

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

**«МУРМАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  
(ФГБОУ ВО «МГТУ»)

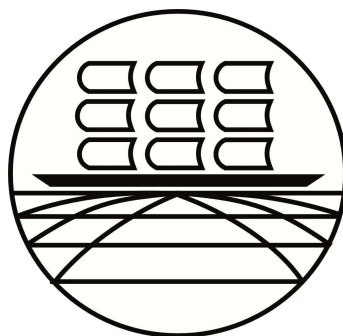
«ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

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

И.В. Артеменко

(подпись)

«31» августа 2019 г.



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

учебной дисциплины ПМ.02 Управление ремонтом холодильного оборудования и контроль за ним  
программы подготовки специалистов среднего звена (ППССЗ)  
специальности: 15.02.06 Монтаж и техническая эксплуатация холодильно-компрессорных машин и установок (по отраслям)  
по программе базовой подготовки  
форма обучения: очная, заочная

Мурманск  
2019

## Рассмотрено и одобрено на заседании

## Разработано

Методической комиссии преподавателей  
общепрофессионального  
судомеханического цикла

Председатель МК

В.И. Миронов

Протокол от 29 мая 2019 г.

на основе ФГОС СПО по специальности  
и 26.02.03 Судовождение, утвержденного  
приказом Министерства образования и науки  
РФ от 07 мая 2014 г. № 441 и Международная  
конвенция о подготовке и дипломированию  
моряков и несении вахты 1978 года. Кодекс  
по подготовке и дипломированию моряков и  
несению вахты (Кодекс ПДНВ-78) в редакции  
от 25 июня 2010 года (с учетом Манильских  
поправок) с поправками в части выполнения  
требований раздела А-III/1

Автор: Кумов М.Г., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Ф., ученая степень, звание, должность, квалиф. категория

Рецензенты: Храпейчук И.И., преподаватель «ММРК имени И.И. Месяцева» ФГБОУ ВО «МГТУ»

Ф., ученая степень, звание, должность, квалиф. категория







--	--







В соответствии с государственными требованиями к минимуму содержания и уровню подготовки выпускников по специальностям среднего профессионального образования рабочая программа дисциплины «Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных машин и установок» предусматривает следующие требования к знаниям и умениям.

*Выпускник должен знать:*

- основные элементы холодильного оборудования;
- приспособления и инструмент, используемые при монтаже и наладке;
- технологию ремонтных работ;
- объем и содержание испытаний холодильного оборудования;
- правила техники безопасности при ремонтных и монтажных работах;
- что такое техническая диагностика, и какие задачи она решает;
- методы поиска дефектов.

*Выпускник должен уметь:*

- проводить диагностику и определять неисправности холодильного оборудования;
- выбрать инструмент и произвести ремонт или замену неисправного узла или элемента холодильного оборудования;
- работать с технической документацией.

Рабочей программой дисциплины «Монтаж, техническая эксплуатация и ремонт холодильно-компрессорных машин и установок» предусмотрено проведение 28 часов лабораторных и практических работ.

Целью проведения лабораторных и практических работ является закрепление теоретических знаний и приобретения необходимых практических навыков и умений по отдельным темам курса. Наряду с формированием умений и навыков в процессе лабораторных занятий, обобщаются, систематизируются, углубляются и конкретизируются теоретические знания, вырабатывается способность и готовность использовать теоретические знания на практике, развиваются интеллектуальные умения.

Перед проведением лабораторных работ курсанты обязаны проработать соответствующий материал, уяснить цель занятия, ознакомиться с содержанием и последовательностью его проведения, а преподаватель проверить их знания и готовность к выполнению задания.

Текст лабораторных работ курсанты должны писать чернилами понятным почерком. Схемы, эскизы, таблицы необходимо выполнять только карандашом и только с помощью чертежных инструментов.

После каждой лабораторной и практической работы проводится зачет, как правило, на следующем занятии перед выполнением последующей работы. На зачете курсант должен: знать теорию по данной теме: пояснить, как проводится исследование; уметь проанализировать полученные результаты (в соответствии с основными требованиями к знаниям и умениям по данной теме рабочей программы).

**Содержание обучения по профессиональному модулю (ПМ)**

Наименование разделов профессионального модуля (ПМ), междисциплинарных курсов (МДК) и тем	Содержание учебного материала, лабораторные работы и практические занятия, самостоятельная работа обучающихся, курсовая работа (проект)	Объем часов	Уровень освоения	
1	2	3	4	
<b>Раздел ПМ 1</b> <b>Ведение процесса по ремонту холодильного оборудования</b>		<b>90</b>		
<b>МДК 02.01</b> <b>Управление ремонтом холодильного оборудования и контроль за ним</b>				
<b>Тема 1.1 Методы диагностирования и контроль технического состояния холодильного оборудования</b>	<b>Содержание</b>		<b>8</b>	
	1	Методы дефектоскопии деталей. Метод технических измерений	2	1
	2	Методы упрочнения деталей	2	1
	3	Диагностирование по анализу масла	2	1
	4	Контроль работоспособности холодильного оборудования и средств автоматики	2	1
<b>Тема 1.2 Ремонт холодильного оборудования</b>	<b>Содержание</b>		<b>48</b>	
	1	Износ оборудования. Механический и коррозионный износ.	4	1
	2	Организация ремонта холодильного оборудования. Способы и методы ремонта.	4	1
	3	Ремонт компрессоров. Ремонт цилиндров и поршневой группы.	4	1
	4	Ремонт компрессоров. Ремонт механизма движения.	4	1
	5	Ремонт компрессоров. Ремонт коленчатого вала и подшипников скольжения.	4	1
	6	Технология сборки компрессора после ремонта.	4	1
	7	Ремонт винтовых и ротационных компрессоров.	4	1
	8	Ремонт теплообменных аппаратов, трубопроводов, запорной арматуры	4	1
	9	Ремонт вспомогательного оборудования.	4	1
	10	Ремонт малых холодильных машин. Особенности организации ремонта.	4	1
	11	Ремонт малых холодильных машин открытого исполнения и герметичных агрегатов.	4	1
	12	Основные неисправности бытовых холодильников и способы их устранения	4	1
	<b>Лабораторные работы</b>		<b>12</b>	
	1	Определение износа цилиндрических втулок компрессора	2	2
	2	Определение износа поршней компрессора	2	2
	3	Определение износа поршневых колец компрессора.	2	2
	4	Определение износа шеек коленчатого вала	2	2
	5	Определение износа узла производительности винтового компрессора.	2	3
6	Определение осевого зазора роторов винтового компрессора.	2	3	
<b>Тема 1.3 Способы повышения долговечности холодильного оборудования</b>	<b>Содержание</b>		<b>8</b>	
	1	Поиск дефектов холодильного оборудования	4	1
	2	Технологические процессы восстановления деталей	2	1
	3	Прогнозирование изменения состояния холодильного оборудования и средств автоматики	2	1

<b>Тема 1.4. Ремонтная документация</b>	<b>Содержание</b>		<b>10</b>	
	1	Журнал обмеров основных деталей и узлов холодильных компрессоров	2	1
	2	Типовые ремонтные ведомости. Индивидуальные ремонтные ведомости. Сводные ведомости норм расхода материалов	2	1
	3	Отдельные ремонтные ведомости для выполнения работ по ремонту холодильно-компрессорных машин и установок в заводских условиях. Договорная документация на отдельные виды работ	2	1
	4	Журналы квитанций и удостоверений по периодам: до швартовых работ, швартовые испытания, сдаточные испытания. Журнал промежуточных приемок.	2	1
	5	Акты испытаний с перечнем дефектов. Приемосдаточные акты по окончании ремонта	2	1
	<b>Практические занятия</b>		<b>4</b>	
	1	Составление ремонтной ведомости холодильного оборудования	2	2
	2	Заполнение журнала обмеров основных деталей и узлов холодильного компрессора	2	2
<b>Самостоятельная работа при изучении раздела ПМ 1</b> Проработка учебной, специальной литературы, электронных ресурсов по вопросам: 1. Изучение ручного и механизированного инструмента, применяемого для ремонта холодильных установок 2. Изучение свойств материалов, применяемых для ремонта холодильных установок и электрооборудования 3. Изучение безопасной эксплуатации грузоподъемных машин и механизмов 4. Изучение технологической и ремонтной документации по холодильным установкам 5. Разработка комплекса мероприятий по снижению травматизма на производственном участке			<b>44</b>	

### Перечень лабораторных работ и практических занятий

№ п/п темы	Наименование темы	Наименование лабораторной и практической работы	Количество часов
1	2	3	4
Тема 1.2.	Ремонт холодильного оборудования	<i>Лабораторная работа 1.</i> Определение износа цилиндрических втулок компрессора	2
		<i>Лабораторная работа 2.</i> Определение износа поршней компрессора	2
		<i>Лабораторная работа 3.</i> Определение износа поршневых колец компрессора.	2
		<i>Лабораторная работа 4.</i> Определение износа шеек коленчатого вала	2
		<i>Лабораторная работа 5.</i> Определение износа узла производительности винтового компрессора.	2
		<i>Лабораторная работа 6.</i> Определение осевого зазора роторов винтового компрессора.	2
Тема 1.4.	Ремонтная документация	<i>Практическое занятие 1.</i> Составление ремонтной ведомости холодильного оборудования	2
		<i>Практическое занятие 2.</i> Заполнение журнала обмеров основных деталей и узлов холодильного компрессора	2
<b>ИТОГО</b>			<b>16</b>

## Лабораторная работа № 1

### Тема лабораторной работы: Определение износа цилиндрических втулок компрессора.

#### Цель работы:

1. Приобретение практических навыков дефектации при определении износа цилиндра компрессоров.
2. Научиться определять износ цилиндра.

