки (скидки) в размере \_\_\_\_\_ руб.  
\_\_\_\_\_ (сумма прописью).

Сдал:

\_\_\_\_\_   
подпись Подрядчика

Принял:

\_\_\_\_\_   
подпись представителя Заказчика

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель предприятия Заказчика  
\_\_\_\_\_   
подпись

АКТ

на сдачу в капитальный ремонт \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ Г.

Настоящий акт составлен представителем \_\_\_\_\_  
наименование ремонтного предприятия,

\_\_\_\_\_ подразделения (исполнителя), должность и фамилия  
с одной стороны и представителем \_\_\_\_\_  
наименование предприятия,

\_\_\_\_\_ организации (заказчика), должность и фамилия  
с другой стороны в том, что произведена сдача в капитальный ремонт \_\_\_\_\_

наименование оборудования, инвентарный номер (номер по схеме)

паспорт № \_\_\_\_\_ формуляр № \_\_\_\_\_  
(при наличии паспорта) (при наличии формуляра)

наработка с начала эксплуатации или от последнего капитального ремонта \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ ; техническое состояние, комплектность и принятые меры по технике безопасности данного оборудования соответствуют \_\_\_\_\_

наименование и (или) номер нормативно-технической документации

Заключение: \_\_\_\_\_  
наименование оборудования и состав комплектности

в капитальный ремонт принято \_\_\_\_\_  
дата приемки

не принято \_\_\_\_\_  
указать отклонения от нормативно-технической документации

и (или) другие причины отказа от приемки в ремонт

Представитель ремонтного предприятия (подразделения) \_\_\_\_\_  
подпись

М. П.  
ремонтного предприятия

АКТ №

на выдачу из капитального ремонта \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ Г.

Настоящий акт составлен представителем заказчика \_\_\_\_\_  
наименование

предприятия, организации (заказчика), должность и фамилия

с одной стороны и представителем \_\_\_\_\_  
наименование ремонтного

предприятия, подразделения (исполнителя), должность и фамилия

с другой, в том, что произведена выдача из капитального ремонта \_\_\_\_\_  
наименование

оборудования, инвентарный номер (номер по схеме)

паспорт № \_\_\_\_\_, формуляр № \_\_\_\_\_  
(при наличии паспорта) (при наличии формуляра)

Техническое состояние и комплектность данного оборудования соответствует

наименование и номер нормативно-технической документации, инструкции

Ремонтное предприятие (подразделение) гарантирует исправную работу обо-  
рудование в течение \_\_\_\_\_  
гарантийная наработка или гарантийный срок

Заключение: \_\_\_\_\_  
наименование оборудования

по окончании ремонта прошло испытание, признано годным к эксплуатации

и выдано из капитального ремонта «\_\_» \_\_\_\_\_ Г.

Принял представитель заказчика \_\_\_\_\_  
подпись

Сдал представитель ремонтного предприятия (подразделения) \_\_\_\_\_  
подпись

М. П.  
ремонтного предприятия

УТВЕРЖДАЮ  
Заместитель генерального директора –  
главный инженер

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

АКТ

на изменение  
установление календарного срока

\_\_\_\_\_ ремонта  
(вид ремонта)

от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Наименование технологического (энергетического) подразделения \_\_\_\_\_

Наименование оборудования \_\_\_\_\_

Инвентарный № (номер по схеме) \_\_\_\_\_

Срок ремонта, намеченный графиком\*

Фактически отработано часов от последнего ремонта \_\_\_\_\_ часов

при норме \_\_\_\_\_ часов.

Причины отклонения от графика \_\_\_\_\_

Техническое состояние оборудования и заключение о возможности переноса  
срока ремонта \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Установленный срок ремонта \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Руководитель технологического  
(энергетического) цеха \_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(расшифровка подписи)

Механик (мастер) цеха \_\_\_\_\_

(подпись)

\_\_\_\_\_

(расшифровка подписи)

Виза:

Главный механик (Главный энергетик)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

\_\_\_\_\_

## Практическая работа №23.

### Проверка качества проведенного ремонта

Цель работы:

получить навыки определения качества проведенного ремонта.

### Теоретическая справка

Повышение качества ремонта является важнейшей задачей и одним из основных показателей работы ремонтного предприятия. Высокое качество ремонта обеспечивает удлинение срока службы деталей и механизмов, безаварийность работы, способствует сокращению сроков ремонта и увеличению периода эксплуатации холодильных установок. Качество ремонта обеспечивается соблюдением технологической дисциплины, правильной разработкой технологии ремонта, повышением квалификации рабочих и ИТР, сохранностью заводского ремонтного оборудования, хорошей постановкой контрольно-измерительного хозяйства, правильным выбором методов контроля качества изделий и другими условиями.

Основными видами контроля являются:

производственный - являющийся одним из основных факторов обеспечения установленного уровня качества технических средств;

инспекторский - являющийся источником информации о качестве труда контролеров и контрольных мастеров ОТК, нормоконтролеров КТОС и т. д.

проектирования - осуществляемый в процессе разработки конструкторской и технологической документации на ремонт элементов холодильной установки, позволяющий определить установленной этой документацией технический уровень процесса ремонта;

входной - позволяющий предотвратить передачу в производство сырья, материалов, комплектующих изделий и оснастки, не соответствующих установленным требованиям;

операционный - определяющий в процессе проведения технологической операции или после нее соответствие ремонтируемого изделия или процесса его ремонта установленным требованиям; операционный контроль ремонта холодильного агрегата начинается от определения дефектов в составных частях и продолжается в течение всего ремонта - на стадиях мойки и сушки составных частей, подготовки их к сборке, пайки стыков, проверки герметичности и т.д.

приемочный – служащий завершающим этапом в технологии контрольных операций на каждом участке ремонтного производства и обеспечивающий достижение главной цели технического контроля;

контроль технологического процесса - позволяющий предотвратить появление случаев брака вследствие его нарушения;

профилактический – предназначенный для оценки технического состояния технологического оборудования и оснастки;

Контроль качества работ по изготовлению, сборке, монтажу, наладке и испытаниям арматуры, труб, трубопроводов включает в себя:

1. Подготовка к работе необходимых измерительных инструментов и приборов, содержание их в надлежащем порядке и готовности

2. Контроль качества расконсервации, хранения и запуска в производство оборудования, арматуры, труб

3. Контроль и проверка качества ремонта, сборки, монтажа вспомогательных механизмов, теплообменных аппаратов, отдельных узлов, арматуры и трубопроводов бытовых и хозяйственных систем

4. Проверка качества обработки опорных поверхностей

5. Контроль качества изготовления, обработки, сборки, ремонта, монтажа, испытаний арматуры, трубопроводов и систем давлением

6. Контроль качества расконсервации, консервации вспомогательных механизмов, чистоты внутренних поверхностей узлов, трубопроводов и оборудования с помощью прокачки на специальных стендах

7. Проверка качества проведения ревизии вспомогательных механизмов, устройств с оформлением установленной документации исследование дефектов, выявленных в процессе испытаний, и разработка мероприятий по их устранению

8. Контроль изготовления, сборки, монтажа и ремонта сложных труб и систем: вентиляции, кондиционирования, комплексной обработки воздуха

9. Контроль качества проведения предмонтажных проверок оборудования и сборок энергетических установок на стендах с проверкой чистоты внутренних полостей, контрольной сборки и упаковки

10. Контроль изготовления, монтажа и ремонта труб особо сложной конфигурации с погибами в трех и более плоскостях для систем вентиляции и кондиционирования воздуха

11. Оформление паспортов, формуляров, приемных актов, протоколов испытаний по результатам качества монтажа, сборки, ремонта, ходовых, швартовных, комплексных испытаний и ревизии механизмов, оборудования и систем.

Наиболее распространенными средствами измерений СИ линейно-угловых величин являются такие традиционные измерительные инструменты: линейки, щупы, штангенциркули, микрометры, индикаторы, угломеры, нутромеры, штихмассы. Эти инструменты позволяют использовать для контроля прямые измерения, относящиеся к группе методов неразрушающего контроля.

Широкое применение нашли оптические, акустические и другие СИ, позволяющие применить оптические, акустические, радиационные и другие неразрушающие методы линейно-угловых величин.

Сварные соединения контролируются с применением СИ (контроль геометрических параметров швов), с помощью других средств и методов неразрушающего контроля (мело-керасиновая проба, гамма – графирование), а также с помощью гидравлических и пневматических испытаний.

#### Контрольные вопросы:

1. Какие виды контроля Вы знаете?
2. Какие виды работ включает в себя контроль качества ?

#### Задание 1:

С помощью микрометрической скобы (с ценой деления 0,01мм) было произведено измерение диаметра шеек вала в 3-х поясах, один из которых находится посередине шейки, а два других – по ее краям на расстоянии 5-10мм от галтели.

1. Результаты занесены в таблицу, на основании данных измерений диаметра шейки установить характер износа (эллипсность, конусность, бочкообразность).

2. Определить допустимое искажение геометрической формы шейки коленчатого вала по формуле

$$U_{\max} = \frac{0.5 * e * s_{\text{нач}}}{1 - e}$$

где  $e$  – коэффициент, показывающий во сколько раз вращающаяся деталь (вал) изнашивается быстрее неподвижной (подшипника).

Для бронзовых вкладышей  $e=0,5$ , для баббитовых вкладышей  $e=0,3$   
 $S_{нач}$ - начальный зазор в подшипнике в мм принимается по данным завода-изготовителя.

Результаты занести в таблицу 1.

Таблица 1 Задания для аудиторной работы

Вариант	$D_{1,мм}$	$D_{2,мм}$	$D_{3,мм}$	$e$	$S_{нач}$	$U_{max}$	Износ
1	13,97	13,98	13,96	Для бронзовых вкладышей	0,03		
	13,96	13,99	13,97				
2	11,98	11,99	12	для баббитовых вкладышей	0,02		
	11,97	11,98	11,99				
3	17,98	17,98	17,99	Для бронзовых вкладышей	0,04		
	17,95	17,96	17,96				
4	15,98	15,99	16	для баббитовых вкладышей	0,05		
	15,97	15,98	15,99				

### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Выполнить задание 1.
3. Ответить на контрольные вопросы.

## ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

По МДК 02.02 Управление испытанием холодильного оборудования (по отраслям ) и контроль за ним

№ п/п	Наименование разделов (тем)	Темы практических работ	Количество часов
1	Технология проведения испытаний холодильно-компрессорных машин и установок	1. Анализ испытаний на вакуум (вакуумирование холодильного контура)	4
		2. Анализ оценки заправки маслом компрессора	4
		3. Анализ оценки заполнения системы хладагентом	4
		4. Анализ оценки заполнения системы хладоносителем.	2
2	Пуск и остановка холодильных установок в процессе испытаний	5. Анализ пуска и остановки одноступенчатой холодильной установки	4
		6. Анализ пуска и остановки двухступенчатой холодильной установки	4
3	Комплексные испытания и сдача в эксплуатацию холодильных установок.	7. Анализ мероприятий по испытанию компрессора на плотность	4
		8. Анализ мероприятий по испытанию компрессора на прочность	4
		9. Анализ мероприятий по испытанию аммиачных трубопроводов на прочность	4
		10. Анализ мероприятий по испытанию хладоновых трубопроводов на прочность	4
		11. Анализ мероприятий по испытанию аммиачных трубопроводов на плотность	4
		12. Анализ мероприятий по испытанию хладоновых трубопроводов на плотность	4
		13. Анализ мероприятий по гидравлическим испытаниям рассольных трубопроводов	4
		14. Анализ мероприятий по гидравлическим испытаниям водяных трубопроводов	4
4.	Отклонения от оптимального режима работы холодильной установки, их выявление и устранение.	15. Анализ регулирования холодильной установки и выхода на оптимальный режим работы	2
5	Выявление неисправностей компрессоров по индикаторным диаграммам.	16. Анализ неисправностей компрессора, выявленных по индикаторным диаграммам	2
6	Особенности испытаний малых хладоновых холодильных машин и бытовых холодильников.	17. Анализ испытаний бытовых холодильников.	2

## Практическая работа № 1

### Анализ испытаний на вакуум (вакуумирование холодильного контура)

#### Цель работы:

1. На основании полученных результатов по испытанию провести анализ мероприятий по испытанию.
2. Получить навыки в заполнении актов испытания.

Приборы и инструменты: манометрический коллектор; комплект гибких шлангов; вакуумный насос; вакуумметр.

#### Теоретическая справка

Вакуумирование холодильного контура проводится для удаления воздуха из агрегатов и трубопроводов и осушения холодильного контура после завершения ремонтных работ, а также после проведения испытаний на прочность и/или плотность.

Вакуумирование проводится до восстановления теплоизоляции, нарушенной при проведении ремонтных работ.

Использовать для вакуумирования компрессор холодильной установки категорически запрещено. Подавать напряжение на компрессор и проверять целостность его цепей в процессе выполнения работ по вакуумированию запрещено.

Исходное состояние холодильной установки перед вакуумированием зависит от вида выполненного ремонта и характеризуется изолированностью участка холодильного контура, на котором выполнялись ремонтные работы, от остальной схемы холодильной установки. В этой связи выбор сервисных штуцеров для подключения вакуумного оборудования, используемого в процессе вакуумирования, производится оператором в зависимости от участка, который требуется вакуумировать.

При низких температурах (ниже 2°C) рекомендуется проводить обогрев помещения, в которых размещен вакуумируемый участок контура.

При протяженных трассах трубопроводов рекомендуется разбить подлежащий вакуумированию участок на несколько подучастков (с помощью запорных вентилей) и проводить вакуумирование по подучасткам.

Запрещается подогревать участки холодильного контура открытым пламенем.

После достижения величины остаточного давления, следует продолжить вакуумирование в течение 18 часов. После этого следует закрыть вентиль и выключить вакуумный насос.

Если при низких температурах не удастся достичь необходимой величины остаточного давления, то процесс вакуумирования следует чередовать с процессом наддува сухим азотом (отсоединяя насос) до абсолютного давления 2...3 бар.

При проведении испытаний холодильная установка должна находиться под вакуумом в течение 18 часов, при этом изменение давления в контуре должно фиксироваться не реже, чем через 1 час. Допускается повышение давления до 50% за первые 6 ч. В остальное время давление должно оставаться постоянным.

Если по окончании вакуумирования заправка установки хладагентом не планируется, то установку необходимо заполнить сухим азотом до абсолютного давления 2...3 бар.

Если впервые 3 часа выдержки под вакуумом давление резко повышается до уровня давления насыщенных паров воды, соответствующего температуре окружающей среды в помещении, а затем стабилизируется, то, значит, система герметична, но не достаточно осушена. Необходимо продолжить вакуумирование.

Если за 18 часов рост давления превысил 500 Па (5 мбар), давление не стабилизируется на уровне давления насыщенных паров воды при температуре окружающей среды и продолжает расти, то установка негерметична. Следует произвести поиск и устранить причину негерметичности контура. После этого повторить работы по вакуумированию.

#### Порядок проведения работы:

1. Произвести сборку схемы вакуумирования с таким расчетом, чтобы расстояние между вакуумным насосом и холодильной установкой было как можно меньшим, а диаметр соединительных шлангов как можно большим.
2. Подключить манометрический коллектор к контуру и убедиться в отсутствии избыточного давления. При наличии избыточного давления, понизить его до атмосферного и проконтролировать его рост.
3. Подключить вакуумный насос к сервисным штуцерам вакуумируемого участка холодильного контура.
4. Подключить вакуумметр в наиболее отдаленной от места установки вакуумного насоса точке.

5. Открыть вентиль перед вакуумным насосом и, при необходимости, электромагнитные клапаны так, чтобы каждый участок подлежащего вакуумированию контура имел возможность подключения вакуумного насоса.

6. Включить насос и отвакуумировать холодильный контур до остаточного давления

7. Остаточное давление следует принять 1 кПа (8 мм рт.ст.).

8. Вакуумирование рекомендуется проводить при нормальных температурных условиях в помещениях (20°C), в крайнем случае, при температуре в помещениях с холодильным оборудованием не ниже 5°C.

Таблица 1 Зависимости давления насыщенных паров воды от температуры окружающей среды.

Т, °С	0	4	8	12	16	20	24	28	32
Р, Па	610	812	1072	1401	1817	2337	2982	3778	4753

#### Контрольные вопросы:

1. В каких случаях проводят вакуумирование холодильного контура?
2. Какова последовательность действий при вакуумировании?
3. Какова величина остаточного давления при вакуумировании?
4. Какова допустимая величина остаточного давления после завершения испытаний? В каких случаях оно превышает необходимую величину?

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы
2. Ответить на контрольные вопросы.

## Практическая работа №2

### Анализ оценки заправки маслом компрессора

Цель работы:

Ознакомление с методикой заправки маслом компрессора.

