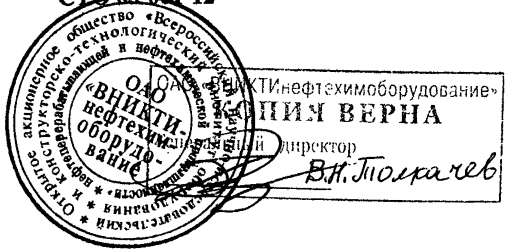
**ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО
«ВСЕРОССИЙСКИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И
КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
ОБОРУДОВАНИЯ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ И
НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ»
(ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование»)**

Настоящий документ не может
быть полностью или частично
воспроизведен, тиражирован или
распространен без разрешения
ОАО "ВНИКТИнефтехимоборудование"

СТАНДАРТ ОРГАНИЗАЦИИ

Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт

СТО 03-001-12



**ВОЛГОГРАДСКОЕ НАУЧНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
2013**

gost.e-ecolog.ru

ББК 30.8
С76

С76 **Стандарт организации**. Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт. СТО 03-001-12. – Волгоград, 2013. – 242 с.

ISBN 978-5-906081-72-8

В стандарте подробно изложены требования по безопасной эксплуатации поршневых компрессоров, методам, объёмам и срокам ревизии их деталей и узлов, критериям отбраковки из-за износа, наличия дефектов, вибросостояния, отработки установленного срока эксплуатации, приведены данные оценки качества проведённого ремонта и ведения технической документации.

Стандарт предназначен для специалистов, занимающихся эксплуатацией, ревизией, ремонтом и техническим диагностированием поршневых компрессоров. Стандарт разработан взамен «Общих технических условий по ремонту поршневых компрессоров» 1985 г.

ББК 30.8

ISBN 978-5-906081-72-8

© ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование», 2013
© Волгоградское научное издательство, 2013

ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ЭКОЛОГИЧЕСКОМУ, ТЕХНОЛОГИЧЕСКОМУ
И АТОМНОМУ НАДЗОРУ
(РОСТЕХНАДЗОР)

ул. А.Лукьянова, д. 4, корп.1, Москва, 105066
Телефон: (495) 411-60-45, Факс: (495) 411-60-52
E-mail: rostehnadzor@aesnadzor.ru
http://gost.e-ecolog.ru
ОКПО 00083...
ИНН/КПП 7709561778/770901001

Врио Генерального
директора
ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование»
Т.А. Гордеевой
Пр. Ленина, 98 «Б»,
г. Волгоград, 400078

10 ДЕК 2012 № 08-00-11/4154

На № 01/832 от 10.08.12 г.

О стандартах организаций

Управление общепромышленного надзора в дополнение к письму от 18.09.2012 № 08-00-11/3091, информирует.

В результате рассмотрения представленного и разработанного ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование» Стандарта организации «Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт» (СТО 03-001-12), в рамках определённых технических решений и задач, планируемых в обеспечение целей поддержания работоспособности оборудования и увеличения периода бездефектной и безопасной эксплуатации в рамках режимов безопасной эксплуатации, установлена возможность реализации предложенных стандартом организации технических решений.

Вместе с тем, применяемая на основе технических решений документация, разработанная в обеспечение указанных целей и задач, должна соответствовать проектным решениям и требованиям правил и норм по промышленной безопасности.

И.о. начальника Управления
общепромышленного надзора Г.М. Селезнёв

Ермошин В.А. 8 (499) 261-41-48

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ И УТВЕРЖДЕНИЯ

1. РАЗРАБОТАН Открытым акционерным обществом «Всероссийский научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт оборудования нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности» и ООО «НПЦ «Динамика» (раздел 5).

2. РАЗРАБОТЧИКИ:
Н. В. Мартынов, В. Н. Толкачев, Б. П. Пилин, В. М. Покусаев,
Т. М. Урбанская (ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование»);
В. Н. Костюков (раздел 5), А. П. Науменко (раздел 5)
(ООО «НПЦ «Динамика»); Г. М. Селезнёв (Ростехнадзор).

3. РАССМОТРЕН, ОДОБРЕН И РЕКОМЕНДОВАН к утверждению Ученым Советом ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование» протокол № 5 от 14.06.2012 г.

4. РАССМОТРЕН И ОДОБРЕН Ростехнадзором
(Письмо № 08-00-11/3091 от 18.09.2012 г.; Письмо № 08-00-11/4154 от 10.12.2012 г.)

5. УТВЕРЖДЕН: Техническим директором ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование» Самохиным Ю. Н.

«Стандарт организации (СТО 03-001-12). «Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт», далее Стандарт организации (СТО 03-001-12) является авторской разработкой ОАО ВНИКТИнефтехимоборудование», не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен без разрешения ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование».

Бумажные копии СТО 03-001-12 для подтверждения их достоверности должны быть постранично заверены.

Если каждая страница СТО 03-001-12 не заверена оригинальной печатью (не являющейся копией) с подписью разработчика, то документ считается не достоверным, не действительным и не может быть использован в качестве методического и информационно-справочного материала.

Электронные копии (в формате «.pdf», «.tif», «.doc» и др.) СТО 03-001-12 не являются достоверными и не могут быть использованы в качестве методического и информационно-справочного материала.

В стандарте подробно изложены требования по безопасной эксплуатации поршневых компрессоров, методам, объёмам и срокам ревизии их деталей и узлов, критериям отбраковки из-за износа, наличия дефектов, вибросостояния, отработки установленного срока эксплуатации, приведены данные оценки качества проведённого ремонта и ведения технической документации.

Стандарт предназначен для специалистов, занимающихся эксплуатацией, ревизией, ремонтом и техническим диагностированием поршневых компрессоров. Стандарт разработан взамен «Общих технических условий по ремонту поршневых компрессоров» 1985г.

СОДЕРЖАНИЕ

1.	Общие положения	7
2.	Основные положения по эксплуатации поршневых компрессоров	7
3.	Основные положения по ревизии, отбраковке и ремонту компрессоров	16
3.1	Фундамент	16
3.2	Рама	18
3.3	Коленчатый (кривошипный) вал. Подшипники вала	34
3.4	Выносной подшипник. Маховик	47
3.5	Цилиндры и цилиндровые втулки. Крышки цилиндров	49
3.6	Шатуны, подшипники шатунов	62
3.7	Шатунные болты	68
3.8	Крейцкопф и детали его соединения со штоком	71
3.9	Штоки, поршни и поршневые кольца	78
3.10	Сальниковые уплотнения	97
3.11	Клапаны	102
3.12	Система смазки	119
3.13	Система охлаждения	131
3.14	Предохранительные устройства	132
3.15	Сосуды, аппараты, трубопроводы компрессорного отделения (цеха, установки)	132
3.16	Привод компрессора	134
3.17	Обкатка компрессора и приемка его в эксплуатацию после капитального ремонта	139
3.18	Ремонтная документация	141
4.	Контроль деталей компрессоров неразрушающими методами	148
5.	Контроль вибросостояния компрессоров в процессе эксплуатации	178
5.1	Область применения	178
5.2	Обозначения и сокращения	179
5.3	Системы мониторинга состояния	180
5.4	Измерение вибрации	180
5.5	Оценка состояния агрегата	182
5.6	Эксплуатационные нормы вибрации	183
5.7	Использование результатов оценки технического состояния агрегатов	183
	Приложения:	
А.	Размещение вибродатчиков на поршневом компрессоре	184
Б.	Эксплуатационные нормы вибрации поршневых компрессоров.	186

В. Перечень машин и агрегатов, вибропараметры которых использованы при разработке настоящего стандарта..... 188
Г. Нормативные ссылки..... 189
Д. Акт готовности фундамента к установке оборудования..... 190
Ж. Приготовление и пользование пастой «Герметик»..... 191
И. Приготовление и пользование герметиком У-ЗОМ..... 192
К1. Заключение по ультразвуковому контролю качества деталей.... 194
К2. Заключение по капиллярной дефектоскопии качества деталей... 196
К3 Заключение по визуальному и измерительному контролю качества деталей..... 198
К4 Заключение по магнитопорошковому контролю качества деталей..... 200
К5 Заключение по вихретоковому контролю качества деталей..... 202
Л. Формуляр ремонта компрессора АДК-73/40..... 204
Список использованных источников..... 236

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область применения

1.1.1 Стандарт «Поршневые компрессоры нефтеперерабатывающих, нефтехимических и химических предприятий. Эксплуатация, технический надзор, ревизия, отбраковка и ремонт»* устанавливает основные требования при эксплуатации, техническом надзоре, ревизии, отбраковке и ремонте поршневых компрессоров и распространяется на газовые, воздушные и холодильные стационарные поршневые компрессоры, выполненные на оппозитных, горизонтальных, вертикальных, прямоугольных, V- и W-образных базах с конечным давлением до 50 МПа (500 кгс/см^2).

Примечание. По ГОСТ 28567-90 к компрессорам низкого давления относят компрессоры с конечным давлением до 1,5 МПа (15 кгс/см^2), среднего давления с конечным давлением свыше 1,5 до 10 МПа (свыше 15 до 100 кгс/см^2), высокого давления – с конечным давлением свыше 10 МПа до 100 МПа (свыше 100 кгс/см^2 до 1000 кгс/см^2).

*далее по тексту – Стандарт.

1.1.2 Наряду с настоящим Стандартом при эксплуатации, техническом надзоре, ревизии, отбраковке и ремонте поршневых компрессоров следует руководствоваться соответствующими разделами государственных и отраслевых стандартов, СНиП, Правилами и Руководящими документами Ростехнадзора, нормативными документами, разработанными для конкретных производств, а так же эксплуатационной документацией на соотвеиствующее компрессорное оборудование.

При этом следует учитывать требования пожаровзрывобезопасности, производственной санитарии и охраны труда, изложенные в соответствующих нормативно-технических документах, утверждённых в установленном порядке.

2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ ПОРШНЕВЫХ КОМПРЕССОРОВ

2.1 При эксплуатации, техническом надзоре, ревизии, отбраковке и ремонте поршневых компрессоров, предприятия должны руководствоваться требованиями нормативных документов, указанных в таблице 1.

Таблица1- Нормативные документы

Наименование документа	Обозначение	Дата утверждения
1	2	3
ЕСКД. Ремонтные документы	ГОСТ 2.602-95	
Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности	ГОСТ 12.2.016-81	
Оборудование технологическое. Общие требования монтажной технологичности	ГОСТ 24444-87	
Оборудование компрессорное. Определение шумовых характеристик	ГОСТ 12.2.016.1-91 – ГОСТ 12.2.016.5-91	
Правила проведения экспертизы промышленной безопасности.	ПБ 03-246-98, с изменением №1 [ПБИ 03-490 (246)-02]	Постановление Гогортехнадзора России от 06.11.1998 № 64, от 01.08.2002 №48.
Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств.	ПБ 09-563-03	Постановление Госгортехнадзора России от 29.05.2003 №44
Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.	ПБ 03-576-03	Постановление Госгортехнадзора России от 11.06.2003 №91

Продолжение таблицы 1

Наименование документа	Обозначение	Дата утверждения
1	2	3
Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов.	ПБ 03-581-03	Постановление Госгортехнадзора России от 05.06.2003 №60
Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах.	ПБ 03-582-03	Постановление Госгортехнадзора России от 05.06.2003 №61
Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.	ПБ 03-585-03	Постановление Госгортехнадзора России от 10.06.2003г. №80
Правила безопасности аммиачных холодильных установок.	ПБ 09-595-03	Постановление Госгортехнадзора России от 09.06.2003 №79
Сосуды и аппараты. Общие технические условия на ремонт.	ОТУ 3-01	Согласованы с Госгортехнадзором России письмом № 11-11/396 от 14.10.2002.

Продолжение таблицы 1

Наименование документа	Обозначение	Дата утверждения
1	2	3
Фундаменты машин с динамическими нагрузками	СНиП 2.02.05-87	Утвержден постановлением Госстроя СССР от 16.10.1987. №242
Организация строительного производства	СНиП 3.01.01-85	Утвержден постановлением Госстроя СССР от 2.09.1985. №140
Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.	СНиП 52-01-2003	Утвержден и введен в действие постановлением Государственного Комитета РФ по строительству и жилищно-коммунальному комплексу от 30.06.2003г. №127
Технологическое оборудование и технологические трубопроводы	СНиП 3.05.05-84	Утвержден постановлением Госстроя СССР от 7.05.1984. №72

Продолжение таблицы 1

Наименование документа	Обозначение	Дата утверждения
1	2	3
Инструкция по визуальному и измерительному контролю.	РД 03-606-03	Постановление Госгортехнадзора России от 11.06.2003г. №92
Положение о порядке безопасного проведения ремонтных работ на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих опасных производственных объектах.	РД 09-250-98, с изменением №1 [РДИ 09-501(250)-02]	Постановление Госгортехнадзора России от 10.12.1998 №74, от 21.11.2002 № 66.
Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах.	РД 09-364-00	Постановление Госгортехнадзора России от 23.06.2000 №38
Оборудование компрессорное. Порядок проведения дефектоскопического контроля	РД РТМ 26-12-23-78	
Инструкция по техническому надзору, методам ревизии и отбраковке трубчатых печей, резервуаров, сосудов и аппаратов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств.	СТО-СА-03-004-2009	Согласована с Госгортехнадзором России письмом №08-01-05/209 от 22.01.2010
Технологические трубопроводы нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности. Требования к устройству и эксплуатации.	СА 03-005-07	Рекомендован Ростехнадзором для межотраслевого применения письмом № КЧ-45-500 от 30.03.2007.

Продолжение таблицы 1

Наименование документа	Обозначение	Дата утверждения
1	2	3
Методика технического диагностирования компрессорных установок с поршневыми компрессорами.	СА-03-007-06	Рекомендована к применению Ростехнадзором, письмо №К4-50/1196 от 23.11.2006 г.
Руководящие указания по эксплуатации и ремонту сосудов и аппаратов, работающих под давлением ниже 0,07МПа (0,7кгс/см^2) и вакуумом.	РУА-93	Согласованы с Госгортехнадзором России письмом №02-35/59 от 23.02.1995.
Инструкция. ИПКМ-2005. «Порядок эксплуатации, ревизии и ремонта пружинных предохранительных клапанов, мембранных предохранительных устройств нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий Минпромэнерго России».	ИПКМ-2005	Согласована с Госгортехнадзором России письмом №11-16/2006 от 20.06.2006.
Установка технологического оборудования на фундаментах	ВСН 361-85	Утвержден Минмонтажспецстроем СССР 22.03.1985 г
Производственная документация по монтажу технологического оборудования и технологических трубопроводов	ВСН 478-86	

Продолжение таблицы 1

Наименование документа	Обозначение	Дата утверждения
1	2	3
Положение о системе технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Часть вторая. Нефтехимические производства.		Утверждено Миннефтехимпромом 22.04.1981.
Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах.		Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 195 от 30 июня 2009 г.
Инструкция по организации безопасного проведения газоопасных работ на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.		Утверждена Миннефтехимпромом 19.09.1986.
Технические Указания по переводу компрессоров на работу без смазки цилиндров и сальников.		Утверждены Миннефтехипромом 12.12.1972.
Техническая документация заводов-изготовителей (фирм) компрессоров.		
Эксплуатационная документация на компрессоры предприятий-изготовителей		
Действующие на предприятии Положение о ППР		

2.2 При эксплуатации компрессорных установок, необходимо обеспечить постоянный контроль:

- за показаниями приборов на щите управления и за состоянием световой и звуковой сигнализации, оповещающей о работе систем и отклонении величин рабочих параметров от заданных;
- за показаниями и предписаниями системы мониторинга и диагностики при ее наличии;
- за отсутствием стуков и различных посторонних шумов компрессорных агрегатов; при появлении резких ударов и стуков компрессор немедленно останавливают, при появлении слабых уточняют их причину и выясняют возможность дальнейшей эксплуатации компрессоров;
- за состоянием фундамента;
- за герметичностью оборудования, трубопроводов и аппаратуры, немедленно принимая меры по устранения утечек газа, масла, охлаждающей жидкости и т.д.
- за вибрацией компрессоров, оборудования, систем и аппаратов; своевременно принимать меры по предупреждению вибрации, привлекая, при необходимости, проектные и специализированные организации;
- за нагревом трущихся деталей и узлов компрессора; при нагреве трущихся деталей свыше допустимых температур, компрессор должен быть остановлен для устранения причин, вызывающих перегрев; последующий пуск производится после остывания нагретого узла;
- за работой и исправным состоянием систем смазки, охлаждения, вентиляции, отопления;
- за работой и исправным состоянием электрооборудования, заземляющих устройств оборудования и аппаратуры;
- за исправным состоянием всех видов вспомогательного оборудования, коммуникаций, металлоконструкций, зданий, сооружений, связанных с эксплуатацией компрессорных установок;
- за чистотой компрессорных отделений и оборудования в них.

2.3 Компрессор, детали и узлы которого были перегружены из-за сильных механических, гидравлических ударов или аварий, может быть допущен к дальнейшей эксплуатации только после тщательной проверки перегруженных деталей рекомендуемыми в главе 4 методами дефектоскопии и замены отбракованных деталей.

2.4 Запрещается эксплуатация компрессора, если не задействованы системы его автоматизации и защиты, предусмотренные заводом-изготовителем (фирмой) и проектом компрессорного отделения (цеха, установки).

2.5 Использовать компрессор для сжатия других газов, не указанных в паспорте компрессора, изменять конструкцию деталей и узлов , снижая их прочностные и эксплуатационные характеристики, а также режимы его работы, которые повышают нагрузки на его узлы и детали допускается только с разрешения завода-изготовителя или специализированной (экспертной) организации по поршневым компрессорным машинам.

2.6 Нормы межремонтных периодов компрессоров, содержание работ при ремонтах, требуемая ремонтная документация, в том числе результаты ревизии, устанавливаются действующими Положениями о ППР, утверждёнными в установленном порядке (с учетом указаний раздела 5).

2.7 Подготовка компрессора к ремонту и его ремонт должны производиться в соответствии с действующими правилами и нормами по технике безопасности и пожарной безопасности.

2.8 Сдача и приёмка компрессора из ремонта производятся по актам согласно действующему на предприятии Положению о планово-предупредительном ремонте или Системы технического обслуживания, ремонта и контроля технического состояния технологического оборудования и установок нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий.

2.9 При наличии системы диагностики и мониторинга компрессора приёмка из ремонта производится по показаниям системы, которые должны соответствовать техническому состоянию «ХОРОШО». При наличии обоснованных аргументов и их документировании допускается производить приёмку из ремонта при техническом состоянии «ДОПУСТИМО».

3 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПО РЕВИЗИИ, ОТБРАКОВКЕ И РЕМОНТУ КОМПРЕССОРОВ

3.1 Фундамент

3.1.1 Компрессоры относятся к машинам с большими динамическими нагрузками, вызывающими вибрацию фундаментов, трубопроводов и аппаратов.

Во избежание передачи вибрации фундамент компрессора не должен быть жестко связан со строительными конструкциями (фундаментами и перекрытиями зданий, фундаментами аппаратов и др.)

Амплитуда колебаний фундамента для каждой гармоники не должна превышать предельно допускаемых величин, приведённых в таблице 3.1.

Таблица 3.1-Допускаемые величины колебания фундамента

Частота вращения вала компрессора, (об/мин)	Предельно допускаемые амплитуды колебаний (мм) для гармоники колебаний	
	первой	второй
Менее 200	0,25	0,15
от 200 до 400	0,25 – 0,15	0,15 – 0,10
св. 400 до 600 вкл.	0,15 – 0,10	0,10– 0,05
Св. 600	0,10	0,05

3.1.2 Сооружение фундаментов должно производиться в соответствии с проектом и требованиями СНиП 3.03.01-87 «Несущие и ограждающие конструкции», СНиП 52-01-2003 «Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения» и СНиП 2.02.05-87 «Фундаменты машин с динамическими нагрузками».

Температура при их возведении должна быть не ниже +5°С.

Применяемый бетон – в соответствии с указанием проекта, но не ниже класса бетона по прочности на сжатие В12,5. Проектная марка бетона по морозостойкости должна быть не ниже F50.

Верхняя плоскость фундамента должна иметь мелкую насечку для лучшего схватывания с подливкой.

3.1.3 Отклонения фактических размеров фундамента от проектных не должны превышать величин указанных в таблице 3.2.

3.1.4 Готовность фундамента к монтажу компрессора и проверка правильности его установки оформляются в соответствии с требованиями ВСН

361-85 «Установка технологического оборудования на фундаментах», СНиП 3.05.05-84 «Технологическое оборудование и технологические трубопроводы», СНиП 3.01.01-85 «Организация строительного производства».

Акт готовности фундамента к производству монтажных работ оформляется по форме акта промежуточной приёмки ответственных конструкций в соответствии с приложением 7 СНиП 3.01.01-85. Акт проверки установки компрессора на фундамент составляется по п.8 Приложения 2 СНиП 3.05.05-84. Примерное содержание и форма указанного акта приведена в Приложении Д.

К акту приёмки фундамента прилагают формуляр с указанием замеров, произведенных при монтаже и рабочие чертежи с надписями о соответствии выполненных работ этим чертежам или о внесённых в них изменениях.

Таблица 3.2-Допускаемые отклонения размеров фундамента

Отклонения	Величина допускаемых отклонений, мм
Отклонение горизонтальных плоскостей на всю длину выверяемого участка.	20
Местные неровности поверхности бетона при проверке двухметровой рейкой, кроме опорных поверхностей	5
Длина или пролёт элементов	±20
Размер поперечного сечения элементов	+6; -3
Расположение анкерных болтов: в плане внутри контура опоры в плане вне контура опоры по высоте	 5 10 +20
Отклонения от вертикальности стенок анкерных колодцев должны быть в пределах	5мм/1000мм

3.1.5 Во время капитального ремонта необходимо определить уклон рамы связанный с осадкой фундамента, который не должен превышать величин, указанных в таблице 3.3.

Осадка фундамента может вызвать напряжения в присоединённых к компрессору трубопроводах, что необходимо проверить отсоединением их от цилиндра.

В начальный период работы первые два определения осадки фундамента следует производить через 6 месяцев каждое и последующие через год до её стабилизации.

Для уменьшения осадки фундамента необходимо препятствовать поступлению воды к нему как при его строительстве, так и при эксплуатации.

3.1.6 В период эксплуатации ведётся наблюдение за состоянием фундамента компрессора.

При обнаружении трещин за ними устанавливается наблюдение: в 150–200 мм от концов трещины устанавливают маяки, границы трещин отмечаются масляной краской. Если величина трещин возрастает, вопрос о возможности дальнейшей эксплуатации или ремонта фундамента должен решаться совместно с компетентными в этой области строительными организациями.

3.1.7 Поверхности фундамента, на которые возможно попадание масла, должны быть обязательно защищены от его разрушающего воздействия, например, покрытием в несколько слоёв масляной краской после очистки и обезжиривания этой поверхности.

В случае проникновения масла в бетон часть фундамента удаляют подрубкой на 40–50мм ниже пропитанного маслом слоя. До наращивания фундамента, хорошо очищенную его поверхность следует насечь, промыть тёплой водой, а затем обработать цементным раствором. Оголившуюся при удалении бетона промасляную арматуру прожечь паяльной лампой. При необходимости, установить дополнительную арматуру. Заливку производить бетоном той же марки, что и бетон фундамента.

3.2 Рама

3.2.1 Рама (картер, станина) является базой компрессора, которая воспринимает усилия от кривошипно-шатунного механизма: усилия от давления в цилиндрах, от сил инерции движущихся и вращающихся частей, крутящих моментов и сил трения.

Литые рамы изготавливают, как правило, из чугуна СЧ 18 и СЧ 21 по ГОСТ 1412–85 в соответствии с требованиями проекта.

3.2.2 В процессе эксплуатации компрессора могут появиться следующие дефекты рам:

- изменение положения рамы из-за неравномерной осадки фундамента;
- изменение геометрии той или иной части рамы под влиянием остаточных литейных напряжений;

- отставание подошвы рамы от фундамента вследствие неудовлетворительно выполненной подливки, попадания масла под опорную часть рамы, разрушения подлитой части фундамента, ослабления крепления к фундаменту;
- появление изломов и трещин на отдельных участках рамы в результате неравномерной или неправильной затяжки фундаментных болтов;
- износ поверхностей гнезд (постелей) коренных подшипников - наклеп при ослаблении посадки вкладышей в постелях.

3.2.3 При среднем ремонте проводятся следующие проверки:
- сцепление рамы с фундаментом;
- наличие трещин визуально, а при необходимости одним из методов дефектоскопии;
- затяжки ответственных болтов и шпилек;
- затяжки фундаментных болтов, а при их ослаблении проверка положения рамы по уровню;
- состояние поверхностей скольжения направляющих крейцкопфа.

При капитальном ремонте выполняются работы среднего ремонта и проверяется:
- перпендикулярность осей расточек направляющих к оси вала горизонтальных и оппозитных компрессоров;
- параллельность осей рам двухрядных горизонтальных компрессоров;
- выработка крейцкопфных направляющих;
- проверка положения рамы по уровню;
- проверка геометрической формы гнезд (постелей) коренных подшипников.

При пуске в эксплуатацию нового компрессора или компрессора после переустановки рамы проверка положения рамы по уровню производится при очередном среднем ремонте.

3.2.4 Рама должна быть демонтирована с фундамента, затем установлена и подлита вновь при превышении величин, указанных в таблице 3.3, а также при наличии в раме изломов, трещин и течи, для устранения которых требуется доступ к фундаментной раме со стороны фундамента.

3.2.5 Проверка горизонтальности рам горизонтальных компрессоров производится уровнем с ценой деления не более 0,1 мм на 1 м, который устанавливают на поверочную линейку, уложенную на нижнюю параллель, на горизонтальные поверхности около постелей коренных подшипников или на скалку длиной 500 мм, уложенную на расточке подшипников рамы.

В случае, когда параллели, вследствие выработки, не могут быть приняты за базу, горизонтальность фундаментной рамы в продольном направлении проверяют по плоскости стыка с цилиндром при помощи углового уровня.

Каждое измерение производить дважды, с поворачиванием уровня на 180°.

Таблица 3.3-Допускаемые величины отклонений при эксплуатации рамы

Наименование отклонений	Допускаемая величина отклонения при эксплуатации
Отставание опорных поверхностей рамы от фундамента.	50% периметра фундаментной рамы
Циклические перемещения относительно фундамента.	0,2 мм
Уклон в продольном и поперечном направлениях: для горизонтальных, оппозитных, прямоугольных, вертикальных, V- и W- образных компрессоров.	2 мм на 1 м

Горизонтальность рам вертикальных, прямоугольных, V- и W-образных компрессоров проверяют уровнями, устанавливаемыми на поверочную линейку, уложенную на верхние обрабатываемые поверхности рамы.

Проверку фундаментной рамы на отсутствие прогиба производят с помощью уровней или щупа и поверочной линейки длиной не менее 1 м, устанавливаемой на верхние обрабатываемые поверхности рамы при затянутых анкерных болтах.

При подтяжке ослабленных анкерных болтов следует обращать особое внимание на возможную деформацию рамы или изменение её положения. При этом, прогиб в продольном и поперечном направлениях не должен превышать для горизонтальных баз и прямоугольных компрессоров 0,1 мм, а для оппозитных и V-образных компрессоров 0,05 мм на метр длины.

3.2.6 Направляющие (параллели) крейцкопфной части рамы подлежат исправлению при наличии неравномерной выработки, превышающей 0,3 мм.

Неравномерность выработки крейцкопфной части направляющих (параллелей) определяется как разность диаметров, замеренных микрометрическим штихмасом в трёх сечениях, перпендикулярных продольной оси крейцкопфной части рамы, расположенных посредине и в 20–30 мм с каждого конца направляющих. В каждом сечении производится три измерения: посредине и в 10–20 мм от краёв параллелей (рис. 3.1).