#### Оборудование:

1. Цилиндр компрессора.
2. Лупа  $\times 3,5$ , микрометрический нутромер, индикаторный нутромер.

#### Содержание и порядок выполнения работы:

Износ цилиндра компрессора проявляется в образовании конусности (по длине цилиндра) и овальности по сечению с расположением большей оси овала в плоскости движения кривошипного механизма в бескрейцкопфных компрессорах.

Проведите наружный осмотр цилиндров компрессора с целью выявления трещин и определите состояние поверхности зеркала цилиндра (наличие задиров, выбоин и др.). Степень и характер износа втулки цилиндра компрессора определите обычным микрометрическим или индикаторным нутромером (рис. 1, а). Внутренний диаметр цилиндра измерьте в трех сечениях (1, 2, 3) по высоте и в двух плоскостях: вдоль оси коленчатого вала ( $II-II$ ) и перпендикулярно оси коленчатого вала ( $I-I$ ) (рис. 1, б).

Измерения проводите в плоскости верхнего кольца при нахождении поршня в верхней и нижней мертвых точках и посередине. Для измерений может быть использован шаблон, облегчающий установку нутромера в определенные сечения цилиндра. Данные замеров занесите в таблицу отчета о работе.

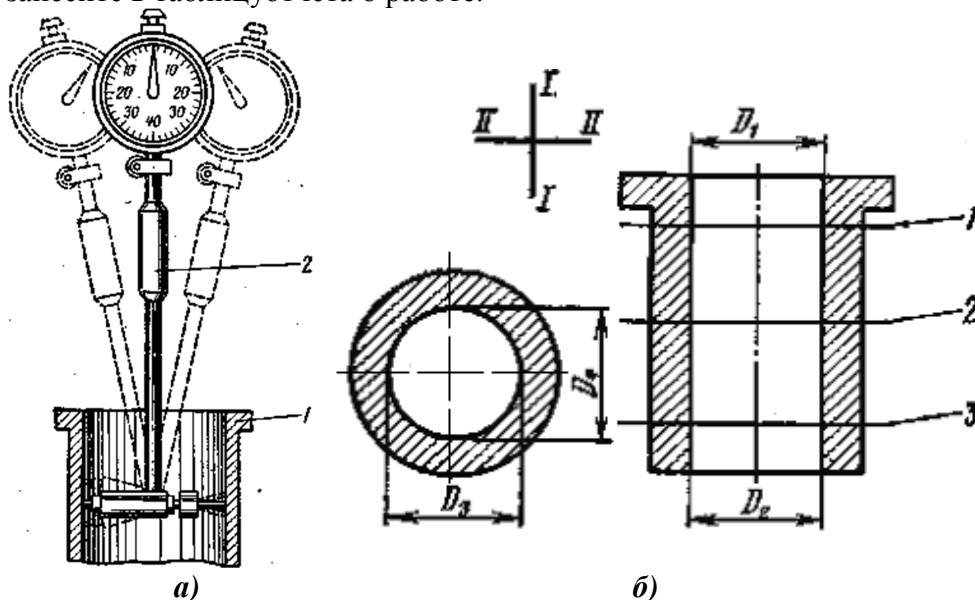


Рисунок 1

а) Индикатор для измерения диаметра цилиндра:

1 — цилиндр; 2 — индикаторный нутромер

б) Схема измерения диаметра цилиндра

Определите в сечениях 1, 2, 3 эллипсность  $D_3 - D_4$  и конусность  $D_1 - D_2$  (рис. 1, б). Сравните полученные данные с данными, указанными в таблице 1. Установите возможные причины износа и вид ремонта.

Таблица 1

Деталь	Ход поршня компрессора, мм	Эллипсность по чертежу, мм	Эллипсность, при которой допускается дальнейшая эксплуатация		Предельная эллипсность, по достижении которой деталь заменяется или восстанавливается, мм
			Вид ремонта	Величина эллипсности, мм, не более	
Поршень	70	-	СР	0,06	0,08
Шатунная шейка	50	0,02	КР	0,035	0,05
	70	0,015	КР	0,035	0,05
Гильза цилиндра	50	0,02	СР	0,04	0,06
	70	0,025	СР	0,04	0,08

**Отчет должен содержать: Описание осмотра и обмера цилиндра компрессора с целью его дефектации. Схему измерения с обозначением мест расположения дефектов. Таблицу с данными измерений (см. ниже).**

Определение максимального отклонения от цилиндричности, величины конусности, максимального отклонения от круглости, максимального износа зеркала цилиндра. Заключение о годности цилиндра компрессора и технологическое решение по ремонту. Измерение цилиндра компрессора.

№ положения диаметра цилиндра	Расстояние от верхней кромки, мм	Измеряемый диаметр цилиндра, мм			
		Первичные измерения		Измерения при проверке	
		В плоскостях			
		<i>I—I</i>	<i>II—II</i>	<i>I—I</i>	<i>II—II</i>
1					
2					
3					

### Контрольные вопросы

1. Перечислите пояса обмеров цилиндров и как они определяются?
2. Какие способы дефектации применяются при контроле цилиндров?
3. Как настраивается индикаторный нутромер на измеряемый размер?
4. Перечислите возможные виды устранения дефектов.
5. Что такое хонингование и для чего применяется?

## Лабораторная работа №2

### Тема лабораторной работы: Определение износа поршней компрессора.

#### Цель работы:

1. Приобретение практических навыков дефектации при определении износа поверхности поршня компрессора.
2. Научиться определять износ поршня.

#### Оборудование:

1. Поршень компрессора.
2. Лупа  $\times 3,5$ , микрометрическая скоба с ценой деления 0,01 мм, набор щупов.

#### Содержание и порядок выполнения работы:

Наружная цилиндрическая поверхность поршней изнашивается по длине и диаметру. Наибольший износ поршней происходит в плоскости, перпендикулярной оси коленчатого вала, канавок для поршневых колец – по высоте, в бобышках поршня – в отверстиях под поршневой палец.

Поршни обмеряют микрометрической скобой в двух взаимно перпендикулярных плоскостях (рис. 2).

Плоскость *I–I* расположена на 5-10 мм выше верхнего компрессионного кольца. Плоскость *II–II* расположена по оси пальца, обмеряют поршень в направлении, перпендикулярном оси пальца.

Плоскость *III – III* расположена на 10-15 мм выше нижней кромки поршня при отсутствии колец или на 3-10 мм выше нижнего маслосъемного кольца.

При наличии обмеров цилиндровой гильзы и поршня зазор на диаметре между ними определяют по формуле:

$$S_n = D_v - D_p, S_v = d_v - d_p,$$

где  $S_n$  – зазор между гильзой и поршнем в плоскости *III – III*;  $D_v, D_p$  – диаметры гильзы и поршня соответственно в плоскости *III – III* в направлении наибольшего износа;  $S_v$  – зазор между гильзой и поршнем в плоскости *I – I*;  $d_v, d_p$  – диаметры гильзы и поршня соответственно в плоскости *III – III* в направлении наибольшего износа.

Ориентировочно зазор между чугунным поршнем и гильзой составляет от 0,1 до 0,16 мм на каждые 100 мм диаметра. Так, если диаметр гильзы 82 мм, то нормальный зазор должен быть от 0,082 до 0,13 мм.

Если поршень изготовлен из алюминиевого сплава, то зазор в сопряжении поршень — гильза принимается равным 0,2 – 0,26 мм на каждые 100 мм диаметра цилиндра. Более точные величины зазоров указаны в таблице 2. Результаты измерений сравните с величинами допустимого износа и нормального зазора.