#### Теоретическая справка.

Большинство герметичных компрессоров не имеют средств определения уровня масла. Такие типы компрессоров проектируются для установки в системах, заправляемых определенным количеством масла при сборке на заводе. В случае небольшой утечки, когда количество потерянного масла может быть рассчитано, недостающее масло заправляется в компрессоре. При утечке большого количества масла компрессор должен быть демонтирован из системы, использованное масло необходимо слить и добавить строго определенное количество нового.

Полугерметичные и открытые (сальниковые) компрессоры оснащаются смотровыми окнами на картерах; во время работы уровень масла должен находиться в центре или немного выше центра смотрового окна. Низкий уровень масла может привести к недостаточному смазыванию деталей; а высокий – к масляным пробкам, повреждениям клапанов компрессора или переизбытку масла в системе.

Уровень масла может существенно варьироваться при запуске, когда жидкий хладагент находится в картере, поэтому проверять уровень масла следует во время работы компрессора после выхода холодильной установки на режим.

Порядок выполнения работы при заправке масла в герметичный компрессор:

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности
2. Компрессор необходимо отключить от системы с помощью запорных вентилей
3. Удалить масло из отверстия на линии всасывания путем наклона компрессора.
4. Точно отмерить необходимое количество масла. Тип и количество заправляемого масла можно узнать из инструкции по эксплуатации.
5. Установить нагреватель для масла.

## Порядок выполнения работы при заправке масла в полугерметичные и открытые (сальниковые) компрессоры

Замена масла (слив):

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности
2. Проверить систему на наличие утечек и при необходимости устранить их.
3. Отключить компрессор от холодильного контура, используя функцию откачки или закрыв запорные вентили.
4. При необходимости откачать оставшийся хладагент, используя подходящий метод откачки.
5. Открыть отверстие картера для залива масла.
6. Вставить 6-миллиметровую трубку из мягкой меди и опустить ее до дна картера.
7. Заклеить отверстие клейкой лентой и придерживать медную трубу.
8. Запустить в картер небольшое количество азота под низким давлением.
9. Утилизировать масло в соответствии с правилами по защите окружающей среды.



Рисунок 1  
Замена масла (слив)



Рисунок 2  
Замена масла (заправка)

Замена масла (заправка):

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности
2. Подключить вакуумный насос к запорному вентилю или к сервисному штуцеру компрессора.
3. Вставить свободный конец 6-миллиметровой медной трубы и/или шлангового соединения в канистру с маслом
4. Включить насос.
5. Масло поступит в компрессор через картер благодаря низкому давлению.
6. Следить за уровнем масла в смотровом окне.
7. Прекратить подачу масла.
8. Измерить количество заправленного масла.
9. Отвакуумировать компрессор
10. Открыть запорные вентили компрессора
11. Запустить компрессор
12. Проверить уровень масла в смотровом окне
13. Проверить систему на наличие утечек.

#### Контрольные вопросы:

1. Описать порядок заправки масла в герметичный компрессор.
2. Описать порядок заправки масла в полугерметичный и открытый (сальниковый) компрессоры.

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Ответить на контрольные вопросы:

Практическая работа №3  
Анализ оценки заполнения системы хладагентом

Цель работы:

Ознакомиться с методикой заполнения системы хладагентом

Теоретическая справка

Заполнение систем хладагентом

В настоящее время на холодильных предприятиях с умеренно низкими температурами в качестве хладагента наиболее часто применяют аммиак. На холодильном транспорте и в малых холодильных установках преобладают хладон-12 и хладон-22. Все хладагенты, поступающие на предприятия, должны иметь сертификат, удостоверяющий соответствие хладагента ГОСТу. Заполнение систем хладагентом, на который отсутствует сертификат, не разрешается.

Расчет количества аммиака для заполнения системы.

Количество аммиака, необходимого для заполнения системы, определяется проектом с учетом заполнения аппаратов холодильной установки согласно требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации аммиачных установок. Степень заполнения аппаратов (в % от объема) приведена ниже.

Таблица 1 Степень заполнения аппаратов

Испарители	% от объема
1	2
кожухотрубные и вертикально трубные	80
змеевиковые и листотрубные (панельные) (независимо от наличия отделителей жидкости)	50
Батареи холодильных камер с верхней подачей аммиака	30
Батареи холодильных камер с нижней подачей аммиака	70
Воздухоохладители с верхней подачей аммиака	50
Воздухоохладители с нижней подачей аммиака	70
Конденсаторы кожухотрубные с ресиверной частью кожуха (обечайки)	Полный объем ресиверной части
Конденсаторы других типов 80 % объема сборников жидкого аммиака отделители жидкости	0
Ресиверы линейные	50
Ресиверы циркуляционные вертикальные и горизонтальные с жидкостными стояками	15

1	2
Ресиверы без жидкостных стояков	30
Ресиверы дренажные	0
Ресиверы защитные	0
Переохладители, трубопроводы жидкого аммиака	100
Промежуточные сосуды в установках двухступенчатого сжатия вертикальные	30
Промежуточные сосуды в установках двухступенчатого сжатия горизонтальные	50
Маслоотделители барботажного типа	30
Морозильные аппараты непосредственного охлаждения	80

Общая масса аммиака, необходимого для заполнения системы, определяется по формуле

$$m = V_p \times \rho_p, \text{ где}$$

$m$  – общая масса аммиака, кг;

$V$  – общий объем аппаратов и трубопроводов установки, заполняемых аммиаком, м<sup>3</sup>

$\rho_p$  – плотность пара хладагента.

$$V_p = 0,7854 \times D^2 \times S \times n \times z / 1000$$

где  $V_p$  – рабочий объем цилиндра, л/с;

$D$  – диаметр цилиндра, см;

$S$  – ход поршня, см;

$n$  – частота вращения коленчатого вала, 1/с;

$z$  – количество цилиндров.

Объем цилиндра, описанный поршнем за один ход (один оборот коленчатого вала), - это разность между объемом цилиндра, когда поршень находится в нижнем положении, и объемом цилиндра в конце хода нагнетания.

Сечение цилиндра равно  $0,7854 \times D^2$ , а объем, описываемый поршнем за один ход, составляет  $0,7854 \times D^2 \times S$ .

Если известна величина объема цилиндра, то общий рабочий объем цилиндра, описываемый поршнем, определяют, умножая объем цилиндра на частоту вращения вала компрессора  $n$ .

Если в компрессоре более одного цилиндра, то объем цилиндра умножается на количество цилиндров.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности, рабочей схемой заполнения системы хладагентом.
2. Проверить наличие КиП.

### 3. Решение задачи: Определить массу циркулирующего хладагента.

Подготовка системы к заполнению хладагентом и смазкой проводится после окончания испытаний и устранения всех недоделок, выявленных в процессе испытаний. Система перед заполнением хладагентом и маслом вакуумируется до остаточного давления 5,3 кПа.

Систему заполняют аммиаком из баллонов или цистерн.

Заправка хладоновых установок средней и крупной производительности ведется через коллектор. На жидкостной линии между коллектором и испарителем устанавливают фильтр-осушитель. Малые хладоновые агрегаты заправляют через трехходовой вентиль на всасывающей стороне компрессора. Для хладоновых установок Правилами техники безопасности на фреоновых холодильных установках нормы заполнения аппаратов и трубопроводов холодильным агентом и маслом не установлены, поэтому при заполнении следует руководствоваться указаниями завода-изготовителя и практическими соображениями.

Уровень заполнения межтрубного пространства в хладоновых кожухотрубных испарителях принимают более низким, чем в аммиачных, так как при кипении хладонов происходит вспенивание жидкости из-за наличия в нем растворенного масла. Оптимальный уровень зависит от тепловой нагрузки и разности температур в аппарате. В диапазоне разности температур 5—10°C ориентировочно принимают степень заполнения равной 70—80 %.

Хладоновые конденсаторы с ресиверной частью могут быть заполнены жидким хладоном в полном объеме ресиверной части. Линейные ресиверы заполняют не более чем на 80%. Заполнение испарителей змеевикового типа можно принять равным 30%. Перед заправкой систему вакуумируют.

К дополнительной трубке подсоединяют сосуд с маслом и перепускают масло в испарительную систему, при этом нельзя допускать попадания воздуха в систему. После окончания заправки системы маслом начинают зарядку системы хладоном. Баллон через дополнительную трубку подключают к коллектору или трехходовому вентилю компрессора и заполняют систему парами хладога. При достижении давления в системе 0,2—0,3 МПа перепускают в систему жидкий хладон (баллон располагают наклонно, вентилем вниз).

При повышении давления в системе выше 0,4 МПа перекрывают вентиль на баллоне и прекращают зарядку, пока компрессор не понизит давление в испарителе до 0,2—0,3 МПа, затем продолжают зарядку системы. В течение всего периода зарядки системы хладоном все соединения периодически

проверяют на утечку хладагента с помощью галлоидных ламп или электронных течеискателей. Утечки немедленно устраняют. На заполнение системы хладагентом монтажной организацией составляется с участием заказчика акт по установленной форме.

### Задание для аудиторной работы

#### Задача (пример):

Сальниковый поршневой компрессор 2ФВ-4/4,5 работает в составе холодильного агрегата ФАК при температуре кипения R12  $t_{01}=-25^{\circ}\text{C}$  и  $t_{02}=-5^{\circ}\text{C}$  и имеет диаметр цилиндра 4 см и ход поршня 4,5 см. Температура жидкости на входе в регулятор расхода равна  $40^{\circ}\text{C}$ .

Температура конденсации  $t_k$  равна  $40^{\circ}\text{C}$ . КПД компрессора условно равен 100%. Частота вращения вала компрессора  $n=950$  мин<sup>-1</sup> ( $15,8$  с<sup>-1</sup>). Определить массу циркулирующего хладагента.

#### РЕШЕНИЕ:

1. По таблице термодинамических свойств R12 в состоянии насыщения находим, что плотность насыщенного пара R12 при  $t_{01}=-25^{\circ}\text{C}$  равна  $\rho_{п1}=0,00762$  кг/л.

Рабочий объем цилиндра равен:

$$V_p = 0,7854 \times D^2 \times S \times n \times z / 1000 = 0,7854 \times (4)^2 \times 4,5 \times 15,8 \times 2 / 1000 = 1,79 \text{ л/с.}$$

Массовый расход потока хладагента при температуре кипения  $-25^{\circ}\text{C}$  равен:

$$m_1 = V_p \times \rho_{п1} = 1,79 \times 0,00762 = 0,0136 \text{ кг/с.}$$

Таблица 1 Варианты для решения

№ варианта	$t_{01}^{\circ}\text{C}$	$t_{02}^{\circ}\text{C}$	$\rho_{п}$ кг/л	D см	S см	n с-1	z
1	-15	-5	0,01099	3	3,5	15,8	2
2	-15	-5	0,01099	3,5	4	15,8	2
3	-25	-5	0,00762	4,2	4,7	50	4
4	-25	-5	0,00762	3,7	4,2	50	4

### Содержание отчета:

1. Наименование, цель работы.
2. Технология заполнения системы хладагентом.
3. Выполнить задание для аудиторной работы

## Практическая работа №4 Анализ оценки заполнения системы хладоносителем

Цель работы:

Ознакомление с методикой заполнения системы хладагентом

### Теоретическая справка

При выборе хладоносителя ориентируются на расчетную температуру кипения хладагента в испарителе и на тип самого испарителя.

Температура начала замерзания хладоносителя должна быть ниже температуры кипения хладагента в панельном испарителе на  $5...6^{\circ}\text{C}$ , а в кожухотрубном — на  $8^{\circ}\text{C}$ .

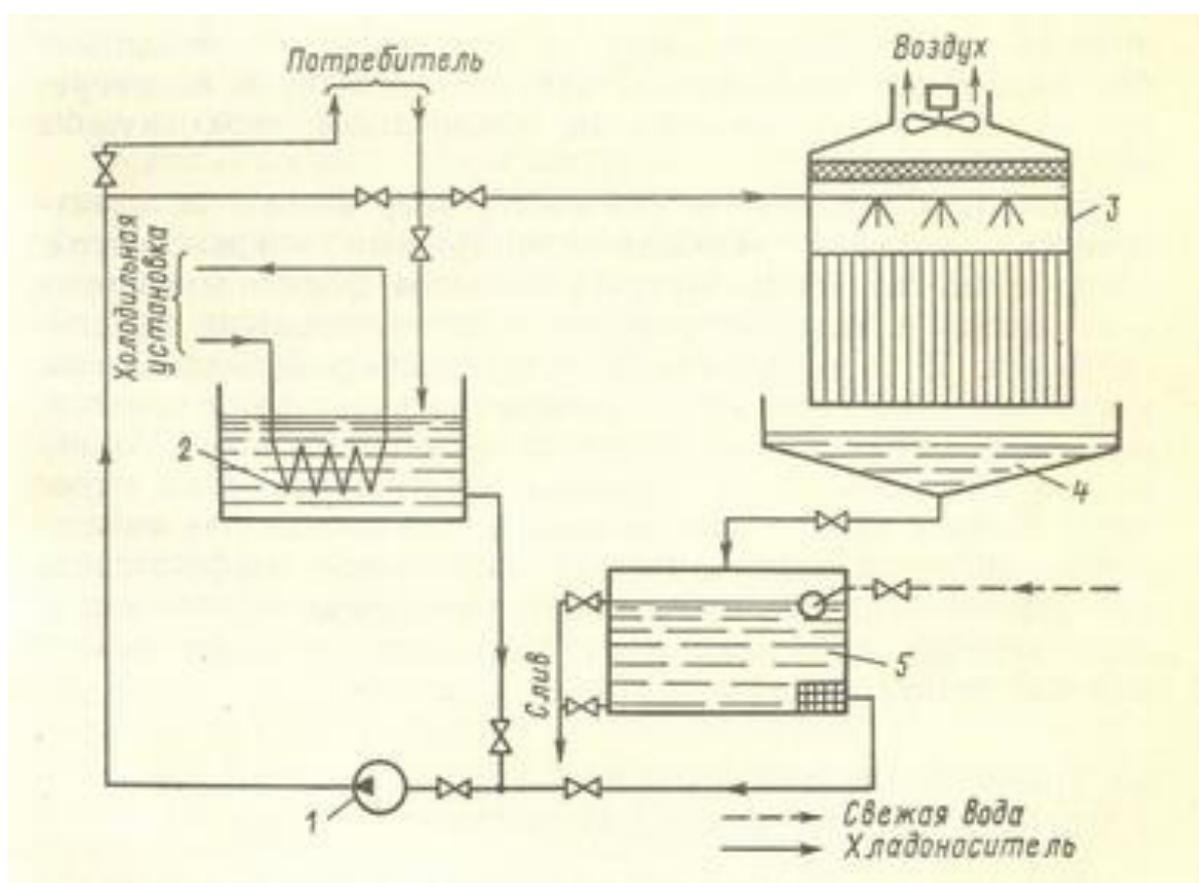


Рисунок 1 Схема охлаждения хладоносителя с помощью градирни  
1.насос, 2.испаритель холодильной машины, 3.градирня, 4.поддон,  
5.блок- накопитель хладоносителя.

Вода как хладоноситель обычно применяется при температуре кипения не ниже  $-2^{\circ}\text{C}$ .

Раствор  $\text{NaCl}$  используют при температурах кипения хладагента не ниже  $-12...-14^{\circ}\text{C}$ , раствор  $\text{CaCl}_2$  — до температуры кипения  $-47...-50^{\circ}\text{C}$ .

При выборе хладоносителя и составления его концентрации не следует как понижать ее во избежание замерзания, так и увеличивать. В последнем случае увеличение вязкости и уменьшение теплопроводности приводят к энергетическим потерям. Концентрацию хладоносителя составляют в соответствии с таблицей 1

Таблица 1 Зависимость температуры начала замерзания хладоносителей от их массовой концентрации

NaCl				CaCl <sub>2</sub>			
Содержание соли в 100 кг		Температура начала замерзания раствора, °С	Плотность $\rho$ при 15 °С, кг/л	Содержание соли в 100 кг		Температура начала замерзания раствора, °С	Плотность $\rho$ при 15 °С, кг/л
воды, кг	раствора, кг			воды, кг	раствора, кг		
0,1	0,1	0,0	1,00	0,1	0,1	0,0	1,00
7,5	7,0	-4,4	1,05	13,0	11,5	-7,1	1,10
15,7	13,6	-9,8	1,10	28,0	21,9	-21,2	1,20
25,0	20,0	-16,6	1,15	31,2	23,8	-25,7	1,22
26,9	21,2	-18,2	1,16	32,9	24,7	-28,3	1,23
29,0	22,4	-20,0	1,17	34,6	25,7	-31,2	1,24
30,1	23,1	-21,2	1,175	36,2	26,6	-34,6	1,25
31,1	23,7	-17,2	1,18	42,7	29,9	-55,0	1,286
33,1	24,9	-9,5	1,19	45,4	31,2	-41,6	1,30
35,7	26,3	0,0	1,203	59,5	37,3	0,0	1,37

**Пример.** Вместимость системы  $V$ , которую необходимо заполнить хладоносителем, составляет  $100 \text{ м}^3$ . Температура кипения хладагента в кожухотрубном испарителе  $-20 \text{ °С}$ . Какую соль и в каком количестве нужно применить в данном случае?