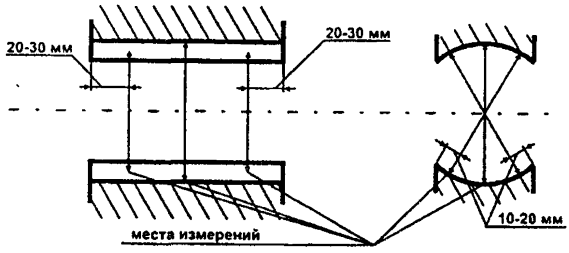


Рисунок 3.1 Места измерения параллелей.

Исправление изменения формы и износа поверхности нижней направляющей выполняют шабровкой по контрольной скалке, которая изготавливается из пустотелой чугунной болванки диаметром 75-100 мм. Она должна быть длиннее направляющей на 50 мм, овальность и конусность не более 0,03 мм и иметь шлифованную поверхность. Скалку, покрытую тонким слоем краски, опускают на чистую нижнюю направляющую и прокатывают по её поверхности. Места, покрытые краской, шабрят или снимают слой металла шлифовальной машинкой с учётом замеров произведенных штихмасом. Подгонка выполняется до тех пор, пока поверхность нижней направляющей не будет равномерно покрыта пятнами краски–6 пятен на квадрате 25×25 мм, а шероховатость поверхности будет не ниже $\sqrt{Ra1{,}25}$ (▽7).

3.2.7 При срыве более 10% резьбы в отверстиях для шпилек рамы резьба должна быть нарезана на ближайший больший размер. При срыве у шпильки более 10% резьбы она должна быть заменена новой.

3.2.8 В процессе подготовки сорванной с фундамента рамы к монтажу необходимо проверить плотность литья рамы (см. главу 4).

Результаты проверки заносят в ремонтный формуляр компрессора.

Аналогичную проверку плотности литья рамы производят и у вновь монтируемых компрессоров.

3.2.9 При обнаружении трещин в раме вопрос о возможности её дальнейшей эксплуатации и ремонта решается в каждом отдельном случае руководством предприятия.

3.2.10 Допускаемые отклонения при установке рамы не должны превышать величин, указанных в таблице 3.4.

3.2.11 Выверка установленных на фундаменте рам проводится с применением:

- инвентарных клиновых винтовых домкратов, защищаемых местной опалубкой от соприкосновения их с бетоном, либо регулирующих встроенных винтов (рис. 3.2 а, б);

- стальных плоских или клиновых подкладок, остающихся в бетонной подливке, размеры которых указаны в таблице 3.5 (рис. 3.2 в, г).

Плоские подкладки под клиновыми парами должны иметь толщину не менее 10 мм, а клиновые - в пределах 20–30 мм. В одном пакете должно быть не более 5 подкладок (включая клиновые).

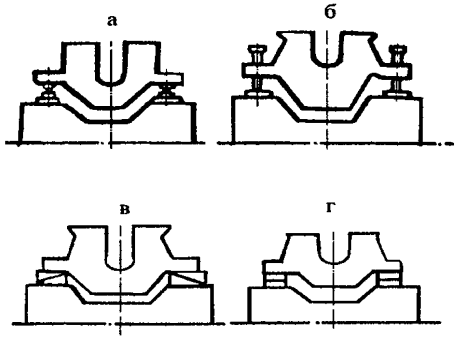


Рисунок 3.2 Способы установки рам для выверки на фундаменте.

а) на домкратах; б) на регулирующих винтах;

в) на клиньях; г) на плоских подкладках.

Подкладки под компрессорный агрегат должны быть установлены с двух сторон каждого колодца под анкерный болт возможно ближе к болту, но не перекрывать колодцы.

В местах опирания регулировочных винтов на фундамент необходимо уложить плоские подкладки толщиной 12 мм, которые должны лежать на фундаменте без качки.

Общая высота подкладок должна обеспечить зазор для подливки между рамой и фундаментной плитой в пределах 50–60 мм.

По окончании выверки рам подкладки в пакетах соединяют между собой электросваркой прихватками.

3.2.12 Нижние опорные и боковые поверхности рам, которые после подливки будут соприкасаться с бетоном, должны быть очищены и обезжирены 10-15% раствором каустической соды, промыты и насухо протёрты чистой ветошью.

Если предусматривается заливка фундаментных болтов в колодцах фундамента, они должны быть также обезжирены.

3.2.13 Внутренние пустоты рам, у которых нет специальных отверстий для подливки, для лучшего сцепления с подливкой должны быть заполнены армированным бетоном марки М200 до установки рам на фундаменты.

При этом концы арматуры должны выступать над подошвой рамы на высоту зазора между рамой и фундаментом. В отверстия для анкерных болтов вставляют деревянные конусные пробки, обёрнутые толью.

Таблица 3.4 -Допускаемые величины отклонений при установке рамы

Наименование отклонений	Допускаемые величины
1.Отклонения от горизонтального положения рамы в направлениях, параллельном и перпендикулярном оси вала: - для рам горизонтальных и оппозитных компрессоров - для рам вертикальных, прямоугольных, V- и W- образных компрессоров	 0,1 мм на 1м длины 0,3 мм на 1м длины
2.Разность высотных отметок рам двухрядных горизонтальных компрессоров или рамы и выносного подшипника однорядного компрессора.	0,2 мм на 1 м расстояния между ними
3.Непараллельность осей крейцкопфных направляющих двухрядного горизонтального компрессора.	0,2 мм на 1 м длины
4.Отклонение фактической высотной отметки установленной рамы и смещение её главных осей в плане от проектных.	10 мм
5.Прогиб фундаментной рамы	0,03 мм на 1м длины
6.Неперпендикулярность оси вала к осям крейцкопфных направляющих (угол вала).	0,1 мм на 1 м

Таблица 3.5-Размеры подкладок под раму

Масса компрессора, т	Размеры клиновых подкладок, мм	Разность толщины на длине подкладки (клин), мм	Размеры плоских подкладок под клиновой парой и без неё, мм
До 1	80×120	8	90×130
1–3	90×150	9	100×160
Более 3	100×170	10	110×180

3.2.14 При выверке рамы однорядного компрессора или базовой рамы двухрядного горизонтального компрессора необходимо обеспечить:
- зазор между поверхностью фундамента и подошвой в пределах 50–60 мм;
- выполнение пунктов 1,4 и 5 табл.3.4;
- равномерное распределение веса рамы на все пакеты прокладок.

Замеры положения рамы на фундаменте производят при предварительно затянутых гайках фундаментных болтов с усилием около 30 кгс, приложенным к стандартному гаечному ключу без надставки. Болт должен выступать над верхней гайкой на 2–3 нитки резьбы.

Первоначальную выверку положения рамы на фундаменте для упрощения рекомендуется выполнять на 4 пакетах клиновых подкладок по углам с предварительной затяжкой 4 угловых фундаментных болтов. После этого устанавливают на место остальные пакеты подкладок и затягивают все фундаментные болты с усилием, указанным выше.

Равномерное распределение веса рамы на все пакеты подкладок проверяется обстукиванием их лёгким молотком. Нагруженный пакет издаёт характерный глухой звук.

3.2.15 После выверки и закрепления на фундаменте базовой рамы двухрядного горизонтального компрессора устанавливается и выверяется вторая рама, для которой необходимо обеспечить:
- выполнения требований предыдущего пункта;
- выполнение пунктов 2, 3 и 6 табл. 3.4;
- проектное расстояние между рамами;
- соосность расточек в рамах под коренные подшипники.

Выверка осуществляется за счёт перемещения второй рамы.

3.2.16 Установка рам двухрядных горизонтальных компрессоров на одной высоте проверяется при помощи уровня и контрольной линейки, уложенной на постели коренных подшипников (как и на рис. 3.17).

При разных диаметрах расточек постелей обеих рам под контрольную линейку со стороны расточки большего диаметра укладывается калиброванная подкладка, высота которой равна разности радиусов расточек.

3.2.17 Соосность расточек в рамах под коренные подшипники и параллельность осей рядов двухрядного компрессора проверяют с помощью лазерной измерительной системы. Такие системы (например системы Easy-Laser) всё больше находят применение в различных отраслях промышленности России и за рубежом. Работу должны выполнять обученные и аттестованные специалисты по ремонту поршневых компрессоров или работники специализированной организации по применению лазерной техники.

При отсутствии лазерной техники допускается проверку соосности и параллельности деталей и узлов компрессоров проводить с помощью струн специальных центровочных приспособлений, позволяющих перемещать струну в горизонтальной и вертикальной плоскостях (рис. 3.4, 3.6, 3.7).

3.2.18 Для проверки взаимного положения рам с помощью струн используют стальную калиброванную струну диаметром 0,3–0,5 мм, натягиваемую грузом. Марка проволоки струны должна соответствовать ГОСТ 9389-75.

Центровку струны по осям компрессора производят с помощью микрометрического штихмаса с надставкой (рис. 3.3), придающей ему устойчивость против качания вдоль струны.

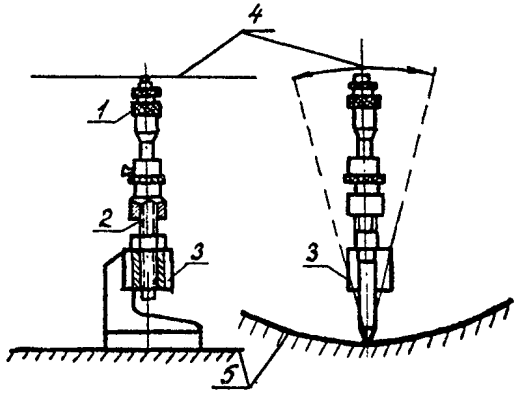


Рисунок 3.3 Штихмас с надставкой.
1-микрометрическая головка; 2- винт;
3- надставка; 4- струна; 5-цилиндр.

Для повышения точности центровки штихмас необходимо устанавливать в определённых точках, отмеченных мелом или краской.

Измерение производят с помощью электроакустического метода (рис. 3.4). В момент касания штихмаса со струной цепь замыкается, и в наушниках слышен звук. Расстояние до струны считается замеренным правильно, если уменьшение длины штихмаса на 0,02 мм уже не даёт контакта в цепи наушников.

При измерениях расстояний в вертикальной плоскости необходимо учитывать прогиб струны В (рис. 3.4), определяемый с помощью номограммы (рис. 3.5).

Пример пользования номограммой.

Определить прогиб струны пролётом 7 м на расстоянии 3 м от опоры.

РЕШЕНИЕ

Проводим вертикальную линию из точки А горизонтальной оси номограммы до пересечения с точкой В на кривой пролёта струны с обозначением 7, отсюда проводим линию параллельно горизонтальной оси номограммы до пересечения с её вертикальной осью (прогиб струны). Точка С соответствует прогибу струны, равному 0,52 мм.

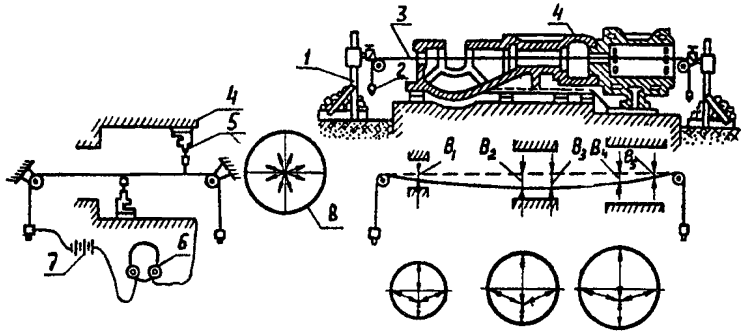


Рисунок 3.4 Схема электроакустической проверки центровки горизонтального компрессора при помощи натянутой струны.

1-подставка; 2- груз; 3- струна; 4- рама; 5- штихмас с надставкой;
6- наушники; 7- батарея карманного фонаря;
8- движения штихмаса при замерах.

Диаметры проволоки и соответствующие им величины грузов, применяемых для натягивания струн, следующие:

Диаметр проволоки, мм – 0,35;		масса груза, кг – 9,45	
–»–	– 0,40	–»–	–12,34
–»–	– 0,45	–»–	–15,62
–»–	– 0,50	–»–	–19,25

Массы грузов относятся между собой как квадраты диаметров проволоки.

Струна считается правильно установленной в вертикальной плоскости, если величина замера сверху за вычетом прогиба В равна замеру снизу, сложенному с прогибом.

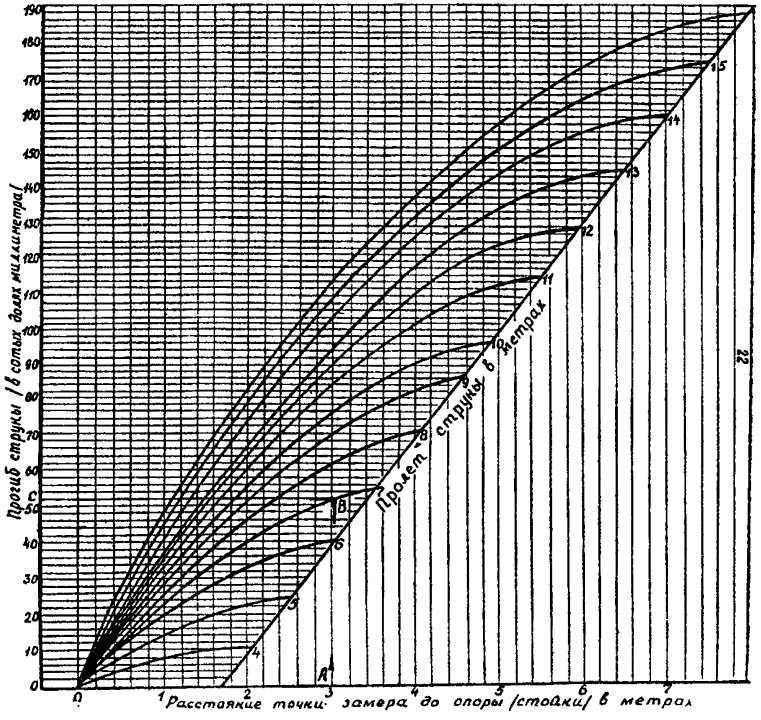


Рисунок 3.5. Номограмма для определения прогиба струны.

3.2.19 В первую очередь устанавливают поперечную струну по расточке коренного подшипника базовой рамы. Замеры производят в двух сечениях, расположенных у краёв расточек (рис. 3.6) или расточки - для рам с одним подшипником. Противоположные расстояния «a_1» и «a_2» по горизонтали между струной и расточкой в каждом сечении, а также расстояния «в» по вертикали должны быть равны; допускается отклонения 0,01 мм, которые должны располагаться по одну сторону от струны у обоих краёв подшипника.

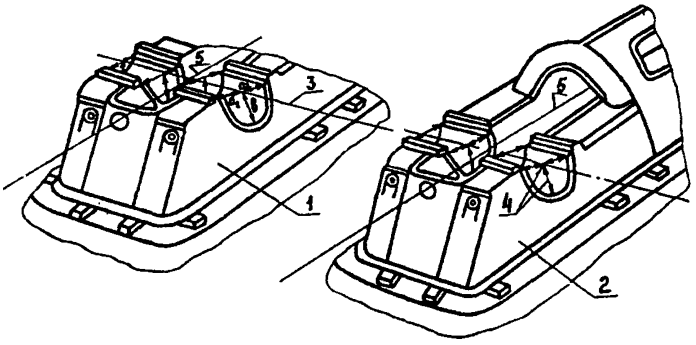


Рисунок 3.6 Центровка второй рамы двухрядного горизонтального компрессора по оси вала с помощью струны.
1- первая рама; 2- вторая рама; 3- струна по оси вала;
4- микрометрический штихмас; 5- струна по продольной оси рамы.

Положение второй рамы регулируется таким образом, чтобы ось расточки (расточек) её коренного подшипника совпала со струной с погрешностью *не более 0,01 мм, а расстояние между рамами соответствовало проектному.*

При отсутствии указаний о проектном расстоянии между рамами (замер С, рис. 3.7) это расстояние должно быть равно размеру, снятому с натуры между галтелями шеек вала с учётом величины торцевых зазоров (между галтелями шеек вала и торцами баббитовой заливки вкладышей) по данным завода-изготовителя. При отсутствии этих данных торцевые зазоры, компенсирующие тепловое расширение в рабочих условиях, должны быть в пределах 0,8-1,0 мм на метр длины вала или расстояния от фиксирующего подшипника.

3.2.20 Параллельность рам проверяют при помощи продольных струн, отцентрованных по крейцкопфным направляющим по методике, изложенной в пунктах 3.2.18 и 3.2.19.

После расцентровки струн разность замеров А и В (рис. 3.7) не должна превышать 0.2 мм на 1 м длины струны.

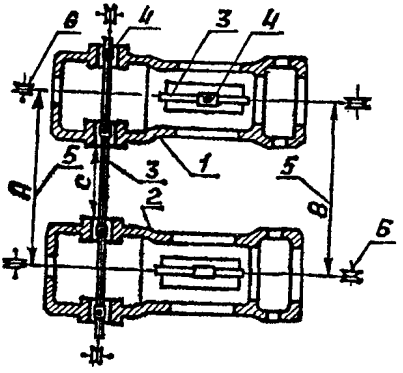


Рисунок 3.7 Установка второй рамы двухрядного горизонтального компрессора.
1- первая установленная рама; 2- вторая устанавливаемая рама; 3- линейка; 4- уровень; 5- штихмас для проверки расстояния между осями рам; 6- ролик приспособления для центровки.

3.2.21 Заключительной контрольной операцией по выверке второй рамы на фундаменте является проверка перпендикулярности оси вала к осям рядов с помощью продольных струн и вала.

Перпендикулярность осей вала и каждого ряда проверяется замером расстояний «а» и «б» (рис.3.8) от струны, отцентрованной по направляющим, до галтели мотылёвой шейки при поворотах вала в переднее и заднее положения, причём кривошипная шейка вала проверяемого ряда должна находиться в обоих положениях под струной на расстоянии 13-15 мм. Коренные шейки вала должны равномерно прилегать к нижним вкладышам подшипников. Расстояния замеряют штихмасом электроакустическим методом. Разность замеров «а» и «б» не должна превышать 0,1 мм на 1 м длины струны между местами замеров.

Необходимо учитывать возможное осевое перемещение вала при повороте от места одного замера до другого, что замеряется индикатором, ножка которого упирается в центр торцовой поверхности вала или в галтель какой-либо коренной шейки. При этом нужно предварительно убедиться в перпендикулярности галтели оси вала.

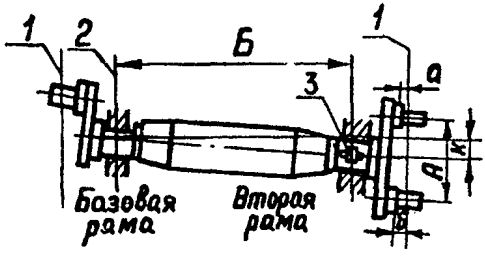


Рисунок 3.8 Проверка перпендикулярности оси вала к оси ряда.
1- струна; 2-средняя линия коренного подшипника;3- индикатор.

Например, при замере угла вала на второй раме (рис. 3.8), величина а = 9,64 мм; б = 9,93 мм; а расстояние между местами замеров А = 0,6 м. После поворота вала индикатор изменил показания с 1,23 мм на 1,38 мм, т.е. при повороте вала от места замера «а» до места замера «б» он сместился в сторону базовой рамы на величину 1,38–1,23 = 0,15мм. Тогда откорректированная величина второго замера будет равна в = б–0,15=9,93–0,15 = = 9,78 мм.

Действительная разность замеров Р = 9,78 – 9,64 = 0,14 мм. Так как допускаемая величина равна 0,1×0,6 = 0,06 мм, что меньше действительной величины, то причиной такого отклонения может быть неправильная обработка нижних вкладышей подшипников (разная толщина баббита вкладыша) или ошибка при установке второй рамы по расточке постели коренного подшипника.

В первом случае необходимая перпендикулярность вала к осям рядов достигается перешабровкой нижних вкладышей коренных подшипников. Во втором следует сдвинуть вторую раму вдоль продольной оси на величину

$$К=Р\,(Б/А)\ \text{мм, где Р- в мм, а Б и А в м.}$$

Так, если Б = 2,2 м, то величина необходимого сдвига рамы будет равна

$$К= 0,14\cdot(\,2,2/0,6) = 0,5\ \text{мм.}$$

После сдвига второй рамы производят повторный замер угла вала, а затем проверяют угол вала на базовой раме.

3.2.22 После выверки рамы на фундаменте производят заполнение колодцев с фундаментными (анкерными) болтами и подливку рамы бетонной смесью в следующем порядке:

- у рам, закрепляемых к фундаменту болтами без закладных частей, после её установки и предварительной выверки сначала заливают бетонной смесью только фундаментные болты на 100 - 150 мм ниже поверхности фундамента; при достижении бетоном в колодцах не менее 50% проектной прочности (табл. 3.6), равномерно предварительно затягивают анкерные болты с усилием, указанным в пункте 3.2.14, и производят окончательную выверку и подливку рамы;
- рамы, закрепляемые на фундаменте с помощью закладных плит и анкерных болтов, подливают после окончательной их выверки с равномерно предварительно затянутыми анкерными болтами. В первую очередь, заполняют цементным раствором нижнюю часть колодцев для анкерных болтов (рис. 3.9) на высоту 100 - 150 мм. После частичного затвердения раствора (через 1- 2 дня) колодцы заполняют чистым сухим песком на высоту 150 -200 мм до поверхности фундамента, после чего производят подливку рамы. Верхние части анкерных болтов обёртываются толью или другим материалом для предотвращения их сцепления с бетоном подливки.

Таблица 3.6-Зависимость прочности бетона от сроков твердения

Срок твердения, сутки	Относительная прочность бетона в % от номинальной в зависимости от средней температуры,°С			
	5	10	15	20
3	21	30	37	45
5	30	38	47	56
7	37	47	55	64
10	47	57	67	75
15	60	72	88	92
28	80	91	100	100

Непосредственно перед установкой рамы компрессора опорные поверхности фундаментов должны быть очищены от загрязнений и масляных пятен до чистого бетона и промыты водой. Перед подливкой рамы бетонной смесью необходимо обдуть фундамент сжатым воздухом и увлажнить его, не допуская скопления воды в углублениях, приямках и нишах.

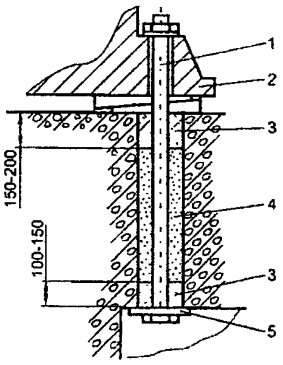


Рисунок 3.9. Заполнение анкерных колодцев.
1- анкерный болт; 2- рама; 3- бетонная смесь; 4 - песок; 5- анкерная плита.

Подливку рамы при температуре окружающего воздуха ниже 5°С следует производить с подогревом раствора и места заливки фундамента.

3.2.23 Для подливки следует применять бетон марки В15(М200), приготовленный на портландцементе марки 400. Размер гравия 20- 30 мм.

Темп твердения бетона, приготовленного из указанных материалов при различных температурах, приведён в табл. 3.6

Для предотвращения образования пустот в слое подливки необходимо принимать меры по удалению воздушных мешков из-под рамы.

Бетонную смесь следует подавать с одной стороны станины до выхода её с другой. Подливка должна производиться непрерывно. Для равномерного затвердевания бетонной смеси её поверхность покрывают, например мешковиной или засыпают мокрыми опилками, которые увлажняют в течении семи суток водой.

3.2.24 Поверхностям фундамента, выступающим за раму, после подливки придаётся уклон не менее 1:50, направленный в наружную сторону от рамы.

После того, как бетон подливки наберёт не менее 25% проектной прочности, домкраты, на которых производилась выверка, должны быть удалены, а регулировочные винты отвёрнуты на 1-2 оборота. Образовавшиеся ниши после удаления домкратов заливают бетоном.

Окончательную затяжку гаек фундаментных болтов производят после достижения бетоном подливки не менее 50% проектной прочности. Величину крутящего момента затяжки определяют по табл. 3.7.

Таблица 3.7-Величина крутящего момента при окончательной затяжке фундаментных болтов

Диаметр резьбы болта, мм	Крутящий момент, кг·м
12	1,2–2,4
16	3–6
20	8–10
24	13–25
30	30–55
36	60–95
42	100–150
48	110–230
56	220–370
64	400–600

До окончательной затяжки гаек фундаментных болтов производить работы, которые могут вызвать нарушение выверенного положенния рамы компрессора, не допускается.

3.2.25 У компрессоров, имеющих корытообразные рамы (картеры), нужно подливать только опорные плоскости (рис. 3.10), так как во время работы компрессора нижняя часть рамы воспринимает тепло от нагретого масла, расширяется и при отсутствии зазора между ней и фундаментом возможно нарушение крепления рамы на фундаменте и её коробление.

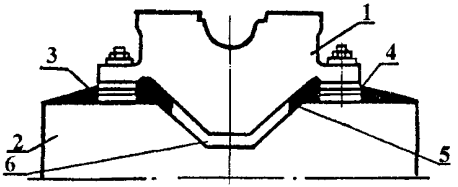


Рисунок 3.10. Подливка корытообразной рамы.
1-рама; 2- фундамент; 3- слой подливки; 4-металлические подкладки;
5- жгут толи или рубероида; 6- зазор.

3.3 Коленчатый (кривошипный) вал. Подшипники вала

3.3.1 Коленчатые (кривошипные) валы компрессоров изготавливают из стали марок сталь 40, сталь 45 по ГОСТ 1050-88 или сталь 40Х по ГОСТ 4543-71. Поковки валов до обработки должны быть проверены на отсутствие внутренних пороков ультразвуковой дефектоскопией.

К основным дефектам вала относятся:

- износ трущихся поверхностей коренных и мотылёвых шеек (овальность, бочкообразность, конусность, несоосность шеек вала);
- задиры на шейках вала;
- разработка шпоночных канавок;
- появление трещин на шейках или на щёках вала, подрезы галтелей;
- изгиб вала.

3.3.2 Состояние коленчатого вала и его подшипников проверяется в следующие сроки.

При текущем ремонте:

- проверка крепления коренных, мотылёвых и выносных подшипников, противовесов, шпонок ротора электродвигателя или маховика, при необходимости регулировка зазоров в подшипниках;
- проверка крепления полумуфт на валах компрессора и электродвигателя;
- проверка состояния приводных ремней.

При среднем ремонте:

- работы текущего ремонта;
- регулировка зазоров в коренных и выносных подшипниках, проверка состояния их баббитовой заливки и прилегания подшипников к шейкам вала;
- проверка зазоров в мотылевых подшипниках, проверка состояния баббитовой заливки и прилегания баббитового слоя к мотылевым шейкам вала, а также прилегания тыльной стороны мотылевых вкладышей к посадочным поверхностям шатуна;
- проверка величины расхождения щёк (раскепа) коленчатых валов и приведение её к норме;
- осмотр и проверка зазоров подшипников качения, при необходимости, их замена;
- визуальная проверка с использованием лупы и цветной дефектоскопии опасных мест вала на усталостные трещины; особое внимание уделять шейкам вала под подшипники, галтелям, противовесам и их креплениям, щёкам; скрытые галтели у кривошипных валов контролировать ультразвуком.
- промывка и продувка смазочных каналов.