При отсутствии результатов обмеров гильзы и поршня зазор между ними определяют щупом в четырех диаметрально противоположных местах при положениях поршня в верхней и нижней мертвых точках (рис.2). Данные измерений занесите в таблицу отчета.

Определите характер ремонта в случае, если износ превышает допустимые нормы.

Таблица 2

Диаметр поршня, мм	Разность диаметров по длине (конусность), мм	Овальность, мм	Радиальный зазор между поршнем и цилиндром, мм
До 40	0,15	0,15	0,08-0,10
51-100	0,20	0,20	0,10-0,20
101-150	0,25	0,25	0,15-0,25
151-200	0,30	0,30	0,10-0,30
201-250	0,35	0,35	0,25-0,35

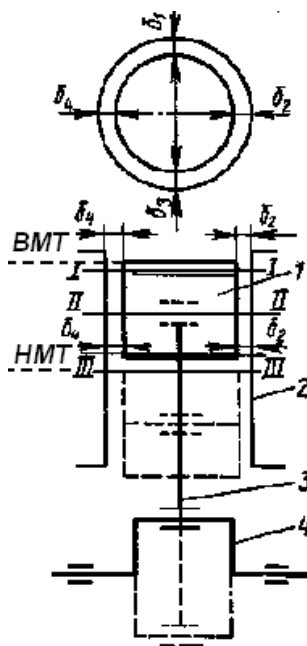


Рисунок 2 - Схема определения износа поверхности поршня:  
1 – поршень, 2 – цилиндр, 3 – шатун, 4 – коленчатый вал

Таблица 3

Сопряжение	Ход поршня компрессора, мм	Начальный зазор по чертежу, мм	Зазор, при котором допускается эксплуатация		Предельный зазор, по достижении которого детали восстанавливаются		Рекомендуемый зазор, мм, не более
			Вид ремонта	Величина, мм, не более	Вид ремонта	Величина, мм, не более	
Поршень-гильза	50	0,05-0,13	СР	0,29	КР	0,35	0,1
	70						
Коленчатый вал-шатунный подшипник	50	0,025-0,063 (баббит)	ТР	0,1	СР	0,12	0,04
	70						
		0,026-0,070		0,095		0,12	0,045
Замок	50	0,2-0,4	СР	1,7	КР	2,5	0,3



поршне- вого кольца в раб. положении	70	0,15-0,45	ТР	2,5	СР	3,0	0,3
	130	0,6-0,9	ПО	2,2	ТР	3,0	0,7

\*профилактический осмотр (ПО),малый (текущий) ремонт (ТР),средний ремонт (СР), капитальный ремонт (КР).

**Отчет должен содержать: Описание осмотра и обмера поршня компрессора с целью его дефектации. Схему измерения с обозначением мест расположения дефектов. Таблицу с данными измерений (см. ниже).**

Определение отклонения от конусности и овальности.

Заключение о годности поршня компрессора и технологическое решение по ремонту.

Измерение поршня компрессора.

Плоскость измерения	Овальность, мм		Конусность, мм	
	Измеренная	Допускаемая	Измеренная	Допускаемая
I-I				
II-II				
III-III				

### Лабораторная работа № 3

**Тема лабораторной работы: Определение износа поршневых колец компрессора.**

**Цель работы:**

Приобретение практических навыков дефектации при определении износа поршневых колец компрессора.

**Инструменты и приспособления:**

1. Поршневое кольцо компрессора
2. Щуп, индикаторный нутромер и микрометрическая скоба с ценой деления 0,01 мм.

**Ход работы**

Основными показателями износа поршневого кольца служат зазор в замке и упругость кольца (рис.3).

В процессе износа поршневых колец увеличивается зазор в канавках и замках, что приводит к уменьшению холодопроизводительности. С уменьшением толщины кольца снижается его упругость.

Для сравнения упругости изношенного кольца с оптимальной упругостью, соответствующей новому кольцу, определите удельное давление  $p$  (кПа), с которым кольцо прижимается к стенке цилиндра под действием сил упругости:

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

где  $A$  — величина деформации, кольца, см ( $A = f - C$ );  $E$  — модуль упругости чугуна - поршневых колец ( $E = 9,8 \cdot 10^7 \div 11,8 \cdot 10^7$  кПа, или  $1,0 \cdot 10^6 \div 1,2 \cdot 10^6$  кгс/см<sup>2</sup>);  $B$  — толщина кольца, см;  $D$  — диаметр кольца, см;  $f$  — зазор в замке кольца в свободном состоянии, см;  $C$  — зазор в замке кольца в рабочем состоянии, см (измеряется с помощью шаблона и щупа).

Полученные данные на основании расчета сравните с давлением  $p_K$ , которое выбирается в зависимости от диаметра цилиндра  $D_{Ц}$ :

Таблица 4

$D_{Ц}$ , мм	$p_K$ , кПа	$p_K$ , кгс/см <sup>2</sup>
40 — 100	137—108	1,4—1,1
100 — 300	137—49	1,4—0,5

Величину зазора сравните с данными, указанными в таблице 3, установите пригодность колец для дальнейшей работы и причины износа.

**Отчет должен содержать:**

**Описание осмотра и обмера поршневого кольца компрессора с целью его дефектации.**

**Схему измерения зазоров в замке поршневого кольца. Таблицы с данными измерений (см. ниже).**

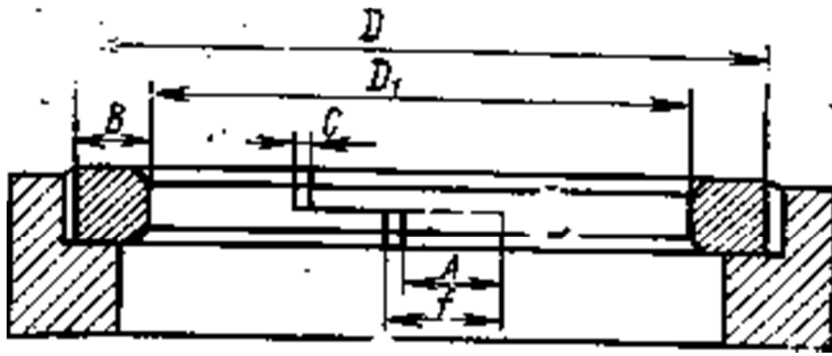


Рисунок 3 - Схема измерения зазоров в замке поршневого кольца:  
 D — наружный диаметр кольца; D<sub>1</sub> — внутренний диаметр кольца;  
 B — толщина кольца; C — зазор в замке при рабочем состоянии;  
 f — зазор в кольце в свободном состоянии; A — величина деформации кольца

Результаты измерений теплового зазора и зазора замка в свободном состоянии.

Номер кольца	Раскрытие замка, мм		Тепловой зазор, мм	
	по чертежу	фактически	по чертежу	фактически

Среднее значение теплового зазора, мм \_\_\_\_\_  
 Среднее значение величины замка в раскрытом состоянии, мм \_\_\_\_\_

Определение упругости поршневого кольца.

Определение упругости	Величина упругости, кгс/см <sup>2</sup>
Испытания на приборе	
Технические требования	
Расчет при E = 10 <sup>6</sup> кгс/см <sup>2</sup>	

Результаты расчетов \_\_\_\_\_  
 Выводы \_\_\_\_\_

**Контрольные вопросы**

1. Перечислите основные браковочные показатели поршневых колец.
2. Какие способы применяются при контроле теплового зазора кольца?
3. Какие могут возникнуть проблемы в цилиндро-поршневой группе при уменьшении величины теплового зазора кольца?
4. Для чего в процессе изготовления кольца его размагничивают?
5. Из каких материалов изготавливают поршневые кольца?

## Лабораторная работа № 4

### Тема лабораторной работы: Определение износа шеек коленчатого вала компрессора.

#### Цель работы:

Приобретение практических навыков дефектации при определении износа коленчатого вала компрессора.

#### Инструменты и приспособления:

Микрометрическая скоба с ценой деления 0,01 мм.

#### Ход работы

Износ шеек коленчатого вала проявляется главным образом в нарушении геометрической формы (образовании овальности), а также в повреждении поверхности шеек вала рисками, вмятинами и раковинами.

Произведите наружный осмотр коленчатого вала и установите с помощью лупы наличие трещин и характер износа шеек вала (риски, выкрашивание, вмятины и др.).

Измерьте с помощью микрометрической скобы (с ценой деления 0,01 мм) диаметр шеек вала в трех поясах, один из которых (2) находится посередине шейки, а два других (1—3) — по ее краям на расстоянии 5—10 мм от галтели (рис.4). В каждом поясе измерение произведите в вертикальной (I—I) и горизонтальной (II—II) плоскостях. Результаты измерений занесите в таблицу отчета.