1. Температура начала замерзания хладоносителя  $t_{\text{зам}} = -20 \text{ °С} + (-8 \text{ °С}) = -28 \text{ °С}$ .

2. Выбираем  $\text{CaCl}_2$  с плотностью  $1,23 \text{ кг/л}$  при  $+15 \text{ °С}$  (см. табл. 15).

3. Общая масса хладоносителя  $M_{\text{рас}} = V\rho = 100\,000 \cdot 1,23 = 123\,000 \text{ кг}$ .

4. Масса соли в 100 кг раствора равна  $24,7 \text{ кг}$  (табл. 15), тогда массовая доля соли  $\zeta = 24,7/100 = 0,247$ .

5. Необходимая масса соли  $M_{\text{соли}} = M_{\text{рас}}\zeta = 123\,000 \times 0,247 = 30\,381 \text{ кг}$ .

Заполнение системы.

Хладоноситель готовят в специальном стальном, прямоугольной формы, открытом сверху баке-концентраторе, который обычно располагают в непосредственной близости от компрессорного цеха. В нижней части бака устанавливается стальная сетка на расстоянии 100—150 мм от дна. Сетка должна быть легкоъемной для периодического удаления со дна загрязнений. Патрубок забора хладоносителя должен располагаться выше сетки. В нижней точке бака устанавливают запорный вентиль или задвижку для слива загрязненного хладоносителя.

Для удобства выполнения работ по приготовлению хладоносителя расчетной концентрации следует иметь весы для взвешивания соли и мерную линейку или смотровое стекло для контроля заполнения бака водой.

С целью ускорения растворения соли к нижней части бака подсоединяют трубопроводы сжатого воздуха или котельного пара. Барботаж воздуха или пара обеспечивает активное перемешивание и растворение соли.

Для уменьшения коррозионной активности хладоносителя предпочтение отдается закрытым системам, которые оборудуются кожухотрубными испарителями. Кроме того, к приготовляемому хладоносителю добавляют, в качестве пассиваторов, хромат натрия  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  и едкий натр  $\text{NaOH}$  для создания слабощелочной реакции (рН 7,5—8,5).

На  $1 \text{ м}^3$  хладоносителя добавляют  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  в следующем количестве:  $\text{NaCl}$  — 3,2 кг;  $\text{CaCl}_2$  — 1,6 кг.

К каждым 10 кг хромата натрия надо добавить еще 2,7 кг едкого натра. Щелочность раствора определяют по изменению цвета бумажек индикатора рН. При добавлении хромата натрия следует соблюдать осторожность, поскольку он разрушающе действует на кожу.

Для повышения щелочности раствора хлористого кальция можно добавить 1,6 кг свежегашеной извести на  $1 \text{ м}^3$  хладоносителя.

Для понижения щелочности через хладоноситель пропускают углекислый газ из баллона.

В баке-концентраторе соль должна раствориться полностью.

Готовый хладоноситель проверяют на соответствие концентрации расчету и числу рН, а затем отстаивают для оседания загрязнений и с помощью насоса закачивают в систему.

По окончании заполнения системы, когда уровень в расширительном баке составит не менее 50—80%, через специальные краны и пробки на испарителе, рассольных батареях и коллекторах распределения хладоносителя

выпускают воздух. В открытых системах об окончании заполнения судят по уровню хладоносителя в испарителе.

Не допускается составление хладоносителя из смеси различных солей или добавление в систему раствора другой соли во избежание выпадения в осадок «двойной соли».

В настоящее время разработан ингибированный хладоноситель кальтозин на основе водного раствора хлористого кальция. По теплофизическим свойствам он близок к водному раствору хлористого кальция, а по защитным превосходит известные хладоносители с ингибиторами.

#### Контрольные вопросы:

1. Что учитывается при выборе хладоносителя?
2. Описать процесс заполнения системы хладоносителем.
3. Способы изменения рН хладоносителя.
4. Основные характеристики кальтозина.

#### Содержание отчета:

1. Наименование, цель работы.
2. Ответить на контрольные вопросы.

## Практическая работа № 5.

### Анализ пуска и остановки одноступенчатой холодильной установки

Цель работы:

1. Ознакомиться с принципом действия холодильных установок.
2. Изучить принципиальную и монтажную схемы автоматического регулирования.
3. Изучить приборы регулирования автоматики.

### Теоретическая справка.

Различают следующие виды пуска холодильных установок: первоначальный - после монтажа, а также после проведения среднего или капитального ремонта и текущий – после остановки в связи с прекращением потребности в работе машины.

Пуску холодильной установки предшествует ряд операций по подготовке систем и компрессоров в соответствии с инструкцией по эксплуатации данной установки. При подготовке к пуску по суточному журналу выясняют причину последней остановки установки, если остановка была вызвана неполадками в работе или поломкой деталей оборудования, необходимо убедиться в устранении этих неисправностей. При остановке машин и агрегатов на срок более суток разрешение на их пуск следует получить у начальника или механика холодильной станции.

Для определения степени готовности холодильной установки к сдаче в эксплуатацию проводят пробный пуск. Пуск аммиачных установок проводят вручную с переводом их в дальнейшем на автоматический режим. Для пуска комплектуют четыре смены по два человека в каждой смене. В каждой смене должен быть один машинист аммиачных установок или слесарь –наладчик с удостоверением на право обслуживать аммиачные холодильные установки. Каждая смена ведет суточный журнал работы компрессорного цеха холодильной установки по установленной форме.

В журнале записывают все отклонения от нормальных условий работы холодильной установки с указанием даты и времени и принятых мер к их устранению. При подготовке систем к работе проверяют состояние трубопроводов, запорной арматуры, приборов автоматической защиты и управления. Проверяют герметичность системы хладагента и наличие в ней достаточного количества хладагента, открывают вентили на нагнетательном, жидкостном и всасывающем трубопроводах в соответствии со схемой

установки и инструкцией по эксплуатации. Всасывающие и нагнетательные вентили на компрессорах и регулирующие вентили оставляют закрытыми. На аммиачных холодильных установках часть вентилях пломбируют в открытом положении. К ним относятся: запорные вентили нагнетательных магистралей, сливных труб отделителей жидкости, жидкостных трубопроводов между конденсаторами и линейными ресиверами и регулирующей станцией, жидкостных и паровых уравнивательных линий, уравнивательных колонок с реле уровня. При подготовке к пуску необходимо убедиться в сохранности пломб на этих вентилях. Все вентили, сообщающие компрессоры, аппараты и участки системы с приборами контроля, управления и защиты (манометрами, реле давления, реле уровня и др.), должны быть открыты. Подготовка к пуску вспомогательных систем состоит из подачи воды на конденсаторы (или пуск вентиляторов в конденсаторах с воздушным охлаждением), пуска вентиляторов на градирнях, подачи воды на охлаждающие рубашки компрессоров.

Подготовка к пуску испарителей и систем теплоносителей.

Основными операциями являются: пуск мешалок открытых испарителей; включение рассольных насосов; проверка циркуляции рассола в системе охлаждения; проверка положения шиберов воздушных каналов для циркуляции и подачи наружного воздуха в камеры, включение вентиляторов. Подготовка к пуску отделителей жидкости и циркуляционных ресиверов. Основными операциями являются: проверка уровня жидкого хладагента, подготовка к работе и пуск циркуляционных насосов хладагента, проверка положения вентилях на распределительных коллекторах жидкого хладагента. Подготовка к пуску компрессоров. При подготовке к пуску выясняют по суточному журналу причину последней остановки компрессора. Если остановка была вызвана неполадками в работе или поломкой деталей, необходимо убедиться в устранении этих неисправностей.

После вынужденной остановки компрессора, а также после ремонта и профилактики холодильного оборудования пуск проводится только после письменного разрешения механика. Перед пуском проводят дренаж всасывающих и нагнетательных трубопроводов для удаления возможного скопления жидкого аммиака, проверяют исправность и дату последней проверки приборов контроля и защитной автоматики.

Убеждаются в надежности крепления и исправном состоянии компрессора, наличии необходимых ограждений, плотности сальника, отсутствии посторонних предметов, мешающих пуску. Проверяют наличие масла в системе смазки, открытие запорных вентилях на маслопроводах у

компрессоров с разветвленной системой смазки. Подготавливают разгрузочные устройства к пуску, проверяют открытие вентилей к манометрам и мановакуумметрам. Проворачивают вал компрессора вручную не менее чем на один оборот для проверки свободного перемещения движущихся частей.

Проверяют подачу воды в охлаждающую рубашку компрессора и устанавливают переключатель пульта (щита) управления в необходимое положение. Пуск компрессоров при положении переключателя пульта (щита) управления «местный режим» не допускается, так как при этом отключены приборы защитной автоматики.

Пуск и остановка компрессоров одноступенчатого сжатия.

Ручной пуск поршневых компрессоров средней и крупной производительности проводится с помощью разгрузочных устройств, уменьшающих необходимый пусковой момент электродвигателя.

Порядок выполнения работы:

1. Пуск поршневого компрессора, снабженного ручным байпасом (рис. 1), осуществляют при закрытых нагнетательном  $H$  и всасывающем  $B$  вентилях и открытом байпасе  $B$ .

2. После достижения электродвигателем нормальной частоты вращения открывают нагнетательный ventиль  $H$  и закрывают байпас  $B$ .

3. Только после, этого постепенно открывают всасывающий ventиль  $B$ . В качестве разгрузки применяют соленоидный ventиль  $CB$ , устанавливаемый на байпасном трубопроводе.

После завершения пуска компрессора приступают к обслуживанию холодильной установки, которое складывается из следующих основных процессов:

1. Регулирования режима работы установки;
2. Наблюдения за смазкой механизмов движения и ухода за ними;
3. Обслуживания аппаратов холодильной установки;
4. Проведения неотложного текущего ремонта
5. Определения величин технико-экономических показателей, характеризующих экономичность работы.

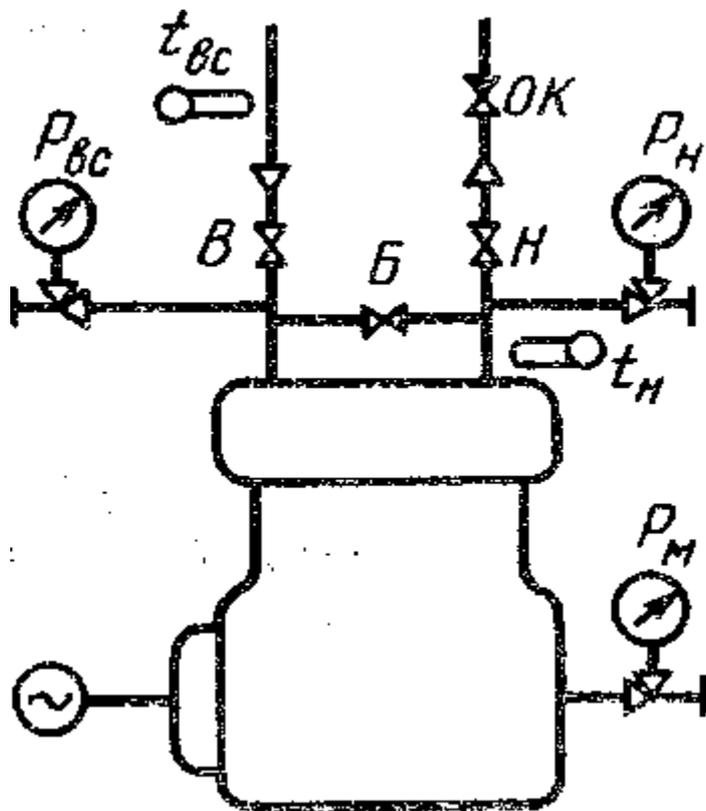


Рисунок 1. Схема принципиальная компрессора с ручным байпасом

#### Контрольные вопросы:

1. Как осуществляют т подготовку к пуску.
2. Кто дает разрешение на пуск холодильной установки после остановки?
3. Как осуществляется пуск поршневого компрессора, снабженного ручным байпасом?

#### Содержание отчета.

1. Наименование, цель работы.
2. Схема принципиальная компрессора с ручным байпасом
3. Ответить на контрольные вопросы.

## Практическая работа № 6

### Анализ пуска и остановки двухступенчатой холодильной установки

Цели работы:

1. Ознакомиться с принципом действия холодильных установок.
2. Изучить принципиальную и монтажную схемы автоматического регулирования.
3. Изучить приборы регулирования автоматики.

### Теоретическая справка

Подготовку к пуску холодильной установки двухступенчатого сжатия, состоящей из самостоятельных компрессоров на каждой ступени, проводят так же, как и установки одноступенчатого сжатия. Перед включением в работу компрессоров запорные вентили на нагнетательных, жидкостных и паровых трубопроводах должны быть открыты. Запорные нагнетательные и всасывающие вентили на цилиндре низкого давления и на цилиндре высокого давления, а также регулирующие вентили должны быть закрыты. Перед пуском горизонтального компрессора на цилиндре 1 ступени цилиндре 2 ступени должны быть открыты нагнетательные вентили.

Открытыми должны быть также нагнетательные вентили у тех вертикальных компрессоров, при пуске которых надо отжимать всасывающие клапаны. Первым включают в работу компрессор 2 ступени. После понижения в промежуточном сосуде избыточного давления до 0,15 Мпа (1,5 кгс/см<sup>2</sup>). Что примерно соответствует температуре насыщения аммиака -10<sup>0</sup>С, включают компрессор 1 ступени.

При пуске двухступенчатой холодильной установки первоначально приводят в действие ступень высокого давления. Включив электродвигатель компрессора, полностью открывают нагнетательный клапан высокой ступени при одновременном закрытии байпасного вентиля. Если давление в масляной системе соответствует норме, осторожно открывают всасывающий клапан ступени высокого давления компрессора. Как только давление в промежуточном сосуде понизится до рабочего, включают в действие ступень низкого давления. Последовательность открытия нагнетательного промежуточного сосуда устанавливают таким образом, чтобы не было влажного хода у ступени высокого давления компрессора. Затем подключают испарители.

После пуска холодильная установка работает некоторое время в неустановившемся режиме. Для этого периода характерны частые пуски компрессора, повышенное давление конденсации, более интенсивное кипение хладагента в испарителе (из-за больших температурных напоров), что повышает вероятность выброса жидкого хладагента во всасывающую полость компрессора. Поэтому до выхода на установившийся режим установку необходимо держать под непрерывным наблюдением, обращая особое внимание на подачу жидкого агента в испаритель.

Перед выключением холодильной установки на непродолжительное время (до 15 сут), чтобы избежать влажный ход компрессора при последующем пуске, уменьшают количество хладагента в испарителе. Для этого закрывают запорный клапан 8 за линейным ресивером, а при его отсутствии — клапан 4 за конденсатором (см. рис. 1) и отсасывают компрессором хладагент из испарителей в ресивер или конденсатор до избыточного давления на стороне всасывания 0,02—0,03 МПа. После отсоса паров хладагента закрывают запорный клапан 1 на всасывании компрессора и, выключив двигатель, перекрывают запорный клапан 2 на стороне нагнетания. После остановки компрессора прекращают подачу воды в конденсатор. Если нет необходимости продолжать охлаждение трюмов, выключают рассольные насосы и вентиляторы воздухоохладителей (если они имеются). Причину остановки и время фиксируют в вахтенном журнале. При длительной остановке хладагент отсасывают из испарителей до устойчивого достижения давления 0,02—0,03 МПа путем многократного включения компрессора. Кроме того, закрывают все запорные вентили на паровой и жидкостной магистралях испарителей.