При капитальном ремонте:

- работы среднего ремонта;

- проверка вала на усталостные трещины неразрушающими методами контроля (см. главу 4);
- осмотр поверхности шеек вала, измерение их диаметра для определения величины износа;
- проверка шеек вала на биение индикатором;
- определение остаточного прогиба вала, параллельности осей коренных и мотылевых (шатунных) шеек вала;
- проверка положения вала по уровню;
- проверка состояния вкладышей подшипников, определение толщины их баббитового слоя, при необходимости их перезаливка; при перезаливке (замене) вкладышей необходимо провести их укладку в постели по краске;
- укладка коленчатого вала в коренные подшипники с регулировкой величины расхождения щёк (раскепа);
- проверка крепления ротора электродвигателя на валу компрессора;
- проверка уплотнения вала в раме и выносных подшипниках.

3.3.3 Проверка валов на усталостные трещины производится главным образом в местах, опасных с точки зрения концентрации напряжений (галтели, кромки смазочных каналов, кромки шпоночных пазов и пр.). У крупных кривошипных валов насаженный на них кривошип закрывает наиболее опасную галтель, поэтому проверку таких галтелей, также пальцев кривошипа производят ультразвуком в капитальный ремонт, а у компрессоров с давлением более 10 МПа (100 кгс/см^2) - в средний ремонт. Валы и противовесы, у которых обнаружены трещины, подлежат замене.

3.3.4 Осмотр состояния поверхностей шеек производят визуально. Диаметр шеек замеряется микрометрической скобой. Овальность и конусность коренных и шатунных шеек определяется обмером каждой шейки в трёх сечениях: в среднем и двух крайних на расстоянии 5–10 мм от галтели, в двух плоскостях: вертикальной и горизонтальной.

В табл.3.8 приведены номинальные и предельные допуски на овальность и конусность шеек валов.

3.3.5 Проточка шеек вала производится в соответствии с чертежами завода-изготовителя.

Шероховатость поверхности шеек вала для подшипников скольжения после ремонта не должна быть ниже $\sqrt{Ra0{,}63}$ (∇ 8).

3.3.6 Биение шеек вала не должно превышать при монтаже 0,05 мм, а при эксплуатации - предельных значений, указанных в табл. 3.8.

Проверку радиального биения коренных шеек и базовых мест по индикатору производят при повороте вала, уложенного на вкладыши коренных подшипников или на призмы, или установленного в центрах с поддерживающими люнетами.

Биение коренных шеек коленчатого вала проверяется при расхождении щёк, не превышающем допускаемых величин при монтаже. Проверка ведётся в двух крайних сечениях каждой шейки (на расстоянии 5–10 мм от галтели) при медленном вращении вала.

При проверке базовых мест можно ограничиться одним сечением.

Показания индикатора должны быть записаны через каждые 45° угла поворота коленчатого вала.

Биение центрирующей поверхности фланца вала оппозитных компрессоров относительно оси вала не должно быть более 0,02 мм при диаметре шеек до 180 мм и 0,03 мм при диаметре шеек более 180 мм.

3.3.7 Непараллельность осей шатунных шеек оси вала не должна быть более 0,03 мм на 100 мм длины для компрессоров горизонтальных и оппозитных баз и 0,02 мм на 100 мм длины для остальных компрессоров. Эта непараллельность может быть проверена путём сравнения показаний уровня, уложенного на шатунную и коренную шейки вала.

При проверке на краску допускается наличие «лысин» шириной до 10% диаметра шейки и длиной до 30% длины шейки при условии, что «лысины» расположены в разных плоскостях (рис. 3.11). Суммарная площадь отдельных «лысин» (включая и мелкие) не должна превышать 30% всей площади цилиндрической части данной шейки.

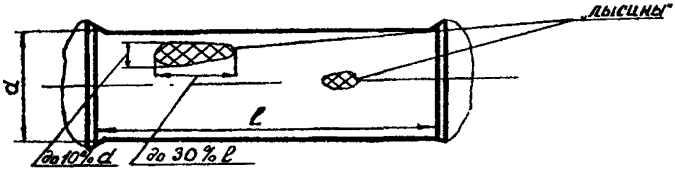


Рисунок 3.11 Допускаемые дефекты шеек вала.

3.3.8 Предельно допустимые занижения диаметров шеек вала в результате ремонта приведены в таблице 3.9.

При достижении указанного износа дальнейшее использование коленчатого вала не допускается.

3.3.9 Проверку крепления противовесов производят путём пробного подтягивания крепящих болтов и проверки их стопорных устройств. Плотность прилегания противовесов к кривошипам или щёкам колен проверяется щупом,

причём щуп 0,05 мм не должен проходить в их стыки, а щуп 0,03 мм - в места прилегания шпонок.

Таблица 3.8-Номинальные и предельные отклонения формы шеек вала

Шифр базы	Наименование шейки вала	Диаметр шейки вала, мм	Допуски на овальность и конусность шеек, мм		Предельное значение биения шейки относительно оси вала, мм
			номинальный	предельный при эксплуатации	
5Г	коренная	250	0,030	0,20	0,18
	шатунная	150	0,020	0,16	–
4Г	коренная	300	0,025	0,22	0,20
	шатунная	190	0,023	0,18	–
3,5Г	коренная	350	0,025	0,24	0,22
	шатунная	210	0,023	0,18	–
3Г	коренная	400	0,030	0,26	0,24
	шатунная	250	0,023	0,20	–
2Г	коренная	460	0,030	0,28	0,25
	шатунная	280	0,025	0,22	–
1Г	коренная	550	0,030	0,32	0,28
	шатунная	330	0,025	0,24	
М10	коренная шатунная	180	0,020	0,20	0,10
М16	То же	260	0,023	0,16	0,12
М25	То же	320	0,025	0,18	0,16
М40	То же	360	0,025	0,18	0,16
Остальные компрессоры	То же	90-120	0,017	0,06	0,05
	То же	120-180	0,020	0,10	0,08
	То же	180-260	0,023	0.15	0,13
	То же	260–360	0,025	0,20	0,18

Примечание - К остальным относятся вертикальные, прямоугольные, V- и W-образные компрессоры.

3.3.10 Смазочные каналы вала промывают керосином, после чего продувают воздухом.

3.3.11 Подшипники качения вала подлежат замене при наличии следующих дефектов:

- сколов, трещин на роликах, обоймах и сепараторах;
- цветов побежалости в любом месте подшипника;
- раковин на роликах и обоймах;

- видимых невооружённым глазом забоин, вмятин на поверхности качения, поперечных рисок или шелушения на беговых дорожках;
- радиальных зазоров в роликах более 0,05 мм.

Корпус подшипника качения вала компрессора подлежит замене при наличии:

- изломов и трещин;
- сплошных задиров в местах сопряжений с подшипником качения, со станиной;
- других дефектов, нарушающих нормальную эксплуатацию подшипника.

Новый корпус подшипника качения изготавливают по чертежам завода-изготовителя.

3.3.12 При ревизии подшипников скольжения вала проверяют:

- расхождения щёк коленчатого вала;
- зазоры у боковых вкладышей и под верхним вкладышем;
- зазоры у торцов фиксирующего подшипника;
- прилегание тыльной стороны вкладышей к постелям;
- прилегание поверхностей вкладышей к шейкам вала;
- баббитовую заливку подшипников;
- прилегание регулировочных клиньев к вкладышам.

Выявленные дефекты устраняются.

3.3.13 Зазоры между шейкой вала и соответствующими вкладышами (боковыми, верхними), а также торцевые зазоры по галтелям должны устанавливаться в соответствии с таблицами 3.11 и 3.12 и пунктами 3.3.25 и 3.2.19.

3.3.14 Вкладыши должны быть перезалиты или заменены на новые, если:

- обнаружено отставание, выкрашивание или растрескивание баббитового слоя более чем на 15% площади вкладыша;
- баббитовый слой изношен до 60% первоначальной толщины.

При повреждении баббита на площади менее 15% допускается пропайка трещин баббитового слоя, если баббит не отстал от тела вкладыша, а также вырубка и наплавка повреждённых мест баббитом той же марки, которой залит вкладыш. Наплавка производится на зачищенную и пролуженную поверхность вкладыша, подогретого равномерно до 100-120°С. Лучшие результаты дают пропайка и наплавка водородным пламенем.

Заливка вкладышей коренных подшипников баббитом разных марок не допускается. Тонкостенные вкладыши не ремонтируются и не перезаливаются.

Таблица 3.9-Предельно допустимые занижения диаметра шеек вала

Базы, марка компрессора	Шейка вала	Диаметр шейки, мм	Предельно допустимое занижение диаметра, мм
5Г	коренная шатунная	250 150	7,0 4,0
4Г	коренная шатунная	300 190	9,0 5,0
3,5Г	коренная шатунная	350 210	10,0 6,0
3Г	коренная шатунная	400 250	12,0 7,0
2Г	коренная шатунная	460 280	14,0 8,0
1Г	коренная шатунная	550 330	16,0 10,0
М10	-'-	180	1,0
М16	-'-	260	2,0
М25	-'-	320	3,0
М40	-'-	360	3,0
2П и 5П Московского завода «Борец»	-'-	90-120	3,0-3,6
Компрессоры Мелитопольского компрессорного завода, компрессоры Краснодарского компрессорного завода.	-'-	120-150 150-180	3,6-4,5 4,5-5,4
2СА, 2СГ Московского завода «Борец».	-'-	90-100 120	3,0 5,0
Компрессоры Казанского компрессорного завода: а) КПК-6, 2РС-10/7,2Р-10/20, 2ПКК-4/5, 2ПКК-2/4 б) ВКГ-0,8/30	 коренная шатунная	 100 60 70	 3,0 2,0 2,0

Примечание - Бóльшие предельные размеры относятся к бóльшим диаметрам.

3.3.15 Вновь залитые баббитом вкладыши подшипников должны удовлетворять следующим требованиям:

- поверхность баббитовой заливки должна быть ровной, не иметь шлаковых включений, раковин, трещин;
- цвет баббитовой заливки должен быть тускло-серебристым, однородным по всей поверхности. Допускается местный слабо-золотистый отлив. Вкладыш должен быть перезалит, если поверхность баббита имеет жёлтый цвет, свидетельствующий о пережоге баббита;
- звук, издаваемый подвешенным или лежащим на твёрдой поверхности вкладышем при лёгком простукивании его затылочной части молотком, должен быть чистым, без дребезжания;
- поверхность баббитовой заливки после снятия литейной корки не должна иметь литейных пороков: рыхлот, сыпи, шлаковых включений. При наличии чистых раковин, рассредоточенных по поверхности заливки и занимающих не более 25% всей площади и отсутствии вокруг них шлаковых включений, поверхность может быть исправлена путём наплавки баббита.

При наличии пористости на всей поверхности заливки вкладыш должен быть перезалит.

В оппозитных компрессорах применяют тонкостенные полувкладыши, у которых отношение их толщины к диаметру шейки вала примерно 1:30. Корпус вкладышей изготавливают, как правило, из бронзы Бр05Ц5С5 или Бр03Ц12С5 ГОСТ 613-79. Заливка из баббита Б-83 ГОСТ 1320-74 имеет толщину 0,4–0,7мм, у компрессоров на базе М10 заливка специальным сплавом на основе баббита БК 2Ш ГОСТ 1209-78 толщиной 0,5-0,9 мм. Шероховатость внутренней рабочей поверхности вкладышей должна быть $\sqrt{Ra0{,}63}$ (▽8), наружной поверхности $\sqrt{Ra1{,}25}$ (▽ 7), поверхностей стыка $\sqrt{Ra2{,}5}$ (▽ 6).

Внутренняя рабочая поверхность вкладышей не должна иметь трещин, забоин, царапин, вмятин и посторонних включений. Баббитовая заливка тонкостенных вкладышей шабровке не подлежит. Допускается исправление мелких дефектов наплавкой баббитом предварительно разделанных трещин и раковин.

3.3.16 Отклонение от параллельности плоскостей стыка вкладышей с образующей затылка, а у боковых вкладышей непараллельность стыков между собой допускается не более 0,2 мм на 1 м длины. Проверка производится на поверочной плите индикатором, закреплённым на штативе (рис.3.12).

3.3.17 При шабровке подплавленного баббитового слоя перед пуском компрессора необходимо проверить по уровню положение вала и величину расхождения щёк.

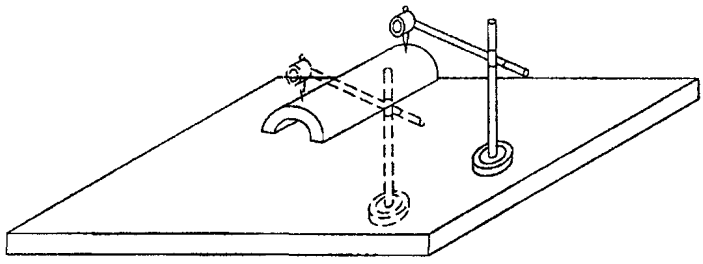


Рисунок 3.12. Проверка параллельности плоскостей вкладыша.

3.3.18 Запрещается во всех случаях установка подкладок под нижние вкладыши коренных подшипников (например, для компенсации износа баббитового слоя).

3.3.19 Укладка коленчатого вала является ответственной операцией. Неправильная укладка приводит к преждевременному износу всего механизма движения и может явиться причиной поломки вала.

3.3.20 Вкладыши подшипников должны плотно прилегать друг к другу и к соответствующим расточкам в корпусах рам; прилегание при проверке на краску должно быть равномерно распределённым и составлять не менее шести пятен касания на квадрате 25×25 мм, причём общая площадь пятен должна быть не менее 30% всей поверхности прилегания.

В качестве краски следует применять, например, лазурь железную сухую по ГОСТ 21121-75, растворённую в дизельном масле
по ГОСТ 8581-78 в массовом отношении 1: 2,5. Количество краски, наносимое на проверяемую поверхность, определяется из расчёта 1,8 г на 1 $м^2$ поверхности. Проверяемая поверхность должна просматриваться через слой краски.

У подшипников, регулировка боковых зазоров которых предусмотрена с помощью клиньев (рис. 3.13, в), прилегание клиньев к боковым вкладышам и вертикальным опорным плоскостям при проверке на краску должно быть не менее 6 пятен касания на квадрате 25×25 мм.

Прилегание тонкостенных вкладышей к постелям, как и толстостенных, проверяют по краске, но с обжатием, имитирующим натяг. Сшабривать и сглаживать следует в основном заусенцы и дефекты обработки. Число пятен краски на квадрате 25×25 мм должно быть 10-12, а общая площадь пятен–не менее 75% всей поверхности прилегания.

Подшипники с тонкостенными вкладышами собирают без прокладок между стыками с гарантированным усилием затяжки по указанию завода-

изготовителя. После затяжки подшипника щуп 0,03 мм в разъем между вкладышами проходить не должен. Изношенные вкладыши ремонту не подлежат.

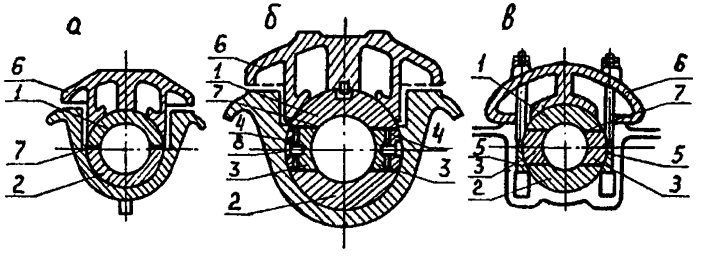


Рисунок 3.13 Виды подшипников.
1- верхний вкладыш; 2- нижний вкладыш; 3- боковой вкладыш;
4- щека бокового вкладыша; 5- клин; 6- крышка подшипников;
7- набор прокладок; 8- винт.

3.3.21. Шейки валов должны плотно и равномерно прилегать к вкладышам подшипников по всей рабочей поверхности: на квадрате 25×25 мм должно быть не менее10 пятен касания, причём общая площадь пятен краски должна быть не менее 35–40% поверхности вкладыша.

Проверка прилегания производится по натирам или по краске, вал при этом поворачивается на 1-1,5 оборота.

3.3.22. Отклонение от горизонтального положения вала (без ротора), уложенного в подшипники, допускается не более:

0,2 мм на 1 м – для горизонтальных компрессоров;

0,3 мм на 1 м –для вертикальных компрессоров.

Положение вала горизонтального двухрядного компрессора считается правильным, если его ось имеет уклон от концов к середине, т.е. к ротору электродвигателя не более 0,3 мм на 1 м.

3.3.23 Расхождение щёк коленчатого вала, уложенного в коренные подшипники, не должно превышать:

для компрессоров с электроприводом, кроме оппозитных баз:

при монтаже и переукладке-0,0001S,

при эксплуатации-0,00025S,

где S- ход поршня, мм;

для оппозитных компрессоров–согласно таблице 3.10.

Коленчатый вал должен быть переуложен, если расхождение щёк превысит указанную для эксплуатации величину.

Таблица 3.10-Монтажные и предельные значения расхождения щёк (раскепов) для всех колен вала компрессоров оппозитных баз, кроме 1-го и 2-го колена при консольном электродвигателе

Шифр базы	Допустимая величина расхождения щёк, мм	
	при монтаже и переукладке вала	при эксплуатации
М10	До 0,02	0,04
М16	До 0,03	0,05
М25	До 0,04	0,07
М40	До 0,04	0,08

Примечание - Монтажные и предельные при эксплуатации значения расхождения щёк для 1-го и 2-го колен вала при консольном электродвигателе с насаженным на вал ротором задаются предприятием-изготовителем компрессора в эксплуатационной документации.

Расхождение щёк замеряется индикатором (рис. 3.14) при закреплённом на валу роторе электродвигателя или маховике.

Величина расхождения щёк каждого колена в вертикальных(нижнем и верхнем) и горизонтальных их положениях определяется как алгебраическая разность показаний индикатора в этих положениях.

Индикатор устанавливается в месте, указанном заводом-изготовителем, а при отсутствии таких указаний – на расстоянии не более 15 мм от края щеки, противолежащего шатунной шейке (рис.3.14).

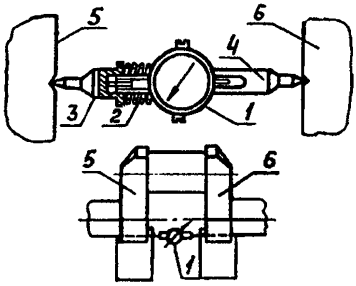


Рисунок 3.14 Измерение величины расхождения щек коленчатого вала.
1- индикатор; 2- пружина; 3- подвижный наконечник;
4- неподвижный наконечник; 5,6- щеки коленчатого вала.

Если вал укладывается в подшипники, из которых только часть перезалита или заменена на новые (с проведением замеров и регулировкой величины расхождения щёк), следует через 48 часов работы и при следующем текущем ремонте снова замерить величину расхождения щёк.

После аварийной шабровки подплавленного коренного подшипника необходимо перед пуском компрессора проверить по уровню положение коленвала и величину расхождения щёк.

Величина расхождения щёк проверяется также при повышенном нагреве хотя бы одного коренного подшипника.

3.3.24 Отклонение от перпендикулярности осей крейцкопфных направляющих к оси вала (угол вала) компрессора не должно превышать 0,1 мм на 1 м. Проверку производят по методике, изложенной в п. 3.2.21.

3.3.25 Величины зазоров между рабочей поверхностью вкладыша и коренной шейкой вала даны в табл. 3.11 и 3.12.

У подшипников, регулировка боковых зазоров которых предусмотрена набором прокладок (рис. 3.13, б), наборы должны быть составлены так, чтобы вкладыши одновременно заходили в подшипник под лёгкими ударами молотка с наставкой из мягкого металла.

Для регулирования бокового зазора подшипников при помощи клиньев (рис. 3.13, в) можно рекомендовать метод «слепой» затяжки клиньев. Этот метод заключается в последовательном выполнении следующих операций:

- гайки, подтягивающие клинья, ослабляются; вал свободно ложится на нижний вкладыш;
- на раме закрепляется индикатор, фиксирующий положение вала в горизонтальной плоскости (рис. 3.15), и затягивается гайка одного клина до показания на индикаторе 0,02 мм;
- затягивается гайка второго клина до возвращения стрелки индикатора на нулевое деление. Это положение характеризует нулевые боковые зазоры в подшипнике;
- затянутые гайки отпускают для образования нужного бокового зазора согласно табл. 3.11 на величину, рассчитываемую по формуле:

$$\delta = t \cdot K,$$

где δ – величина радиального бокового зазора, образующегося при отвёртывании гайки на 1 оборот, мм;

t – шаг резьбы гайки, мм;

К– уклон клина.

Например, для гайки М30 с шагом 3,5 мм и клина с уклоном 1:10 при отвёртывании гайки на 1 оборот образуется радиальный боковой зазор величиной $\delta = 3{,}5 \cdot 1/10 = 0{,}35$ мм.

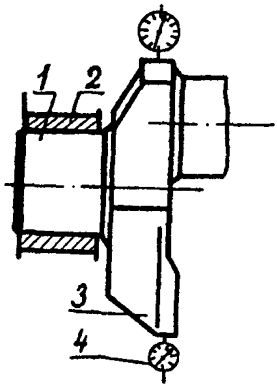


Рисунок 3.15 Фиксирование положения вала индикатором.
1- коленчатый вал; 2- коренной подшипник; 3- противовес; 4- индикатор.

Величина и равномерность зазора между шейками вала и верхними вкладышами подшипников устанавливается следующим образом: вместо прокладок между вкладышами укладывют четыре свинцовых кубика (рис. 3.16), устанавливают верхний вкладыш с крышкой и затягивают гайки крышки до полного прилегания верхних частей вкладыша к шейке вала. Замерив толщину свинцовых оттисков, подбирают латунные прокладки с учётом обеспечения требуемого зазора между верхним вкладышем и шейкой вала согласно табл. 3.11.

Затем собирают подшипник с постановкой на верх шейки вала свинцовых проволочек (рис. 3.16) диаметром 0,3 - 0,4 мм, положенных попарно на каждую шейку на расстоянии 50 - 60 мм от края галтели, и закрепляют крышку. После снятия крышки по толщине свинцовых прокладок судят о фактических зазорах.

При неравномерном диаметральном зазоре подшипника, если величина (а + в)/2 – (б + г)/2 будет более 0,03 мм, необходимо сделать пришабровку баббита в соответствующем месте с проверкой на краску по шейке вала. Контуры прокладок должны соответствовать контуру разъёма вкладышей. Между шейкой вала и кромками прокладок должен быть зазор не менее 0,3 мм.

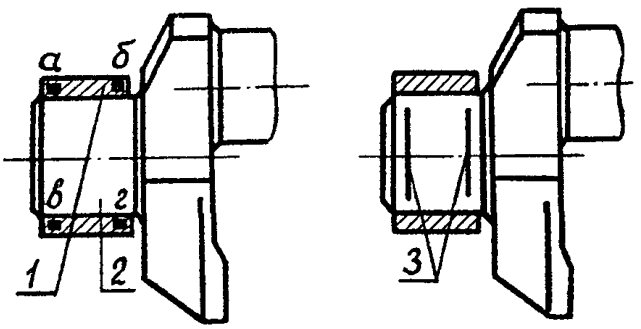


Рисунок 3.16 Расположение свинцовых кубиков на вкладышах коренных подшипников и свинцовых проволочек на шейке вала.
1- боковые или нижние вкладыши; 2- шейка вала;
3- свинцовые проволочки; а,б,в,г- свинцовые кубики.

3.3.26. Торцовые (осевые) суммарные зазоры в фиксирующем подшипнике должны быть при монтаже в пределах (0,0005 – 0,001)Д, где Д – диаметр вала, а при эксплуатации не более 0,002Д для валов до 350 мм и не больше 0,0015Д для валов более 350 мм, для оппозитных баз – согласно табл. 3.12. Торцовые зазоры остальных подшипников вала должны соответствовать указаниям п.3.2.19.

Таблица 3.11 - Зазоры в коренных подшипниках

Диаметр коренной шейки вала, мм	Радиальный зазор между боковыми вкладышами и шейкой вала (с каждой стороны), мм	Диаметральный зазор между шейкой вала и верхним вкладышем, мм	
		монтажный	предельный
90	–	0,06–0,10	0,15
100 – 120	–	0,08–0,12	0,20
120 – 180	–	0,10–0,16	0,20–0,25
180 – 300	0,08 – 0,10	0,14–0,22	0,25–0,32
300 – 350	0,10 – 0,12	0,18–0,22	0,32–0,34
400 – 460	0,10 – 0,12	0,20–0,25	0,36–0,40
500 – 550	0,12 – 0,15	0,25–0,28	0,40–0,45

Примечание - Бóльшие предельные зазоры относятся к бóльшим диаметрам.

Таблица 3.12-Зазоры в коренных подшипниках оппозитных баз

База, марка компрессора	Диаметр коренной шейки вала, мм	Диаметральный зазор между шейкой вала и подшипником, мм		Суммарный осевой зазор в фиксирующем подшипнике вала, мм	
		монтажный	предельный	монтажный	предельный
М10	180	0,11- 0,18*	0,35	0,12-0,15	0,50
М16	260	0,18- 0,28	0,40	0,18-0,32	0,55
М25	320	0,20-0,30	0,45	0,18-0,32	0,60
М40	360	0,20-0,22	0,35	0,18-0,32	0,60

*Для коренного подшипника, ближайшего к электродвигателю, диаметральный монтажный зазор - 0,14-0,21 мм.

3.4 Выносной подшипник. Маховик

3.4.1 Плита выносного подшипника должна быть демонтирована при отставании опорных поверхностей от фундамента более 50% периметра плиты.

При наличии трещин и изломов на плите, корпусе и крышке выносного подшипника вопрос об их дальнейшей эксплуатации и ремонте решается руководством службы главного механика предприятия.

3.4.2 Выносные подшипники должны удовлетворять требованиям, изложенным в разделе 3.3.

3.4.3 Выверка выносного подшипника должна обеспечить:

- установку его на высоте, обеспечивающей горизонтальность вала (рис. 3.17)
- соосность расточки выносного подшипника с расточкой (расточками) в раме под коренной (коренные) подшипник(и);
- перпендикулярность оси вала и продольной оси рамы–для горизонтальных компрессоров;
- горизонтальность подшипника;
- расстояние от рамы и расположение осей в плане согласно чертежу;
- равномерное опирание стойки подшипника на все пакеты подкладок;
- расхождение щёк коленвала в пределах нормы (п. 3.3.23).

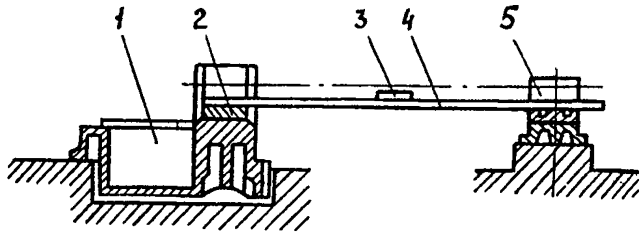


Рисунок 3.17. Проверка высотной отметки выносного подшипника.
1- рама компрессора; 2- калиброванная прокладка; 3- уровень;
4- контрольная линейка; 5- выносной подшипник.

Выверка осуществляется перемещением выносного подшипника. Порядок выполнения работ по установке выносного подшипника и допускаемые отклонение те же, что и для случая установки второй рамы двухрядного компрессора, изложенного в разделе 3.2.

Контрольная проверка положения выносного подшипника выполняется по валу, предварительно уложенному на нижние вкладыши подшипников.

Расхождение щёк ближайшего к электродвигателю (шкиву, маховику) колена вала при установке выносного подшипника должно быть положительным в пределах нормы (вал выпуклостью кверху, т.е. меньшее расстояние между щеками–при верхнем положении кривошипа).

3.4.4 Между корпусом подшипника и фундаментной плитой должен быть установлен набор прокладок толщиной 3–4 мм для возможности регулировки высоты подшипника во время эксплуатации, которые после окончательной установки подшипника соединяют электросваркой прихватками.