На основании данных измерения диаметра шеек ревизуемого вала установите характер износа — овальность и конусность.

Данные измерения сравните с данными таблицы 5. Если искажение геометрической формы превысит некоторый предел, то происходит нарушение жидкостного трения и возрастание ударной нагрузки, вследствие чего возникает форсированный износ.

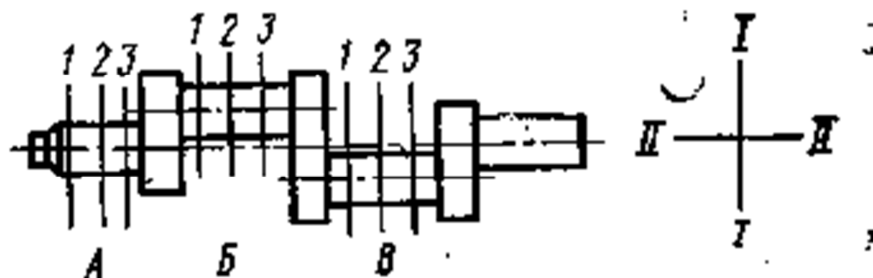


Рисунок 4 - Схема определения износа шеек коленчатого вала

На основании проведенных измерений определите допустимое искажение геометрической формы шеек коленчатого вала по формуле

$$u_{max} = 0,5 \varepsilon \cdot \delta_{нач} / (1 - \varepsilon),$$

где  $\varepsilon$  — коэффициент, показывающий, во сколько раз вращающаяся деталь (вал) изнашивается быстрее неподвижной (подшипника); для бронзовых вкладышей  $\varepsilon = 0,5$ , для баббитовых  $\varepsilon = 0,3$ ;  $\delta_{нач}$  — начальный зазор в подшипнике, мм (принимается по данным завода-изготовителя, см. табл. 2).

На основании измерений и таблиц определите, какой вид ремонта необходим в данном случае. Определите наиболее вероятные причины износа.

Таблица 5

Шейки коленчатого вала	Диаметры (мм) шеек коленчатого вала компрессоров	
	ФВ20, ФУ40, ФУУ80	АВ22, АУ45, АУУ90
Рамовые	60 <sup>+0,023</sup> +0,003	60 <sup>+0,023</sup> +0,003
Шатунные	58 <sup>-0,020</sup>	58 <sup>-0,020</sup>

Отчет должен содержать:

Осмотр и обмер коленчатого вала компрессора с целью его дефектации. Измерительными инструментами определить величину дефектов на эскизе обозначить места их расположения.

Таблицы с данными измерений (см. ниже).

Результаты дефектации коленчатого вала, выявленные при осмотре его рабочих поверхностей.

Номер шейки	Обмер до ремонта								
	Диаметр шейки, мм						Наибольший износ шейки и вид отклонения формы поверхностей, мм	Просадка шейки вала, мм	
	вертикальн ой			горизонтально й				В плоскости А-А <sub>1</sub>	В плоскости В-В <sub>1</sub>
	А	Б	В	А <sub>1</sub>	Б <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>			
1									
2									
3									

Результаты измерения мотылевых шеек.

Номер шейки	Обмер до ремонта							
	Диаметр шейки, мм							Наибольший износ шейки и вид отклонения формы поверхностей, мм
	Вертикальная плоскость			Горизонтальная плоскость				
	А	Б	В	А <sub>1</sub>	Б <sub>1</sub>	В <sub>1</sub>		
1								
2								
3								

Заключение о годности коленчатого вала компрессора

### Контрольные вопросы

1. Назовите дефекты коленчатых валов и причины их возникновения.
2. Назовите технологические способы восстановления геометрии шеек валов.
3. Что такое раскеп? Что представляет собой величина раскепа?
4. Назовите нормативы точности и чистоты обработки шееквалов.
5. Каково предельно допустимое уменьшение диаметра шееквала при ремонте?

## Лабораторная работа № 5

**Тема лабораторной работы: Определение износа узла производительности винтового компрессора.**

### Цель работы:

Изучение конструкции узла производительности и способов определения износа.

### Оборудование:

Чертежи и схемы

### Ход работы и краткие теоретические сведения

В процессе нормальной эксплуатации ВК с гидравлическим сервоприводом регулятора производительности целая группа деталей подвергается повышенному износу и имеет ограниченный срок службы порядка 5000 ч работы.

К этой группе деталей относятся:

- уплотнение гидравлического поршня;
- уплотнение штока регулирующих салазок (ВК с двухсторонним сервоприводом);
- уплотнительное кольцо потенциометра (у ВК серии 1 с потенциометрическим прибором).

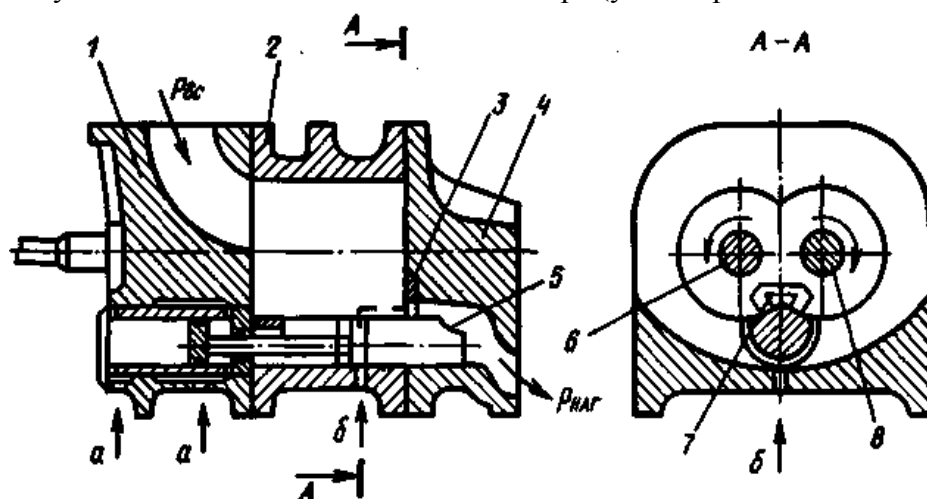


Рисунок 5 - Схема регулирования производительности винтовых компрессоров

1 - секция всасывания; 2 - роторная секция; 3 - управляющий диск;

4 - секция нагнетания; 5 - регулирующие салазки; 6 - ведомый ротор;

7 - окно нагнетания; 8 - ведущий ротор (а - подвод масла в цилиндр регулятора; б - подключение для защиты от газовых пульсаций)

Нарушение герметичности у каждого кольца из этой группы деталей проявляется по-разному и в первую очередь зависит от конструкции сервопривода, а также от способа подачи масла на его перестановку.

У ВК марок S3-900 и S3-1800 серии 1 уплотнительное кольцо штока расположено непосредственно в ограничительном диске, поэтому для его замены необходимо произвести полную разборку механизма регулятора производительности с демонтажом цилиндра ограничительного диска вместе с упором регулирующих салазок, в то время как у ВК серии 2 ограничительный диск выполнен раздельным и состоит из двух частей: самого ограничительного диска и герметизирующей втулки с уплотнительными кольцами. В этом случае для замены уплотнения штока нет необходимости демонтировать ограничительный

диск и совершать ряд связанных с этим работ, а достаточно демонтировать только герметизирующую втулку.