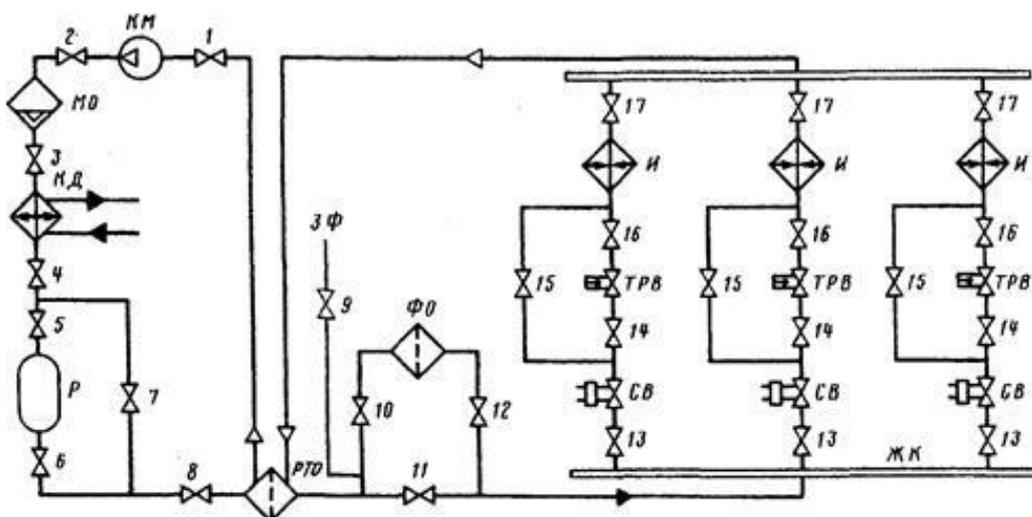


Рисунок 1 Принципиальная схема холодильной установки

### Задание для аудиторной работы.

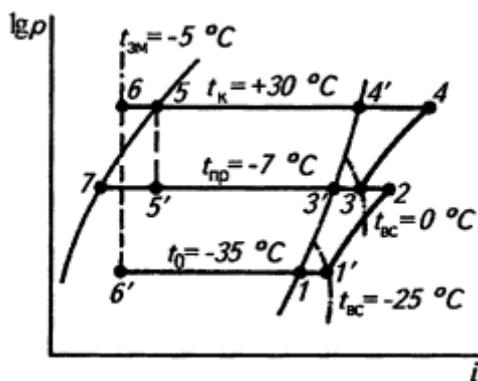


Рисунок 2 Цикл двухступенчатой холодильной машины в диаграмме  $i-lgr$

### Задания для аудиторной работы

Задача:

Провести тепловой расчет двухступенчатого аммиачного холодильного компрессора, если

$$t_0 = -35^\circ\text{C}, \quad t_k = +30^\circ\text{C}, \quad t_{\text{вс. цнд.}} = -25^\circ\text{C}, \quad t_{\text{вс. цвд}} = t_{\text{пр}} + 7^\circ\text{C}.$$

Мертвое пространство для обеих ступеней составляет 5%.

Вариант	$Q_0$ , кВт	$t_0$ , °C	$t_k$ , °C	$t_{\text{вс. цнд.}}$ , °C	$t_{\text{вс. цвд}}$ , °C
Вариант 1	170	-35°C	+30°C	-25°C	$t_{\text{пр}} + 7^\circ\text{C}$
Вариант 2	160				
Вариант 3	180				
Вариант 4	190				

Удельная энтальпия, кДж/кг									Удельный объем, м <sup>3</sup> /кг		Давление, кПа	
$i_1$	$i_{1'}$	$i_2$	$i_3$	$i_{3'}$	$i_4$	$i_5$	$i_7$	$i_6$	$v_{1'}$	$v_3$	$p_0$	$p_k$
1635	1645	1800	1690	1674	1885	561	386	396	1,18	0,38	93	1166

Решение:

1. Расчет промежуточного сосуда со змеевиком:

Промежуточное давление

$$P_{\text{пр}} = \sqrt{P_0 P_k}$$

Промежуточная температура

$$t_{\text{пр}} = -7^\circ\text{C}$$

$$t_{\text{зм}} = t_{\text{пр}} + 2^\circ\text{C} = -5^\circ\text{C}$$

2. Расчет ступени низкого давления.

2.1 Удельная массовая холодопроизводительность

$$q_0 = i_1 - i_6$$

2.2. Действительная масса всасываемого пара

$$m_1 = \frac{Q_0}{q_0}$$

2.3 Действительная объемная подача

$$V_D = m_1 V_1$$

2.4 Индикаторный коэффициент подачи

$$\lambda_i = \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} - c \left( \frac{p_{пр} + \Delta p_{н}}{p_0} - \frac{p_0 - \Delta p_{вс}}{p_0} \right)$$

2.5 Коэффициент невидимых потерь

$$\lambda_{w'} = \frac{T_0}{T_{np} + 26}$$

2.6 Коэффициент подачи

$$\lambda = \lambda_i \lambda_{w'}$$

2.7 Теоретическая объемная подача

$$V_{т.цнд} = \frac{V_D}{\lambda}$$

2.8 Адиабатная мощность

$$N_a = m_1 (i_2 - i_1')$$

2.9 Индикаторный коэффициент полезного действия

$$\eta = \lambda_{w'} + bt_0$$

2.10 Индикаторная мощность

$$N_i = N_a / \eta_i$$

2.11 Мощность трения

$$N_{тр} = V_{тр} P_{тр}$$

2.12 Эффективная мощность

$$N_e = N_i + N_{тр}$$

2.13 Мощность двигателя

$$N_{дв} = 1.1 N_e$$

3. Расчет ступени высокого давления

3.1 Количество жидкости до первого дросселирования, необходимое для промежуточного охлаждения пара

$$m' = m_1 \frac{i_2 - i_3}{i_3' - i_5'}$$

3.2 Количество жидкости до первого дросселирования необходимое для охлаждения жидкости в змеевике

$$m'' = m_1 \frac{i_5 - i_6}{i_3' - i_5'}$$

3.3 Количество пара, засасываемого цилиндром высокого давления

$$m = m_1 + m' + m''$$

3.4 Действительная объемная подача

$$V_D = m v_3$$

3.5 Индикаторный коэффициент подачи

$$\lambda_i = \frac{P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}}}{P_{\text{пр}}} - c \left( \frac{P_K + \Delta P_H}{P_{\text{пр}}} - \frac{P_{\text{пр}} - \Delta P_{\text{вс}}}{P_{\text{пр}}} \right)$$

3.6 Коэффициент невидимых потерь

$$\lambda_{w'} = T_{\text{пр}} / (T_K + 26)$$

3.7 Коэффициент подачи

$$\lambda = \lambda_i \lambda_{w'}$$

3.8 Теоретическая объемная подача

$$V_{\text{т.цнд}} = \frac{V_D}{\lambda}$$

3.9 Адиабатная мощность

$$N_a = m(i_4 - i_3)$$

3.10 Индикаторный КПД

$$\eta_i = \lambda_{w'} + b t_{\text{пр}}$$

3.11 Индикаторная мощность

$$N_i = N_a / \eta_i$$

3.12 Мощность трения

$$N_{\text{тр}} = N_{\text{тцвд}} P_{\text{тр}}$$

3.13 Эффективная мощность

$$N_e = N_i + N_{\text{тр}}$$

3.14 Мощность двигателя

$$N_{\text{дв}} = (1.1 - 1.12) N_e$$

3.15 Эффективная удельная холодопроизводительность всей двухступенчатой машины

$$\epsilon_e = \frac{Q_0}{N_{\text{тцнд}} + N_{\text{тцвд}}}$$

3.15 Тепловой поток в конденсаторе

$$Q_k = m(i_4 - i_5)$$

Подбираем компрессорные агрегаты

$V_{тцнд}$ ,

$V_{тцвд}$ ,

$\eta_e$ ,

$n$ ,

$N_{дв} = (N_{ецнд} + N_{ецвд}) \times 1,1/2$

Таблица 1 Техническая характеристика двухступенчатых поршневых компрессорных агрегатов

Показатели	АД25-7-4	АД55-7-4	АД50-7-4	АД175-7-4	АД350-7-4
Расположение цилиндров	УУ	УУ	ГО	ГО	ГО
Число цилиндров	8	8	4	2	4
Диаметр цилиндра, мм:					
низкого давления	76 6	115 6	450 2	500	500 2
высокого »	76 2	115 2	280 2	280	280 2
Ход поршня, мм	76	82	220	220	220
Частота вращения вала, с <sup>-1</sup>	24	24,5	8,33	8,33	8,33
Теоретическая объемная подача, м <sup>3</sup> /с:					
ЦНД	0,052	0,125	1,3	0,722	1,444
ЦВД	0,0172	0,042	0,416	0,208	0,416
Номинальная холодопроизводительность, кВт	22,5	67,5	640	203,5	407
Эффективная мощность, кВт	15,2	39	330	160	315
Габаритные размеры, мм:					
длина	1700	500	5500	4060	5600
ширина	1065	1330	5000	4860	5000
высота	1070	1290	1500	1500	1500
Масса, кг	900	2600	13250	7300	13300
Диаметр патрубка					
$D_{у.вс}/D_{у.н}$ , мм:					
ЦНД	70/50	80/65	300/200	200/200	300/200
ЦВД	40/40	65/65	200/150	125/100	200/150
Промежуточный сосуд	—	СПА 600	В комплект поставки не входит		
Габаритные размеры, мм:					
длина	1115	2440	—	—	—
ширина	755	1200	—	—	—
высота	1620	1330	—	—	—

Контрольные вопросы:

1. Как проходит подготовка к пуску холодильной установки двухступенчатого сжатия?

2. В какой последовательности проходит пуск ступеней двухступенчатой холодильной установки?

## Содержание отчета:

1. Наименование и цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Решение задачи согласно своему варианту.

## Практическая работа № 7

### Анализ мероприятий по испытанию компрессора на плотность

Цель работы:

1. На основании полученных результатов по испытанию провести анализ мероприятий по испытанию.
2. Получить навыки в заполнении актов испытания.

Приборы и инструменты: испытательный стенд, галоидная лампа или галоидный течеискатель, манометры, ванна с водой.

#### Теоретическая справка

После ремонта компрессоры в условиях ремонтного предприятия или на месте эксплуатации подвергают следующим испытаниям: обкатке, проверке объемной производительности и герметичности внешних соединений, проверке плотности клапанов, испытанию при работе на холодильном агенте с одновременной проверкой расхода смазочного масла за время испытаний.

Обкатку компрессора без хладагента (на воздухе) проводят в 2 этапа: без клапанов и с клапанами. У средних и крупных компрессоров снимают нагнетательные клапаны, гильзы цилиндров во избежание их сдвига закрепляют специальными планками и гайками, накрученными на шпильки блок-картера. Обкатку без клапанов проводят для проверки работоспособности системы смазки и механизма движения компрессора. Одновременно при обкатке происходит приработка сопрягаемых поверхностей движущихся деталей. Продолжительность обкатки без клапанов средних и крупных компрессоров — 4 ч \*, малых компрессоров — 2 ч. Во время обкатки контролируют давление масла (у компрессоров с масляным насосом) и температуру нагрева картера и головок цилиндров. После обкатки без клапанов узлы трения разбирают, визуально определяют состояние деталей и качество приработки поверхностей трения, заменяют смазочное масло.

После сборки компрессора и установки клапанов проводят обкатку с клапанами. Обкатка с клапанами необходима для их приработки, а также для проверки основных параметров работы компрессора. Продолжительность обкатки с клапанами такая же, как и при обкатке без клапанов. При этом давление на стороне нагнетания должно находиться в пределах 0,25—0,3 МПа.

Проверку объемной производительности проводят в условиях ремонтного предприятия на стенде, в состав которого входит ресивер

определенной вместимости. Проверка предусматривает трехкратное наполнение воздухом ресивера до давления 0,8—1 МПа за установленный промежуток времени. Отклонение по времени наполнения допускается не более 5 % от установленной величины

Проверку плотности клапанов проводят в соответствии с техническими условиями на ремонт. При проверке нагнетательных клапанов в нагнетательной полости компрессора создают давление воздуха 0,8 МПа, а во всасывающей полости— 0,053 МПа (400 мм рт. ст.).

Плотные нагнетательные клапаны, имеющие пружины, не допускают повышения давления во всасывающей полости до 0,1 МПа (760 мм рт. ст.) быстрее, чем за 15 мин, беспружинные клапаны — быстрее, чем за 5 мин. Для проверки плотности всасывающих клапанов компрессор пускают при открытом нагнетательном и закрытом всасывающем вентилях. Плотные всасывающие клапаны обеспечивают понижение давления в картере компрессора до 0,0067 МПа (50 мм рт. ст.).

Проверку герметичности внешних соединений компрессоров проводят избыточным давлением сухого воздуха, инертного газа или пара хладона, также вакуумированием аммиачные компрессоры, ремонт которых проводили на месте эксплуатации, испытывают давлением сухого воздуха (инертного газа) 1,0 или 1,6 МПа (в соответствии с указаниями завода-изготовителя), а затем вакуумируют до 0,0053 МПа (40 мм рт. ст.). Проверку герметичности при испытании давлением проводят по падению давления на манометре и обмыливанием. Продолжительность испытания под вакуумом 12 ч, в течение первых 4 ч допускается повышение давления на 0,27 кПа (2 мм рт. ст.).

Аммиачные компрессоры, ремонт которых проводили на специализированном комбинате, испытывают давлением сухого воздуха при тех же условиях. Герметичность проверяют визуально после погружения компрессора в ванну с водой. Продолжительность испытания 10 мин; пузыри и пузырчатая сыпь в местах соединений не допускаются.

Хладоновые компрессоры, ремонт которых проводили на месте эксплуатации, испытывают давлением сухого инертного газа, а затем вакуумируют в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Допускается проверка герметичности давлением пара хладона не менее 0,4 МПа. Проверку проводят с помощью галоидной лампы или галоидного течеискателя.

Хладоновые компрессоры, ремонт которых проводили на специализированном комбинате, испытывают давлением сухого инертного газа или пара хладона 1 1,0 МПа в ванне с водой.

После испытания сухим инертным газом компрессор вакуумируют до 0,0053 МПа (40 мм рт. ст.) и выдерживают под вакуумом в течение 12 ч, в первые 4 ч допускается повышение давления на 0,27 кПа (2 мм рт. ст.).

Испытание компрессоров при работе на хладагенте проводят на специальных стендах или в составе холодильной установки. Стенды для обкатки агрегатов с малыми компрессорами оборудуют металлокерамическими фильтрами для очистки от загрязнений, фильтрами-осушителями для осушки системы агрегата от влаги, регулирующими вентилями, шлангами с вентилями для присоединения к системе стенда. Продолжительность обкатки 2 ч.

Продолжительность испытания средних и крупных компрессоров при работе на холодильном агенте в составе холодильной установки от 4 до 12 ч. При испытании поддерживают разность и отношение давлений нагнетания и всасывания в пределах, указанных в инструкции завода-изготовителя. Расход масла при испытаниях определяют по измерению уровня масла в смотровом стекле до начала и после испытаний или по разности масс масла, первоначально залитого в компрессор, и масла, слитого из него после испытаний. При испытании давлением пара хладона компрессор в составе агрегата, заполненного хладоном, помещают в ванну с водой, температура которой составляет 40—45 °С, при этом давление в агрегате повышается до 0,9—1,0 МПа.

#### Контрольные вопросы:

1. Каким испытаниям подвергают компрессоры после монтажа?
2. Как проходит обкатка компрессора с клапанами и без клапанов?
3. Технология проверки герметичности внешних соединений компрессоров.
4. Технология проведения испытания компрессоров.

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.
3. Заполнить Акты.

АКТ  
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

выполненного в \_\_\_\_\_  
(наименование объекта строительства, здания, цеха)

г. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Комиссия в составе представителей:

Заказчика \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, ФИО)

генерального подрядчика \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, ФИО)

монтажной организации \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, ФИО)

составили настоящий акт о нижеследующем:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(указываются номера систем)

прошли обкатку в течение \_\_\_\_\_ согласно техническим условиям, паспорту.

2. В результате обкатки указанного оборудования установлено, что требования по его сборке и монтажу, приведенные в документации предприятий-изготовителей, соблюдены и неисправности в его работе не обнаружены.

Представитель заказчика \_\_\_\_\_  
(подпись)

Представитель генерального подрядчика \_\_\_\_\_  
(подпись)

Представитель монтажной организации \_\_\_\_\_  
(подпись)

Предприятие \_\_\_\_\_  
Цех \_\_\_\_\_

Утверждаю:  
\_\_\_\_\_  
руководитель предприятия  
" " \_\_\_\_\_ 20 г.

АКТ № \_\_\_\_\_  
приемки оборудования из текущего ремонта

Составлен начальником цеха \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

и механиком (энергетиком) цеха \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

с одной стороны,  
и начальником цеха (организации) \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

и мастером этого цеха (организации) \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

Проводившего ремонт с другой стороны, в том, что \_\_\_\_\_ числа \_\_\_\_\_ месяца 20 г. проведен текущий ремонт \_\_\_\_\_

наименование оборудования, агрегата  
в соответствии с графиком \_\_\_\_\_, согласно прилагаемой ремонтной ведомости № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Общая оценка качества выполненного ремонта в целом \_\_\_\_\_

Начало ремонта \_\_\_\_\_

Конец ремонта \_\_\_\_\_

Перечень выполненных работ, не предусмотренных ремонтной ведомостью

Перечень невыполненных работ, предусмотренных ремонтной ведомостью и причины невыполнения

Начальник цеха \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Начальник цеха, ответственного за ремонт \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Механик (энергетик цеха) \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Мастер, производивший ремонт \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

## Практическая работа № 8

### Анализ мероприятий по испытанию компрессора на прочность

Цель работы:

1. На основании полученных результатов по испытанию провести анализ мероприятий по испытанию.
2. Получить навыки в заполнении актов испытания.