3.4.5 При отсутствии указаний о проектном осевом зазоре между галтелью вала и торцом вкладыша выносного подшипника величина зазора должна быть не менее 0,5 мм на 1 м расстояния от фиксирующего до выносного подшипника.

3.4.6 Проверку затяжки болтов маховика, стопорных устройств и состояние текстропных ремней производят в текущий ремонт.

Проверку биения обода маховика производят при среднем ремонте.

Радиальное биение обода маховика не должно превышать 0,3 мм, осевое - 0,2 мм. Измерение радиального биения проводят по наружной поверхности маховика, аксиального – по торцу, на 20-25 мм ниже внешнего диаметра маховика.

3.5 Цилиндры и цилиндровые втулки. Крышки цилиндров

3.5.1 Цилиндры компрессоров обычно изготавливают:
для давлений нагнетания до 7 МПа (до 70 кгс/см^2) - чугунными, причем для давлений от 3 до 7 МПа (от 30 до 70 кгс/см^2) из модифицированного и высокопрочных чугунов;
для давлений нагнетания свыше 7 МПа (свыше 70 кгс/см^2) - стальными коваными или литыми.

3.5.2 Повышенная выработка рабочей поверхности у цилиндров или втулок может происходить по следующим причинам:

- нерациональный подбор трущихся поверхностей цилиндра и поршневых колец по твердости;
- некачественное выполнение при монтаже соосности цилиндра и рамы компрессора;
- плохое качество смазки, в результате чего могут появиться на зеркале цилиндра задиры;
- тепловые перенапряжения, которые могут вызвать коробление цилиндров, появление трещин;
- наличие абразивных частиц (пыли) в сжимаемом газе, которые приводят к появлению рисок и задиров на трущихся поверхностях цилиндров.

3.5.3 При плановых ремонтах необходимо выполнить следующие проверки состояния цилиндров и цилиндровых втулок.

При среднем ремонте:

- проверку состояния и определение выработки рабочих поверхностей зеркала цилиндра (цилиндровой втулки);
- проверку стальных цилиндров и отъемных клапанных головок на трещины усталости в местах концентрации напряжений при давлении нагнетания до 20 МПа (до 200 кгс/см^2) - не реже одного раза в три года, а при давлении нагнетания выше 20 МПа (свыше 200 кгс/см^2) - не реже одного раза в год.

При капитальном ремонте:

- проверку состояния и определения износа зеркала цилиндра;
- проверку цилиндров и отъемных клапанных головок на трещины (см. главу 4). Проверка на трещины мест концентрации напряжений, находящихся на внутренней поверхности расточки цилиндра, производится при каждой замене втулки;
- проверку на трещины и коррозию у чугунных и стальных цилиндров внутренних перегородок, разделяющих полости со стороны воды и газа. Состояние этих перегородок контролируется путем их осмотра после промывки и очистки при одностороннем давлении, не превышающем перепада давлений между полостями в рабочих условиях;
- проверку состояния ответственных шпилек цилиндра и резьб в теле цилиндра под шпильки, масловводы и т. д.;

- очистку охлаждающих поверхностей цилиндров и их крышек от несмываемых отложений и накипи;
- проверку привалки цилиндров горизонтальных и оппозитных компрессоров с применением лазерной техники, а при ее отсутствии по струне;
- проверку прилегания и положения опор цилиндров.

Гидроиспытание газовых и водяных полостей с полной проверкой их состояния производят для цилиндров с давлением нагнетания до 10 МПа(до 100 кгс/см^2) через один капитальный ремонт, а выше 10 МПа (свыше 100 кгс/см^2) - при каждом капитальном ремонте. Гидроиспытание производят также после каждой расточки цилиндра.

Состояние клапанных гнезд цилиндров и их уплотнительных поясков проверяется как при плановых ремонтах, так и при каждой замене клапана. Применяемые методы дефектоскопии указаны в разделе 4.

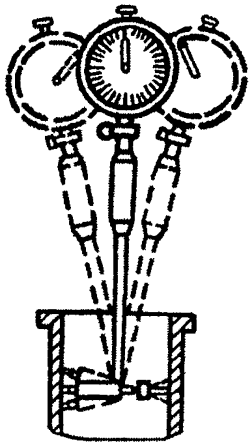


Рисунок 3.18. Измерение диаметра зеркала цилиндра индикаторным нутромером.

3.5.4 Определение величины выработки рабочей поверхности зеркала цилиндра или цилиндровой втулки производится измерением с помощью микрометрического штихмаса или индикаторного нутромера (рис. 3.18) их диаметров по трем сечениям - среднему и двум крайним. В каждом сечении производится два замера во взаимно перпендикулярных плоскостях.

Если полученные в результате проведенной проверки значения выработки превышают величины, указанные в табл. 3.13, то цилиндры или цилиндровые втулки должны быть расточены или заменены.

Таблица 3.13-Предельные величины выработки цилиндров

Диаметр цилиндра или втулки, мм	Предельная величина бочкообразности, конусности и овальности, мм
50-100	0,10-0,20
100-150	0,20-0,30
150-300	0,30-0,55
300-400	0,55-0,65
400-700	0,65-0,80
700-1000	0,80-0,90
1000-1200	0,90-1,00
1200-1500	1,00-1,10

Примечание - Бóльшие величины относятся к бóльшим диаметрам.

При проведении расточки цилиндра или нескольких цилиндров ряда следует учитывать, что предельное ремонтное завышение внутреннего диаметра цилиндра или цилиндровой втулки допускается до значений, не превышающих: на диаметры до 200 мм - 2%, на диаметры свыше 200 до 700 мм -1,5% и на диаметры свыше 700 мм - 1% от номинального диаметра (для компрессоров на базе М10 увеличение диаметра зеркала цилиндра не должно превышать соответственно 1,5%; 0,6% и 0,4%), если это позволяет конструкция цилиндра и расположение клапанов, но не более, чем это допускает завод-изготовитель, при этом утонение стенки цилиндра или мокрой втулки не должно превышать 10% от номинальной толщины (для сухих втулок - 20 %).

В отдельных случаях допускается отступление от указанных значений, если оно обосновано поверочным расчетом на прочность и согласовано со специализированной организацией.

Исключение составляют:

-компрессоры 2СА и 2СГ московского завода «Борец», для которых предельное ремонтное завышение диаметров цилиндров или цилиндровых втулок допустимо до 4 мм для диаметров цилиндров от 180 до 750 мм;

-компрессоры Мелитопольского компрессорного завода, для которых предельное ремонтное завышение диаметров цилиндров или цилиндровых втулок допустимо до 2 мм;

-компрессоры Казанского компрессорного завода, для которых утонение цилиндра или сухой втулки не должно превышать 20% их номинальной толщины;

-компрессор 6М40-320/320, для которого предельное ремонтное завышение диаметра цилиндра 1 ст. (Ø1000 мм) допустимо до 5 мм, 2 ст. (Ø720 мм) - до 4 мм, 3 ст.(Ø420 мм) - до 3 мм, втулок цилиндра 4 ст. (Ø380 мм) - до 3 мм, 5 ст. (Ø270 мм) - до 2,5 мм и 6 ст. (Ø100 мм) - до 2 мм.

Для сохранения проектного зазора (табл. 3.30) между поршнем и зеркалом цилиндра или втулки после их расточки необходимо заменить поршень, так как увеличенные радиальные зазоры между поршнем и цилиндром вызывают повышенную выработку торцевых поверхностей верхней части поршневых канавок и снижение уплотняющей способности поршневых колец.

Цилиндры или цилиндровые втулки также должны быть расточены или заменены, если задиры зеркала в рабочей зоне превышают 10% длины их окружности при глубине отдельных рисок более 0,5 мм для давлений до 10 МПа(до 100 кгс/см^2) или более 0,25 мм для давлений свыше 10 МПа (свыше 100 кгс/см^2).

Цилиндры или цилиндровые втулки должны быть заменены при наличии на них трещин.

3.5.5 Частота очистки водяных рубашек цилиндров и цилиндровых крышек от загрязнений и накипи зависит от качества охлаждающей воды, но выполняется не реже, чем во время среднего ремонта.

Очистка охлаждающих поверхностей цилиндров и их крышек от несмываемых отложений и накипи может производиться одним из следующих растворов:

-20% раствором едкого натра в течение 6-8 часов;

-10% раствором ингибированной соляной кислоты в течение 1-2 часов до прекращения газовыделения.

При отсутствии ингибированной соляной кислоты допускается применение 10% технической соляной кислоты с обязательной добавкой в качестве ингибитора 0,5% (5 г/л) уротропина, или формалина, или 1 % столярного клея.

Перед очисткой рубашек все водяные линии отсоединяются, а крышки (заглушки) плотно закрываются, за исключением верхней, через которую удаляются образующиеся при травлении газы.

При химической очистке не следует пользоваться огнем вблизи рабочего места.

По окончании процесса травления спустить рабочий раствор из самого нижнего отверстия полости охлаждения и немедленно тщательно промыть ее водой.

Нейтрализацию и пассивирование производят 2%-ным раствором кальцинированной соды или тринатрийфосфата до полной нейтрализации остатков кислоты и восстановления (пассивирования) на промытой поверхности металла защитной оксидной пленки.

Применение для травления накипи неингибированной соляной кислоты, а также серной кислоты запрещается.

3.5.6 Гидравлическое испытание цилиндра на прочность и герметичность производят путем поочередного испытания полостей.

Величина пробного давления при гидравлическом испытании цилиндров на прочность определяется заводом-изготовителем, а при отсутствии таких указаний должна быть:

- 1,5 Р - для газовой полости чугунных и стальных цилиндров рассчитанных на давление до 40 МПа (до 400 кгс/см^2);
- 1,25 Р - для стальных цилиндров на давление выше 40 МПа (выше 400 кгс/см^2);
- 0,3 МПа (3 кгс/см^2) - для полости водяной рубашки при свободном сливе воды;
- 1,5 Рв - для полости водяной рубашки при закрытом сливе воды;

где Р - рабочее давление в цилиндре; Рв - рабочее давление воды.

Цилиндр и полости рубашек для воды находятся под пробным давлением в течение 10 минут, после чего давление снижается до рабочего, при котором производится осмотр. Результаты испытаний считаются удовлетворительными, если не обнаружено падения давления по манометру, запотевания, признаков течи, остаточных деформаций. Проверку производят по всем доступным для осмотра местам. Результаты гидравлического испытания заносят в ремонтный формуляр компрессора.

3.5.7 Шпильки и резьбовые отверстия цилиндров и их крышек перед проверкой очищают от грязи и тщательно промывают. Проверка их состояния производится визуально и измерением наружного диаметра, который должен быть в пределах допускаемых отклонений. Замеченные дефекты - забоины, риски, следы коррозии устраняются.

Резьбы ответственных шпилек цилиндров с давлением нагнетания более 10 МПа (более 100 кгс/см^2) проверяют электромагнитным (феррозондовым или вихретоковым) методом.

При обнаружении трещин, а также срыве резьбы (см. п.3.2.7) шпильки подлежат замене. Геометрия резьб проверяется контрольными калибрами (проходным и непроходным). Шпильки с сорванной резьбой, нарушенной геометрией, задирами, вмятинами и трещинами подлежат замене.

Поврежденные резьбы масловводов и индикаторных пробок должны быть нарезаны в цилиндре на ближайший больший диаметр с заменой сопрягаемых деталей с соответственно увеличенным диаметром резьбы.

3.5.8 Причинами появления на цилиндровых втулках трещин могут быть:

- неудовлетворительные механические свойства чугуна втулки;
- завышенные посадочные натяги или зазоры (при свободной посадке втулок);

- недопустимая овальность и конусность цилиндра по посадочным поясам;
- отсутствие надлежащих галтелей у буртов втулки и скруглений кромок у отверстий;
- сильный задир втулки поршневыми кольцами;
- остаточные напряжения в металле втулки.

3.5.9 Изготовление литых и кованых цилиндров, цилиндровых втулок, клапанных головок, крышек цилиндров, а также расточка цилиндров для гильзовки производятся в соответствии с чертежами завода–изготовителя. Особое внимание при изготовлении должно обращаться на величину и качество выполнения галтелей и закруглений в местах концентрации напряжений.

При отсутствии такой документации она должна разрабатываться КБ предприятия и согласовываться с заводом-изготовителем или специализированной организацией при отступлении от пунктов 3.5.4, 3.5.6, и 3.5.10.

3.5.10 Микроструктура чугуна втулок цилиндров должна представлять собой перлитную основу зернистой структуры с равномерно распределенными средними и мелкими включениями графита в форме завихренных или прямолинейных пластин (шкала 1) и с мелкими, равномерно распределенными включениями фосфидной эвтектики (шкала 9) ГОСТ 3443-87. Феррит допускается в виде отдельных мелких включений в количестве не более 5% площади шлифа П(ФО), П96(Ф4) по шкале 6 ГОСТ 3443-87. Структурно свободный цементит или цементит-ледебурит не допускаются.

Твердость втулок цилиндров должна быть в пределах 170-220 НВ для чугуна СЧ20 и 210-255НВ для чугунов СЧ30 и СЧ35 ГОСТ 1412-85.

При естественном старении отливку втулки после черновой механической обработки выдерживают 45-50 дней, а при искусственном старении 4-5 часов при температуре 500- 550°С, но не менее часа на 10 мм толщины стенки заготовки втулки.

Каждая отливка втулки цилиндра высокого давления, после черновой механической обработки и естественного или искусственного старения должна быть испытана на прочность и плотность гидравлическим давлением. При отсутствии указаний завода изготовителя пробное гидравлическое давление определяется по формуле:

$$P = [\sigma]\frac{R_2^2 - R_1^2}{0{,}4R_1^2 + 1{,}3R_2^2}, \quad (МПа),$$

где $[\sigma]$ - допускаемое напряжение для втулок, МПа;

R_1 - внутренний радиус втулки;

R_2 - наружный радиус втулки.

Допускаемое напряжение в материале заготовки для втулок с внутренним диаметром менее 150 мм принимается [σ] =20 МПа (200кгс/см^2), а для втулок с внутренним диаметром более 150 мм - [σ] = 18 МПа (180кгс/см^2). Заготовка втулки выдерживается под пробным давлением в течение 5 минут. Заготовка считается выдержавшей испытание, если стенки ее не запотевают и на них не выступают капли воды.

При черновой обработке втулки от нее отрезается кольцо длиной 100-120 мм, материал которого используется для изготовления образцов при проведении необходимых механических испытаний, металлографических исследований и химического анализа.

Заготовка втулки, выдержавшая гидравлическое испытание и не имеющая видимых дефектов, после положительного заключения о качестве материала передается на чистовую обработку.

При чистовой обработке наружной поверхности втулки величина диаметра по различным посадочным поясам устанавливается после точных замеров диаметров расточки цилиндра по соответствующим посадочным уступам.

Зеркало цилиндра или втулки растачивается по квалитету 7, а возможные отклонения по овальности и конусности не должны быть более половины допуска на диаметр расточки по этому же квалитету.

При прессовой посадке втулок с буртом рекомендуется для герметичности смазать внутреннюю торцовую часть бурта свинцовым глетом марки Г-1 или Г-2 ГОСТ 5539-73.

Предпочтительней выполнять посадку втулки с предварительным охлаждением ее сухим льдом или жидким азотом.

Загильзованному цилиндру производится гидроиспытание в соответствии с указаниями п. 3.5.6.

3.5.11. Перед монтажом цилиндров необходимо проверить наличие отверстий для смазки в новых гильзах, состояние контрольных штифтов, привалочных поверхностей, центрирующих заточек цилиндров. Замеченные риски или забоины должны быть зачищены.

Резьбу шпилек, которыми цилиндры крепятся к фонарям или рамам, следует смазать маслом с графитом и прогнать гайки.

Цилиндры горизонтальных компрессоров, расположенные в одном ряду, устанавливаются последовательно с проверкой их соосности относительно крейцкопфных направляющих при помощи лазерных измерительных систем, а при их отсутствии - при помощи струны. Со стороны задней крышки цилиндр временно опирается на домкрат. По окончании затяжки гаек проверяют горизонтальность рабочих поверхностей цилиндров и фонарей. Уклон их не должен отличаться от фактического уклона крейцкопфной направляющей рамы соответствующего ряда более чем на 0,2 мм на 1 м длины, а для оппозитных ком-

прессоров и компрессоров типа 5Г Пензенского компрессорного завода не более 0,1 мм на 1 м.

При затянутых шпильках крепления цилиндра к направляющим крейцкопфов или раме щуп 0,05 мм между привалочными плоскостями проходить не должен. Для предупреждения протечек масла в этих соединениях допускается покрытие привалочных плоскостей маслостойкими пастами и лаками, например, пастой «Герметик» или У–30М (см. приложение Ж и И).

3.5.12 Равномерное и плотное прилегание опорных плит (рис. 3.19) к скользящим опорам цилиндров проверяется на краску.

На каждом квадрате поверхности прилегания размером 25×25 мм должно быть не менее 6 пятен касания. Пластина щупа толщиной 0,05 мм не должна проходить в стык между скользящей опорой и плитой.

Прилегание пластин качающихся опор к пазам установочных и опорных плит (рис. 3.20) должно быть равномерным по всей длине пластины (щуп толщиной 0,05 мм в стык проходить не должен).

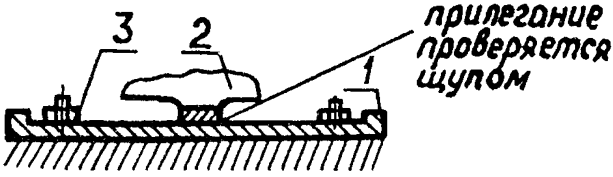


Рисунок 3.19. Скользящая опора цилиндра.
1-опорная плита; 2-лапа цилиндра; 3- фундаментный болт.

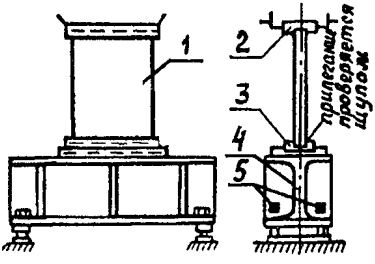


Рисунок 3.20. Качающаяся опора.
1-пластина; 2-установочная плита; 3- опорная плита;
4- фундаментная стойка; 5- регулировочные болты.

Допустимое отклонение от вертикали пластины качающейся опоры - не более 0,5 мм на 1 м с уклоном в сторону рамы, что проверяется угловым уровнем.

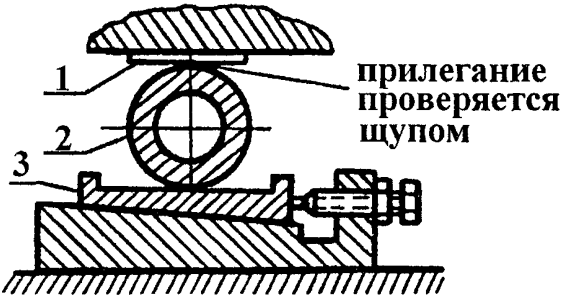


Рисунок 3.21 Катковая опора.
1-опора цилиндра; 2- каток; 3-клин.

При опоре цилиндра на каток (рис. 3.21) , правильность его опирания проверяется щупом - щуп толщиной 0,05 мм не должен проходить между опорой цилиндра и катком.

Каток должен находиться в средней части паза опоры, чтобы обеспечить возможность осевого перемещения цилиндра компрессора во время эксплуатации.

Положение цилиндра до и после установки опор контролировать уровнем.

3.5.13 Контрольную проверку соосности рабочих поверхностей цилиндров и крейцкопфных направляющих рамы горизонтальных компрессоров проводят при помощи лазерных измерительных систем, а при их отсутствии при помощи струн, натягиваемых вдоль оси ряда на центровочных приспособлениях по методике, изложенной в пп. 3.2.17 и 3.2.18.

После установки лазерного луча (струны) по направляющим производят проверку расположения цилиндра и промежуточного фонаря путем измерения расстояний между лучем (струной) и их рабочими поверхностями.

Первоначально проверяется в каждом сечении смещение оси цилиндра в горизонтальной плоскости. Величина смещения оси равна половине разности замеров. Например, при замерах горизонтального смещения в сечении I-I (рис. 3.22) получены следующие результаты:

414,75 мм - расстояние до рабочей поверхности с одной стороны струны и 414,85 мм - с другой стороны струны.

Смещение оси цилиндра в сечении I-I в горизонтальной плоскости будет равно:

$$\frac{414,85 - 414,75}{2} = 0,05мм.$$

Затем проверяется смещение в вертикальной плоскости. При применении струны необходимо учитывать её провисание. Например, в том же сечении I-I расстояние от нижней точки рабочей поверхности цилиндра до струны равно 414,24 мм а от верхней точки - 415,36 мм.

Провисание струны в сечении I-I равно 0,48 мм.

Внося поправку на провисание, необходимо к первому замеру прибавить 0,48 мм, а из второго вычесть. С учетом этих поправок получается, что расстояние от нижней точки рабочей поверхности цилиндра до оси направляющих равно 414,24 + 0,48 = 414,72 мм, а расстояние от верхней точки до оси равно 415,36-0,48 = 414,88 мм.

Смещение оси цилиндра в сечении I-I, в вертикальной плоскости будет равно:

$$\frac{414,88 - 414,72}{2} = 0,08мм.$$

Зная величины смещения в горизонтальной и вертикальной плоскостях, вычисляем абсолютную величину смещения оси цилиндра относительно оси направляющих, как гипотенузу прямоугольного треугольника (рис. 3.23):

$$OA = \sqrt{0,05^2 + 0,08^2} = 0,09 \text{ мм.}$$

Допускаемые величины смещений осей рабочих поверхностей цилиндров и фонарей указываются заводом – изготовителем для каждого компрессора.

По требованию Сумского машиностроительного завода ось цилиндра по отношению к оси крейцкопфных направляющих может иметь любое расположение в пределах допуска, который для цилиндров, непосредственно примыкающих к рамам, составляет 0,2 мм, а для последующих цилиндров - 0,3 мм.

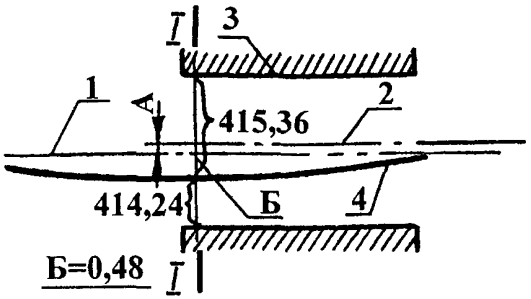


Рисунок 3.22 Пример подсчета смещения оси цилиндра в вертикальной плоскости.
1- ось направляющих; 2- ось цилиндра; 3- цилиндр; 4-струна; А- смещение оси цилиндра в вертикальной плоскости в сечении I-I; Б- провисание струны в данном сечении.

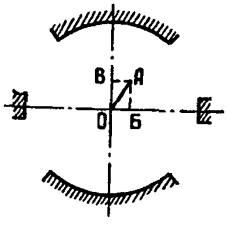


Рисунок 3.23 Вычисление абсолютной величины смещения.
ОА- абсолютная величина смещения; ОБ - смещение в горизонтальной плоскости; ОВ- смещение в вертикальной плоскости.

Согласно документации Пензенского компрессорного завода параллельное смещение оси цилиндра с осью крейцкопфной направляющей на компрессорах базы М10 должно быть не более 0,35 мм на 1000 мм, а перекос оси зеркала цилиндра относительно крейцкопфной направляющей - не более 0,1 мм на 1000 мм.

Согласно документации Московского завода «Компрессор» для компрессоров АДК, АГК, АГ и оппозитных компрессоров всех заводов допуск на

перекос и несоосность оси цилиндра с осью крейцкопфной направляющей не более 0,1 мм.

3.5.14 Если перекос осей направляющих рамы и рабочей поверхности цилиндра выходит за пределы допусков, необходимо выполнить исправление привалочной плоскости рамы (или фонаря) опиливанием и пришабровкой.

Пример несоосности приведен на рис. 3.24. Опиловка привалочной плоскости для устранения перекоса выполняется от максимальной величины X в нижней части до постепенного перехода к участку заводской обработки в верхней части привалочной плоскости.

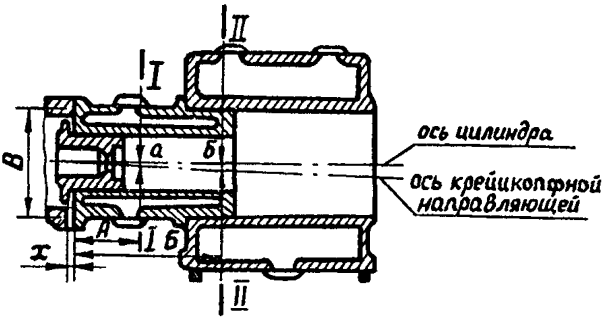


Рисунок 3.24 Подсчет глубины для устранения перекоса цилиндра.

Максимальная величина опиловки определяется по формуле:

$$X = B\frac{б-a}{Б-A}, мм$$

где: В - средний диаметр привалочной плоскости;

а - смещение оси цилиндра в сечении I - I;

б - смещение оси цилиндра в сечении II - II;

А - расстояние от привалочной плоскости до сечения I - I;

Б - расстояние от привалочной плоскости до сечения II – II.

Опиловка выполняется следующим образом: в нижней части привалочной поверхности делается контрольная запиловка глубиной X, а в средней части (против оси) две запиловки глубиной X/2.

Измерение глубины запиловки производится щупом, как показано на рис. 3.25.

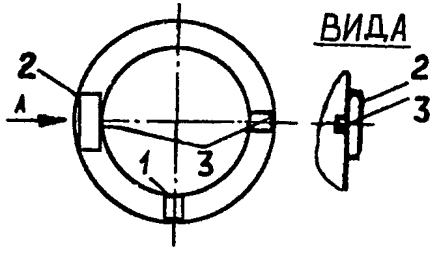


Рисунок 3.25. Измерение запиловок на привалочной поверхности цилиндра

1- запиловка глубиной X; 2- линейка; 3- запиловка глубиной $\frac{X}{2}$

После удаления напильником с привалочной поверхности основной части спиливаемого металла окончательная доводка осуществляется шабровкой на краску по контрольному кольцу. Кольцо вытачивается по размерам привалочной поверхности и пришабривается по контрольной плите.

По окончании опиловки необходимо установить цилиндр на место и проверить положение его рабочей поверхности при помощи измерительной лазерной системы (струны).

После исправления привалочной поверхности и получения удовлетворительных результатов проверки соосности, необходимо зафиксировать положение цилиндра установкой новых контрольных штифтов во вновь рассверленные отверстия.

3.5.15 При монтаже цилиндров вертикальных компрессоров окончательное крепление фонаря к раме производят после установки цилиндров и поршней. При правильной установке фонаря зазор между поршнем и цилиндром, замеренный щупом в четырех местах окружности в нижнем и верхнем положениях поршня, должен быть не менее минимального монтажного зазора.

Одновременно следует проверить радиальный зазор между штоком и крышкой сальника.

3.6 Шатуны, подшипники шатунов

3.6.1 Во время работы компрессора на шатун и его детали действуют переменные сжимающие и растягивающие усилия, а у быстроходных машин еще и значительные изгибающие нагрузки от сил инерции.

Своевременное наблюдение за состоянием шатунов и его деталями гарантирует безопасную эксплуатацию компрессора.

3.6.2 Проверка шатунов и его деталей должна проводиться в следующие сроки.

При текущем ремонте:

- контроль устройства стопорения шатунных болтов, а также болтов клиньев шатунных и крейцкопфных подшипников;
- при необходимости регулировка зазоров в подшипнике.