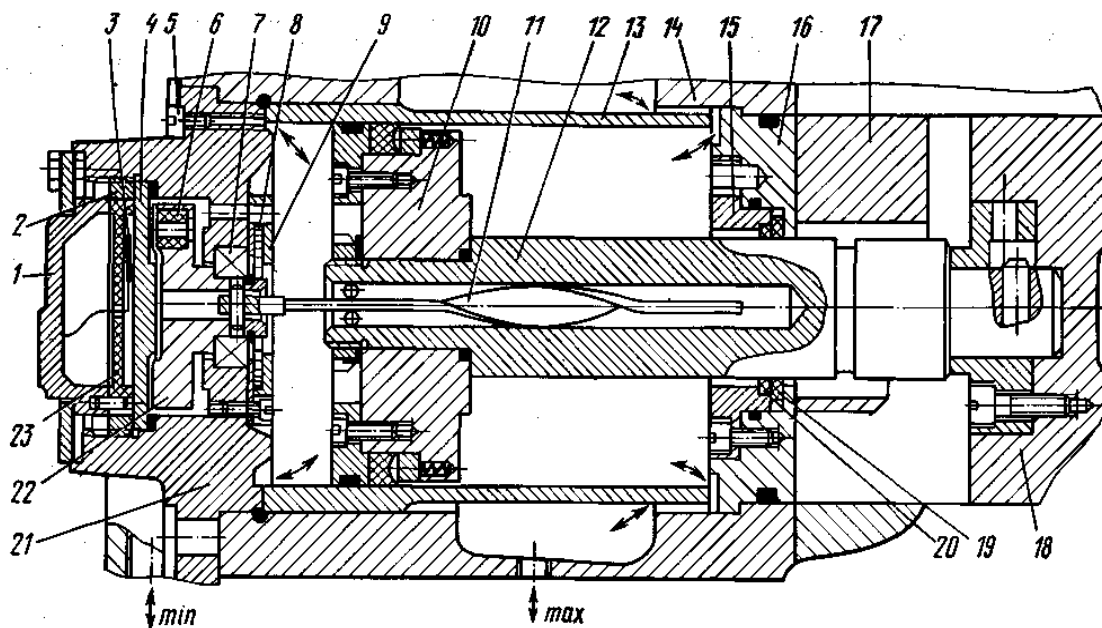


Рисунок 6 - Узел регулирования производительности винтового компрессора с двухсторонним сервоприводом

- 1 - крышка датчика; 2 - резьбовое кольцо; 3 - герметичный контакт;
- 4 - контактная плита; 5 - пробка; 6 - кольцевой магнит; 7 - шарикоподшипник;
- 8 - пружина; 9 - стакан пружины; 10 - поршень в сборе; 11 - плоский стержень;
- 12 - шток; 13 - цилиндр; 14 - всасывающая секция; 15 - герметизирующая втулка;
- 16 - ограничительный диск; 17 - упор салазок; 18 - салазки; 19 - прокладка из ПТФЕ; 20 - уплотнительное кольцо; 21 - крышка регулятора; 22 - магнитодержатель;
- 23 - плита контактная

Отчет должен содержать:

Схему регулирования производительности.

Способы определения износа уплотнительных колец.

Описание принципа действия регулятора производительности.

Ответы на контрольные вопросы.

#### Контрольные вопросы

1. Какие признаки свидетельствуют о ненормальной работе гидравлического привода регуляторов производительности?
2. В каких случаях предпочтительным является применение двухстороннего привода регуляторов производительности?

## Лабораторная работа № 6

**Тема лабораторной работы:** Определение осевого зазора роторов винтового компрессора.

**Цель работы:**

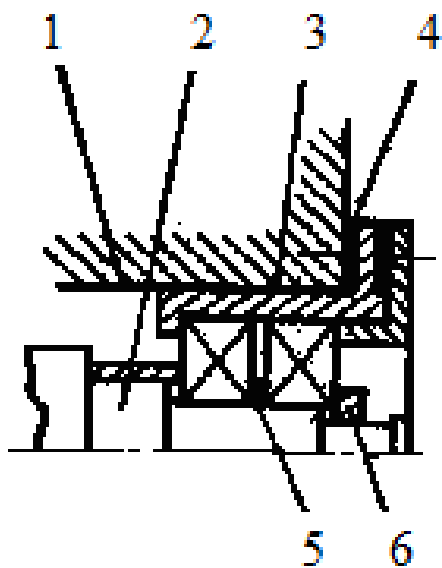
1. Изучение методов измерения и регулирования осевого зазора.

**Оборудование:**

1. Чертеж винтового компрессора.
2. Схема определения осевого зазора.

**Ход работы**

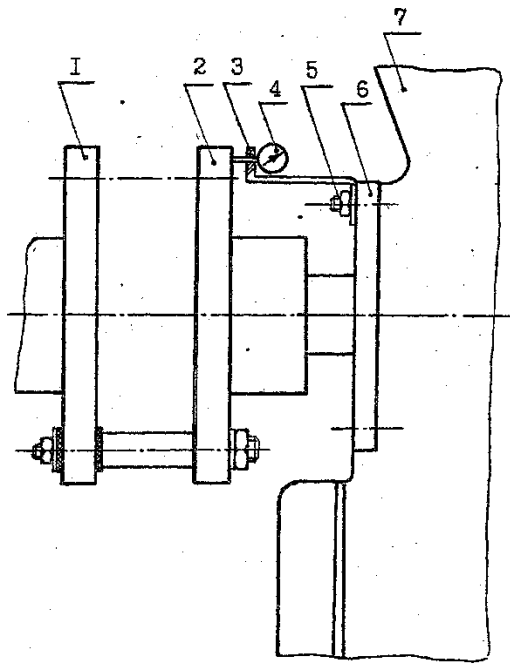
При сборке винтового компрессора после ремонта выдерживают зазоры в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Осевые зазоры между торцами роторов и корпусом или крышкой регулируются изменением толщины прокладки и составляют 0,05—0,08 мм на стороне нагнетания, 0,4—0,75 мм на стороне всасывания. Зазоры между торцевой поверхностью наружных колец подшипников качения (рис. 7, а) регулируют в пределах до 0,08 мм шлифовкой поверхности регулировочных шайб 4 под фланцами крышек, а предварительный осевой натяг создают проставочным кольцом 5.



**Рисунок 7 - Схема регулировки и измерения зазоров в подшипниках качения**

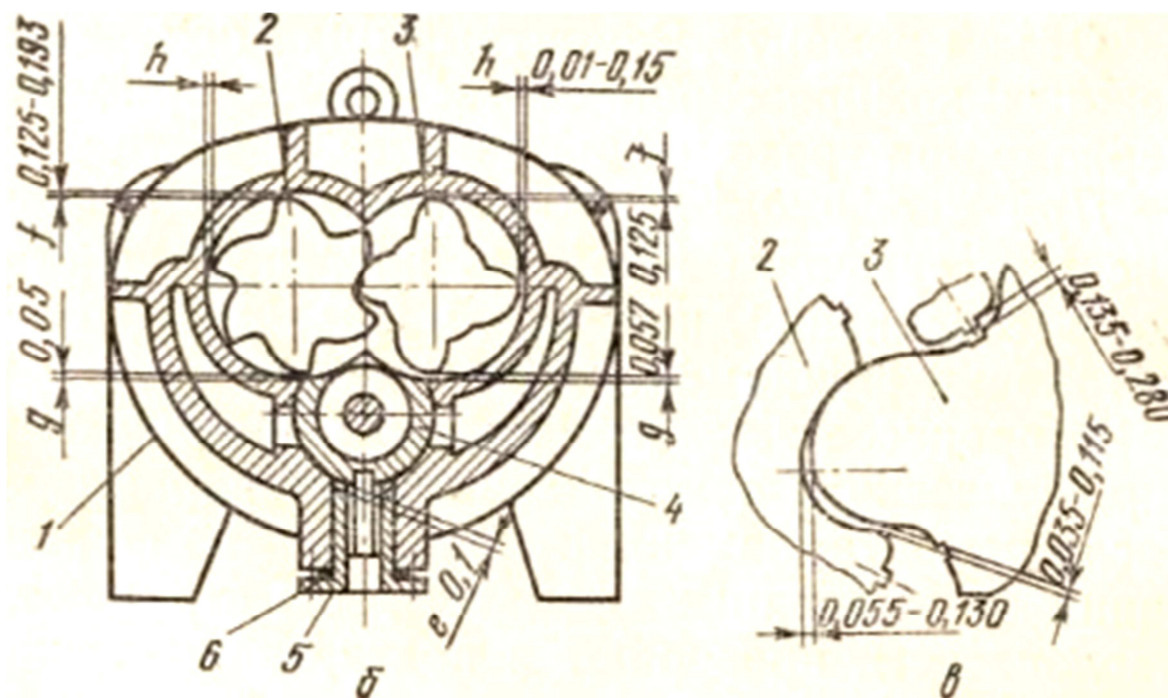
Зазор между золотником регулятора и стаканом устанавливают 0,1 мм шлифовкой кольца 6 (рис. 6, б). При укладке роторов проверяют параллельность осей (не более 0,03 мм на 0,5 м) и радиальные зазоры (рис. 6, б). Профильные зазоры (рис. 6, в) измеряют в 12 положениях зубьев роторов и записывают в ремонтный журнал.