Приборы и инструменты: испытательный стенд, галоидная лампа или галоидный течеискатель, манометры, ванна с водой.

#### Теоретическая справка

Смонтированные компрессоры до сдачи в эксплуатацию должны быть подвергнуты испытаниям вхолостую, а затем под нагрузкой.

В процессе испытаний устраняются обнаруженные неисправности и дефекты.

Компрессоры должны подвергаться приемо - сдаточным, периодическим, типовым испытаниям и испытаниям на надежность. Приемо-сдаточным испытаниям подвергают каждый компрессор в части герметичности кожуха компрессора, в части объемной производительности и потребляемой мощности при работе на воздухе.

Периодическим испытаниям подвергают компрессоры, прошедшие приемо-сдаточные испытания.

Периодические испытания проводят не реже одного раза в два года.

Для периодических испытаний отбирают по три компрессора для каждой проверки на соответствие требованиям:

- в части остаточной влаги;
- в части остаточного загрязнения;
- в части прочности кожуха компрессора;
- в части удельной холодопроизводительности при работе на хладоне,

Типовые испытания следует проводить при изменении конструкции, материалов, технологии, если эти изменения могут оказать существенное влияние на качество изделия.

Объем испытаний и число изделий, подвергаемых испытаниям, устанавливают при составлении программы испытаний.

Испытания на соответствие в части стойкости к ударным нагрузкам при маневрировании проводят при типовых испытаниях.

Проверка надежности должна осуществляться путем контрольных стендовых испытаний и оценки по отказам компрессоров в эксплуатации.

Контрольные стендовые испытания на безотказность должны проводиться не реже одного раза в три года.

Оценка надежности по результатам эксплуатации должна проводиться по методике завода-изготовителя: на безотказность - один раз в год, на долговечность - один раз в два года.

Для контрольных стендовых испытаний на надежность отбирают компрессоры, прошедшие приемо-сдаточные испытания.

Прочность компрессора проверяют в специальной камере под гидродавлением, равным  $(19,6 \cdot 10^3 \pm 9,8 \cdot 10^4)$  Па, в течение 1 мин. Результаты испытания считают удовлетворительными, если после снятия давления не наблюдается повреждений сварных и паяных швов и проходных контактов, нет визуально различимых деформаций и компрессор в части герметичности соответствует требованиям ГОСТ 17008 — 85.

#### Контрольные вопросы

1. Каким испытаниям подвергают компрессоры?
2. В каких случаях проводят типовые испытания?
3. Проверка компрессора на прочность.

#### Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Ответить на контрольные вопросы.
3. Заполнить Акты.

АКТ  
ИНДИВИДУАЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ

выполненного в \_\_\_\_\_  
(наименование объекта строительства, здания, цеха)

г. \_\_\_\_\_ « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Комиссия в составе представителей:

Заказчика \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, ФИО)

генерального подрядчика \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, ФИО)

монтажной организации \_\_\_\_\_  
(наименование организации, должность, ФИО)

составили настоящий акт о нижеследующем:

1. \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

(указываются номера систем)

прошли обкатку в течение \_\_\_\_\_ согласно техническим условиям, паспорту.

2. В результате обкатки указанного оборудования установлено, что требования по его сборке и монтажу, приведенные в документации предприятий-изготовителей, соблюдены и неисправности в его работе не обнаружены.

Представитель заказчика \_\_\_\_\_  
(подпись)

Представитель генерального подрядчика \_\_\_\_\_  
(подпись)

Представитель монтажной организации \_\_\_\_\_  
(подпись)

Предприятие \_\_\_\_\_  
Цех \_\_\_\_\_

Утверждаю:  
\_\_\_\_\_   
руководитель предприятия  
" " \_\_\_\_\_ 20 г.

АКТ № \_\_\_\_\_  
приемки оборудования из текущего ремонта

Составлен начальником цеха \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

и механиком (энергетиком) цеха \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

с одной стороны,  
и начальником цеха (организации) \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

и мастером этого цеха (организации) \_\_\_\_\_  
Подпись (Ф.И.О.)

Проводившего ремонт с другой стороны, в том, что \_\_\_\_\_ числа \_\_\_\_\_ месяца 20 г. проведен текущий ремонт \_\_\_\_\_

наименование оборудования, агрегата  
в соответствии с графиком \_\_\_\_\_, согласно прилагаемой ремонтной ведомости № \_\_\_\_\_ от «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Общая оценка качества выполненного ремонта в целом \_\_\_\_\_

Начало ремонта \_\_\_\_\_

Конец ремонта \_\_\_\_\_

Перечень выполненных работ, не предусмотренных ремонтной ведомостью

Перечень невыполненных работ, предусмотренных ремонтной ведомостью и причины невыполнения

Начальник цеха \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Начальник цеха, ответственного за ремонт \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Механик (энергетик цеха) \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

Мастер, производивший ремонт \_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20 г.

## Практическая работа №9

Анализ мероприятий по испытанию аммиачных трубопроводов на прочность

Цель работы:

1. На основании полученных результатов по испытанию провести анализ мероприятий по испытанию.
2. Получить навыки в заполнении актов испытания.

Приборы и инструменты:

- Манометры (2 шт.) класса точности не ниже 1,5 с диаметром корпуса не менее 160 мм и шкалой с максимальным значением, равным  $4/3$  измеряемого давления;
- баллоны с азотом;
- редуктор с предохранительным клапаном, предназначенный для работы с азотом.

### Теоретическая справка

Все технологические трубопроводы по окончании монтажа подвергают наружному осмотру, испытанию на прочность и плотность. Вид испытания (на прочность и плотность), способ испытания и величина испытательного давления указываются в проекте для каждого трубопровода. Необходимость испытаний холодильной системы на прочность определяется организацией-разработчиком холодильного оборудования

Порядок проведения всех видов испытаний трубопроводов проводится с соблюдением требований РД 38.13.004-86 «Эксплуатация и ремонт технологических трубопроводов под давлением» и Правил устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.

Испытание трубопроводов на прочность и плотность производится одновременно и может быть гидравлическим или пневматическим. Величины испытательного давления для стальных технологических трубопроводов, как при гидравлическом, так и при пневматическом методах испытаний на прочность указаны в табл.1.

Величина испытательного давления технологических трубопроводов назначается в зависимости от рабочего (расчетного) давления, принятого для данного трубопровода.

Допустимый процент падения давления для аммиакопроводов – не более 0,1% в час при длительности испытаний не менее 24 ч.

Таблица 1 – Величины испытательного давления

Транспортируемые жидкость, газ	Рабочее давление $P_{\text{раб}}$ , кг/см <sup>3</sup>	Давление испытания, кг/см <sup>3</sup>		Вакуумирование		Длительность испытания	Примечания
		Гидравлическое	Пневматическое	Давление мм РТ. Ст.	Длительность испытаний, ч		
		На прочность	На прочность			На прочность	
Аммиак сторона всасывания	10		12	40	18	5	Испытать воздухом
сторона нагнетания	15		18				

### Порядок выполнения работы при испытаниях на прочность

Давление для проведения испытаний на прочность указывается в технической документации конкретной холодильной установки и зависит от области её применения и типа хладагента

Испытания холодильного контура на прочность проводятся путем заполнения магистралей сухим (точка росы не выше -40 °С) азотом под давлением.

1. Установить один манометр у источника давления, а второй—в самой удаленной точке системы.

2. В холодильном контуре открыть запорные вентили и при необходимости — электромагнитные клапаны — так, чтобы каждый участок контура имел возможность подачи и сброса азота. Испытываемый трубопровод холодильного контура должен быть отсоединен от других элементов с использованием металлических заглушек с прокладками, имеющими хвостовики, выступающие за пределы фланцев не менее, чем на 20 мм. Толщина заглушки указывается в документации.

3. Места расположения заглушек на время проведения испытания должны быть отмечены предупредительными знаками, и пребывание около них людей не допускается.

4. Отключить от контура все приборы КИПиА, а также другие элементы, не рассчитанные на давление испытания.

5. Поднять давление в контуре до величины давления испытания. Подъем давления следует осуществлять со скоростью не выше 1 бар в минуту.

При достижении давления, равного 0,3 и 0,6 давления испытания, а также при давлении испытания, необходимо прекратить повышение давления и провести промежуточный осмотр и проверку наружной поверхности контура. Под давлением испытания система должна находиться не менее 10 мин, после чего давление следует постепенно снизить до расчетного, также указанного в документации. Затем следует осмотреть наружную поверхность трубопроводов с проверкой герметичности швов и разъемных соединений мыльным раствором.

6. Результаты признаются удовлетворительными, если во время испытаний не произошло разрывов, видимых деформаций, падения давления по показаниям манометра.

7. При обнаружении утечек, деформаций, разрывов необходимо сбросить давление из контура, выполнить работы по устранению неисправностей и повторить предыдущие операции.

Таблица 2 – Задания для аудиторной работы

Вариант	Транспортируемый газ	Давление испытания пневматическое на прочность, кг/см <sup>3</sup>	Длительность испытания на прочность, час	Давление после испытания на прочность, кг/см <sup>3</sup>	Вывод
1	Аммиак сторона всасывания	12	5	12	
2	Аммиак сторона нагнетания	25	5	25	
3	Аммиак сторона нагнетания	18	5	18	
4	Аммиак сторона всасывания	12	5	12	

#### Контрольные вопросы:

- 1 Кто принимает решение о проведении испытаний на прочность?
- 2 Какова последовательность действий при проведении испытаний на прочность?

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.

2. Заполнить таблицу 2
3. Заполнить Акт испытаний.
4. Ответить на контрольные вопросы

**АКТ ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДА**

Город \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_ (месторасположение \_\_\_\_\_ объекта, \_\_\_\_\_ отделение, \_\_\_\_\_ корпус)

\_\_\_\_\_ (наименование монтажной организации)

Мы, нижеподписавшиеся, представители монтажной организации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ и проектной организации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ (наименование - в случае осуществления по СНиП 1.06.05-85 авторского надзора,

\_\_\_\_\_ Ф.И.О., должность)

произвели \_\_\_\_\_ испытание на \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прочность, герметичность)

способом \_\_\_\_\_ участков

\_\_\_\_\_ (гидравлическим, пневматическим)

трубопровода \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (№ чертежа, буквенно-цифровое обозначение участков)

Испытание проводилось \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (испытательная среда)

на прочность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

на герметичность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

Продолжительность испытания \_\_\_\_\_ ч

Испытание произведено в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стальных технологических трубопроводов», рабочей документацией, НТД [технологические карты, производственные инструкции - для трубопроводов с рабочим давлением свыше 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>)].

Во время испытаний трубопровода дефектов не обнаружено и он признан выдержавшим испытание.

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

## Практическая работа №10

### Анализ мероприятий по испытанию хладонных трубопроводов на прочность

Цель работы:

1. На основании полученных результатов по испытанию провести анализ мероприятий по испытанию.
2. Получить навыки в заполнении актов испытания.

Приборы и инструменты:

\* Манометры (2 шт.) класса точности не ниже 1,5 с диаметром корпуса не менее 160 мм и шкалой с максимальным значением, равным 4/3 измеряемого давления;

### Теоретическая справка

Все технологические трубопроводы по окончании монтажа подвергаются наружному осмотру, испытанию на прочность. Способ испытания и величина испытательного давления указываются в проекте для каждого трубопровода. Необходимость испытаний холодильной системы на прочность определяется организацией-разработчиком холодильного оборудования.

Техническое освидетельствование заключается в предварительном внешнем и внутреннем осмотре (в доступных местах) аппарата (сосуда) и в испытании на прочность давлением (табл. 1).

Таблица 1 – Избыточное давление испытания

Хлад-агент	Сторона давления	Охлаждение конденсатора	Избыточное давление испытания аппаратов (сосудов) и трубопроводов, МПа (кгс/см <sup>2</sup> )	
			Исполнение оборудования У и УХЛ по ГОСТ 15150-69	Исполнение оборудования Т по ГОСТ 15150-69
			на прочность $P_{пр} = 1,3P_{расч}$	на прочность $P_{пр} = 1,3P_{расч}$
	Высокого	Воздухом	2,1 (21)	2,4 (24)
	Низкого	-		-
R12	Высокого	Водой	2,1 (21)	2,1 (21)
	Низкого		1,3(13)	1,6 (16)
R22	Высокого	Воздухом	2,7 (27)	3,0 (30)
		Водой	2,4 (24)	2,7 (27)
R502	Низкого		2,1 (21)	2,1 (21)

Допустимый процент падения давления для фреоновых трубопроводов – не более 0,1% в час при длительности испытаний не менее 24 ч.

Допускается испытание на прочность проводить хладом в аппаратах, где возможно создание необходимого давления хладагента путем, например, прокачки подогретой воды или другого теплоносителя через испытываемый аппарат.

Если срок консервации, установленный заводом-изготовителем, более 12 мес, то в холодильных агрегатах, поставляемых заполненными маслом и газом-консервантом и сохранивших избыточное давление до пуска в работу, при техническом освидетельствовании (в пределах срока складской консервации до трех лет) разрешается испытание на прочность аппаратов не производить.

Таблица 2 – Давление испытания

Транспортируемые жидкость, газ	Рабочее давление $P_{\text{раб}}$ , кг/см <sup>3</sup>	Давление испытания, кг/см <sup>3</sup>		Вакуумирование		Длительность испытания	Примечания
		Гидравлическое	Пневматическое	Давление мм РТ. Ст.	Длительность испытаний, ч		
		На прочность	На прочность			На прочность	
Фреон-12							
сторона всасывания	10	-	12				Испытать инертным газом
сторона нагнетания	16	-	20	40	18	5	
Фреон-22							
сторона всасывания	10	-	20				То же
сторона нагнетания	16	-	25	40	18	5	

#### Контрольные вопросы:

1. В каких случаях проводят испытания на прочность?
2. Чему равен допустимый процент падения давления для фреоновых трубопроводов?
3. В каких случаях разрешается испытание на прочность аппаратов не производить.

Таблица 3 – Задания для аудиторной работы

Вариант	Транспортируемый газ	Давление испытания пневматическое на плотность, кг/см <sup>3</sup>	Длительность испытания на плотность, час	Давление после испытания на плотность кг/см <sup>3</sup>	Вывод
1	Фреон-12 сторона всасывания	10	24	9,5	
2	Фреон-22 сторона нагнетания	20	24	19,5	
3	Фреон-12 сторона нагнетания	15	24	14,6	
4	Фреон-22 сторона всасывания	10	24	9,7	

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Заполнить таблицу 3.
3. Заполнить Акт испытаний.
4. Ответить на контрольные вопросы:

**АКТ ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДА**

Город \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_ (месторасположение объекта, отделение, корпус)

\_\_\_\_\_ (наименование монтажной организации)

Мы, нижеподписавшиеся, представители монтажной организации \_\_\_\_\_, технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ и проектной организации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ (наименование - в случае осуществления по СНиП 1.06.05-85 авторского надзора,

\_\_\_\_\_ Ф.И.О., должность)

произвели \_\_\_\_\_ испытание на \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прочность, герметичность)

способом \_\_\_\_\_ участков

\_\_\_\_\_ (гидравлическим, пневматическим)

трубопровода \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (№ чертежа, буквенно-цифровое обозначение участков)

Испытание проводилось \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (испытательная среда)

на прочность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

на герметичность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

Продолжительность испытания \_\_\_\_\_ ч

Испытание произведено в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стальных технологических трубопроводов», рабочей документацией, НТД [технологические карты, производственные инструкции - для трубопроводов с рабочим давлением свыше 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>)].

Во время испытаний трубопровода дефектов не обнаружено и он признан выдержавшим испытание.

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

## Практическая работа №11

Анализ мероприятий по испытанию аммиачных трубопроводов на плотность

Цель работы:

1. На основании полученных результатов по испытанию провести анализ мероприятий по испытанию.
2. Получить навыки в заполнении актов испытания.

Приборы и инструменты:

- Манометры (2 шт.) класса точности не ниже 1,5 с диаметром корпуса не менее 160 мм и шкалой с максимальным значением, равным  $4/3$  измеряемого давления;
- баллоны с азотом;
- редуктор с предохранительным клапаном, предназначенный для работы с азотом.

### Теоретическая справка

Проверка холодильного контура на плотность (опрессовка) проводится в обязательном порядке для обнаружения мест возможных утечек хладагента, а также после завершения ремонтных работ, связанных с разгерметизацией холодильного контура.

Испытания на плотность проводятся отдельно по сторонам высокого и низкого давления. При равенстве давлений испытания для стороны высокого и низкого давления, например, для установок с воздухоохладителями, допускается проводить испытание на плотность всей системы.