При среднем ремонте:

- работы текущего ремонта;
- осмотр состояния баббитового слоя, определение величины износа баббита, регулировка зазоров в подшипниках;
- проверка шатунов на наличие дефектов (см. главу 4).
- проверка состояния шатунных болтов в соответствии с разделом 3.7;
- проверка болтов клиньев шатунных и крейцкопфных подшипников визуальным и измерительным методами, в сомнительных случаях проверку произвести одним из методов дефектоскопии.

При капитальном ремонте:

- работы среднего ремонта;
- проверка прилегания подшипников к постелям, а также шейкам вала и пальцам крейцкопфа;
- проверка прилегания поверхностей разъема мотылевой головки шатуна;
- проверку шатунов на деформацию;
- проверка прилегания клиньев подшипников к вкладышу и шатуну (у шатунов с регулировкой подшипников клиньями);
- проверка на трещины, срыв и смятие резьбы болтов клиньев шатунных и крейцкопфных подшипников.

Шатуны, имеющие трещины, подлежат замене.

3.6.3 Проверку отклонения от общей плоскости (скручивания) и параллельности осей отверстий обеих головок шатуна производят, например, на поверочной плите при помощи контрольных валиков, вставленных в эти отверстия, и индикаторов с установкой одного из валиков на призмы (рис. 3.26, 3.27) сначала без вкладышей, а затем с вкладышами обеих головок шатуна.

Перпендикулярность осей стержня шатуна и его отверстий может быть проверена отвесом, струна которого при горизонтальном положении кон-

трольных скалок должна совпадать с продольной разметочной риской (рис. 3.28).

3.6.4 При визуальном осмотре головок шатуна обнаруженные дефекты - забоины, риски, коррозионные повреждения, отсутствие галтелей или же их некачественное выполнение - должны устраняться и тщательно зашлифовываться.

Допускаемые величины отклонения от правильной геометрической формы шатуна приведены в табл. 3.14.

3.6.5 Проверку и отбраковку подшипников шатуна, имеющих баббитовую наплавку, производят так же, как и подшипников коленчатого вала.

3.6.6 При изготовлении бронзовых подшипников крейцкопфной головки шатуна необходимо руководствоваться чертежами завода изготовителя. Обычно материалом для их изготовления может быть бронза следующих марок: БрА9ЖЗЛ ГОСТ 493-79, БрОФ 6,5-0,15 ГОСТ 5017-2006, Бр01ОФ1 ГОСТ 613-79, а у оппозитных компрессоров Бр05Ц5С5 ГОСТ 613-79.

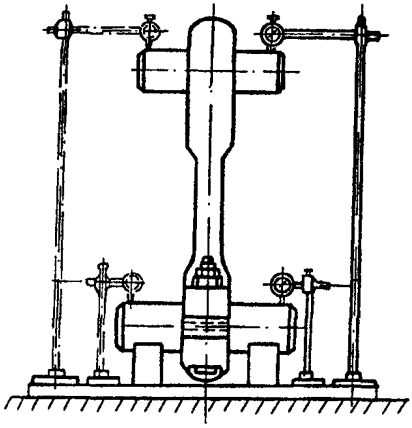


Рисунок 3.26 Проверка параллельности осей верхней и нижней головок шатуна

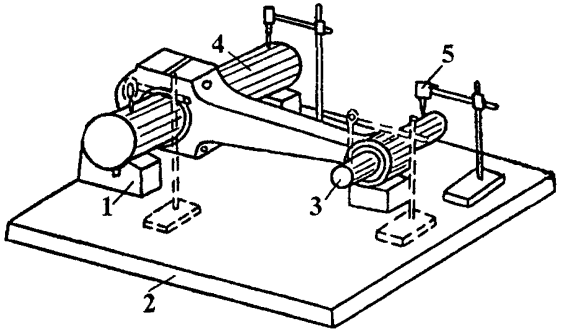


Рисунок 3.27 Проверка перекрещивания осей верхней и нижней головок шатуна.
1- призма; 2- плита; 3,4- контрольные валики; 5- индикатор.

Таблица 3.14 - Допустимые величины отклонений геометрической формы шатуна.

Наименование отклонений	Допустимые величины отклонений
Непараллельность осей отверстий головок	0,3 мм* на 1 м длины
Отклонение от общей плоскости (скручивание) осей отверстий обеих головок шатуна	0.5 мм** на 1 м длины
Неперпендикулярность торцевых поверхностей головок шатуна к осям их отверстий	0.5 мм на 1 м длины
Взаимное смещение торцевых поверхностей крейцкопфной и кривошипной головок	Не более 0.2 мм***

Примечания - * при тонкостенных вкладышах – 0,2 мм;
** при тонкостенных вкладышах – 0,3 мм;
***для базы М10 – 0,25 мм.

При изготовлении втулок допустимые овальность и конусность должны быть в пределах половины допуска по квалитету 7, а по наружному диаметру втулки обрабатывают с допуском по посадке H7/s6 (для нестопорящихся втулок) или с допуском по посадке H7/к6 (для стопорящихся втулок).

При запрессовке необходимо следить за правильным расположением канавок и отверстий для прохода масла. Расточка втулки должна производиться после запрессовки.

3.6.7 Шатуны изготавливают по чертежам и указаниям завода–изготовителя.

Обычно шатуны изготавливают из сталей марок 40 и 45 ГОСТ 1050-88 или стали 40Х ГОСТ 4543-71. Вкладыши подшипников шатунов заливают высокооловянистым баббитом Б-83 ГОСТ 1320-74.

3.6.8 Прилегание вкладышей кривошипного и крейцкопфного подшипников шатуна к постелям, шейкам вала и пальцам крейцкопфов, а также прилегание натяжных клиньев подшипников к вкладышам и упорам должно соответствовать указаниям пп. 3.3.20 и 3.3.21.

Прилегание поверхностей разъема мотылевой головки шатуна должно быть не менее 80% всей поверхности при равномерном распределении пятен краски.

Втулка крейцкопфной головки шатуна после ее запрессовки в шатун должна быть пригнана по пальцу с прилеганием по краске не менее 70% поверхности втулки при равномерном распределении пятен краски.

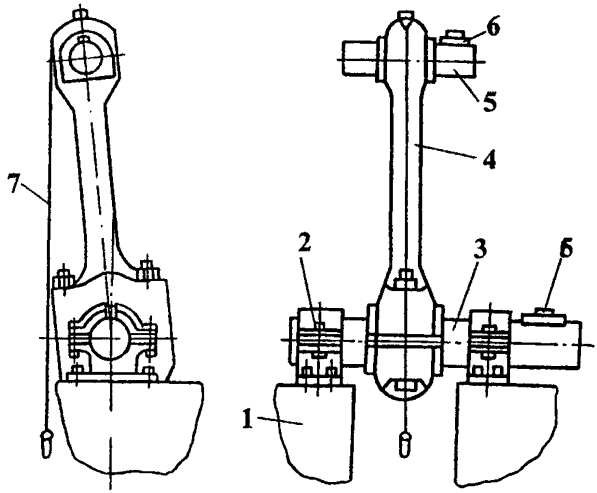


Рисунок 3.28 Проверка параллельности осей головок шатуна и перпендиклярности этих осей к осям шатуна.

1- опора; 2- хомут; 3- оправка нижней головки; 4- шатун; 5- оправка верхней головки; 6- уровень; 7- отвес.

3.6.9 Величины номинальных и предельных зазоров для подшипников приведены в табл. 3.15, а для мотылевых подшипников компрессоров оппозитных баз в табл. 3.16.

Осевые зазоры шатунных подшипников с баббитовой заливкой вкладышей (при фиксировании осевого смещения шатуна крейцкопфным подшипником) устанавливаются в пределах, приведенных в табл. 3.15.

У некоторых компрессоров осевой разбег шатуна, компенсирующий тепловое удлинение вала, предусмотрен не в мотылевом, а в крейцкопфном подшипнике шатуна, что необходимо учитывать при выборе зазоров по табл. 3.15.

Диаметральный зазор в мотылевых подшипниках проверяют щупом или по свинцовым оттискам (см.п. 3.3.25) или с помощью индикатора часового типа путем измерения максимального перемещения мотылевого подшипника относительно шатунной шейки в направлении оси шатуна при защемленном вале.

3.6.10 Количество и толщина прокладок с обеих сторон вкладыша должны быть равными. Если общая толщина прокладок превышает 3 мм, то основная часть этой толщины заполняется одной строганой и вышабренной по плите прокладкой, а остальная часть, не превышающая 2 мм, выполняется набором тонких прокалиброванных прокладок.

Между шейкой вала и кромками прокладок должен быть зазор не менее 0,3 мм. Контуры прокладок должны соответствовать контуру разъема вкладыша.

3.6.11 В компрессорах баз 2П и 5П Московского завода «Борец» в крейцкопфной головке шатуна устанавливается игольчатый подшипник.

Зазор между иглами подшипника и пальцем крейцкопфа должен соответствовать величинам, указанным в табл. 3.17.

Многие предприятия, эксплуатирующие компрессоры базы 5П, заменили недолговечные в работе игольчатые подшипники на втулочные подшипники скольжения из бронзы Бр 05Ц5С5 ГОСТ 613-79 с монтажным диаметральным зазором между пальцем и подшипником 0,07 - 0,09 мм и предельным при эксплуатации 0,20 мм, обеспечив его смазку через отверстия в пальце.

3.6.12 После окончания подгонки подшипников шатуны разбирают, проверяют соответствие чертежу форм и размеров масляных холодильников, отверстия для подачи смазки продуваются воздухом. Все детали промывают, протирают и смазывают маслом, после чего шатун собирают и устанавливают на место. Резьбовые соединения затягивают и застопоривают.

Таблица 3.15-Номинальные и предельные зазоры подшипников скольжения шатуна

Наименование зазоров	Диаметр подшипника, мм	Монтажный зазор, мм	Предельный эксплуатационный зазор,мм
Диаметральный зазор мотылевого подшипника шатуна	60-150 160-210 250-280 280-330	0,05-0,08 0,06-0,10 0,08-0,12 0,08-0,15	0,12-0,16 0,16-0,18 0,20-0,22 0,22-0,24
Суммарный осевой зазор мотылевого подшипника шатуна	60-90 90-120 120-250 250-350	0,5-1,0 1,0-2,0 2,0-4,0 4,0-6,0	1,0 2,0 4,0 6,0
для компрессоров базы 2П для компрессоров баз 3П, 5П		0,10-0,20 0,15-0,30	0,30 0,50
Диаметральный зазор крейцкопфного подшипника шатуна:			
для вкладышей с баббитовой заливкой	60-100 100-140 170-200 230-260	0,04-0,06 0,05-0,08 0,06-0,10 0,08-0,14	0,12 0,15 0,18 0,28
для бронзовых вкладышей	60-80 90 120 150 180	0,05-0,09 0,08-0,16 0,15-0,22 0,18-0,27 0,20-0,32	0,20 0,27 0,29 0,35 0,41
Суммарный осевой зазор крейцкопфного подшипника шатуна	60-90 100-120 120-200 210-300	0,10-0,30 0,15-0,40 0,20-0,80 0,40-1,0	0,35 0,45 0,90 1,10
для компрессоров оппозитных баз с каждой стороны, не менее	90-180	2,0	2,0
для компрессоров базы 2П для компрессоров базы 3П, 5П		1-4 1-5	4 5

Примечание - Бóльшие предельные зазоры относятся к бóльшим диаметрам.

Таблица 3.16-Зазоры в мотылевых подшипниках компрессоров оппозитных баз

База компрессора	Диаметр шейки, мм	Диаметральный зазор в мотылевом подшипнике шатуна, мм		Осевой суммарный зазор, мм	
		монтажный	предельный	монтажный	предельный
М10	180	0,11-0,18	0,35		
М16	260	0,18-0,32	0,40	0,18-0,32	0,40
М25	320	0,18-0,32	0,45	0,18-0,32	0,45
6М40-320/320	360	0,18-0,25	0,35	0,25-0,50	0,60

Таблица 3.17-Зазоры в игольчатых подшипниках

База	Диаметр пальца крейцкопфа, мм	№ игольчатого подшипника	Нормальный эксплуатационный зазор, мм
2П	46	4024107	0,035-0,072
5П	80	4024113	0,030-0,075

3.7. Шатунные болты

3.7.1 Шатунные болты работают в очень тяжелых условиях. Неблагоприятные условия эксплуатации могут способствовать их разрушению вследствие усталости материала в местах концентрации напряжений под действием переменной нагрузки.

К этим неблагоприятным условиям относятся:

- многократно повторяющаяся чрезмерная затяжка болтов;
- длительная работа при очень большом зазоре в шатунном подшипнике;
- неправильное прилегание гайки или головки болта к опорным поверхностям шатуна;
- плохое прилегание опорных поверхностей крышки шатуна;
- перегрев мотылевого подшипника;
- механические повреждения болта: забоины, риски, коррозия, фреттинг-коррозия;
- выпадение шплинта и отвертывание гайки;
- неравномерная затяжка.

Исключение указанных факторов и периодическая проверка состояния шатунных болтов являются гарантией предупреждения их внезапной поломки.

Проверка состояния шатунных болтов производится в следующие сроки.

При текущем ремонте:
- проверка целостности шплинтов или стопоров, предупреждающих отворачивание гаек.

При среднем ремонте:
- работы текущего ремонта;
- определение величины остаточного удлинения путем замера длины болтов в свободном, незатянутом состоянии;
- проверка болтов и их гаек на трещины усталости (см. главу 4);
- проверка прилегания опорных поверхностей по краске;
- определение величины упругого удлинения болтов после их затяжки.

При капитальном ремонте:
- работы среднего ремонта.

3.7.2 Шатунные болты ремонту не подлежат и заменяются новыми при наличии трещин, вмятин, сорванной резьбы (даже на одном сорванном витке), раковин от коррозии, повреждений галтелей, а также если замеренное остаточное удлинение превышает величину, указанную заводом-изготовителем компрессора, а при отсутствии такового указания превышает 0,0005 его первоначальной длины. Замене подлежат и такие болты, на которые гайки наворачиваются неравномерно или имеют качку.

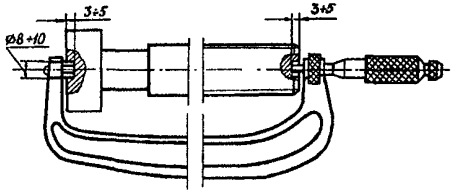


Рисунок 3.29 Измерение длины шатунного болта.

Предельный срок службы шатунных болтов не должен превышать срока указанного заводом-изготовителем компрессора. При отсутствии такого указания предельный срок службы шатунных болтов не должен превышать $10^7/n$ рабочих часов, где n – число оборотов вала компрессора в минуту.

Шатунные болты заменяют комплектно, т.е. при замене болта заменяется и гайка.

3.7.3 Определение остаточного удлинения шатунного болта производится с помощью микрометра. Для этого на торцах головки каждого шатунного болта и его нарезной части высверливают торцевой фрезой площадки, как показано для примера на рис. 3.29.

3.7.4 Усилие затяжки гаек контролируют путем замера величины упругого удлинения шатунных болтов, подобно тому, как измеряют остаточное

удлинение (п. 3.7.3). Величина упругого удлинения, а следовательно, и усилие затяжки шатунного болта задается заводом-изготовителем с учетом материала болта и конструкции шатунного подшипника. Например, для оппозитной базы М16 величина упругого удлинения болта должна находиться в пределах 0, 48-0, 52 мм, для базы М40 - в пределах 0,62-0,67 мм.

Пензенский компрессорный завод ОАО «Пензкомпрессормаш» рекомендует затяжку гаек шатунных болтов на компрессорах базы М10 производить моментом, равным 2000 Нм(200 кгс·м).

При отсутствии таких указаний величина упругих удлинений для шатунных болтов из углеродистой стали устанавливается равной 0,0003L, а для болтов из легированной стали - 0,0004L, где L - расстояние между опорными поверхностями головки и гайки болта в мм.

При определении остаточных и упругих деформаций шатунных болтов учитывают влияние температуры. Лучше всего замер производить тогда, когда температура шатунных болтов и измерительной скобы не отличается от температуры машинного зала.

3.7.5 При проверке шатунных болтов на усталостные трещины особое внимание уделять проверке состояния галтелей, головок болтов и впадин резьб. Состояние профиля резьбы контролировать калибрами (проходным и непроходным). Обнаруженные забоины, риски, коррозионные повреждения устраняют и тщательно зашлифовывают. При обнаружении даже незначительных трещин болт заменяют.

3.7.6 Проверку прилегания опорных поверхностей по краске у шатунных болтов производят при среднем ремонте, а также у вновь устанавливаемого шатунного болта.

При этой проверке на опорные поверхности гайки и головки болта наносят тонкий слой краски и болт плотно, но не сильно затягивают. Отпечатки краски на всех опорных поверхностях должны располагаться равномерно - пробелы между отдельными пятнами краски не должны превышать 25% длины окружности, а суммарная площадь касания составлять не менее 50% площади опорного пояска.

Исправление качества прилегания опорных поверхностей производится на головке шатуна. Запрещается исправление поверхности у головки болта или гайки.

3.7.7 В ремонтном формуляре каждого компрессора должны быть отведены отдельные страницы, на которых записываются паспортные данные шатунных болтов и результаты проводимых проверок.

Примерная форма таких записей приводится в образце ремонтного формуляра (см. Приложение Л).

3.7.8 Шатунные болты должны входить в отверстия головки шатуна плотно, но без применения сильных ударов. Допускаются легкие удары

свинцовым или медным молотком. Если отверстия под болты повреждены, их следует исправить разверткой. Болты, устанавливаемые в исправленные таким образом отверстия, должны иметь пояски соответственно увеличенного диаметра.

Поверхности на призонной части болта, пораженные фреттинг-коррозией, зачищают наждачной шкуркой, при этом размер зачищенных поверхностей не должен быть более половины длины окружности, а чистота поверхности после зачистки не ниже $\sqrt{Ra}1{,}25$ (∇ 7).

3.7.9. Шплинтовка гаек шатунных болтов производится только стальными шплинтами. Применение проволоки или гвоздей запрещается .

3.7.10. Шатунные болты и их гайки от завода-изготовителя должны иметь сопроводительный документ: паспорт (сертификат) с указанием марки материала его химического состава, механических свойств, результатов и методов дефектоскопии.

При получении шатунных болтов и их гаек следует проверить наличие указанного сопроводительного документа, клейма ОТК, соответствие их размеров чертежу, а также произвести тщательный осмотр болтов и гаек.

Изготовление новых шатунных болтов производится в полном соответствии с чертежами завода - изготовителя компрессора. Биение опорной торцовой поверхности головки болта на наибольшем диаметре относительно оси посадочной поверхности стержня не должно быть более 0,02 мм, а биение опорной поверхности гайки относительно оси резьбы не более 0,05 мм.

Каждый пруток, используемый для изготовления шатунных болтов, должен пройти химанализ независимо от наличия сертификата. После соответствующей термической обработки для получения необходимых механических свойств и снятия остаточных напряжений заготовки подвергаются механическим испытаниям.

Каждый изготовленный шатунный болт проверяют на трещины, снабжают паспортом ОТК, в котором указывают соответствие изготовленного болта чертежам. На головке каждого шатунного болта выбивают присвоенный ему номер и клеймо ОТК.

3.8 Крейцкопф и детали его соединения со штоком

3.8.1 Причинами, вызывающими преждевременное появление усталостных трещин в деталях крейцкопфа и элементов его соединения со штоком, могут быть:

- недостаточные радиусы галтелей, а также некачественное их выполнение с подрезами и рисками;

- неудовлетворительное, с перекосами, прилегание друг к другу опорных поверхностей буртов у крейцкопфа, муфты и гайки, вызывающее появление повышенных циклических напряжений в опасных сечениях;
- низкое качество металла и наличие в нем дефектов;
- расцентровка группы движения, например, для горизонтальных компрессоров
- значительное проседание поршня вследствие износа его баббитовой рабочей поверхности.

3.8.2 Для предупреждения появления возможных неполадок узла крейцкопфа необходимо проводить следующие виды проверок.

При текущем ремонте:

- контроль стопорящих устройств деталей соединения штока с крейцкопфом и пальца крейцкопфа.

При среднем ремонте:

- работы текущего ремонта;
-контроль деталей соединения штока с крейцкопфом, а также мест концентрации напряжений крейцкопфа и пальца крейцкопфа (галтелей у буртов) для выявления усталостных трещин (см. главу 4). Допускается проверка на трещины крейцкопфа в доступных местах без его выемки из направляющих;
- определение износа пальца крейцкопфа и состояния его рабочей поверхности;
- проверка качества прилегания конических поверхностей пальца крейцкопфа;
- проверка состояния поверхности крейцкопфного подшипника и регулировка диаметрального зазора;
- контроль состояния баббитовой заливки башмаков крейцкопфа;
- контроль состояния крепления и фиксации отъемных башмаков крейцкопфа;
- регулировка зазора между направляющей и башмаком крейцкопфа;
- проверка прилегания башмаков к направляющей крейцкопфа;
- проверка прилегания опорных поверхностей деталей крейцкопфа. Такой проверке подвергаются и вновь устанавливаемые детали.

При капитальном ремонте:

- работы среднего ремонта;
- полная проверка крейцкопфа, пальца и деталей соединения штока с крейцкопфом для выявления дефектов (см. главу 4).

3.8.3 Крейцкопф или детали соединения штока с крейцкопфом не допускаются к эксплуатации, если:

- на теле крейцкопфа или деталях обнаружены трещины;
- детали соединения штока с крейцкопфом имеют срыв или смятие более 10% рабочих витков резьбы;
- толщина слоя баббита у ползунов с баббитовой наплавкой стала менее 50% первоначальной толщины;

- на поверхности заливки имеются задиры, участки с выкрошенным баббитом, трещины с замкнутым контуром с общей площадью дефектов более 15% площади заливки.

3.8.4 Кроме проверки крейцкопфа и его деталей при среднем и капитальном ремонте, при всяком ремонте, связанном с их разборкой, производят визуальную проверку галтелей у буртов деталей.

Обнаруженные дефекты (отсутствие галтелей, риски и забоины) устраняют и галтели тщательно зашлифовывают.

В случаях значительных перегрузок крейцкопфа (например, при гидроударах) необходимо перед пуском компрессора провести внеочередную проверку его деталей на трещины в соответствии с картами контроля (см. главу 4).

3.8.5 Технические характеристики крейцкопфов прямоугольных и оппозитных баз даны в табл. 3.18.

Перед затяжкой гаек соединения штока с крейцкопфом резьбу смазать дисульфидом молибдена ТУ 48-19-133-90, допускается смазывать маслом индустриальным И-40А или И-50А, моменты затяжки указаны в табл. 3.18.

3.8.6 Максимально допустимая овальность и конусность крейцкопфных пальцев указана в табл. 3.19.

В конической части крейцкопфных пальцев овальность не должна превышать пределов допуска на обработку. Конусность обычно делают 1:7.

3.8.7 При исправлении отверстия под палец крейцкопфа необходимо, чтобы неперпендикулярность оси отверстия к оси отверстия под шток не превышала 0,2 мм на 1 м длины.

Для этого крейцкопф устанавливают привалочной поверхностью со стороны штока на контрольную плиту и сравнивают показания уровня на вставленном в крейцкопф пальце и плите по оси пальца.

Предварительно проверяют перпендикулярность привалочной поверхности к оси отверстия под шток, которая не должна иметь отклонений более 0,05 мм на длине 100 мм.

3.8.8 Новые крейцкопфы и их детали изготавливаются по чертежам завода-изготовителя.

Поковки для указанных деталей должны быть после ковки термически обработаны, чтобы снять возможные остаточные напряжения.

Отливки из стали для корпусов крейцкопфа выполняют, как отливки повышенного качества, термически обрабатывают и проверяют на трещины согласно карте контроля №7, глава 4. Детали крейцкопфа, как правило, изготавливают из материалов указанных в табл. 3.20.

Наружная трущаяся поверхность пальцев крейцкопфов из стали 20 должна цементироваться и термически обрабатываться, а из стали 45 подвергаться поверхностной термической обработке ТВЧ, при этом твердость термически обработанного слоя должна быть HRC 52-62.

Шероховатость трущихся поверхностей корпусов и башмаков крейцкопфов не должна быть ниже $\sqrt{Ra1,25}$ (∇7). Шероховатость опорных поверхностей пальцев крейцкопфов не должна быть ниже $\sqrt{Ra1,25}$ (∇7), а трущейся поверхности не ниже $\sqrt{Ra0,32}$ (∇9).

Биение опорных поверхностей гаек относительно оси резьбового отверстия не должно быть более 0,05 мм на диаметре опорной поверхности.

Неперпендикулярность опорных поверхностей буртов соединительных муфт относительно оси не должна быть более 0,01 мм на длине 100 мм, а опорной поверхности бурта крейцкопфа под муфту относительно оси отверстия под шток - не более 0,02 мм на длине 100 мм.

3.8.9 Каждая изготовленная деталь крейцкопфа должна иметь паспорт, клеймо ОТК и номер. В паспорте указывается:

- номер детали;
- результаты механических испытаний металла;
- химсостав металла;
- результаты контроля неразрушающими методами опасных сечений литых крейцкопфов;
- свидетельство ОТК о соответствии изготовленной детали чертежам, а также о наличии тех или иных допустимых отклонений от чертежей.

3.8.10 Прилегание рабочих башмаков крейцкопфов к направляющим должно быть равномерным и при проверке на краску составлять на каждом квадрате 25×25 мм не менее 6 пятен касания, при этом общая площадь прилегания должна быть не менее 60% проверяемой поверхности, а прилегание нерабочих башмаков – не менее 4 пятен касания на квадрате 25х25 мм.

Баббитовая заливка башмаков по концам должна иметь клиновые скосы (рис. 3.30), маслопроводные пазы не должны доходить до ее краев.

Таблица 3.18-Технические характеристики крейцкопфов прямоугольных и оппозитных баз

Шифр базы	Номинальное поршневое усилие		Средняя скорость крейцкопфа , м/с	Пределы регулирования штока относительно крейцкопфа в осевом направлении, мм.	Момент затяжки гайки		Размеры, мм					Масса, кг
	кН	тс			Н·м	Кгс·м	Диаметр корпуса	Диаметр пальца	Резьба хвостовика штока	Длина направляющих	Ширина направляющих	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2П	20	2	3,0	±2	От 450 до 500	От 45 до 50	159,9±0,014	46-0,017	М30×1,5	160	110	8,9
3П	30	3	3,5	±3	От 800 до 900	От 80 до 90	199,8±0,016	58-0,020	М36×2	200	140	20,5
5П	50	5	3,7	±3	От 1800 до 2000	От 180 до 200	239,8±0,016	80-0,020	М48×4	240	180	35
М10	100	10	4,4*	±5	-	-	$270^{-0,30}_{-0,36}$	$90^{-0,05}_{-0,07}$	М58×4	280	170	43

Продолжение таблицы 3.18

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
М16	160	16	5,33	±7	От 4500 до 5000	От 450 до 500	399,7±0,020	$120^{-0,040}_{-0,075}$	М76×4	400	260	158
М25	250	25	5,0	±7	От 8000 до 9000	От 800 до 900	479,7±0,020	$150^{-0,05}_{-0,09}$	М95×4	480	300	345
М40	400	40	4,5	±7	От 20000 до22000	От 2000 до 2200	$559,7^{+0,023}_{-0,022}$	$180^{-0,05}_{-0,09}$	М125×6	550	350	540

*- приведенное значение дано для n=600 об/мин, а для n=500 об/мин скорость 3,66 м/с.

Таблица 3.19-Допустимая конусность и овальность пальцев крейцкопфа.