Установка индикатора для измерения осевого зазора в РУП компрессора 3-900

1 - полумуфта электродвигателя; 2 - полумуфта компрессора; 3 - скоба; 4 - индикатор; 5 - шпилька крышки сальника вала; 6 - крышка сальника вала; 7 - корпус компрессора



**Рис. 6. Схема регулировки и измерения зазоров радиальных (б) и профильных (в) в винтовых компрессорах: 1-корпус; 2-ротор ведомый; 3 - ротор ведущий; 4 - золотник регулятора производительности; 5- стакан; 6 — прокладка; 7—корпус подшипника; 8 — регулировочная шайба; 9 — крепление внутреннего кольца подшипника; 10 — проставочное кольцо для создания предварительного натяга**

Поставленные роторы должны в блоке цилиндров легко и плавно вращаться от руки, для чего их перед монтажом смазывают маслом. Для уплотнения разъема корпуса применяют различного рода герметики и мастики. При затянутых болтах в разъем корпуса не должен проходить щуп толщиной 0,2 мм. При установке корпуса на фундамент, его выверяют на горизонтальность.

При монтаже регулятора производительности золотник устанавливают в положение минимальной производительности. Электропривод золотника устанавливают после настройки максимального крутящего момента.

**Отчет должен содержать краткое описание хода работы, схему регулировки и измерения зазоров в подшипниках качения, эскиз установки индикатора для измерения осевого зазора.**

### **Контрольные вопросы**

1. Как регулируют величину осевого зазора?
2. Какие измерительные инструменты используются при измерении зазоров?
3. Как установить инструмент для измерения осевого зазора?
4. Назначение разгрузочного устройства?
5. Перечислите причины выхода из строя радиально-упорных подшипников?

Назовите основные дефекты валов роторов и причины их возникновения.

2. Назовите технологические способы восстановления геометрии шеек валов роторов.
3. Как измеряется зазор в подшипниках скольжения?
4. Из каких материалов изготавливают антифрикционный слой подшипника скольжения?
5. Назовите квалитет точности и параметр чистоты обработки шеек валов роторов.

## **Практическое занятие №1.**

**Тема: Ремонтные и дефектационные ведомости.**

**Цель работы:**

Составление ремонтной и дефектационной ведомости.

**Оборудование:**

1. Ведомость дефектации.
2. Ремонтная ведомость.

### **Ход работы и краткие теоретические сведения**

#### **Дефектовочные ведомости и карты.**

Сортировка деталей на годные, требующие ремонта и негодные производится на основании ведомостей или карт дефектации.

Дефектовочные ведомости и карты являются частью технической ремонтной документации, они разрабатываются проектными организациями или соответствующими отделами ремонтных предприятий и утверждаются ведомствами. Величины предельных износов деталей и способы ремонта определяются на основании исследовательских работ, расчетов и изучения опыта эксплуатации и ремонта оборудования. Ориентировочные данные о допустимых предельных износах деталей приведены в «Карте дефектации».

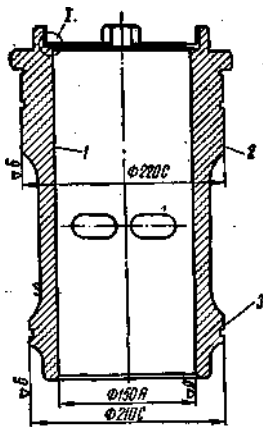
При использовании ориентировочных данных негодными для дальнейшей эксплуатации признаются детали, износ которых может превысить нормативную величину в течение ближайшего межремонтного периода. Ремонту подлежат только те детали, восстановление которых экономически целесообразно в условиях данного ремонтного предприятия.

#### **Технические условия на ремонт узлов.**

Дефектация узлов (сборочных единиц) машин производится на основании технических условий на их ремонт, сборку и испытание, которые разрабатываются, как и дефектовочные карты, проектными организациями или ремонтными предприятиями и содержат сборочный чертеж узла; карту зазоров (натягов) в сопряжениях по чертежу и допустимых без ремонта; сведения о допусках на соосность отдельных деталей, групп, подгрупп; способы определения правильного положения и взаимодействия деталей; признаки исправного действия узла в целом; способы проверки качества работы или производительности.

При отсутствии технических условий на ремонт узлов их можно заменить техническими условиями на новые узлы, действующими на заводах-изготовителях.

Проверка качества работы узлов на основании технических условий заводов-изготовителей имеет важное значение при профилактических осмотрах крупного и среднего холодильного оборудования, а также при единичном и мелкосерийном его ремонте, особенно когда работы ведутся по методу индивидуальной подгонки деталей без предварительного их технического контроля.



Карта дефектации

Деталь: гильза компрессора АВ-100  
 Материал: чугун СЧ 24-44  
 Твердость НВ 190—241

№ позиции по ск- хому	Наименование дефектов	Способ опре- деления де- фектов и изме- рительный инструмент	Размеры, мм			Заключение
			по чертежу новой детали	допустимые при малом ре- монте	предельный износ	
1	Сколы, трещины	Осмотр	—	—	—	Браковать
1	Износ поверхно- сти по Ø 150 А	Индикатор- ный нутро- мер	150 <sup>+0,04</sup>	150,30	150,5	Более 150,5 бра- ковать
1	Овальность и ко- нусность по Ø 150 А	То же	0,020	0,05	0,06	Более 0,06 бра- ковать
1	Отдельные цара- пины и риски на зеркале	»	—	0,1	—	До 0,1 зачистить, более 0,1 бра- ковать
2	Уменьшение раз- мера посадоч- ной поверхно- сти по Ø 220 С	Индикатор- ная скоба	220 <sup>-0,03</sup>	219,94	—	Менее 219,94 бра- ковать
3	Уменьшение раз- мера посадоч- ной поверхно- сти по Ø 210 С	То же	210 <sup>-0,03</sup>	209,94	—	Менее 209,94 бра- ковать
4	Снижение чистоты или вмяти- ны на поверх- ности, сопря- гаемой с лож- ной крышкой	Образцы чистоты, осмотр	∇10	∇9	—	Ниже ∇9 прити- рать, при нали- чии вмятин — протачивать и притирать

Практическое занятие №2.

Определение износа, ремонт и проверка на плотность всасывающих и нагнетательных клапанов компрессора.

Цель работы:

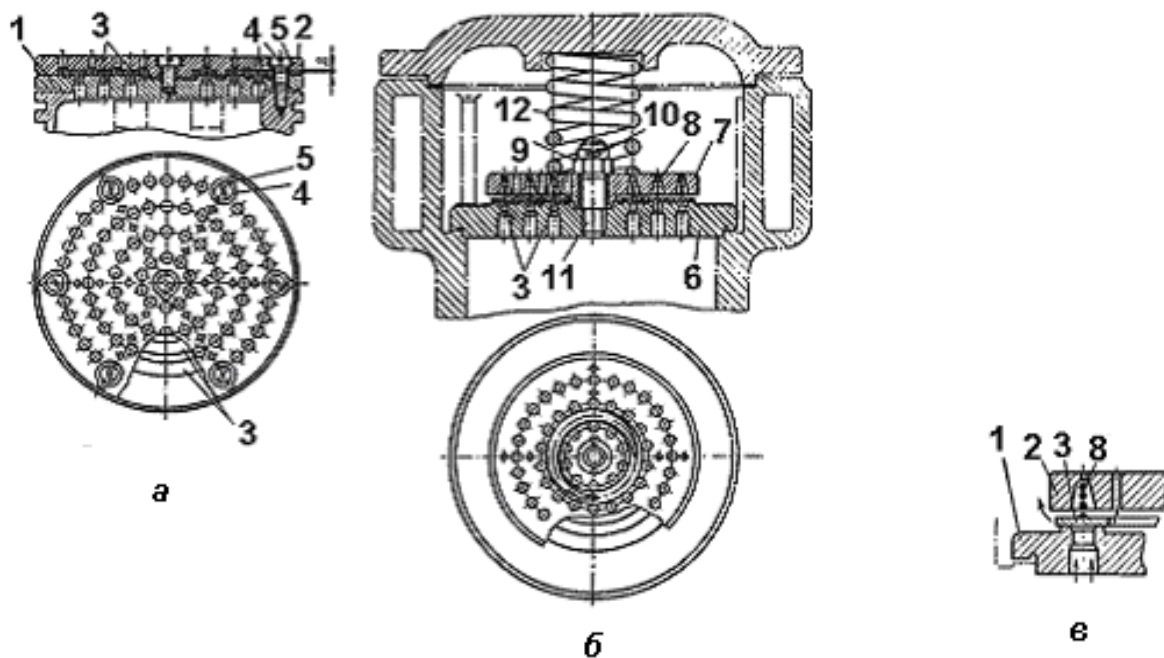
1. Изучение конструкции пластинчатых и ленточных клапанов.
2. Научиться определять износ клапанов.

### Оборудование:

1. Различные конструкции клапанов.
2. Набор гаечных ключей, отвертка, микрометр.