Давление для проведения испытаний на плотность назначается организацией-разработчиком и указывается в технической документации. Оно зависит от области применения установки и типа хладагента. Величины испытательного давления для стальных технологических трубопроводов, как при гидравлическом, так и при пневматическом методах испытаний на прочность и плотность указаны в табл.1.

Допустимый процент падения давления для аммиакопроводов и фреоновых трубопроводов – не более 0,1% в час при длительности испытаний не менее 24 ч.

### Порядок выполнения работы

- Установить один манометр у источника давления, а второй—в самой удаленной точке системы.
- В холодильном контуре открыть запорные вентили и, при необходимости, электромагнитные клапаны так, чтобы каждый участок контура имел возможность подачи и сброса азота.
- Поднять давление в контуре до величины давления испытания. Подъем следует осуществлять со скоростью не выше 1 бар в минуту. При достижении давления, равного 0,3 и 0,6 давления испытания, необходимо прекратить повышение давления и провести промежуточный осмотр и проверку наружной поверхности контура.
- Не производить никаких манипуляций с установкой в течение не менее 3 часов для выравнивания температур внутренней и наружной среды. Зафиксировать давление в контуре и температуру окружающей среды.
- Выдержать установку под давлением не менее 12 часов. По прошествии данного времени, проверить давление в контуре. Изменений давления, кроме вызванных колебаниями температуры окружающей среды, быть не должно. Эти изменения определяются следующей зависимостью:
$$P_1/P_2=T_1/T_2,$$
где  $P_1, P_2$  – абсолютные значения давления газа в контуре, бар,  
 $T_1, T_2$  – термодинамическая температура газа в контуре, К.
- Если во время испытаний не произошло разрывов, видимых деформаций, падения давления по показаниям манометра, их результаты признаются удовлетворительными.
- При обнаружении утечек, деформаций, разрывов необходимо сбросить давление из контура, выполнить работы по устранению неисправностей и повторить предыдущие операции.

### Контрольные вопросы:

1. В каких случаях проводят испытания на плотность?
2. Какова последовательность действий при проведении испытаний на плотность и прочность?

Таблица 1 – Величины испытательного давления

Транспортируемые жидкость, газ	Рабочее давление $P_{\text{раб}}$ , кг/см <sup>3</sup>	Давление испытания, кг/см <sup>3</sup>				Вакуумирование		Длительность испытания		Примечания
		Гидравлическое		пневматическое						
		На прочность	На плотность	На прочность	На плотность	Давление мм РТ. Ст.	Длительность испытаний, ч	На прочность	На плотность	
Аммиак сторона всасывания	10	-	-	12	10	40	18	5	24	Испытать воздухом
сторона нагнетания	15	-	-	18	15					

Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Заполнить таблицу 2
3. Заполнить Акт испытаний.

Таблица 2 – Задания для аудиторной работы

Вариант	Транспортируемый газ	Давление испытания пневматическое на плотность, кг/см <sup>3</sup>	Длительность испытания на плотность, час	Давление после испытания на плотность кг/см <sup>3</sup>	Вывод
1	Аммиак сторона всасывания	10	24	9,5	
2	Аммиак сторона нагнетания	20	24	19,5	
3	Аммиак сторона нагнетания	15	24	14,6	
4	Аммиак сторона всасывания	10	24	9,7	

## АКТ ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДА

Город \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_ (месторасположение объекта, отделение, корпус)

\_\_\_\_\_ (наименование монтажной организации)

Мы, нижеподписавшиеся, представители монтажной организации \_\_\_\_\_, технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ и проектной организации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ (наименование - в случае осуществления по СНиП 1.06.05-85 авторского надзора,

\_\_\_\_\_ Ф.И.О., должность)

произвели \_\_\_\_\_ испытание на \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прочность, герметичность)

способом \_\_\_\_\_ участков

\_\_\_\_\_ (гидравлическим, пневматическим)

трубопровода \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (№ чертежа, буквенно-цифровое обозначение участков)

Испытание проводилось \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (испытательная среда)

на прочность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

на герметичность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

Продолжительность испытания \_\_\_\_\_ ч

Испытание произведено в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стальных технологических трубопроводов», рабочей документацией, НТД [технологические карты, производственные инструкции - для трубопроводов с рабочим давлением свыше 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>)].

Во время испытаний трубопровода дефектов не обнаружено и он признан выдержавшим испытание.

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

## Практическая работа №12

### Анализ мероприятий по испытанию хладоновых трубопроводов на плотность

Цель работы:

1. На основании полученных результатов по испытанию провести анализ мероприятий по испытанию.
2. Получить навыки в заполнении актов испытания.

Приборы и инструменты:

\* Манометры (2 шт.) класса точности не ниже 1,5 с диаметром корпуса не менее 160 мм и шкалой с максимальным значением, равным 4/3 измеряемого давления.

### Теоретическая справка

Техническое освидетельствование аппаратов (сосудов) фреоновых установок, подлежащих действию «Правил устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением», но не регистрируемых в органах Госгортехнадзора, должно проводиться предприятием-владельцем сосудов до пуска в работу, периодически в процессе эксплуатации и досрочно.

Техническое освидетельствование заключается в предварительном внешнем и внутреннем осмотре (в доступных местах) аппарата (сосуда) и в испытании на плотность давлением (табл. 1).

Таблица 1 Давления для испытаний

Хлад-агент	Сторона давления	Охлаждение конденсатора	Избыточное давление испытания аппаратов (сосудов) и трубопроводов, Мпа (кгс/см <sup>2</sup> )	
			Исполнение оборудования У и УХЛ по ГОСТ 15150—69	Исполнение оборудования Т по ГОСТ 15150—69
			на плотность Рпл = Ррасч	на плотность Рпл = Ррасч
		Воздухом	1,6 (16)	1,8 (18)
	Высокого	-----		-----
R12		Водой		1,6 (16)
	Низкого		1,0(10)	1,2(12)
R22	Высокого	Воздухом	2,0(20)	2,3 (23)
		Водой	1,8 (18)	2,0 (20)
R502	Низкого		1,6 (16)	1,6 (16)

Для аппаратов (сосудов), изготовленных до введения в действие настоящих Правил, допускается проведение испытаний тем же давлением, что и на заводе-изготовителе.

Испытание аппаратов (сосудов) давлением может быть пневматическим на такое же пробное давление сухим инертным газом (азотом или углекислотой) или сухим воздухом с точкой росы не более минус 40°С (испытание водой запрещается).

При техническом освидетельствовании до пуска в работу испытание вновь установленного аппарата (сосуда) разрешается не производить, если с момента проведения такого испытания на заводе-изготовителе прошло менее 12 мес, сосуд не получил повреждений при транспортировке к месту установки и монтаж его производился без применения сварки или пайки элементов, работающих под давлением.

В холодильных агрегатах, поставляемых на место монтажа полностью заполненными хладоном и маслом, перед пуском в работу аппараты (сосуды) должны быть подвергнуты контролю только внешним осмотром и проверке наличия хладона в агрегате.

Если срок консервации, установленный заводом-изготовителем, более 12 мес, то в холодильных агрегатах, поставляемых заполненными маслом и газом-консервантом и сохранивших избыточное давление до пуска в работу, при техническом освидетельствовании (в пределах срока складской консервации до трех лет) следует подвергнуть внешнему и в доступных местах внутреннему осмотру с последующим испытанием на плотность вместе с системой смонтированных трубопроводов.

Давление при испытании следует поднимать постепенно с осмотром аппаратов (сосудов) при достижении 0,3 и 0,6 пробного давления с прекращением подъема давления на время осмотра.

После этого давление поднимается до пробного и под этим давлением аппарат (сосуд) должен находиться в течение 5 мин, после чего давление постепенно снижается до расчетного, при котором производится осмотр аппарата (сосуда) с контролем плотности его швов и разъемных соединений.

Аппарат (сосуд) признается выдержавшим испытание, если: в нем не окажется признаков разрыва; не будут замечены течи и потения в сварных швах, а при пневматическом испытании — пропуск газа; не будут замечены видимые остаточные деформации после испытаний.

Система трубопроводов после монтажа должна быть тщательно продута и испытана на плотность пробным давлением сухого воздуха

или инертного газа с точкой росы не более минус 40°С отдельно по сторонам высокого и низкого давлений в соответствии с табл. 1 и СНиП 3.05.05—84.

Система трубопроводов и аппаратов (сосудов) должна быть испытана на плотность (герметичность) давлением сухого воздуха или инертного газа отдельно по сторонам высокого и низкого давлений в соответствии с табл. 6.1 и выдержкой под давлением в течение 18 ч с записью давления через каждый час. В течение первых 6 ч давление может меняться вследствие выравнивания температур внутренней и окружающей сред. В течение последующих 12 ч давление не должно меняться при условии постоянства температуры окружающего воздуха, в противном случае должен быть произведен пересчет.

Испытание на плотность должно проводиться до изоляции трубопроводов и аппаратов.

Пневматическое испытание аппаратов (сосудов) и системы трубопроводов пробным давлением должно проводиться с соблюдением следующих мер безопасности: вентиль на наполнительном трубопроводе от источника давления и манометры должны быть выведены за пределы охранной зоны. Находиться кому-либо в этой зоне в период нагнетания воздуха или инертного газа и при выдерживании пробного давления запрещается; на испытываемом аппарате (сосуде) или системе трубопроводов должно быть не менее одного предохранительного клапана, отрегулированного на открытие при давлении, превышающем соответствующее пробное давление не более, чем на 0,1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>).

При проведении испытаний системы трубопроводов и аппаратов (сосудов) на плотность с определением падения давления на время испытания охранную зону не устанавливают.

При испытании система должна оставаться под вакуумом в течение 18 ч с записью давления через каждый час. В течение первых 6 ч допускается повышение давления не более, чем на 0,5 кПа (4 мм рт. ст.). В остальное время давление может изменяться только на величину, соответствующую изменению температуры окружающего воздуха.

После заполнения установки хладоном должна быть проведена дополнительная проверка плотности всех соединений системы с помощью течеискателя.

## Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Заполнить Акт испытаний.

## АКТ ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДА

Город \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ г.

\_\_\_\_\_ (месторасположение объекта, отделение, корпус)

\_\_\_\_\_ (наименование монтажной организации)

Мы, нижеподписавшиеся, представители монтажной организации \_\_\_\_\_, технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (наименование, Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ и проектной организации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ (наименование - в случае осуществления по СНиП 1.06.05-85 авторского надзора,

\_\_\_\_\_ Ф.И.О., должность)

произвели \_\_\_\_\_ испытание на \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прочность, герметичность)

способом \_\_\_\_\_ участков

\_\_\_\_\_ (гидравлическим, пневматическим)

трубопровода \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (№ чертежа, буквенно-цифровое обозначение участков)

Испытание проводилось \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (испытательная среда)

на прочность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

на герметичность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

Продолжительность испытания \_\_\_\_\_ ч

Испытание произведено в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стальных технологических трубопроводов», рабочей документацией, НТД [технологические карты, производственные инструкции - для трубопроводов с рабочим давлением свыше 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>)].

Во время испытаний трубопровода дефектов не обнаружено и он признан выдержавшим испытание.

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (фамилия, и.о.)

## Практическая работа №13

### Анализ мероприятий по гидравлическим испытаниям рассольных трубопроводов

#### Цель работы:

Ознакомление с методикой проведения гидравлических испытаний рассольных и водяных трубопроводов.

Инструменты и приспособления: манометры, насос, молоток, вентили, заглушки.

#### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности, рабочей схемой испытания, методиками проведения и обработки результатов испытания.
2. Проверить наличие на опытном стенде измерительных приборов, их включение и исправность.

#### Теоретическая справка

Гидравлические испытания трубопроводов — это комплекс мероприятий, которые могут проводиться на разных этапах эксплуатации трубопроводов, но чаще всего эти испытания выполняются сразу после прокладки коммуникации, перед её запуском. Сети, которые работают под давлением, в обязательном порядке должны проверяться (в соответствии с положениями СНиП) на различные дефекты. Это нужно для того, чтобы предотвратить возникновение аварийной ситуации.

Во время гидравлических испытаний определяется прочность и герметичность конструкции, также определяется её объём. Подобные проверки проходят все виды трубопроводов на разных эксплуатационных этапах.

Перед испытанием каждую систему трубопроводов осматривают для выявления видимых дефектов, установки и затяжки всех болтовых соединений, проверки возможности выпуска воздуха в верхней части и воды в нижней части системы.

Испытания трубопроводов проводят до их теплоизоляции. Устройство теплоизоляции до испытаний допускают только в случае изготовления трубопровода из бесшовных труб и на участках между сварными стыками.

Гидравлические испытания рассольных трубопроводов проводят одновременно с испытаниями соответствующих полостей испарителей и конденсаторов.

Испытуемый трубопровод заполняют водой из водопровода. При этом на нем должны быть открыты краны для спуска воздуха и воздушные краны и установлены манометры. После появления воды воздушные краны закрывают, и давление поднимают насосом или гидравлическим прессом до рабочего. Трубопровод осматривают и давление поднимают до пробного, при котором систему выдерживают в течение 5 мин. После этого давление снижают до рабочего и сварные швы обстукивают молотком. Удары наносят по металлу трубы рядом со швом. Все неплотности в соединениях, а также подварку дефектов выполняют только после сброса давления.

#### Последовательность проведения работ

Мероприятия по гидравлической проверке выполняются в определённой последовательности. Рассмотрим основные этапы этого процесса:

1. Очистка трубопроводной сети.
2. Монтаж кранов, заглушек и измерительного оборудования (манометров).
3. Подключение воды и гидравлического пресса.
4. Наполнение коммуникации водой до нужного уровня.
5. Проверка трубопроводной конструкции на наличие повреждений (деформированные места отмечаются).
6. Ремонт проблемных участков.
7. Выполнение повторной проверки.
8. Отключение от трубопровода и удаление жидкости из системы.
9. Демонтаж кранов, заглушек и манометров.

Все эти манипуляции необходимо производить в соответствии со строительными нормами и правилами, чтобы исключить халатность и аварийные ситуации.

Существует, как минимум, восемь подходов к выбору величины испытательного давления, везде рассматриваются повреждения коррозионной природы, а также используется связь давления с диаметром трубопровода. Принимается во внимание, что на выбор величины должны влиять как марка стали, так и геометрические характеристики трубопровода и прочностные характеристики сварной конструкции. Связь в виде прямо - и обратно пропорциональных зависимостей не соответствует современным представлениям о механизме разрушения металлического трубопровода. Положение, согласно которому разрушение стенки трубы при гидравлическом испытании происходит, когда напряжение в стенке достигает временного сопротивления разрыву, является чрезвычайно упрощенным. Имеется методика определения максимального давления опрессовки с учетом

толщины стенки в рассматриваемый момент, скорости коррозии, величины диаметра и марки стали трубопровода.

При отрицательной температуре окружающего воздуха гидравлическое испытание трубопровода проводят, обеспечив необходимые меры против замерзания воды, особенно в спускных линиях (предварительный прогрев или добавление водного раствора хлористого кальция).

После гидравлического испытания в осенне-зимнее время трубопроводы продувают сжатым воздухом, чтобы полностью удалить воду. Продувать следует очень тщательно, чтобы избежать застоя воды в нижних точках трубопровода.

#### Контрольные вопросы:

1. В каком порядке проводят гидравлическое испытание трубопровода?
2. В чем заключается особенность гидравлического испытания трубопровода при отрицательной температуре окружающего воздуха?

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.

## Практическая работа №14

### Анализ мероприятий по гидравлическим испытаниям водяных трубопроводов

Цель работы: Ознакомление с методикой проведения гидравлических испытаний водяных трубопроводов.

#### Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с правилами техники безопасности, рабочей схемой испытания, методиками проведения и обработки результатов испытания.
2. Проверить наличие на опытном стенде измерительных приборов, их включение и исправность.
3. Рассчитать диаметр трубопровода нагнетательного трубопровода.

#### Теоретическая справка

Гидравлические испытания водяных трубопроводов проводят одновременно с испытаниями соответствующих полостей испарителей и конденсаторов. Испытуемый трубопровод заполняют водой из водопровода, при этом на нем должны быть открыты краны для спуска воздуха и установлены манометры. После появления воды воздушные краны закрывают, и давление поднимают насосом или гидравлическим прессом до рабочего. Трубопровод осматривают, и давление поднимают до пробного, при котором систему выдерживают в течение 5 мин. После этого давление снижают до рабочего, и сварные швы обстукивают молотком. Удары наносят по металлу трубы рядом со швом. Все неплотности в соединениях, а также подварку дефектов выполняют только после сброса давления. При пониженных температурах в атмосфере гидравлическое испытание проводят раствором хлористого кальция или заменяют пневматическим.