Диаметр пальца крейцкопфа, мм	Максимально допустимая овальность, мм
60-90	0,06
120-160	0,08
180-200	0,10
220-260	0,15

Таблица 3.20-Материал деталей крейцкопфа прямоугольных и оппозитных баз

Наименование деталей	Материал
Корпус крейцкопфа угловых баз 2П,3П,5П	Чугун СЧ20 ГОСТ 1412-85 модифицированный ферробором
Корпус крейцкопфа оппозитных баз М10,М16,М25 и М40	Сталь 25Л-111, ГОСТ 977-88
Отъемные башмаки крейцкопфов: базы М10 Баз М16,М25 и М40	Алюминиевый сплав АК5М7 ГОСТ 1583-93 Чугун СЧ20 ГОСТ 1412-85
Покрытие башмаков крейцкопфов баз М16, М25 и М40	Баббит Б16 ГОСТ 1320-74
Палец крейцкопфа	Сталь 20 или сталь 45 ГОСТ 1050-88
Гайки (фланцы) крепления штоков с крейцкопфом	Сталь 35 или сталь 40 ГОСТ 1050-88
Соединительные муфты крейцкопфов баз М25 и М40	Сталь 40 ГОСТ 1050-88. Заготовка из поковки Гр IV (V) КП 275 ГОСТ 8479-70
Втулка пальца крейцкопфа	Бронза Бр05Ц5С5 ГОСТ 613 - 79

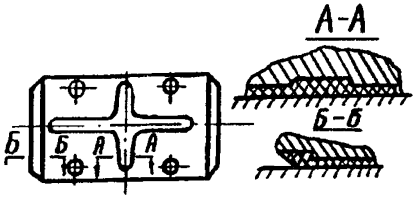


Рисунок 3.30 Клиновые скосы на баббитовой заливке башмаков

3.8.11 Проверку качества прилегания опорных поверхностей башмака к корпусу крейцкопфа, гаек и полумуфт для соединения штока с крейц-

копфом производят по краске. Отпечатки краски должны располагаться равномерно. Пробелы между отдельными отпечатками краски по кольцевым поверхностям не должны быть более 45°, а суммарная площадь касания должна составлять не менее 50% опорной поверхности. Дефекты прилегания устраняют вышабриванием или проточкой на токарном станке.

Конусная поверхность пальцев крейцкопфа должна равномерно прилегать к соответствующим расточкам крейцкопфа, причем суммарная площадь пятен краски, наносимой тонким слоем, должна быть не менее 75% всей проверяемой поверхности при равномерном распределении пятен краски. Недостаточное прилегание устраняется взаимной притиркой деталей.

3.8.12. Зазор между башмаком крейцкопфа и направляющей (параллелью) показан в табл. 3.21. Окончательная проверка зазора между башмаком и направляющей производится щупом в переднем (нижнем) и заднем (верхнем) положениях крейцкопфа после соединения его со штоком.

Таблица 3.21-Зазоры крейцкопфа в параллели

Диаметр расточки параллелей ,мм	Зазор между башмаком крейцкопфа и параллелью, мм	
	монтажный	предельный
160-240	0,10-0,20	0,30-0,35
250-300	0,15-0,25	0,35-0,40
300-450	0,25-0,30	0,40-0,55
450-580	0,25-0,35	0,55-0,70
600-700	0,25-0,50	0,70-1,00

Примечание: бóльшие предельные зазоры относятся к бóльшим диамет - рам.

3.9 Штоки, поршни и поршневые кольца

3.9.1 Проверку, состояния штоков производят во время среднего и капитального ремонтов и совмещают с проверкой состояния цилиндров и поршней.

Во время этой проверки необходимо:

- проверить биение штока горизонтальных ступеней в вертикальной и горизонтальной плоскостях в пределах хода до разборки и после ремонта; для ступеней компрессоров, работающих с давлением свыше 15 МПа (150 кгс/см^2), биение штока проверяют в текущий ремонт до разборки и после ремонта; проверку производят через окно фонаря с помощью трехзвенно-

го шарнира, на одном конце которого крепится индикатор, а другой конец закрепляется к фонарю;
- определить износ рабочей поверхности штока и визуально осмотреть поверхность штока и его резьбу;
- проверить отсутствие неравномерности, слабины и качки гайки при ее наворачивании на шток.

Кроме указанных проверок, во время среднего и капитального ремонтов проверяют состояние резьбы, галтелей и тела штока на трещины усталости (см.главу 4). Эту проверку проводят также после случаев, которые могли вызвать значительные напряжения в металле штока.
При обнаружении трещин, сорванных или смятых витков резьбы шток заменяется.

3.9.2 Биение штока в вертикальной и горизонтальной плоскостях в пределах хода поршня при монтаже и после ремонта компрессора должно быть не более величины указанной заводом-изготовителем, а при отсутствии такого указания должно быть не более 0,05 мм.

При эксплуатации биение не должно превышать:
- при рабочем давлении цилиндре до 1,5 МПа:
- при ходе поршня до 450 мм - 0,30 мм;
- при ходе поршня свыше 450 мм - 0,45 мм;
- при рабочем давлении в цилиндре свыше 1,5 Мпа до 15МПа - 0,20 мм;
- при рабочем, давлении свыше 15 МПа и сальнике с металлическими уплотнительными элементами - 0,10 мм;
- при рабочем давлении свыше 10 МПа и сальнике с неметаллическими уплотнительными элементами - 0,08 мм;
- для компрессоров базы М16 и сальнике с неметаллическими уплотнительными элементами - 0,10 мм.

Предельное биение штока в вертикальной и горизонтальной плоскостях для остальных горизонтальных компрессоров не должно превышать 0,3 мм на 1 погонный метр.

Биение штока устраняют наплавкой баббитовой поверхности поршня или регулировкой прокладок под башмаки крейцкопфа. На некоторых марках компрессоров для этого имеются регулировочные болты в корпусе крейцкопфа.

Таблица 3.22-Допустимые величины изменений размеров штока

Диаметр штока, мм	Предельное значение овальности и конусности штока при давлении в цилиндре		Допустимый износ штока до перешлифовки, мм
	До 5 МПа	свыше 5 МПа	
30-60	0,07	0,04	0,30
60-90	0,10	0,05	0,40
90-120	0,15	0,08	0,50
120-180	0,30	0,15	0,80
180-220	0,45	0,20	1,00

3.9.3 Износ рабочей поверхности штока определяют измерением микрометром его диаметра в рабочей части и сравниванием полученных данных с исходными, т. е. с номинальным диаметром штока и диаметром после последнего ремонта.

Если замеренный износ штока превышает нормы, указанные в табл. 3.22, то его следует проточить.

Шток должен быть изъят из эксплуатации, если уменьшение диаметра штока в результате проточек и шлифовок превышает предельные значения, приведенные в табл. 3.23.

3.9.4 При визуальном осмотре поверхности штока небольшие дефекты поверхности устраняют запиловкой и шлифовкой на месте, а при значительных задирах и глубоких рисках штоки протачивают. Обнаруженные дефекты на резьбе - забоины, риски, коррозия - зачищают и шлифуют.

Наклеп на плоскости опорного бурта штока устраняют проточкой с последующей притиркой опорной поверхности поршня по бурту штока. Неперпендикулярность опорной торцовой поверхности бурта штока, а также торца штока, упирающегося в дистанционную шайбу относительно его оси, не должна превышать 0,02 мм на 100 мм диаметра бурта. Проверку производят индикатором при установке штока в центрах. Непараллельность торцов дистанционной шайбы крейцкопфов не должна превышать 0,01 мм на диаметре 100мм.

Таблица 3.23-Допустимые величины уменьшения диаметра штока

Типы и марки компрессоров	Предельное занижение диаметра, мм
Компрессоры баз 2П и 5П московского завода «Борец» и компрессоры марок КПК-6, 2РС-10/7, 2Р-10/20, 2ПКК-4/5 , 2ПКК-2/4, ВКГ-08/30 Казанского компрессорного завода	1,0
Компрессоры московского завода «Борец»:	
2СА	0,8
2СГ	1,2
Компрессоры Краснодарского компрессорного завода:	
с диаметром штока 40 и 45 мм	1,5
с диаметром штока 60 мм	3,0
Компрессоры горизонтальных баз серии Г и оппозитных баз серии М	2,5% от номинального диаметра

3.9.5 При замене штока или поршня опорная поверхность поршня должна притираться по опорной поверхности бурта штока.

Прилегание опорной поверхности бурта и гайки штока к поршню проверяется на краску и должно быть равномерным. Пробелы между отдельными отпечатками краски по кольцевым поверхностям не должны быть более 45° окружности, а общая площадь прилегания должна быть не менее 70% всей поверхности.

3.9.6 При изготовлении новых штоков следует руководствоваться чертежами завода-изготовителя компрессора.

Особое внимание при этом должно быть уделено качеству выполнения галтелей и резьбы.

Чистота обработки трущейся цилиндрической части штока не должна быть ниже Ra 0,16 (∇10).

Поковки для штоков в практике отечественного компрессоростроения изготавливают из стали марок 40 и 45 ГОСТ 1050-88.

Поковки азотируемых штоков изготавливают из легированных сталей марок 38Х2МЮА, 38ХЮ ГОСТ 4543-71.

Заготовки азотируемых штоков предварительно подвергают стабилизирующему отжигу при температуре на 30-50°С выше температуры процесса азотирования и затем проводят полную механическую обработку.

После черновой обработки заготовку штока необходимо проверить на отсутствие наружных и внутренних дефектов цветной или магнитной дефектоскопией с последующей проверкой ультразвуком.

Нарезку резьбы штока на полный профиль в большинстве случаев выполняют после азотирования по той причине, что защитные обмазки могут осыпаться, вследствие чего вершины резьб азотируются и становятся хрупкими.

Азотирование проводят по тому или иному проверенному режиму. В табл. 3.24 приводится принятый на Сумском заводе сокращенный ступенчатый режим азотирования штоков.

Глубина азотирования при этом режиме достигает 0,28-0,45 мм. Контроль качества азотирования производят по закладываемым образцам: на твердость, глубину азотированного слоя и хрупкость.

Для защиты от азотирования резьб штоков можно применять защитную обмазку следующего состава: олово в порошке - 3 части, свинец в порошке - 1 часть, окись хрома -1 часть. Смесь из указанных компонентов разбавляют раствором хлористого цинка до консистенции, позволяющей наносить обмазку с помощью кисти.

При закалке ТВЧ твердость штока должна быть HRC>50, а толщина упрочненного слоя 1-2 мм.

3.9.7 На каждом изготовленном штоке выбивают клеймо ОТК и номер изделия по паспорту. Паспорт ОТК должен содержать следующие данные:

- механические свойства и химсостав материала по данным лаборатории;
- данные о качестве поверхностного упрочнения;
- указания ОТК о наличии тех или иных допустимых отклонений от чертежа;
- результат проверки неразрушающими методами контроля готового штока на трещины (см. главу 4).

3.9.8 Неудовлетворительная работа поршней и поршневых колец отрицательно сказывается на производительности и экономичности работы компрессора.

При эксплуатации компрессора возможны следующие случаи неисправности поршневой группы:

- износ несущей поверхности у скользящих поршней, вследствие чего происходят расцентровка движения ряда, значительное увеличение зазора между поршнем и зеркалом цилиндра и уклон штока по отношению к оси цилиндра;
-ослабление посадки поршня на штоке;

- появление задиров, глубоких рисок на рабочей поверхности поршня, которые могут возникнуть в результате попадания в цилиндр посторонних предметов (обломков пластин клапана, проволоки от пружин, колпачков);
- износ канавок под поршневые кольца в результате работы с увеличенным зазором между поршнем и цилиндром, увеличенным зазором по торцу поршневого кольца, большой бочкообразности цилиндра или недостаточной смазки;
- увеличенный износ поршневых колец вследствие недостаточной их смазки или загрязненного газа.

3.9.9 Проверку состояния поршней и поршневых колец проводят в следующие сроки.

При среднем ремонте:

- проверка состояния пробок (заглушек) технологических отверстий путем обстукивания их молотком и осмотром у них стопорных гужонов;
- проверка состояния резьбы в поршне под пробки (при замене этих пробок);
- определение величины износа баббитовой наплавки поршня или опорных элементов поршня компрессоров без смазки;
- проверка плотности посадки поршня на штоке, проверка состояния стопорных устройств;
- определение износа и состояния канавок под поршневые кольца и измерение осевого зазора между поршневым кольцом и торцевой стенкой канавки;
- определение величины износа поршневых колец;
- определение величины зазора в замке поршневого кольца;
- проверка поверхности поршня на наличие трещин визуально, а при необходимости - одним из методов дефектоскопии;
- проверка зазоров между поршнем и цилиндром в горизонтальной и вертикальной плоскостях в крайних и среднем положениях поршня;
- проверка вредных пространств между поршнем и цилиндром.

При капитальном ремонте:

- объем работ среднего ремонта;
- гидравлическое испытание поршней на прочность и плотность, о чем делается запись в ремонтном формуляре.

Таблица 3.24 - Режимы азотирования штоков

Марка стали	I ступень			II ступень			III ступень			Твердость	
	Температура, °С	Степень диссоциации, %	Время, ч	Температура, °С	Степень диссоциации, %	Время, ч	Температура, °С	Степень диссоциации, %	Время, ч	По Виккерсу	HRC
38ХМЮА, 38 ХЮ ГОСТ 4543-71	520	20-35	8	560	35-60	6	520	20-35	6	800-1100	61-69

3.9.10 Износ баббитовой рабочей поверхности скользящего поршня определяют путем замера щупом зазора между ним и зеркалом цилиндра в верхней части. Величину износа определяют как разность полученного измерения и измерения при центровке вновь подлитого поршня при его установке. Зазор поршень -цилиндр снизу у поршней с баббитовой наплавкой и компрессоров без смазки при эксплуатации должен быть не менее 0,5 мм для цилиндров с давлением до 10 Мпа (100кгс/см^2) и 0,3 мм для цилиндров с давлением более 10 МПа (100кгс/см^2).

3.9.11 Поршень не допускается к эксплуатации:

- при наличии трещин на его теле или сварных швах;
- если на баббитовой заливке участки выкрошенного баббита и трещины с замкнутым контуром, а также задиры в виде борозд превышают 10% поверхности заливки;
- если высота выступающего над поршнем слоя заливки составляет менее 60% от первоначальной;
- при нарушении фиксации пробок поршня и поршневой гайки.

3.9.12 Монтажные и предельно допустимые зазоры между поршнем и цилиндром при эксплуатации приведены в табл. 3.30. Боковые зазоры у поршня должны быть одинаковыми и отличаться не более, чем на 0,2 мм для цилиндров диаметром до 500 мм и не более 0,25 мм для цилиндров диаметром более 500 мм.

Уменьшение перемычек между канавками поршня при исправлении их геометрической формы не должно превышать 20% их номинального размера.

3.9.13 Наплавка рабочих поверхностей у поршней скользящей конструкции, при отсутствии специальных указаний, производится баббитом марки БН, Б16 или Б83 ГОСТ 1320-74, причем лучшее качество наплавки получается при выполнении ее водородным пламенем.

Проверка прилегания наплавленной поверхности поршня к зеркалу цилиндра изложена в п. 3.9.22.

3.9.14 Во время проверки состояния поршневых колец обнаруженные задиры на поверхности колец и заусеницы на кромках зачищают и зашлифовывают. Поршневые кольца заменяют, если величина радиального износа в любом сечении превышает 30% их первоначальной толщины, а также при задирах поверхности скольжения кольца, превышающих 10% окружности.

3.9.15 При изготовлении новых поршней и поршневых колец следует руководствоваться чертежами завода - изготовителя компрессора. Неперпендикулярность торцовых опорных поверхностей поршня под бурт штока и гайку поршня, а также боковых поверхностей канавок под поршневые кольца относительно оси отверстия под шток не должна превышать 0,02 мм на длине 100 мм.

Изготовленные поршни подвергают гидравлическому испытанию на прочность и плотность пробным давлением, величина которого устанавливается заводом–изготовителем.

По рекомендациям Краснодарского и Казанского компрессорных заводов величина пробного давления должна быть 1,5Р, где Р-рабочее давление в цилиндре.

По рекомендации Пензенского компрессорного завода давление при гидроиспытании чугунных поршней должно быть 1,5Р, а остальных-1,25Р.

По компрессорам остальные заводов эта величина принимается по техническим условиям или чертежу на изготовление поршня.

На каждом изготовленном поршне выбиваются клеймо ОТК и номер изделия по паспорту. В паспорте ОТК должны содержаться следующие данные:

механические свойства и химанализ материала по данным лаборатории;

результаты гидроиспытания;

для сварных поршней - данные о сварке, результаты просвечивания или ультразвукого контроля швов и проверки их на поверхностные трещины одним из методов дефектоскопии;

указания ОТК о наличии тех или иных допустимых отклонений от чертежа, ТУ.

Для предупреждения аварий, происходящих в результате самоотвинчивания стальных пробок чугунных поршней, их необходимо фиксировать стальными гужонами М8-М10 с последующей приваркой их к пробкам (рис. 3.31) электродами типа Э 42А (УОНИ 13/45 и др.) или типа Э-46 (МР-3 и др.) диаметром 3 мм. Зажигание дуги следует производить на стальной пробке с последующим заплавлением гнезда металлом, при этом наплавленный металл не должен касаться чугунного тела поршня для предупреждения появления трещин в чугуне.

В стальных поршнях пробки после заворачивания необходимо заваривать электросваркой.

Для проведения гидроиспытания поршня в пробке делается резьбовое отверстие, которое после гидроиспытания глушат пробкой и заваривают.

Отверстие для гидроиспытания можно также сверлить в зоне бабитовой наплавки (рис. 3.32).

3.9.16 Для изготовления поршневых колец при давлении до 10 МПа (100 кгс/см^2) применяют перлитный чугун, по своим свойствам соответствующий серому чугуну марки СЧ20 ГОСТ 1412-85.

Для поршневых колец, работающих при давление выше 10 МПа (100 кгс/см^2), применяют специальный перлитный чугун с повышенным

содержанием фосфора. Для примера в табл. 3.25 приведен химический состав такого чугуна.

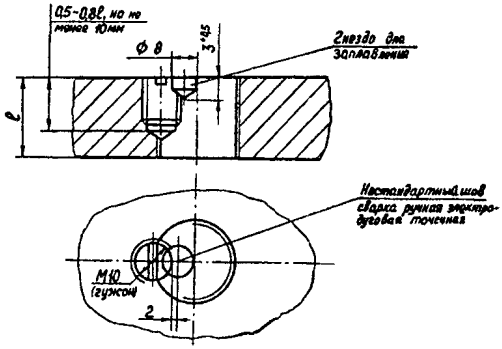


Рисунок 3.31 Способ фиксации пробки поршня

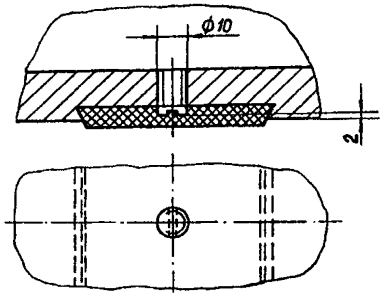


Рисунок 3.32 Расположение отверстия
для гидроиспытания поршня.

Специальный чугун (табл. 3.25) получают при шихтовке, указанной в табл. 3.26.

Металл в ковше модифицируется графитом, например, молотым электродным боем с зернистостью 60-80 меш. в количестве 0,1-0,3% весовых.

Перед заливкой в формы чугун должен иметь температуру 1350-1380°С. Для получения плотной и мелкозернистой структуры стенка маслоты должна иметь минимальный припуск на обработку.

Микроструктура колец из серого и легированного чугуна должна оцениваться по ГОСТу 3443-87, соответствовать табл. 5 ГОСТ 9515-81 и

представлять собой мелкопластинчатый или сорбитообразный перлит с равномерно распределенным графитом (тонко и среднепластинчатым завихренным или прямолинейным) и фосфидной эвтектикой в виде мелких равномерно распределенных включений, не образующих замкнутой сетки. Включение эвтектического графита (точечный графит, графит переохлаждения) допускается на участках шлифа, составляющих не более 5% от общей его площади.

Структурно свободный цементит не допускается. Феррит допускается в виде отдельных мелких включений в количестве не более 5% от площади шлифа.

Микроструктуру материала колец определяют металлографическим исследованием шлифа, взятого из поперечного сечения готового кольца.

Механические свойства материала колец должны соответствовать указанным в чертежах завода–изготовителя, а при отсутствии таких указаний - рекомендуемым в табл. 3.27, согласно ГОСТ 9515-81.

Твердость различных участков кольца не должна отличаться более, чем на 25 единиц твердости НВ.

3.9.17 Отлитые маслоты для поршневых колец перед механической обработкой должны пройти естественное или искусственное старение. При естественном старении маслоты вылеживаются в течение 40-45 дней, а при искусственном выдерживаются в течение 5 часов при температуре 500 – 550°С с последующим медленным охлаждением вместе с печью.

Таблица 3.25-Химический состав чугуна для поршневых колец компрессоров высокого давления

Компоненты	Массовая доля компонентов , %
Углерод общий	2,75-3,20
Углерод связанный	0,50-0,80
Кремний	1,30-1,80
Марганец	0,80-1,20
Сера	0,08
Фосфор	0,50-0,65

Таблица 3.26 - Содержание шихты специального чугуна для поршневых колец

Компоненты	Массовая доля компонентов , %
Чугун литейный Л1 или Л2, группа III , класс Д, категории 1 и 2 по ГОСТ 4832-95	45-50
Чугунный лом или возврат	20-30
Стальные отходы	25-30
Ферромарганец и феррофосфор для подшихтовки	5-8

Параметры шероховатости поверхностей кольца по ГОСТ 9515-81 не должны быть более,

мкм:

$\sqrt{Ra \le 0{,}63}$ ($\nabla 8$) - для торцовых поверхностей колец диаметром до 200 мм;

$\sqrt{Ra \le 1{,}00}$ ($\nabla 7$) - для торцовых поверхностей колец диаметром свыше 200 до 500 мм;

$\sqrt{Ra \le 1{,}25}$ ($\nabla 7$) - для торцовых поверхностей колец диаметром свыше 500 до 900 мм;

$\sqrt{Ra \le 2{,}50}$ ($\nabla 6$) - для торцовых поверхностей колец диаметром свыше 900 мм;

$\sqrt{Ra \le 2{,}50}$ ($\nabla 6$) - для наружной цилиндрической поверхности;

$\sqrt{Rz \le 40}$ ($\nabla 4$) - для остальных поверхностей.

Таблица 3.27-Механические свойства материала поршневых колец

Диаметр колец , мм	Материал	Предел прочности при растяжении, МПа, не менее	Твердость НВ
От 20 до 500	Серый и легированный чугун	196,0	192-300
Св. 500 до 1250		176,0	180-300
До 500	Высокопрочный чугун с шаровидным графитом	490	192-300

3.9.18. Наружные кромки кольца должны быть острыми. Допускается притупление острых кромок снятием фаски или радиусом закругления, равным высоте фаски, не более 0,3 мм для колец диаметром до 500 мм и не более 0,6 мм - диаметром свыше 500 мм.

Трещины, раковины, следы инородных включений, рыхлоты и черновины на кольцах не допускаются.

При контрольной проверке кольца должны подвергаться наружному осмотру, проверке размеров, упругости, твердости и структуры. Наружному осмотру, проверке размеров и упругости подвергаются не менее 10% колец от партии, но не менее 5 шт. Проверке на твердость и структуры должны подвергаться 2% готовых колец, но не менее 3 шт. от партии.

Проверка структуры материала колец, твердости, упругости и других показателей должна производиться по ГОСТу 9515-81 «Кольца поршневые металлические поршневых компрессоров. Технические условия» .

Упругость уплотнительных поршневых колец должна соответствовать табл. 3.28.

3.9.19. Каждая партия поршневых колец, изготовленных из маслот одной плавки, передается заказчику с соответствующим паспортом, в котором указывают:

- данные металлографического анализа (структура чугуна, величина и форма включений графита и фосфидной эвтектики);
- твердость чугуна (максимальное и минимальное значения твердости);
- химсостав чугуна;
- максимальное и минимальное значения упругости;
- отметка ОТК о соответствии колец чертежу.

3.9.20 Поршневые кольца до установки в канавки поршней следует установить в соответствующие цилиндры или калибровочное кольцо, расточенное в размер зеркала цилиндра, и проверить величины тепловых зазоров в замках, которые должны соответствовать табл. 3.30, а также прилегание колец к рабочим поверхностям цилиндров. Кольцо должно плотно прилегать не менее чем на 80% длины окружности. Между стенкой цилиндра и вставленным в него поршневым кольцом допускается радиальный зазор не более чем в двух местах на дуге 36° и не ближе 15° от замка, который не должен превышать величин, указанных в табл. 3.29.

Таблица 3.28 - Величина упругости поршневых колец

Диаметр кольца, мм	Радиальная толщина, мм	Высота кольца (по образующей), мм	Размер замка в свободном состоянии (справочный), мм	Упругость кольца, Н
60	2,4	2,5	8,0	9,2
70	2,5	2,5	10,0	8,4
80	3,0	2,5	10,5	10,8
90	3,2	3,0	12,0	11,4
100	3,5	3,0	14,0	11,9
110	4,0	3,0	14,0	13,2
120	4,3	3,5	16,0	16,4
130	4,5	3,5	17,0	16,9
140	5,0	3,5	17,0	17,2
150	5,0	4,0	20,0	20,6
160	5,5	4,0	21,0	22,5
170	6,0	4,0	20,0	23,1
180	6,5	5,0	20,0	31,0
200	7,0	5,0	23,0	37,2
220	7,5	6,0	27,0	42,6
240	8,0	6,0	29,0	41,9
260	8,5	7,0	32,0	50,5
280	9,0	8,0	32,0	56,7
300	9,0	8,0	39,0	49,0
320	9,5	8,0	41,0	56,7
340	10,0	8,0	43,0	55,1
360	10,5	8,0	45,0	58,0
400	11,5	9,0	51,0	62,7
450	13,0	9,0	46,0	60,6
500	14,0	9,0	65,0	84,0

Продолжение таблицы 3.28

Диаметр кольца, мм	Радиальная толщина, мм	Высота кольца (по образующей), мм	Размер замка в свободном состоянии (справочный), мм	Упругость кольца, Н
550	15,5	10,0	78,0	115,0
600	17,0	10,0	82,0	121,5
650	18,0	12,0	72,0	112,0
700	20,0	12,0	72,0	123,6
800	22,0	12,0	88,0	132,0
900	25,0	14,0	94,0	171,0
1000	28,0	15,0	100,0	198,0
1150	31,0	16,0	120,0	230,4
1250	34,0	22,0	127,0	337,0

Примечание. Отклонения от номинальной упругости колец допускаются в пределах ± 20%

Таблица 3.29-Допустимые зазоры между поршневым кольцом и цилиндром

Наружный диаметр кольца, мм	Допустимый радиальный зазор между кольцом и стенкой цилиндра, мм
До 160	0,03
Св. 160 до 400	0,05
Св. 400 до 620	0,07
Св. 620 до 700	0,08
Св. 700 до 900	0,09
Св. 900	0,10

Зазоры между поршневым кольцом и боковой стенкой канавки поршня указаны в табл.3.30.

Заедание колец в канавках, как правило, является следствием их покоробленности. Такие кольца проверяются по контрольной плите щупом. Коробление устраняют шабровкой. Правка колец не допускается.