### Содержание и порядок выполнения работы:

Расположение клапанов в цилиндре разнообразно. В прямоточных компрессорах всасывающие клапаны размещаются в верхней части поршня и выполняются без пружины (рис. 14, а). В современных компрессорах применяются кольцевые пластинчатые и ленточные самопружинящие клапаны. Основными частями кольцевого нагнетательного клапана (рис. 14, в) является седло 1, ограничитель подъема 2 (розетка), пружина 8 и пластинка 3. Пружина 8 (рис. 14, б и в) прижимает пластинку 3 к седлу 1 и этим перекрывает проходное сечение клапана. Розетка 7 ограничивает подъем пластин и обеспечивает направление их при подъеме и опускании. Отверстия для выхода пара расположены в розетке по окружности между пластинами. Кроме того, в розетке имеются небольшие отверстия, расположенные против пластин, которые препятствуют прилипанию пластин к ограничителям подъема.



**Рис.14. Пластинчатые клапаны:**

**а - всасывающий; б - нагнетательный; в - схема нагнетательного клапана:**  
**1 - седло; 2 - розетка; 3 - кольцевые пластины; 4 - винт крепления; 5 - замок;**  
**6 - ложная крышка (седло); 7 - розетка; 8 - пружина; 9 - корончатая гайка;**  
**10 - шплинт; 11 - шпилька; 12 - буферная пружина.**

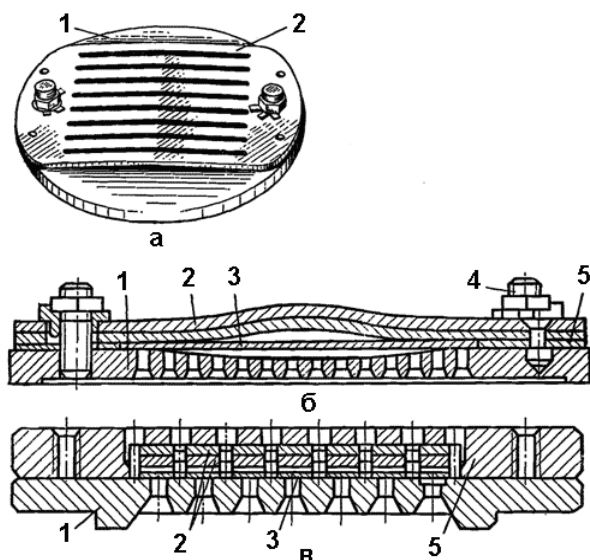
Пластины кольцевых клапанов толщиной 1,5 - 2 мм изготавливают из специальной хромированной стали. Высота подъема пластины клапана обычно 1 - 2 мм. Скорость пара в клапанах изменяется в широких пределах и составляет для аммиачных компрессоров 25 - 30, для фреоновых - 20 - 35 м/с.

На рисунке 3 показан ленточный самопружинящийся клапан прямоточного компрессора. Седло и направляющая клапана имеют расположенные рядом отверстия для прохода пара. В некоторых случаях вместо отверстий делают продольные пазы. Ленточная пластина перекрывает отверстия для прохода пара. Под действием разности давлений пара лента

выгибается в сторону направляющей и создает продольные щели для прохода холодильного агента. Ленточные пластины изготовляют из легированной стали (светлая холодотянутая лента). Большое проходное сечение и простота конструкции являются достоинствами ленточных клапанов.

Клапан типа «домик» (рис. 15) отличается от ранее известных ленточных клапанов формой профиля ограничителя подъема.

У полосовых клапанов профиль ограничителя подъема был выполнен по дуге окружности. Прогибаясь под действием давления потока газа, пластинка в конце подъема ударялась об ограничитель подъема своим центром или всей поверхностью одновременно. Жесткость пластины в процессе движения не изменялась, так как расстояние между точками ее опоры на ограничитель подъема оставалось постоянным. В клапанах типа «домик» профиль ограничителя подъема образован линией, большая часть которой находится в зоне между линией естественного прогиба балки на двух опорах под действием равномерно распределенной нагрузки и вписанным в нее равнобедренным треугольником. При такой форме профиля исключается удар пластин об ограничитель подъема (пластина как бы обкатывается с проскальзыванием по поверхности ограничителя подъема), а жесткость пластин возрастает (по мере прогиба) в результате уменьшения расстояния между точками их опоры на ограничитель подъема. Центр пластины не достигает ограничителя подъема.



**Рис. 15. Ленточный клапан типа «домик»:**  
**а - общий вид нагнетательного клапана; б - нагнетательный; в - всасывающий;**  
**1- седло; 2 - розетка; 3 - пластина; 4 - винт крепления; 5 - ограничитель сдвига.**

Отсутствие удара пластины об ограничитель подъема и переменное сопротивление пластины действующему на нее потоку газа уменьшают скорость и величину возникающих напряжений при посадке на седло. Это позволяет использовать в клапанах типа «домик» более тонкие пластины. Кроме того, в клапанах типа «домик» увеличена поверхность контакта пластин с ограничителем подъема, что обуславливает отсутствие местной выработки концов пластин и ограничителей. Неполное прилегание пластины к ограничителю подъема исключает возможность ее прилипания.

В клапанах типа «домик» удар пластин при движении их от седла к ограничителю подъема практически отсутствует, так как свободный ход пластины не превышает сотых долей

миллиметра. Для уменьшения перетечек и сокращения времени приработки пластин в клапанах типа «домик» проходы в седле выполнены в виде сверлений и со стороны пластин профрезерованы по всей длине на небольшую глубину.

**Отчет должен содержать:** краткое описание устройства рассматриваемых клапанов, эскиз клапанов, описание внешних дефектов определенных визуально, а также при помощи лупы семикратного увеличения. Следует выявить имеющиеся дефекты из числа характерных для деталей этого типа: трещины, забоины, коррозионные разъедания, повреждения отверстий и т.д.

#### **Контрольные вопросы**

1. Какие способы дефектации применимы к деталям клапанной группы?
2. Назовите основные детали пластинчатых клапанов.
3. Назовите основные детали ленточных клапанов.
4. Назовите достоинства и недостатки рассматриваемых клапанов.

### Практическое занятие 3.

#### Тема: Разборка, ремонт, сборка сальника компрессора

##### Цель работы:

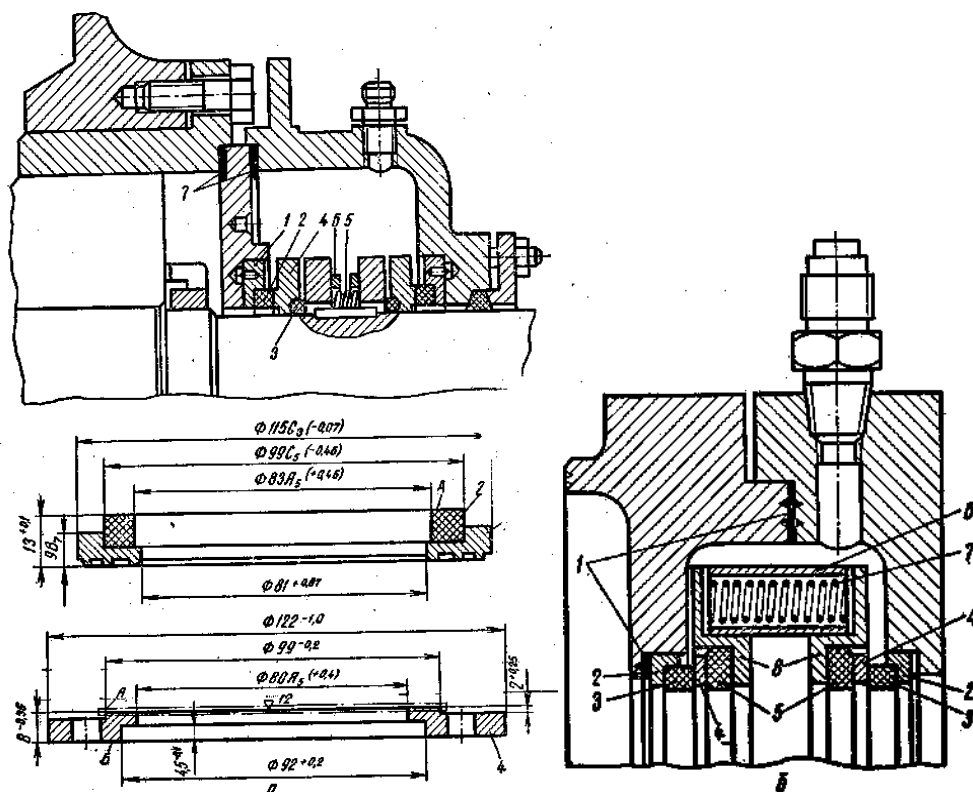
1. Изучить конструкции сальников.
2. Научиться ремонтировать сальники.