В случае проведения пневматических испытаний трубопроводов все операции по набору давления проводят плавно, и трубопровод осматривают при достижении давления от 0,3 до 0,6 давления испытания. При пневматических испытаниях на прочность систему выдерживают также в течение 5 мин. Если в течение 5 мин давление не снижается, то прочность трубопровода считается удовлетворительной, и трубопровод испытывают на плотность при рабочем давлении. Течи и неплотности трубопровода при пневматических испытаниях определяют обмыливанием мыльной водой или

используют галоидные и гелиевые течеискатели. Для этих целей в азот или воздух при испытаниях добавляют хладон или гелий. Каждый этап очистки систем и испытаний оформляют актом. После окончания всех работ по испытаниям приступают к теплоизоляционным работам. Окончание всех монтажных и строительных работ фиксируют актом передачи холодильной установки в пусконаладочные работы, для чего рабочая комиссия проверяет выполнение всех работ на соответствие проекту, оформление технической документации и качество выполненных работ. После гидравлических испытаний на прочность и плотность водяные трубопроводы промывают водой до полного удаления из них окалина металла, песка и грязи. Трубопроводы промывают при возможно большей скорости воды в трубопроводе до получения чистой отходящей из трубопроводов воды.

Трубопроводы для воды выполняют из сварных газопроводных и из бесшовных труб. Диаметры труб выбираются в зависимости от объема перемещаемой жидкости или пара и скорости движения в трубопроводе.

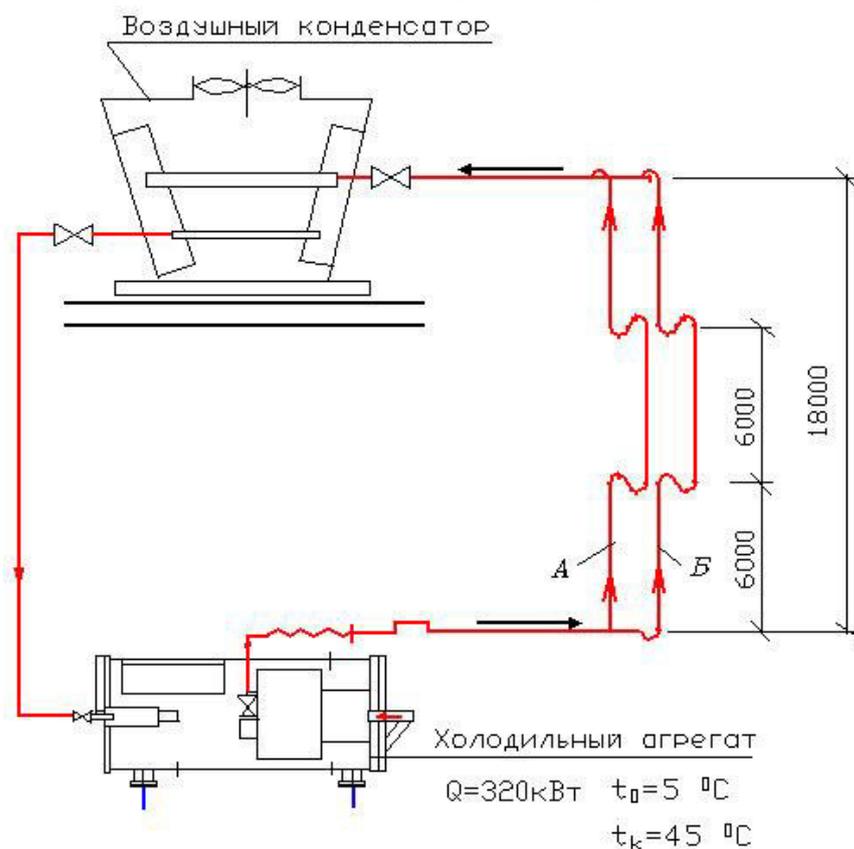


Рисунок 1 Схема трубопровода

Пример решения задачи на определение диаметров нагнетательных трубопроводов холодильной машины.

Определить диаметры нагнетательных трубопроводов холодильной машины для охлаждения воды в системе кондиционирования воздуха, с учетом следующих исходных данных:

- холодильная нагрузка.....320 кВт;
- диапазон регулирования производительности.....100-25 %;
- холодильный агент.....R 410A;
- температура кипения..... $t_0 = 5\text{ }^\circ\text{C}$ ;
- температура конденсации..... $t_k = 45\text{ }^\circ\text{C}$ .

Размеры и конфигурация трубопроводов приведены на рис.1.

Схема холодильного цикла в диаграмме  $i\text{-lg } p$  (для фреона R 410A) представлена на рис. 1.

Параметры фреона R410A в узловых точках цикла приведены в таблице 1.

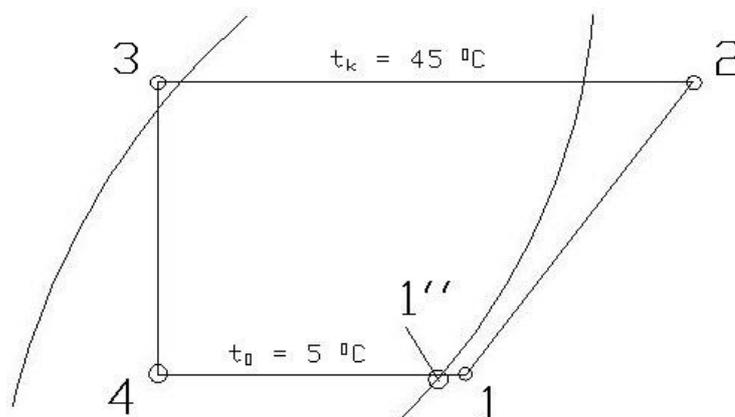


Рисунок. 2. Схема холодильного цикла в диаграмме  $i\text{-lg } p$  (для фреона R404A)

Таблица 1- Параметры фреона R410A в узловых точках холодильного цикла

Точки	Температура, °C	Давление, Бар	Энтальпия, кДж/кг	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
1	10	9,30	289	34,6
1''	5	9,30	131	34,6
2	75	27,2	331	88,5
3	43	27,2	131	960
4	5	9,30	131	-

Решение.

Определение диаметров трубопроводов начинаем с трубопровода **A**, для которого известно, что скорость фреона в нем должна быть не менее 6 м/с, а расход фреона должен быть минимальным, т.е.

$$\text{при } Q_0 = 0,25 \cdot Q_{\text{км}} = 0,25 \times 320 = 80 \text{ кВт.}$$

1. удельная холодопроизводительность при температуре кипения  $t_0=5\text{ }^\circ\text{C}$ :

$$q_0 = 289 - 131 = 158 \text{ кДж/кг};$$

2. общий массовый расход фреона в трубопроводах (в нагнетательном патрубке компрессора):

$$G_{км} = Q_{о,км} / q_0 = 320 / 158 = 2,025 \text{ кг/с};$$

3. массовый расход фреона в трубопроводе А:

$$G_A = 0,25 \times 2,025 = 0,506 \text{ кг/с}.$$

4. Определяем диаметр трубопровода А:

$$d_A = \sqrt{\frac{4G_A}{\pi \rho_2 v_A}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,506}{3,14 \cdot 88,5 \cdot 6}} = 0,0348 \text{ м (35 мм)},$$

где:  $\rho_2$  - плотность нагнетаемых паров фреона (в точке "2" на рис.2).

Определяем диаметр трубопровода В:

$$d_B = d_A \left( \frac{G_{км} - G_A}{G_A} \right)^{2/5} = 0,032 \cdot \left( \frac{2,025 - 0,506}{0,506} \right)^{0,4} = 0,0496 \text{ м (50 мм)}.$$

Ответ:  $d_A = 35 \text{ мм}; d_B = 50 \text{ мм}$

Задание:

Определить диаметры нагнетательных трубопроводов холодильной машины для охлаждения воды в системе кондиционирования воздуха, с учетом следующих исходных данных (таблица 2)

Таблица 2 – Задания для аудиторной работы

№ варианта	холодильная нагрузка, $Q_{км}$ , кВт	точки	Температура, °С	Давление, Бар	Энтальпия, кДж/кг	Плотность, кг/м <sup>3</sup>
1	300	1	10	9,30	280	34,6
		1»	5	9,30	122	34,6
2	260	1	10	9,30	298	34,6
		1»	5	9,30	140	34,6
3	280	1	10	9,30	295	34,6
		1»	5	9,30	137	34,6
4	320	1	10	9,30	293	34,6
		1»	5	9,30	135	34,6

Содержание отчета

1. Наименование и цель работы.
2. Решить задачу.
3. Заполнить Акт испытаний.

Форма 8

**АКТ ИСПЫТАНИЯ ТРУБОПРОВОДА**

Город \_\_\_\_\_

«\_\_» \_\_\_\_\_ г.

(месторасположение \_\_\_\_\_ объекта, \_\_\_\_\_ отделение, \_\_\_\_\_ корпус)

(наименование монтажной организации)

Мы, нижеподписавшиеся, представители монтажной организации \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_, технического надзора заказчика \_\_\_\_\_

(наименование, Ф.И.О., должность)

\_\_\_\_\_ и проектной организации \_\_\_\_\_

(Ф.И.О., должность)

(наименование - в случае осуществления по СНиП 1.06.05-85 авторского надзора,

Ф.И.О., должность)

произвели \_\_\_\_\_ испытание на \_\_\_\_\_

(прочность, герметичность)

способом \_\_\_\_\_ участков

(гидравлическим, пневматическим)

трубопровода \_\_\_\_\_

(№ чертежа, буквенно-цифровое обозначение участков)

Испытание проводилось \_\_\_\_\_

(испытательная среда)

на прочность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

на герметичность давлением \_\_\_\_\_ МПа (кгс/см<sup>2</sup>)

Продолжительность испытания \_\_\_\_\_ ч

Испытание произведено в соответствии с «Правилами устройства и безопасной эксплуатации стальных технологических трубопроводов», рабочей документацией, НТД [технологические карты, производственные инструкции - для трубопроводов с рабочим давлением свыше 10 МПа (100 кгс/см<sup>2</sup>)].

Во время испытаний трубопровода дефектов не обнаружено и он признан выдержавшим испытание.

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(фамилия, и.о.)

\_\_\_\_\_  
(подпись)

\_\_\_\_\_  
(фамилия, и.о.)

## Практическая работа №15

### Анализ регулирования холодильной установки и выхода на оптимальный режим работы

#### Цель работы:

получение навыков правильно анализировать режим работы холодильной установки для выявления отклонений от оптимального режима работы.

#### Теоретическая справка

Режим работы холодильной установки определяется, прежде всего, внешними условиями, температурами охлаждаемого объекта, стабильностью тепловой нагрузки и параметрами окружающей среды. Режим работы холодильной установки характеризуется температурами и давлениями в различных частях холодильной установки и степенью заполнения отдельных аппаратов. Режим, при котором заданная температура в охлаждаемом объекте поддерживается с наименьшим коэффициентом рабочего времени, а расход электроэнергии, воды и затраты на ремонт будут минимальными называют оптимальным.

Оптимальный режим работы холодильной установки связан с поддержанием установленного уровня жидкого хладагента в испарительной системе и предотвращением попадания его во всасывающие полости компрессоров. Поддержание заданного уровня холодильного агента в испарительной системе является одним из наиболее важных процессов рабочего режима холодильных установок. Нежелательное изменение уровня холодильного агента приводит к ухудшению энергетических показателей работы холодильной установки, к трудностям ее эксплуатации, к возникновению аварийных режимов.

Нормальный режим работы холодильной установки, связанный с поддержанием установленного уровня жидкого холодильного агента в испарительной системе и предотвращением попадания его во всасывающие полости компрессоров, должен быть обеспечен прежде всего конструкцией схемы установки. Оптимальный режим работы холодильной установки зависит от множества факторов — технических характеристик и технического состояния холодильных камер, типов охлаждающих приборов и величины их теплопередающей поверхности, системы охлаждения, заданного температурно-влажностного режима в камерах, метеорологических условий, интенсивности поступления

продуктов на холодильник, стоимости воды и электроэнергии в заданном районе, способа охлаждения конденсатора и т. д.. Если такого режима не удастся добиться сразу, то следует вернуться к работе на ручном регулирующем вентиле. Осуществление нормального режима эксплуатации на ручном регулировании и невозможность достичь его при использовании ТРВ обуславливается неправильно выбранным терморегулирующим вентилем (здесь особенно следует обратить внимание на температурный режим работы холодильной установки) или дефектами самого вентиля или узла его подсоединения, которые могли быть вызваны несоблюдением правил монтажа прибора.

Наиболее часто встречающимися отклонениями, влияющими на экономичность и безопасность работы холодильной установки, являются: пониженная температура кипения хладагента в испарительной системе, повышенная температура конденсации пара в конденсаторе; повышенная или чрезмерно высокая температура пара на нагнетательной стороне компрессора.

**Температура кипения.** Значение температуры кипения устанавливается в зависимости от температурного режима охлаждаемого объекта. Перепад температур между воздухом охлаждаемого объекта и температурой кипения (средней температурой хладоносителя) равен 7—10 °С в зависимости от площади охлаждающих батарей. В испарителях для охлаждения жидкостей средняя разность температур между охлаждаемой жидкостью и кипящим хладагентом составляет 4—6 °С.

**Температура конденсации.** Разность между температурой конденсации и средней температурой воды, поступающей на конденсатор и отходящей из него, принимается равной 2—3 °С. Нагрев воздуха в воздушных конденсаторах принимается равным 5—6 °С, а температурный перепад — в пределах 6—9 °С. Температура конденсации определяется температурой и количеством охлаждающей воды (воздуха), состоянием теплопередающей поверхности и соотношением между производительностью конденсатора и включенных компрессоров. Перегрев пара на всасывании в компрессор принимается равным: для аммиачных одноступенчатых и высокой ступени двухступенчатых холодильных установок (компрессоров) 5—10 °С; для низкой ступени аммиачных двухступенчатых установок 10—20 °С; для хладоновых установок с регенеративными теплообменниками от 15 до 30 °С. При ручном регулировании подачи жидкого хладагента

необходимо постоянно контролировать перегрев пара на всасывании в компрессор, давление и температуру кипения в испарителе, температуру нагнетания. При уменьшении перегрева на всасывании и температуры нагнетания следует прикрыть регулирующий вентиль, при увеличении перегрева на всасывании и температуры нагнетания (если она не вызвана другими причинами) — приоткрыть регулирующий вентиль. Особенно сложно осуществляется ручное регулирование подачи жидкого хладагента в много объектных безнасосных испарительных системах. Переполнение даже одного из параллельно включенных испарителей приводит к влажному ходу компрессоров.

### Задание для аудиторной работы:

Выбрать рабочий режим для холодильной машины с температурой окружающей среды  $t_{окр}$  и температурой воздуха в камере для хранения  $t_{к.хр.}$ . Для чего принимаем: температуру кипения хладагента R22-  $t_{кип.хл.}$  на  $8^{\circ}\text{C}$  ниже температуры воздуха в камере, температура на входе в конденсатор  $t_{вх. кон.}$  на  $1^{\circ}\text{C}$  больше температуры окружающей среды, температура на выходе из конденсатора  $t_{вых. кон.}$  на  $4^{\circ}\text{C}$  больше температуры на входе в конденсатор, температура конденсации хладагента  $t_{кон.}$  на  $5^{\circ}\text{C}$  больше температуры на выходе из конденсатора. Температура жидкого хладагента на выходе из конденсатора  $t_{ж.вых. кон.}$  на  $2^{\circ}\text{C}$  ниже температуры конденсации хладагента, температура жидкого хладагента перед ТРВ с теплообменником  $t_{трв}$  на  $10^{\circ}\text{C}$  ниже температуры жидкого хладагента на выходе из конденсатора, температура хладагента на выходе из испарителя  $t_{вых.хл.}$  выше температуры кипения на  $7^{\circ}\text{C}$ .

Определить :  $t_{кип.хл.}$ ,  $t_{вх. кон.}$ ,  $t_{вых. кон.}$ ,  $t_{кон.}$ ,  $t_{ж.вых. кон.}$ ,  $t_{трв}$ ,  $t_{вых.хл.}$

Заполнить таблицу.

Вариант	$t_{окр}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{к.хр.}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{кип.хл.}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{вх. кон}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{вых. кон}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{кон.}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{ж.вых. кон.}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{трв}, ^{\circ}\text{C}$	$t_{вых.хл.}, ^{\circ}\text{C}$
1	28	-12							
2	27	-11,4							
3	29	-12,5							
4	26	-11,5							

#### Контрольные вопросы:

1. Дать определение, что такое оптимальный режим работы холодильной установки?
2. Что влияет на экономичность и безопасность работы холодильной установки

#### Содержание отчета:

1. Наименование, цель работы.
2. Выполнить задание для аудиторной работы
3. Ответы на контрольные вопросы.

## Практическая работа №16

### Анализ неисправностей компрессора, выявленных по индикаторным диаграммам

Цель работы:

приобрести навыки по выявлению неисправностей компрессоров по индикаторным диаграммам.