Таблица 3.30-Зазоры у поршней и поршневых колец

Диаметр цилиндра, мм	Диаметральный зазор между зеркалом цилиндра и поршнем, мм			Осевой зазор между поршневым кольцом и канавкой под поршневое кольцо, мм		Зазор в замке поршневого кольца, мм	
	минимальный монтажный	предельный при эксплуатации		минимальный монтажный	предельный при эксплуатации	минимальный монтажный	предельный при эксплуатации
		для горизонтальных ступеней	для вертикальных ступеней				
50-100	0,10-0,15	0,75-0,80	-	0,03-0,07	0,12	0,2-0,3	1,6-2,0
100-150	0,15-0,25	0,80-1,20	0,7-1,0	0,03-0,07	0,12	0,3-0,4	2,0-2,8
150-300	0,25-0,45	1,2-2,0	1,0-1,4	0,03-0,08	0,12-0,15	0,4-0,9	2,8-4,3
300-400	0,45-0,60	2,0-2,6	1,4-1,6	0,04-0,09	0,18	0,9-1,3	4,3-5,8
400-550	0,60-0,85	2,6-3,6	1,6-2,0	0,04-0,10	0,20	1,3-1,6	5,8-7,0
550-700	0,85-1,00	3,6-3,8	2,0-2,2	0,05-0,12	0,25	1,6-1,9	7,0-8,0
700-850	1,00-1,30	3,8-4,3	2,2-2,6	0,05-0,16	0,30	1,9-2,5	8,0-9,0
850-1000	1,30-1,50	4,3-4,6	-	0,05-0,18	0,35	2,5-2,8	9,0-11,0

Примечание- 1. Бóльшие предельные зазоры относятся к бóльшим диаметрам.

2. Для поршней с баббитовой наплавкой величина выступающей части наплавки и монтажный зазор между поршнем и цилиндром на сторону, как правило, составляет 1 мм.

Между линейкой, приложенной к цилиндрической поверхности поршня вдоль его оси и поршневым кольцом, утопленным в канавку, должен быть зазор (величина утопания), приведённый в табл. 3.31.

Вновь установленные поршневые кольца должны пройти приработку на холостом ходу при обильной смазке цилиндра. Приработка поршневых колец при новой цилиндровой втулке происходит примерно в течение 8 часов, а при старой втулке может быть снижена до 2 часов.

Таблица 3.31-Величина утопания поршневых колец

Диаметр цилиндра, мм	Величина утопания поршневого кольца в канавке поршня, мм
От 100 до 150	0,45-0,60
Св. 150-»-200	0,60-0,85
» 200-»-300	0,85-1,20
» 300-»-400	1,20-1,50
» 400-»-600	1,50-1,80
» 600-»-900	1,80-2,20

3.9.21 Уплотнительные и направляющие (опорные) кольца поршней компрессоров без смазки цилиндров рекомендуется изготавливать из наполненного фторопласта марки Ф4К20 или других марок, по которым имеются объективные показатели по их износостойкости, подтверждённые специализированной в этом вопросе организацией, например ОАО «ВНИКТИнефтехимоборудование». Материалы должны быть сертифицированы.

Шероховатость всех поверхностей уплотнительных и направляющих колец должна быть $\sqrt{Ra2,5}$.

Величину теплового зазора замка определяют по формуле:

$$l_t = \pi Д \cdot \Delta t \cdot \alpha_1 \text{ , мм,} \qquad (1)$$

где Д - наружный диаметр кольца, мм.

$$\Delta t = \frac{t_{вс} + t_н}{2} - t_0$$

где $t_{вс}$ - температура всасывания, °С,

$t_н$ - температура нагнетания, °С,

t_0 - температура окружающей среды, принимается 20 °С,

$\alpha_1 = 6 \cdot 10^{-5}$ 1/град - коэффициент линейного расширения материала Ф4К20 в направлении, перпендикулярном прессованию.

Величину осевого (торцового) зазора «n» кольца в канавке определяют по формуле:

$$n = Ki + \delta + 0{,}01 \cdot в, \text{ мм}, \quad (2)$$

где Ki - величина ходового осевого зазора- принимают по табл. 3.30,

$\delta = в \cdot \Delta t \cdot \alpha_2$- величина теплового зазора,

где в - размер кольца по образующей, мм,

$\alpha_2 = 12 \cdot 10^{-5} \cdot 1/\text{град}$ - коэффициент линейного расширения материала Ф4К20 в направлении прессования (по образующей),

0,01 в - поправка на набухание материала Ф4К20 в среде углеводородных газов и аммиака.

Суммарный тепловой зазор по концам разрезного направляющего кольца определяют по формуле (1). Если вместо кольца установлен направляющий сегмент, то величину πД в этой формуле заменяют на длину сегмента по наружному диаметру.

Величину торцового зазора направляющего кольца в канавке определяют по формуле:

$m = \delta + 0{,}01в$, см. обозначения к формуле (2).

Полимерные поршневые кольца, как и металлические, заменяют при радиальном износе в любом сечении более 30% первоначальной толщины.

Величину износа направляющих колец поршня допускают такой, чтобы биение штока не превышало величин, указанных в п.3.9.2. Если направляющее кольцо состоит из трех сегментов, то при монтаже поршня допускается за счет увеличения толщины нижнего сегмента или подкладки под него поднять ось поршня выше оси цилиндра на величину допустимого биения штока, что дает возможность увеличить продолжительность работы нижнего сегмента более, чем в два раза.

При этом сегменты должны быть зафиксированы от перемещения по окружности и не выбегать за зеркало цилиндра.

Шабрение, притирка и доводка вручную деталей из наполненных фторопластов являются трудоемкими операциями, поэтому изготовление их следует начинать после проверки размеров сопрягаемых металлических деталей, применяя резцы с пластинами из твердого сплава.

Механические примеси в газе резко повышают износ поршневых колец из наполненных фторопластов, поэтому при ремонтах следует периодически очищать и промывать от механических примесей и продуктов коррозии сосуды, аппараты и трубопроводы компрессорной установки, а также газовые полости цилиндров.

3.9.22 Между несущей поверхностью скользящего поршня (на всей длине его хода) горизонтальных компрессоров и зеркалом цилиндра не должен проходить щуп толщиной 0,05 мм.

Прилегание наплавленной поверхности поршня к зеркалу цилиндра при проверке на краску должно быть не менее 60% всей рабочей поверхности при равномерном расположении пятен краски: на квадрате 25х25 мм должно быть 4-5 пятен.

Диаметральные зазоры между поршнем и цилиндром замеряют в обоих крайних и среднем положениях поршня, они не должны отличаться от проектной величины более чем на 25%.

При отсутствии проектных величин можно руководствоваться данными табл. 3.30. Для подвесных поршней, как правило, нижние зазоры предусматриваются больше верхних на 0,4-0,6 мм.

3.9.23 Замки соседних поршневых колец при установке поршня в цилиндр должны быть смещены относительно друг друга на 180°, а рабочие поверхности цилиндров, имеющих поршни с металлическими кольцами, смазаны компрессорным маслом.

3.9.24 Для предохранения от повреждений колец сальников и маслоснимателей при монтаже поршневой группы на конец штока необходимо устанавливать предохранительный конус.

Затяжка резьбового соединения штока с крейцкопфом должна быть напряженной. Крейцкопфную гайку штока следует застопорить.

3.9.25 При скользящей конструкции поршня горизонтальных ступеней компрессоров уровнем следует проверить горизонтальность штока до и после соединения с крейцкопфом . Если показания уровня изменились или появился односторонний зазор между нижним башмаком крейцкопфа и направляющей, необходимо выполнить корректировку положения крейцкопфа у компрессоров горизонтальных баз при помощи набора прокладок под башмаками, а у компрессоров оппозитных баз изменить положение штока в соединении его с крейцкопфом.

Контроль биения штока выполняют индикаторами в горизонтальной и вертикальной плоскостях при перемещении штока вместе с поршнями на величину хода. Для скользящих поршней в обеих плоскостях, а для подвесных - в горизонтальной плоскости, изменения показаний индикаторов не должны превышать при монтаже и эксплуатации величин, указанных в п. 3.9.2.

3.10 Сальниковые уплотнения

3.10.1. Сальниковые уплотнения оказывают существенное влияние на экономичность работы компрессора и загазованность атмосферы в компрессорном зале.

В компрессорах обычно применяют жесткие или эластичные сальниковые уплотнения штоков, схематично изображенные на рис. 3.33. Зазоры в этих уплотнениях устанавливают в соответствии с указаниями завода-изготовителя и обычно они находятся в пределах, указанных в табл.3.32.

Таблица 3.32-Зазоры в сальниковых уплотнениях

Уплотнения с жесткими элементами		Уплотнения с эластичными элементами	
Обозначение зазора	Величина зазора, мм	Обозначение зазора	Величина зазора, мм
а	0,05-0,10	а	0,80-1,00
б, г	1,50-2,50	б,е	1,50-2,50
в	0,20-0,30	в	0,50-0,80
		г	0,70-1,00
		д	1,50-3,00

На работу сальниковых уплотнений отрицательно влияют:

- неудовлетворительное качество контакта частей уплотнения между собой и со штоком, появление на рабочих поверхностях уплотняющих элементов задиров и рисок, а также отсутствие в результате износа зазоров в стыках разрезных колец;
- неравномерный износ штока по диаметру и длине, задиры и риски на его поверхности;
- неудовлетворительная по количеству и качеству смазка сальникового уплотнения;
- неправильный подбор материала сальниковых колец.

3.10.2 Сроки проверки сальниковых уплотнений устанавливает предприятие в зависимости от условий эксплуатации и марки машины, но не реже, чем при среднем ремонте.

При проверке сальниковых уплотнений производятся их разборка, промывка и осмотр рабочих поверхностей и поверхностей взаимного контакта элементов уплотнения, а при необходимости - шабровка и притирка поверхностей элементов сальника. Зазоры в стыках разрезных колец доводятся до проектной величины.

Уплотняющие элементы заменяют на новые при износе колец сальника более 30% от номинальной радиальной толщины.

Величина остаточной деформации пружин не должна превышать 10% ее номинальной длины.

3.10.3 Притирка стыковых плоскостей колец, торцовых поверхностей камер и нажимного фланца сальников и предсальников с жесткими уплотняющими элементами проверяется на карандаш.

Притертые поверхности должны быть матовыми, на них не допускаются риски в радильном направлении, забоины и другие дефекты. Следы карандаша должны стираться при проворачивании одной поверхности по другой. В случае неудовлетворительного прилегания необходимо продолжить притирку шлиф порошком с зернистостью номер 8 ГОСТ 3647-80, ГОСТ Р 52381-2005.

3.10.4 Прилегание колец к штоку при проверке на краску должно быть не менее 80% от общей площади их контакта при равномерной и мелкой разбивке пятен. Кольца для проверки собирают на штоке, прижимают браслетной пружиной и вместе с камерой перемещают вдоль оси штока. Доводка колец осуществляется шабровкой. Предварительное пришабривание может производиться по фальшивому штоку, а окончательное - по рабочему.

3.10.5 Зазоры в стыках металлических разрезных колец для компенсации износа штока должны быть в пределах (0,02-0,03)Д, где Д - диаметр штока.

Жесткие сальниковые кольца должны устанавливаться в каждую камеру с суммарным осевым зазором в пределах 0,05-0,10 мм (рис. 3.33). Зазор проверяют щупом по контрольной плите. При зазоре менее 0,05 мм торцовые поверхности колец притирают по плите с мелким наждачным порошком и маслом. При зазоре более 0,10 мм притирают торцовую поверхность камеры.

3.10.6 Конструкция сальниковых колец из наполненных фторопластов, работающих без смазки, показана на рис. 3.34.

Шероховатость поверхностей колец, прилегающих к штоку, не должна быть ниже $\sqrt{Ra2{,}5}$ ($\nabla 6$), а торцовых поверхностей прилегания сегмента к кольцу $\sqrt{Ra1{,}25}$ ($\nabla 7$).

Конструкция колец 3 и 4 (рис. 3.34) имеет следующие преимущества перед кольцами 1 и 2:

1) сегмент является неотъемлемой частью кольца. При отъемном сегменте их часто при ремонтах ставят с другого кольца, что требует притирки сегмента к сопрягаемой поверхности кольца;

2) сегмент имеет один разъем с кольцом, что вдвое улучшает его уплотняющую способность;

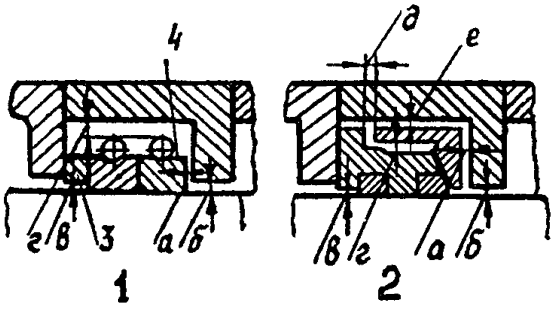


Рисунок 3.33 Сальниковые уплотнения штоков.
1- жесткое уплотнение; 2- эластичное уплотнение;
3- защитное кольцо; 4- сальниковые кольца;
а-е- обозначение зазоров.

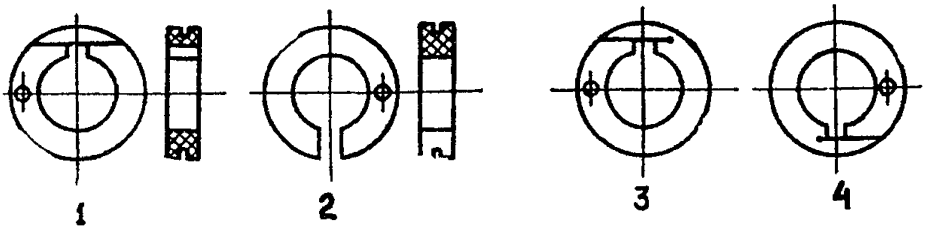


Рисунок 3.34 Кольца сальников из наполненных фторопластов.
1- уплотнительное кольцо с отъёмным сегментом ;
2- замыкающее кольцо; 3,4 – кольца с неотъёмным сегментом

3) не требуется дополнительных колец для изготовления сегментов;
4) оба кольца сальника имеют одинаковую конструкцию.

Из практики эксплуатации известно, что дальние от цилиндра уплотнительные кольца в камерах сальника изнашиваются в 3-4 раза больше, чем замыкающее кольцо. При износе дальнего кольца достаточно изменить расположение колец, и сальник снова будет работоспособным. В сальниках с конструкцией колец 1 и 2 этого делать нельзя.

Таким образом, кольца 3 и 4 имеют лучшую уплотняющую способность и более экономный расход материала, как при изготовлении, так и при эксплуатации.

При резе паза сегмента тонкой фрезой с медленной подачей или полотном без развода зубьев ножовки толщиной 0,5-0,7 мм плоскость реза не требует дополнительной притирки.

Величину суммарного осевого зазора колец в камере определяют по формуле:

$$a = K_2 + 0.01в + \delta, мм \qquad (3)$$

где К2- величина ходового осевого зазора, принимают 0,05-0,10 мм;

δ - см. формулу (2) в п. 3.9.21;

в - суммарная толщина колец по образующей.

Зазор в стыке для колец с внутренним диаметром от 40 - 60 мм включительно принимают в пределах 3-3,5 мм, а для колец диаметром свыше 60-100 мм включительно – 4 - 4,5 мм.

Ремонт сальниковых колец из наполненных фторопластов заключается в основном в доведении величины зазора в стыке до первоначального значения.

В сальниках с неметаллическими уплотнительными элементами металлические защитные кольца (см. рис. 3.33), предупреждающие экструзию неметаллических колец при больших перепадах давления газа, заменяют при зазоре между штоком и кольцом более 0,1 мм.

Диаметральный зазор между штоком и дроссельной втулкой из материала Ф4К20 определяют по формуле:

$$C = K_3 + 2h \cdot \Delta t \cdot \alpha_1 + 0{,}02h,$$

где Кз - величина ходового диаметрального зазора, принимают 0,05-0,06 мм;

h - радиальная толщина стенки втулки, мм;

Δt, α_1 см. формулу (1) в п. 3.9.21.

При зазоре меньше расчетного дроссельная втулка охватит с натягом шток, что может привести к его разогреву до цветов побежалости.

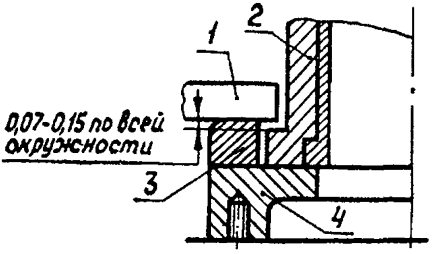


Рисунок 3.35 Замер зазоров по торцу дроссельной втулки сальника
1- линейка; 2- дроссельная втулка; 3- дистанционное кольцо;
4- первая камера.

3.10.7 Зазор между баббитовой поверхностью дроссельной втулки и штоком должен находиться в пределах, указанных в табл. 3. 33.

Зазор по торцу дроссельной втулки контролируется щупом (рис. 3. 35) или измерением высот бурта дроссельной втулки и дистанционного кольца и должен быть в пределах 0,07-0,15 мм.

Уплотняющие кольца должны иметь штифты, фиксирующие их положение относительно замыкающих колец и обеспечивающие несовпадение прорезей.

Цилиндрические торцовые пружины эластичных уплотняющих элементов в свободном состоянии должны быть одинаковой высоты и в сжатом состоянии должны полностью утопать в своих гнездах. Пружины должны иметь на концах поджатые витки, заправленные на плоскость. При сборке гнёзда пружин заполняют консистентной смазкой, предупреждающей выпадение пружин.

3.10.8. Особое внимание должно быть обращено на чистоту сборки сальникового уплотнения, так как попадание в него абразивных или металлических частиц может преждевременно вывести его из строя.

Перед сборкой все детали сальника промывают, протирают и смазывают маслом, которое применяется для смазки цилиндра.

Камеры и кольца должны заходить на место от небольшого усилия. Отверстия для подачи смазки и отсоса газа в камерах и крышке должны совпадать.

Последовательность установки камер в сальники и колец в камеры определяется заводским чертежом.

Сальник в сборе устанавливают в гнездо цилиндра или фонаря при вынутом штоке. При монтаже штока с поршнем на шток нужно надеть наконечник, чтобы не повредить уплотняющую поверхность сальниковых колец. Затягивание сальниковых уплотнений сальниковой крышкой (нажимным фланцем) во избежание перекоса производится равномерно.

Таблица 3.33-Диаметральные зазоры между штоком и металлической дроссельной втулкой

Диаметр штока, мм	Зазор между штоком и дроссельной втулкой, мм
30-60	0,03-0,05
80-120	0,05-0,06
130-180	0,06-0,08
200-220	0,08-0,10

После установки штока с поршнем необходимо проверить зазор между расточкой крышки сальника и поверхностью штока, который должен быть одинаковым по всей окружности.

3.10.9. После монтажа нового или переборки старого сальникового уплотнения оно должно пройти приработку сначала на холостом ходу, а затем - при постепенном повышении давления газа до рабочего давления в цилиндре, при наличии такой возможности.

Качество уплотнения и длительность работы сальника существенно зависят от длительности приработки, минимальные значения которой даны в табл. 3.34.

Приработка сальниковых уплотнений производится при их обильной смазке, но не более двойного количества, рекомендуемого заводом-изготовителем.

3.10.10 Изготовление новых деталей сальниковых уплотнений производится в соответствии с чертежами завода- изготовителя компрессора.

Таблица 3.34-Длительность приработки сальникового уплотнения штока

Интервалы давления, МПа	Длительность приработки на холостом ходу, ч	Длительность приработки при постепенном повышении давления до рабочего, ч
До 1,5	2	2
1,5-15	4	4
Более 15	8	8

3. 11 Клапаны

3.11.1 В поршневых компрессорах применяют в основном самодействующие прямоточные, кольцевые и дисковые клапаны и реже - пластинчатые.

3.11.2 Прямоточные клапаны по РД 26-12-27-88 применяют на воздушных и газовых компрессорах с частотой вращения вала до 25 $с^{-1}$ (1500 об/мин) при разности давлений на клапан до 4 МПа (40 $кгс/см^2$).

Технические данные прямоточных клапанов приведены в табл. 3.35.

Для примера условное обозначение прямоточного (П) индивидуального (И) клапана (К) с посадочным диаметром 220 мм, с высотой подъема пластин 2,6 мм при допускаемой разности давлений на клапан Ркл = 1,6 МПа, в исполнении с пилообразными пластинами А, для компрессоров без смазки (клапан повышенной герметичности) Г должно быть: клапан ПИК 220-2,6-1,6 АГ РД 26-12-27-88.

В последние годы клапаны самодействующие прямоточные, клапаны самодействующие кольцевые и дисковые выпускает АО «Венибе» (г. Укмярге, Литва) по стандартам предприятия ИСТ 8271432-4:1996, ИСТ8271432-5:1996.

Таблица 3.35-Технические данные прямоточных клапанов

Шифр	Допускаемая разность давлений на клапане, Р кл	
	МПа	кгс/см²
ПИК70-2,5	2,5	25
ПИК70-4,0	4,0	40
ПИК70-2,5Г	2,5	25
ПИК70-4,0Г	4,0	40
ПИК85-0,4	0,4	4
ПИК85-2,5	2,5	25
ПИК85-4,0	4,0	40
ПИК85-0,4Г	0,4	4
ПИК85-2,5Г	2,5	25
ПИК85-4,0Г	4,0	40
ПИК100-0,4Л	0,4	4
ПИК 100-4,0Л	4,0	40
ПИК110-0,4А	0,4	4
ПИК110-2,5А	2,5	25
ПИК110-4,0А	4,0	40
ПИК110-0,4АГ	0,4	4
ПИК110-2,5АГ	2,5	25
ПИК110-4,0АГ	4,0	40
ПИК110-0,4АЛ	0,4	4
ПИК110-2,5АЛ	2,5	25
ПИК110-4,0АЛ	4,0	40
ПИК125-0,4А	0,4	4
ПИК125-2,5А	2,5	25
ПИК125-4,0А	4,0	40
ПИК125-0,4АГ	0,4	4

Продолжение таблицы 3.35

Шифр	Допускаемая разность давлений на клапане, Р кл	
	МПа	кгс/см²
ПИК125-2,5АГ	2,5	25
ПИК125-4,0АГ	4,0	40
ПИК125-0,4АЛ	0,4	4
ПИК125-2,5АЛ	2,5	25
ПИК125-4,0АЛ	4,0	40
ПИК140-0,4А	0,4	4
ПИК140-2,5А	2,5	25
ПИК140-0,4АГ	0,4	4
ПИК140-2,5АГ	2,5	25
ПИК140-0,4АЛ	0,4	4
ПИК140-2,5АЛ	2,5	25
ПИК150-0,4А	0,4	4
ПИК150-2,5А	2,5	25
ПИК150-0,4АГ	0,4	4
ПИК150-2,5АГ	2,5	25
ПИК155-0,4А	0,4	4
ПИК155-2,5А	2,5	25
ПИК155-0,4АГ	0,4	4
ПИК155-2.5АГ	2,5	25
ПИК155-0,4АЛ	0,4	4
ПИК155-2,5АЛ	2,5	25
ПИК165-0,4А	0,4	4
ПИК165-2,5А	2,5	25
ПИК165-0,4АГ	0,4	4
ПИК165-2,5АГ	2,5	25

Продолжение таблицы 3.35

Шифр	Допускаемая разность давлений на клапане, Р кл	
	МПа	кгс/см²
ПИК180-0,4АІ	0,4	4
ПИК180-1,6АІ	1,6	16
ПИК180-0,4АГ	0,4	4
ПИК180-1,6АГ	0,6	16
ПИК180-0,4АЛ	0,4	4
ПИК180-1,6АЛ	1,6	16
ПИК200-0,4А	0,4	4
ПИК200-1,6А	1,6	16
ПИК200-0,4АГ	0,4	4
ПИК200-1,6АГ	1,6	16
ПИК220-0,4А	0,4	4
ПИК220-1,6А	1,6	16
ПИК220-0,4АГ	0,4	4
ПИК220-1,6АГ	1,6	16
ПИК220-2,5АС	2,5	25
ПИК220-4,0АС	4,0	40
ПИК220-0,4АЛ	0,4	4
ПИК220-1,6АЛ	1,6	16
ПИК220-1,6С	1,6	16
ПИК220-2,5С	2,5	25
ПИК250-0,4А	0,4	4
ПИК250-1,0А	1,0	10
ПИК250-0,4АГ	0,4	4
ПИК250-1,0АГ	1,0	10
ПИК250-1,6АС	1,6	16
ПИК250-2,5АС	2,5	25
ПИК250-1,6С	1,6	16

Продолжение таблицы 3.35

Шифр	Допускаемая разность давлений на клапане, Р кл	
	МПа	кгс/см²
ПИК250-2,5С	2,5	25
ПИК265-0,4А	0,4	4
ПИК265-1,0А	1,0	10
ПИК265-0,4АГ	0,4	4
ПИК265-1,0АГ	1,0	10
ПИК320-0,4А	0,4	4
ПИК320-0,6А	0,6	6
ПИК320-0,4АГ	0,4	4
ПИК320-0,6АГ	0,6	6

Плотность клапана рекомендуется проверять на специальном приспособлении, схема которого приведена на рис.3.36. В испытательный сосуд после установки в нем клапана следует подать сжатый воздух до достижения избыточного давления 0,6-0,8 МПа, затем отключить сосуд от сети регулировочным вентилем. При достижении избыточного давления в сосуде 0,4 МПа следует включить секундомер, а при давлении 0,2 МПа - выключить. Критерий плотности клапана t(сек.) следует определять по формуле:

$$t = t_1 \frac{V}{V_1}\sqrt{\frac{T_1}{T}}, \text{ сек,}$$

где

t_1 - время падения избыточного давления в сосуде от 0,4 до 0,2 МПа, сек;

$V = 0{,}064$ м³ - вместимость условного сосуда;

V_1 - действительная вместимость испытательного сосуда, м³;

$T = 293$К - нормальная температура сжатого воздуха;

T_1 - действительная температура сжатого воздуха, К.

Клапан следует считать годным, если его критерий плотности не ниже указанного в табл. 3.36. Поломка пластин прямоточных клапанов с выкрашиванием отдельных участков обычно видна без разборки клапана, при отгибе пластин до полного их открытия. Разборке подлежат клапаны

с выявленными поломками или трещинами в пластинах, а также те клапаны, критерий плотности которых ниже указанного в табл. 3.36.

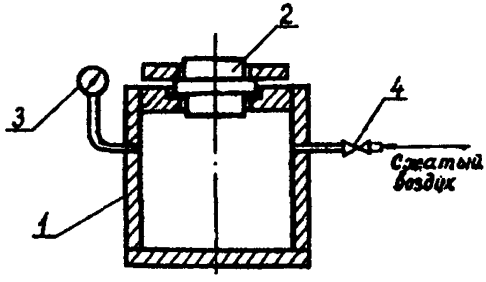


Рис.3.36 Приспособление для проверки плотности клапанов.
1- испытательный сосуд; 2-клапан ; 3- манометр;
4- регулировочный вентиль

Таблица 3.36 - Критерии плотности прямоточных клапанов

Посадочный диаметр клапана, мм	Минимальный критерий плотности клапана, t, с
До 100 вкл	55(110)
110	50(100)
125	40(80)
140	30(60)
150	25(50)
155	20(40)
165	18(36)
180	15(30)
200	12(24)
220	10(20)
250	8(16)
265	7(14)
320	5(10)

Примечание: В скобках указаны критерии плотности клапанов для компрессоров без смазки цилиндров и сальников и для компрессоров сжимающих легкие газы (гелий, водород, и т.п.).

3.11.3 Кольцевые и дисковые всасывающие (В) и нагнетательные (Н) клапаны по РД 26-12-27-88 имеют следующие типы:

КК - клапан кольцевой с концентрическими пружинами,

ДТ - клапан дисковый с точечными пружинами и неметаллическими пластинами,

КТ - клапан кольцевой с точечными пружинами,

КТ.М - клапан кольцевой с точечными пружинами и газовым демпфером.