##### Оборудование:

1. Различные конструкции сальников.
2. Набор специального инструмента.

##### Содержание и порядок выполнения:

1. Изучить конструкцию сальников бескрейцкопфного компрессора изображенного на рисунке, сделать эскиз и дать описание



а — сальник компрессоров АВ-100, АУ-200, ФУ-175, ФУУ-350

б — сальник компрессоров АВ-22, АУ-45, АУУ-90, ФВ-20, ФУ-40, ФУУ-80

##### Особенности ремонта.

Ремонт заключается в замене уплотнительных прокладок пружин и других деталей, состояние которых не отвечает техническим требованиям. Дефекты уплотнительных поверхностей трения стального и графитового колец устраняют притиркой. Стальные кольца притирают на чугунной плите пастой содержащей порошок карбида бора зернистостью М5 или пастой ГОИ средней и тонкой, как детали клапанов. Притертая поверхность должна иметь зеркальный блеск, никакие дефекты чистоты не допускаются. Для более тщательной проверки используют микроскоп 50-кратного увеличения, видимые под микроскопом радиальные риски не допускаются.



Графитовые кольца притирают в сборе с неподвижным стальным кольцом на чугунной плите без применения притирочных паст или абразивов, смазка — керосин. Притертые подвижные и неподвижные кольца проверяют на проверочной плите стоечным индикатором на параллельность сопрягаемых плоскостей.

Прямолинейность притертых плоскостей стальных колец проверяют интерференционным методом с помощью стеклянных пластин круглой или прямоугольной формы (например, пластин ПИ, ГОСТ 2923-59, 2-й класс точности). Интерференционные светлые и темные полосы, видимые в пластине, возникают в результате сложения световых волн, отражаемых поверхностями воздушного клина, который образуется между пластиной и деталью. По расположению интерференционных полос определяется наличие вогнутости или выпуклости (рис. 16). Каждая полоса соответствует отклонению от прямолинейности 0,1 мкм. Перед проверкой поверхности детали и стеклянной пластины очищают марлей, смоченной в бензине Б-70.

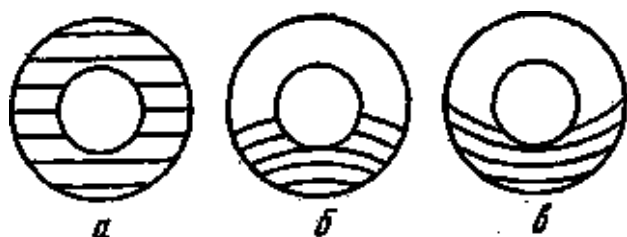
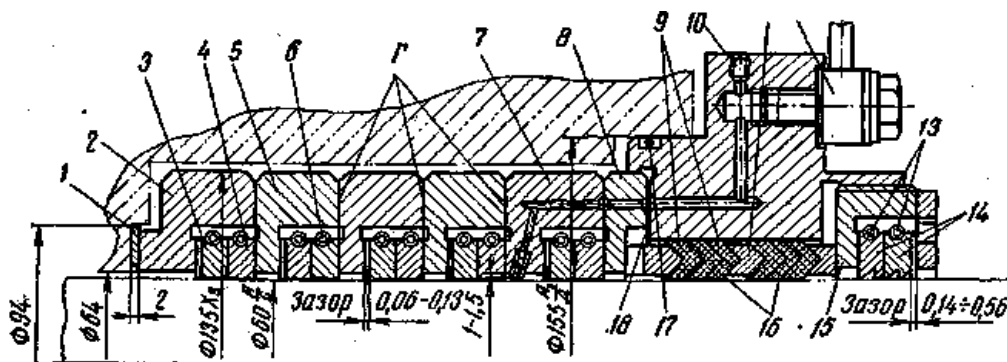
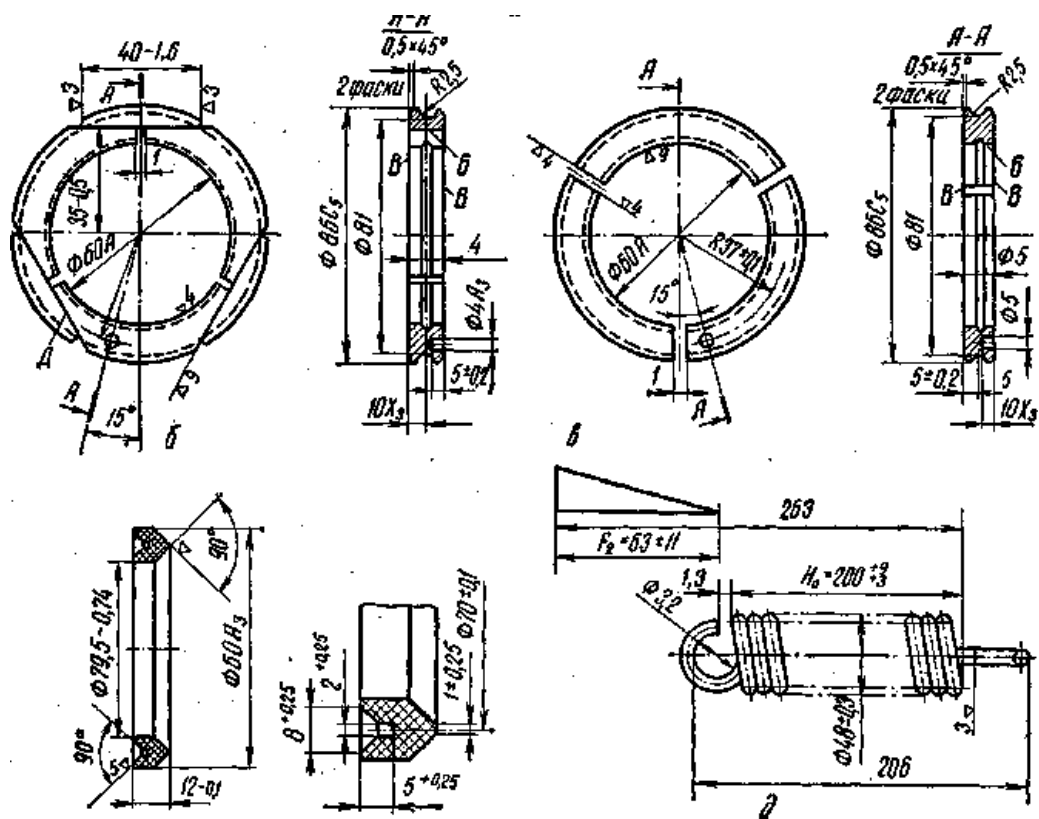


Рис. 16. Расположение интерференционных полос на стекле.

2. Изучить конструкцию сальников горизонтального компрессора изображенного на рисунке, сделать эскиз и дать описание



Сальник горизонтального компрессора типа АО



Сальник горизонтального компрессора типа АО

Отчет должен содержать:

1. Эскизы сальников
2. Описание сальников, особенности конструкции и материалы деталей
3. Краткое содержание ремонтных работ.

## Перечень литературы

### Основная:

1. Абдульманов Х.А., Балыкова Л.И., Сарайкина И.П. Холодильные машины и установки. – М: Колос, 2006
2. Антипов А.В., Дубровин И.А. Диагностика и ремонт торговой холодильной техники, 2008
3. Курылев Е.С., Оносовский В.В., Румянцев Ю.Д. Холодильные установки. – СПб: Политехника, 2000
4. Невейкин В.Ф. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок.—М.: Агропромиздат, 2009.— 287 с., ил.
5. Полевой А.А. Монтаж холодильных установок и машин. – М: Профессия, 2007
6. Чепрасов Н.Н. Техническое обслуживание оборудования предприятий и судов рыбной промышленности.—М.: Агропромиздат, 2000.— 340 с.
7. Рудометкин Ф.И., Недельский Г.В. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильных установок.—М.: Пищевая промышленность, 2000. —376 с.

### Дополнительная:

8. Коновалов В.Л., Смелков Н.А. Холодильное оборудование промысловых судов. — М., ВО «Агропромиздат», 1990.—278 с.
9. Канторович В.И., Гиль И.М. Устройство, монтаж, техническое обслуживание и ремонт холодильных установок. —М.: Агропромиздат, 1985.— 319 с.
10. Зеликовский И.Х., Каплан Л.Г. Малые холодильные машины и установки. Справочник. — М: Пищевая промышленность, 1978 — 448 с.
11. Чупахин В.М. Технологическое оборудования рыбообрабатывающих предприятий. —М: Пищевая промышленность, 1978 — 234 с.
12. Батенчук А.Н. Изготовление и монтаж технологических трубопроводов.— М., Стройиздат, 1971. —304 с.