В процессе работы установки часто приходится сталкиваться с рядом неисправностей в работе компрессоров, которые необходимо четко распознавать и быстро устранять.

Для оценки текущего состояния компрессора с успехом могут быть использованы индикаторные диаграммы, снимаемые, например, при испытаниях поршневых компрессоров. По диаграммам могут быть определены: индикаторное давление в рабочей камере компрессора, индикаторная работа и мощность, действительная объемная производительность, а также неисправности и их причины. Индикаторная диаграмма представляет собой замкнутую линию.

На индикаторной диаграмме (рис. 1) в определенном масштабе по горизонтальной оси отложены объемы  $V$  всасываемого компрессором газа, а по вертикальной — соответствующее им давление  $p$ . При движении поршня от точки 1 вправо газ всасывается в цилиндр компрессора. Точка 2 соответствует крайнему положению поршня — всасывание заканчивается и всасывающий клапан закрывается. При движении поршня влево начинается сжатие, объем газа уменьшается и одновременно возрастает давление. В точке 3 при наибольшем давлении открывается нагнетательный клапан, давление несколько снижается, а затем почти не изменяется до точки 4, соответствующей другому крайнему положению поршня, концу нагнетания и закрытию нагнетательного клапана. В начале движения поршня вправо давление в мертвом пространстве резко падает и в точке 1 создается разрежение, необходимое для открытия всасывающего клапана. Далее цикл повторяется. Сопоставление диаграмм, снятых с работающего компрессора, с эталонной «нормальной» диаграммой позволяет по смещению характерных точек судить о возможных неисправностях и отклонениях (см. табл. 1).

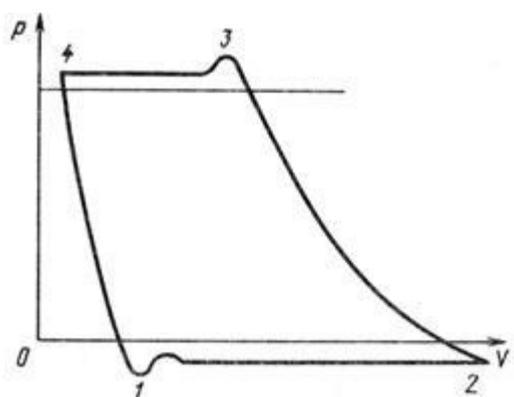


Рисунок 1 – Индикаторная диаграмма компрессора

Таблица 1 – Характерные неисправности поршневого компрессора, определяемые по индикаторной диаграмме при испытании

Индикаторная диаграмма	Неисправность и ее причина	Способ устранения неисправности
	Запаздывание открытия всасывающего клапана из-за увеличенного «мертвого» пространства	Уменьшить объем мертвого пространства за счет увеличения толщины прокладок в головке шатуна
	Запаздывание закрытия клапана нагнетания. Неплотности клапана нагнетания	Отрегулировать клапан нагнетания. Устранить неплотности клапана нагнетания
	Увеличенное сопротивление всасывающего и нагнетательного трубопроводов	Устранить сопротивление во всасывающем и нагнетательном трубопроводах
	Пропуски газа между поршнем и зеркалом цилиндра	Проверить состояние поршневых колец. Негодные кольца заменить
	Неплотность всасывающего клапана во время хода сжатия	Притереть всасывающий клапан и проверить его на плотность
	Слишком жесткие пружины клапанов	Заменить пружины

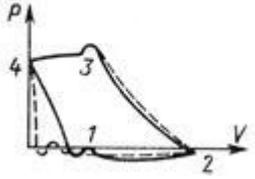
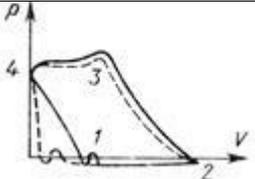
Сплошная линия – фактическая диаграмма работающего компрессора; штриховая линия – эталонная «нормальная» диаграмма.

Индикаторные диаграммы снимают при полной нагрузке и установившемся режиме работы компрессора (обычно через 2 ч после пуска). Газовые компрессоры индицируют на азоте. Рекомендуется индицировать одновременно все цилиндры. Обязательно одновременное индицирование всех полостей одной ступени. Снимают не менее трех индикаторных диаграмм. На каждой отмечают время, номер и полость цилиндров, частоту вращения, давление, масштаб индикаторного устройства и марку поршня. По площади диаграммы, частоте вращения коленчатого вала компрессора и давлению определяют действительную объемную производительность компрессора (с учетом температурных поправок). Для снятия индикаторных диаграмм применяют пружинные индикаторы давления, а также электронные индикаторные устройства. Анализ индикаторных диаграмм, снятых с поршневого компрессора, позволяет объективно установить некоторые из дефектов его работы, в связи с чем, целесообразно периодически пользоваться этим методом желательно, например, снимать диаграммы перед полугодовым или годовым ремонтом — для выявления дефектов и после ремонта — для проверки качества выполненного ремонта.

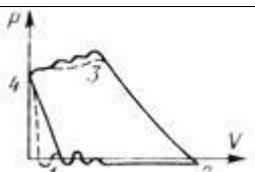
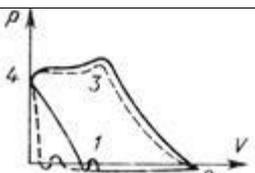
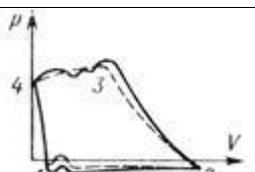
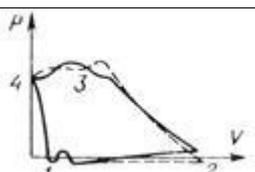
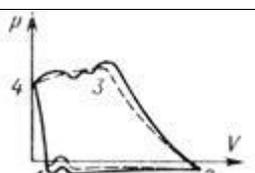
#### Задание для аудиторной работы:

Заполнить таблицу 1 согласно своему варианту:

Таблица 1 – Задания для выполнения

Вариант	Индикаторная диаграмма	Неисправность и ее причина	Способ устранения неисправности
1	2	3	4
Вариант 1			
			

1	2	3	4
---	---	---	---

Вариант 2			
			
Вариант 3			
			
Вариант 4			
			

#### Контрольные вопросы:

1. Назначение индикаторных диаграмм.
2. Принцип построения индикаторных диаграмм.
3. Анализ индикаторных диаграмм.

#### Содержание отчета:

1. Наименование, цель работы.
2. Выполнить задание для аудиторной работы.
3. Ответить на контрольные вопросы.

## Практическая работа №17

### Анализ испытаний бытовых холодильников

Цель работы:

приобрести навыки по проведению испытаний бытовых холодильников.

#### Теоретическая справка

Холодильники и морозильники должны подвергаться приемосдаточным, периодическим, типовым испытаниям и испытаниям на надежность. Приемосдаточным испытаниям должен подвергаться каждый выпускаемый холодильник или морозильник. Периодическим испытаниям должны подвергаться не менее трех холодильников или морозильников, взятых методом случайного отбора (по ГОСТ 18321—73\*) не реже одного раза в год. Типовые испытания проводят при изменении конструкции, технологии или материалов, если эти изменения могут повлиять на параметры изделия. Этим испытаниям подвергают не менее трех холодильников или морозильников по программе, зависящей от характера изменения конструкции, технологии изготовления или заменяемого материала.

Перед началом испытания допускается регулировать закрывание двери (если регулировка двери при транспортировании нарушалась или дверь была повреждена). После начала испытания регулировать нельзя. Во время испытания на холодильник или морозильник не должны воздействовать: поток воздуха со скоростью, превышающей 0,25 м/с, освещение, тепловое излучение от охлаждающих радиаторов или тепловое излучение нагревательных элементов. Чтобы обеспечить это, холодильник или морозильник следует защищать тремя экранирующими стенками, окрашенными матовой черной краской. Установленная параллельно задней стенке холодильника или морозильника экранирующая стенка должна быть расположена на расстоянии, равном расстоянию, указанному предприятием-изготовителем для установки холодильника или морозильника у стены помещения.

При отсутствии специального указания это расстояние составляет 0,1 м. Две другие стенки устанавливаются параллельно боковым стенкам холодильника или морозильника на расстоянии 0,3 м.

Глубина экранирующих стенок, расположенных параллельно боковым стенкам, должна составлять 0,3 м. Все три экранирующие стенки должны быть не менее чем на 0,3 м выше холодильников или морозильников.

Испытания проводят в помещениях, температура в которых может поддерживаться на постоянном уровне с точностью  $\pm 10^\circ$ .

Перепад температуры окружающей среды по вертикали должен быть не более 2К/м.

Температуру окружающей среды измеряют приборами, точность которых не менее  $\pm 3\text{К}$ -

Чувствительные элементы датчиков температуры (по возможности термопар) располагают на расстоянии не менее 0,3м от геометрических центров боковых поверхностей и двери холодильника или морозильника.

Относительная влажность воздуха должна быть в пределах 45—75%. Относительную влажность окружающего воздуха измеряют в одной из точек, где измеряют и окружающую температуру. Относительную влажность следует измерять с точностью  $\pm 3\%$  и по возможности регистрировать. Отклонения напряжения и частоты тока сети от номинальных значений должны быть не более  $\pm 2\%$ .

Теплоэнергетические параметры проверяют в установившемся режиме при закрытых дверях. Холодильник или морозильник должен предварительно проработать в течение соответствующего времени, но не менее 18 ч. Установившееся состояние считается достигнутым, если значение температуры, измеренной в тех же фазах периодов регулирования в течение 2 ч испытаний, отличаются от конечного значения не более чем на 5 %. При этом терморегуляторы установлены в среднее положение, двери холодильника закрыты. Проверку холодильных агрегатов на температурно-энергетические параметры производят согласно инструкциям.

На герметичность холодильные агрегаты проверяют с помощью галоидных течеискателей или полимерных индикаторов в соответствии с установленным технологическим процессом.

Испытания электрической прочности изоляции компрессора холодильного агрегата проводят в холодном состоянии на пробойной установке мощностью не менее 0,5кВт, прикладывая испытательное напряжение к проходным контактам и кожуху компрессора. Повышают и понижают напряжение плавно.

Проверку массы проводят путем взвешивания холодильника на весах с погрешностью измерения  $\pm 100$  г.

Проверку качества прилегания уплотнителя двери холодильника проводят с помощью бумажной полоски шириной от 45 до 50 мм и толщиной  $(0,08 \pm 0,01)$  мм, перпендикулярно вложенной между уплотнителем двери и

закрываемой горизонтальной поверхностью холодильника. Бумажная полоска не должна перемещаться без приложения усилия.

Испытание на воздействие наименьшего предельного значения температуры окружающей среды проводят методом 204-1 по ГОСТ 20.57.406. Холодильник помещают в камеру тепла и холода и устанавливают в камере температуру минус 50 °С . При этой температуре холодильник выдерживают в течение 2 ч . Затем в течение 2 ч температуру в камере постепенно повышают до температуры 25 °С и выдерживают холодильник в этих условиях еще 3 ч. После этого холодильник подключают к источнику питания и проверяют его функционирование.

Холодильник считают выдержавшим испытание, если:

- температура в холодильнике соответствует требованиям
- мощность работающего холодильника не превышает 200 Вт ;
- время снижения температуры в холодильнике до установившегося значения соответствует требованиям ГОСТ.

Настоящие стандарты распространяются на бытовые холодильники, камеры для хранения замороженных продуктов, бытовые холодильники с отделением для охлаждения и низкотемпературным отделением или без них, бытовые холодильники с морозильным отделением, с отделением для охлаждения или без него, бытовые морозильники

Проверку материалов и покрытий, соприкасающихся во время эксплуатации с продуктами питания, а также запаха в холодильнике проводят по ГОСТ 16317 .

#### Контрольные вопросы:

1. Каким испытаниям подвергаются бытовые холодильники?
2. Анализ проводимых испытаний.
3. Испытания на герметичность.
4. Испытания на воздействие наименьшего предельного значения температуры окружающей среды.
5. Испытания на виброустойчивость.

#### Содержание отчета

1. Наименование, цель работы.
2. Ответы на контрольные вопросы.

## Список литературы

1. Антипов А.В. Диагностика и ремонт торговой холодильной техники: учеб. пособие/А.В. Антипов И.А. Дубровин. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 64 с.
2. Бохан К.А. Эксплуатация и ремонт холодильных установок . Учебное пособие- Брянск Издательство Брянского государственного аграрного университета, 2015-164с.
3. Гиль И.М. Гринников Ю.А. Кантарович В.И. Мухин В.Г. Устройство, монтаж, техническое обслуживание и ремонт холодильных установок. – М: Пищевая промышленность, 2013-147с
4. ГОСТ 28.001 – 83 – Система технического обслуживания и ремонта техники. Основные положения.
5. ГОСТ 6492 – 86 – Компрессоры поршневые холодопроизводительностью не менее 5,2кВт. Типы и основные параметры.
6. ГОСТ 25005 – 94 – Оборудование холодильное. Общие требования.
7. ГОСТ Р 51360 – 99 – Компрессоры холодильные. Требования безопасности испытаний
8. ГОСТ Р 51743 – 2001 – Машины холодильные. Машины для охлаждения жидкости на базе турбокомпрессоров. Методы испытаний.
9. ГОСТ 16504- 81 – Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции.
10. ГОСТ 23.002-78 – Обеспечение износостойкости изделий. Трение, изнашивание и смазка. Термины и определения
11. ГОСТ 26656–85 - Техническая диагностика. Контролепригодность. Общие требования
12. ГОСТ 2.103–2013 - Межгосударственный стандарт. Единая система конструкторской документации. Стадии разработки
13. ГОСТ 18322 – 2016 – Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения
14. ГОСТ 27.002—2015 – Надежность в технике (ССНТ). Термины и определения
15. ГОСТ 16317 - 87 - Приборы холодильные электрические бытовые. Общие технические условия
16. ГОСТ 5546-86 - Масла для холодильных машин. Технические условия
17. Диагностика и ремонт бытовых холодильников: учеб. пособие / А.В.Антипов, И.А.Дубровин. – М.: Издательский центр «Академия», 2013.- 80с

18. Доссат Рой Дж. Основы холодильной техники: Пер. с англ. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 2014. – 520 с.
19. Игнатъев В.Г., Самойлов А.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования. Учебник-М. «Агропромиздат», 2014 -230с.
20. Лашутина Н.Г., Верхова Т.А., Суедов В.П. Холодильные машины и установки. –М. КолосС, 2016- 440с
21. Лэнгли Б.- Руководство по устранению неисправностей в оборудовании для кондиционирования воздуха и в холодильных установках- М. Издательство « Евроклимат» , 2013 – 220с.
22. Оборудование предприятий общественного питания. Торговое оборудование: учебное пособие/Под общ. ред. Т.Л. Колупаевой. – М.: ФОРУМ, 2013. – 272с.: ил. – (Профессиональное образование)
23. Пигарев В.Е., Архипов П.Е. -Холодильные машины и установки для кондиционирования воздуха: учебник для студентов техникумов и колледжей–М. Издательство «Маршрут», 2013-424с.
24. Полевой А.А. Монтаж холодильных установок и машин. – М: Профессия, 2012. – 259с.
25. Пособие для холодильщиков-практиков (Жаккар П., Сандр С.). [Электронный ресурс] URL:<https://yadi.sk/d/nd7Xh93U555YB>
26. Пособие для ремонтника. Справочное руководство по монтажу, эксплуатации, обслуживанию и ремонту современного оборудования холодильных установок и систем кондиционирования/ Патрик Котзаоглианиан (перевод с франц., под редакцией В.Б. Сапожникова). – М.: Эдем, 2007. – 832с.
27. Руководство для монтажников. – М.: ЗАО «Данфосс»,2004. – 162 с.
28. СНиП 111-31-78 «Технологическое оборудование. Основные положения»
29. Тыркин Б.А. –Монтаж холодильных установок – М. Стройиздат-1985- 185с.
30. Холодильная техника. Энциклопедический справочник. Том 1.-М. Госторгиздат, 1960-545с.
31. Эксплуатация холодильников. Справочник (Быков А.В.) [Электронный ресурс] URL: [djvu https://yadi.sk/d/Jv31RrRK5HELi](https://yadi.sk/d/Jv31RrRK5HELi)

Областное бюджетное профессиональное  
образовательное учреждение  
«Курский электромеханический техникум»

Отчёт  
о выполнении практических работ  
по профессиональному модулю  
ПМ 02 Участие в работах по ремонту и испытанию холодильного  
оборудования (по отраслям)  
для студентов специальности 15.02.06 Монтаж и техническая  
эксплуатация холодильно- компрессорных машин и установок  
(по отраслям)

Выполнил: студент  
группы \_\_\_\_\_  
(наименование группы)

\_\_\_\_\_  
Ф. И. О.

Проверил преподаватель

\_\_\_\_\_  
Ф. И. О.

20....