Применение кольцевых и дисковых клапанов в зависимости от посадочного диаметра и разности давления на клапан показано в табл. 3.37. Для примера условное обозначение всасывающего клапана (В), кольцевого (К), с концентрическими пружинами (К) посадочным диаметром 50 мм, высотой подъема пластин 1,5 мм, для максимальной разности давлений 40 МПа (400 кгс/см^2) с приведенным усилием пружины 11000 Н/м^2 должно быть:

клапан ВКК 50-1,5-40-11000 РД 26-12-27-88.

Высота подъема пластин клапанов должна соответствовать указаниям завода изготовителя компрессора. В табл. 3.38 приведены величины подъема пластин клапанов некоторых отечественных компрессоров. Высоту подъема пластин клапана в зависимости от рабочего давления, частоты вращения вала компрессора и среднего диаметра внешней пластины клапана можно определить по номограмме рис. 3.37.

Допускаемые отклонения высоты подъема пластины при отсутствии специальных указаний должны находиться в пределах ±0,3 мм.

Пластины клапанов из стали марок 30Х13 или 09Х15Н8Ю по ГОСТ 5632-72 или 30ХГСА по ГОСТ 4543-71 должны быть подвергнуты термообработке в соответствии с табл. 3.39, 3.40 и 3.41 пакетами по 15-20 штук в оправках, препятствующих деформации пластин.

После термообработки пластины шлифуют за 2-3 прохода попеременно с каждой стороны, причем шлифовка должна производиться только концентрически.

Твердость пластин после термической обработки должна быть HRC 42-52 для стали 30Х13 и ЗОХГСА и HRC40-45 для стали 09Х15Н8Ю. Проверке на твердость подлежат 10% пластин от партии. При отклонении от требуемой твердости должна контролироваться твердость всех пластин данной партии.

Пластины, изготавливаемые из стали других марок, должны быть подвергнуты термической обработке по технологии предприятия-изготовителя в соответствии с требованиями рабочих чертежей. Рекомендуется также изготовление пластин из титана, обладающих хорошей работоспособностью.

Таблица 3.37 Применение кольцевых и дисковых клапанов в компрессорах

Тип клапана при допускаемой разности давлений на клапан ΔР, МПа										
Посадочный диаметр клапана, мм	0,4	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4	10,0	16,0	25,0	40,0
32										
36									КК	КК
40							КТ.. М	КТ.. М		
45			КТ						КТ.. М	КТ.. М
50			КТ..М							
55										
60										
70									КТ	
80							КТ	КТ	КТ.. М	
85							КТ.. М	КТ.. М		
90						КТ				
100			КТ			КТ.. М				
110			КТ..М		КТ					
125					КТ.. М					
140		КТ								
150		КТ.. М								
155				КТ						
160				КТ.. М	КТ	КТ				
180										

Продолжение таблица 3.37

Тип клапана при допускаемой разности давлений на клапан ΔР, МПа										
Посадочный диаметр клапана, мм	0,4	1,0	1,6	2,5	4,0	6,4	10,0	16,0	25,0	40,0
200					КТ..М	КТ..М				
220										
250		ДТ	ДТ	ДТ КТ..М	ДТ КТ..М					
280				ДТ						
320	ДТ	ДТ								
360										
400		-	-							

При изготовлении стальных пластин штамповкой из листа должен быть предусмотрен припуск на механическую обработку по наружному и внутреннему диаметру не менее толщины листа при его толщине до 2 мм и не менее 2 мм при толщине листа свыше 2 мм.

Эксцентричность уплотняющих поясков седел и направляющих выступов на ограничителях подъема (в розетках) относительно оси отверстия под шпильку не должна быть более 0,15 мм для клапанов с посадочным диаметром до 150 мм и не более 0,20 мм для клапанов с посадочным диаметром более 150 мм.

Эксцентричность наружной цилиндрической поверхности кольцевых пластин относительно внутренней цилиндрической поверхности не должна быть более 0,15 мм.

Все острые кромки на наружной и внутренней поверхностях пластин должны быть скруглены радиусом не менее 0,2 мм.

После механической обработки пластины должны быть размагничены. Величина шероховатости поверхности пластин после притирки не должна быть более $\sqrt{Ra1{,}25}$ ($\nabla 7$).

Стальные пластины после окончательной обработки должны быть проверены на контрольной плите под нагрузкой согласно табл. 3.42.

Между пластиной и плоскостью контрольной плиты допускается просвет: для пластин с наружным диаметром до 150 мм - не более 0,05 мм, а свыше 150 мм - не более 0,07 мм.

При проверке дисковых пластин груз должен быть расположен по всей поверхности пластины, при этом проверяется плоскость только наружной пластины.

Изготовление клапанных пружин, например, из стали марки 50ХФА ГОСТ 14959-79, производится в холодном состоянии с предварительным отжигом проволоки.

Навитые пружины из стали 50ХФА подвергают термической обработке по режиму, указанному в табл. 3.43.

Навивку пружин из углеродистых и низколегированных сталей, например, стали марок 65, 65Г ГОСТ 14959-79, производят в холодном состоянии, после чего пружины термически обрабатывают на твердость 40-45 HRC (закалка 830-840°С и отпуск 380-400°С).

Концы пружины, сжатой под рабочей нагрузкой, не должны выступать за пределы ее контура более чем на 0,5 мм.

Концы пружин должны быть поджаты и зашлифованы на длине 0,75 витка.

Пружины, имеющие трещины и отломанные концы, подлежат замене.

Герметичность кольцевых и дисковых клапанов определяется так же, как и прямоточных (см. п. 3.11.2). Клапан считается годным, если его критерий плотности не ниже указанного в табл.3.44.

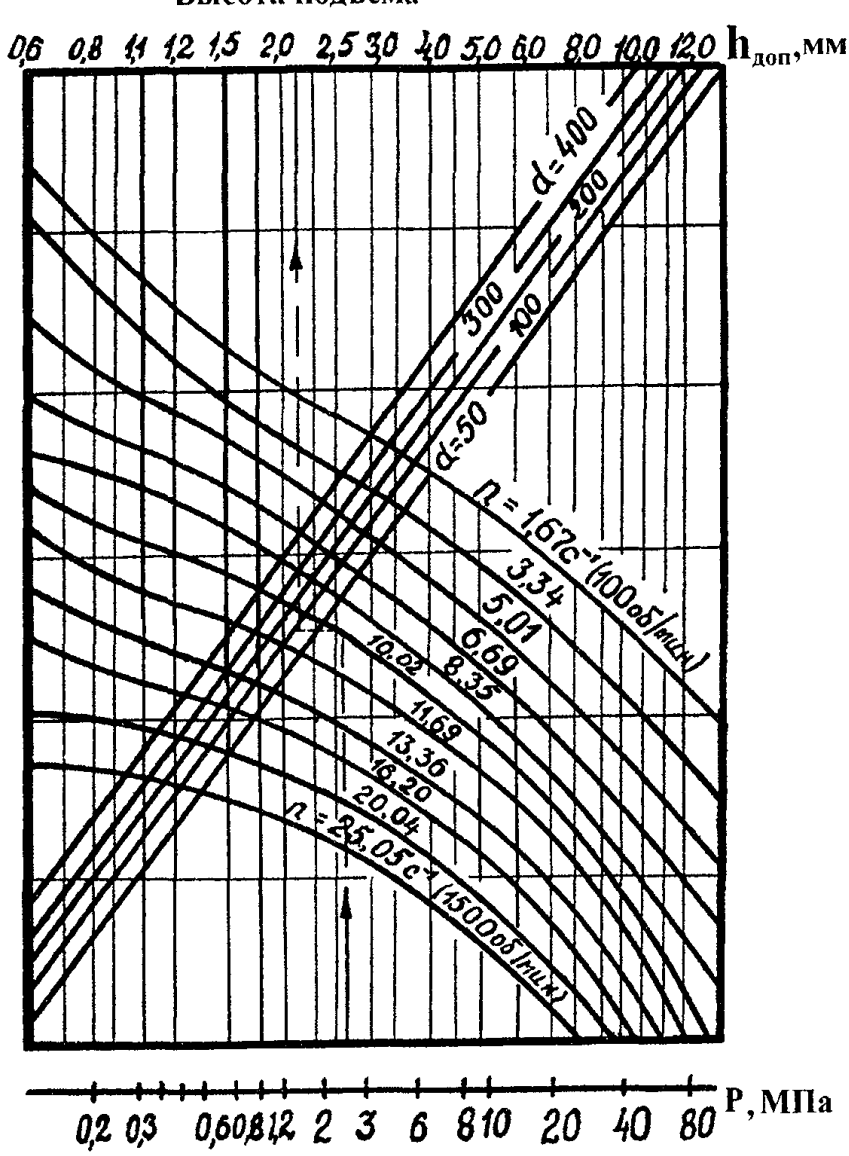


Рисунок 3.37 Номограмма для определения высоты подъема пластин кольцевых и дисковых клапанов.

d-средний диаметр внешней пластины клапана , мм;

n- частота вращения вала компрессора, $с^{-1}$.

Таблица 3.38-Высота подъема пластин кольцевых клапанов

Завод –изготовитель, марка компрессора	Высота подъема пластин, мм по ступеням сжатия			
	I	II	III	IV
I Завод «Борец», г. Москва 202ГПД-22; 202ВП-20/2 202ГП-20/2; 202ВП-12/3 202ГП-12/3; 205ГПД-28 205ГПД-22	2-2,8	-	-	-
202ВП-10/8; 202ГП-10/8	2-2,28	2,28	-	-
202ВП-6/18;202ГП-6/18	2-2,28	2,5-2,78	-	-
202ВП-6/35; 202ГП-6/35	2-2,28	2-2,28	2-2,28	-
202ГП-5/70	2-2,28	2-2,28	2-2,28	1,5-1,72
205ВП-60/2; 205ВП-40/3; 205ГП-40/3; 202ГПД-13	2,5-2,78	-	-	-
205ВП-30/8; 205ГП-30/8 205ВП-20/18; 205ГП-20/18	2,5-2,78	2-2,28	-	-
305ГП-20/18; 405ГП-20/18 205ГП-20/30;205ВП-20/35 205ГП-20/35	2,5-2,78	2-2,28	2-2,28	-
205ВП-16/70; 205ГП-16/70	2,5-2,78	2-2,28	2-2,28	2-2,28
205ГПВ	2,54-2,82	3-3,28	-	-
202ГПД7	1,5-1,72	-	-	-
II Пензенский компрессорный завод 5Г-600/42-60;5Г-300/42-60	2,7	-	-	-
III Мелитопольский компрессорный завод 160В-20/8 200В-10/8	 3 3	 3 2	 - -	 - -

Продолжение таблицы 3.38

Завод –изготовитель, марка компрессора	Высота подъема пластин, мм по ступеням сжатия			
	I	II	III	IV
IV Завод «Компрессор» г. Москва АГК-73; АДК-73/40; АДК-65/40 4АГ; 3АГ; 4АГТ; 3АГТ	 3,5 3	 3 -	 - -	 - -
V Казанский компрессорный завод 2РС-10/7	3	3	-	-
VI Краснодарский компрессорный завод ВП-50/8 ВП-20/8	 3,5 2,7	 3,5 2,2	 - -	 - -

Таблица 3.39-Термическая обработка пластин из стали 30Х13 ГОСТ 5632-72

Вид термической обработки	Режим		
	Температура нагрева, °С	Время выдержки, мин	Способ охлаждения
Закалка	1000-1020	25-50	Между плитами в масле
Отпуск	350-400	120-140	На воздухе

Примечание. 1. Время выдержки устанавливается в зависимости от размеров пластин.

2. Отпуск пластин производится пакетом в 15-20 пластин в приспособлении.

Таблица 3.40 - Термическая обработка пластин из стали 30 ХГСА ГОСТ 4543-71

Вид термической обработки	Режим		
	Температура нагрева, °С	Время выдержки, мин	Способ охлаждения
Закалка	870-890	35-40	Между плитами в масле
Отпуск	250-275	120-180	На воздухе

Таблица 3.41- Таблица обработки пластин из стали 09Х15Н8Ю ГОСТ 5632-72

Вид термической обработки	Режим		
	Температура нагрева, °С	Время выдержки, мин	Способ охлаждения
Закалка на аустенит	950-975	20-40	Между плитами на воздухе
Обработка холодом	(-40)-(-50)	120-180	Между плитами на воздухе
Старение	340-350	120-180	Между плитами на воздухе
Отпуск на снятие напряжений после шлифовки	350	120	Между плитами на воздухе

Таблица 3.42 - Нагрузки при проверке пластины клапанов

Клапан	Наружный диаметр пластин, мм	Нагрузка	
		Н	Кгс
Кольцевой	До 100	6	0,6
Кольцевой	Св. 100 до 180	8	0,8
Кольцевой	Св.180 до 250	10	1,0
Дисковый	До 280	15	1,5
Дисковый	Св. 280 до 320	20	2,0
Дисковый	Св. 320 до 450	30	3,0

Таблица 3.43-Термическая обработка пружин клапанов из стали 50ХФА ГОСТ 14959-79

Вид термической обработки	Режим		
	Температура нагрева, °С	Время выдержки, мин	Способ охлаждения
Отжиг	720-730	60-90	На воздухе
Закалка	850-860	15-20	В масле
Отпуск	400-420	25-30	В свинцовой ванне

Примечание. Если отпуск производится в электропечи, его продолжительность увеличивается на 50% .

3.11.4 Пластинчатые клапаны считаются годными к эксплуатации, если в течение 5 мин просачивание отдельных капель керосина, налитого на пластины на высоту 5-10 мм, не превышает:
- для однопластинчатых клапанов - 5 капель в мин;
- для двухпластинчатых клапанов- 12 капель в мин;
- для трехпластинчатых клапанов - 20 капель в мин;
- для четырехпластинчатых клапанов - 30 капель в мин.

3.11.5 Основными дефектами клапанов могут быть:
- износ рабочих поясков седла клапана (неравномерная выработка уплотняющих поясков, забоины и риски);
- износ пластин клапана или повреждение их поверхности;
- поломка пластины или ее деформация;
- загрязнение клапана;
- износ пружин клапана, который приводит к потере упругости, образованию трещин в витках;
- износ крепежных деталей клапана, уплотняющих прокладок, деталей механизма для отжима пластин клапана;
- выработка пружинами клапана гнезд в упоре (розетке) клапана.

3.11.6 Периодичность контроля технического состояния клапанов определяется в зависимости от степени загрязненности или агрессивности компримируемого газа, а также от условий эксплуатации, т. е. определяется на основании практических данных эксплуатации в конкретных условиях.

Примерные сроки контроля клапанов даны в табл. 3.45.

3.11.7 Клапан компрессора должен быть отремонтирован или заменен:
- при наличии трещин или поломок пластин и других деталей клапана;

- при обнаружении неплотности клапана, если величины протечки превышают нормы, указанные в пунктах 3.11.2, 3.11.3 и 3.11.4;
- при уменьшении площади проходного сечения в результате загрязнения более чем на 30% от номинальной;
- в случае заедания пластин при их перемещении;
- при увеличении высоты подъема пластин на величину, больше указанной в табл. 3.38;
- при износе витка пружин более 25% номинального диаметра проволоки, а также при остаточной деформации пружин более 0,1 от номинальной высоты;
- при нарушении шплинтовки крепления деталей клапана;
- при износе резьбы стяжного болта (шпильки) или гайки;
- при нарушении кернения, предназначенного для стопорения шпильки;
- при выработке направляющих пластин клапана, в результате чего пластина имеет большое радиальное смещение и не перекрывает проходное отверстие седла.

3.11.8 Очистку клапанов рекомендуется, производить 3% раствором сульфанола или кипячением в 20% растворе кальцинированной соды, после чего необходимы промывка и сушка клапана.

Отсутствие следов щелочи проверяется лакмусовой бумагой или 1 % спиртовым раствором фенолфталеина.

Таблица 3.44 - Критерии плотности кольцевых и дисковых клапанов

Посадочный диаметр клапана, мм	Минимальный критерий плотности клапана t, с
До 85 вкл	60
100	55
110	55
125	40
140	35
150	30
155	25
160	20
165	20
180	18
200	15
220	12

250	10
265	9
320 и более	7

Примечание. Герметичность клапанов для компрессоров, компримирующих газы с плотностью не более 0,5 кг/м^3(водород, гелий и т. п), должна не менее чем в два раза превышать значения, указанные в таблице 3.44.

Таблица 3.45 - Сроки контроля клапанов

Частота вращения вала компрессора, $с^{-1}$ (об /мин)	Контроль кольцевых и дисковых клапанов		Контроль без разборки прямоточных клапанов
	Контроль без разборки	Контроль с разборкой	
До 5 (до 300 об /мин)	при текущем ремонте	при среднем ремонте	при текущем ремонте
Свыше 5 (св. 300 об /мин)	при осмотре	при текущем ремонте	при текущем ремонте

3.11.9 Рабочие пояски седла клапана, имеющие риски, задиры или износ, можно проточить с последующей шлифовкой и притиркой по плите. Необходимо учитывать, что упоры клапанов и стягивающие их болты разрушаются, главным образом, в результате циклических прогибов седла клапана во время его работы. При неоднократной проточке седла оно становится недопустимо тонким и теряет необходимую жесткость. Прогиб седла вызывает в металле стяжного болта и розетке клапана значительные циклические напряжения, на которые эти детали не рассчитаны, поэтому уменьшение высоты седла клапана в результате проточек не должно превышать 20% его первоначального размера.

При механической обработке седел и розеток клапанов необходимо выдержать параллельность между опорной поверхностью розетки клапана и уплотняющей поверхностью его седла.

3.11.10 Гайку стяжного болта или шпильки у собранного клапана тщательно шплинтуют во избежание отвинчивания ее во время работы. Величину подъема и плавность движения пластин в направляющих упора (розетки) определяют нажатием на каждую пластину собранного клапана.

Она должна свободно садиться на упор клапана, а пружина ее полностью уходить в соответствующее гнездо.

При замене клапанов необходимо проверить правильность их установки на соответствующие им места. Особенно опасна установка клапана гайкой стяжной шпильки в сторону полости цилиндра. При этом поршень может упереться в гайку или шпильку, что приведет к разрушению клапана, попаданию его частей в мертвое пространство цилиндра и серьезной

аварии. Поэтому после замены клапанов необходимо до пуска компрессора провернуть его вал на полтора-два оборота и убедиться в правильности установки клапанов.

3.11.11 Изготовленные клапанные пластины и пружины должны проверяться на отсутствие трещин. Качество каждой партии пластин и пружин должно подтверждаться данными о материале и его твердости, а также данными о тарировании пружин.

3.12 Система смазки

3.12.1 Ревизия и ремонт маслосистемы должны производиться в следующие сроки:

- приемная сетка маслонасоса и лубрикатора и его резервуар должны очищаться при каждом текущем ремонте;
- чистку маслосборника, масляного фильтра-холодильника, рамы и продувку маслопроводов производят при каждой замене масла;
- ревизия маслонасоса, лубрикатора, проверка их работоспособности, ревизия обратных масляных и перепускных клапанов, чистка масляного холодильника и змеевиков маслосборника со стороны воды, а также гидроиспытание маслосистемы со стороны воды и со стороны масла производятся при среднем ремонте;
- при капитальном ремонте производится полная ревизия маслосистемы с промывкой маслопроводов растворителем.

3.12.2 Для смазки компрессора должны применяться масла в соответствии с указаниями завода-изготовителя компрессора.

Технические требования к маслам, применяемым для смазки поршневых компрессоров, приведены в таблице 3.46.

При отсутствии в таблице 3.46 марки масла, рекомендованного заводом-изготовителем компрессора, следует руководствоваться стандартом (техническими условиями) на это масло.

Способы смазки, предельные температуры масла в раме и давление в системе, расход масла, марки масел для смазки механизма движения, цилиндров и сальников, сроки замены масла определяются заводом изготовителем.

Сроки замены масла можно определять также на основе данных эксплуатации путем проведения химанализов масла, находящегося в работающей системе, которые необходимо делать после срока замены масла по рекомендации завода-изготовителя компрессора, а в последующем через каждую половину этого срока.

Масло считается непригодным для дальнейшего использования в циркуляционной системе смазки и подлежит замене, если его свойства не соответствуют хотя бы одному из значений предельно допустимых норм:

- изменение вязкости по сравнению с ГОСТом не более ±25%;

- механические примеси 0,02%;
- вода 0,1%;
- кислотность более 0,6 мг КОН на 1 г масла;
- зольность 0,06%;
- обнаружено присутствие водорастворимых кислот и щелочей.

Каждая партия компрессорного масла должна иметь заводской паспорт-сертификат с указанием физико - химических свойств масла. Перед применением масло каждой емкости должно быть проверено лабораторным анализом на соответствие его стандарту.

3.12.3 Детали маслонасосов не должны иметь забоин, заусенцев и других дефектов. Прилегание крышек к корпусу и торцам шестерен при вынутых прокладках проверяется на краску, после чего между крышками и корпусом снова устанавливают уплотняющие прокладки.

Для насосов производительностью 160-250 л/мин рекомендуются прокладки из ватманской бумаги, что обеспечивает зазор примерно 0,15 мм; для насосов производительностью 25-160 л/мин - прокладки толщиной 0,08-0,1 мм.

Радиальный зазор между вершиной зуба шестерен маслонасоса и поверхностью цилиндрической расточки корпуса должен быть в пределах 0,10-0,20 мм.

Диаметральный зазор в подшипниках скольжения маслонасоса принимают равным (0,001-0,002) Д, где Д - диаметр шейки валика.

При сборке масляного насоса проверяют по краске зацепление шестерен. Шестерни маслонасоса после сборки должны плавно и легко вращаться от руки.

При приводе агрегата циркуляционной смазки от индивидуального электродвигателя после окончания ревизии маслонасоса производят контрольную проверку несоосности и перекоса осей валов маслонасоса и электродвигателя. Допускаемая величина расцентровки не должна быть более 0,08 мм.

3.12.4. Избыточное давление за насосом должно быть не более 0,6 МПа(6кгс/см^2), а в распределительном коллекторе перед входом в раму - не менее 0,15 МПа(1,5кгс/см^2).

Технические характеристики насосов системы циркуляционной смазки оппозитных компрессоров с электродвигателем во взрывозащищенном исполнении показаны в табл. 3.47.

3.12.5. Фильтрующие сетки масляных фильтров ремонтируют или заменяют новыми. Перед установкой сетчатых пакетов следует убедиться, что в местах соединения колец, к которым припаяны сетки, не образовались просветы более 0,1 мм.

Полости маслосистемы, соприкасающиеся с маслом, промывают растворителем, затем горячей водой, просушивают и смазывают маслом.

3.12.6 Для установки агрегатов смазки применяют стальные плоские подкладки шириной 80 - 100 мм и длиной 120 - 150 мм. Количество подкладок в одном пакете не должно превышать пяти. Толщина нижней подкладки должна быть не менее 10 мм. Отклонение агрегатов смазки от горизонтальности не должно превышать 0,2 мм на 1 м длины в обоих направлениях. Подкладки в пакетах после выверки агрегатов соединяют электросваркой прихватками.

3.12.7 При замене стальных маслопроводов, после контрольной сборки по месту, их очищают от ржавчины и грязи, а затем травят, например, в 10% растворе серной или соляной кислоты в течение 24 час. Для предохранения поверхностей труб от разъедания кислотой в раствор рекомендуется добавить ингибиторную присадку «Антра» (сульфированное антраценовое масло) из расчета 2,5 - 3 кг на 1 $м^3$ раствора, а при ее отсутствии - поваренной соли из расчета 5 кг на 1 $м^3$ раствора. После травления трубопроводы нейтрализуют 15% раствором каустической соды в течение 10-15 минут, промывают теплой водой, просушивают горячим воздухом, смазывают и устанавливают на место.

Травление трубопроводов можно выполнять15-20% раствором ортофосфорной кислоты (H_3P0_4), подогретой до 50°С в течение 8-10 ч. После травления маслопроводы пассивируют 2% раствором H_3P0_4 в течение 1 -1,5 ч. Промытые маслопроводы высушивают горячим воздухом.

В таблице 3.48 показано необходимое количество кислоты для приготовления травильного и пассивирующего растворов.

Таблица 3.46-Технические требования к маслам, применяемым для смазки поршневых компрессоров

Наименование	Компрессорные масла						Машинные масла			
	ГОСТ 21743-76		ГОСТ 1861-73		ГОСТ 9243-75	ГОСТ 6480-78	ГОСТ 20799-88			
	МС-20 (ОКП 025311 0102)	МК-22 (ОКП 025312 0500)	Компр. К-12	Компр. К-19	Компр. КС-19	П-28	Индуст. И-12А (ОКП 02 5341010 3)	Индуст. И-30А (ОКП 02 5341010 5)	Индуст. И- 40А (ОКП 02 5341010 6)	Индуст. И-50А ОКП 02 5341010 7)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Вязкость кинематическая, $мм^2/с$ (сСт)										
при 40°С	-	-	-	-	-	-	13-17	41-51	61-75	90-110
при 50 °С	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
при 100°С	20,5	22,0	11-14	17-21	18-22	26-30	-	-	-	-
Коксуемость,% не более	0,29	0,70	0,3	0,5	0,50	1,0	-	-	-	-
Кислотное число,мг КОН на 1г масла, не более	0,03	0,1	0,15	0,04	0,02	0,08	0,02	0,05	0,05	0,05

Продолжение таблицы 3.46

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Массовая доля водорастворимых кислот и щелочей	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутс-твие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие
Зольность, % не более	0,003	0,004	0,015	0,010	0,005	-	0,005	0,005	0,005	0,005
Объемная доля воды , не более	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутствие	Отсутс-твие	Следы	Следы	Следы	Следы
Температура вспышки, опред. в открытом тигле, °С, не ниже	265	250	216	245	260	285	170	210	220	225
Температура застыв,°С не выше	-18	-14	-25	-5	-15	-10	-15	-15	-15	-20
Коррозионность на пластинках из свинца С1 или С2 по ГОСТ 3778-98, г/м2, не более	18	2,0	-	-	10	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 3.46

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Испытание на коррозию	-	-	Выдерживает	Выдерживает	-	-	-	-	-	-
Термоокислительная стабильность по методу Папок при 250 °С, мин, не менее	18	Не нормируется	-	-	-	-	-	-	-	-
Стабильность: осадок после окисления, % не более	-	-	0,25	0,015	Отсут.	-	-	-	-	-
Кислотное число после окисления, мг КОН на 1 г	-	-	-	-	0,50	-	-	-	-	-
Содержание фенола	-	-	-	-	Отсут.	-	-	-	-	-
Массовая доля механических примесей, %	Отсут	Отсут	0,007	0,007	Отсут.	Отсут.	Отсут.	Отсут.	Отсут.	Отсут.
Плотность при 20 °С , г/см^3 не более	0,897	0,905	-	-	0,905	0,905	0,880	0,890	0,900	0,910

Продолжение таблицы 3.46

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Содержание серы, % не более	-	-	0,3	0,3	1,0	-	1,0	1,0	1,1	1,1
Индекс вязкости, не менее	80	75	-	-	92	75	-	85	85	85
Цвет на калориметре ЦНТ, ед. ЦНТ, не более	7	7	-	-	7,0	8	-	-	-	-
Стабильность против окисления: приращение кислотного числа окисления масла, мг на 1 г масла, не более	-	-	-	-	-	-	0,2	0,4	0,4	0,4
приращение смол, не более	-	-	-	-	-	-	1,5	3,0	3,0	3,0

Продолжение таблицы 3.46

Наименование	Машинные масла		Масла для холодильных машин
	ГОСТ 6411-76		ГОСТ 5546-86
	Цилиндровое 38 (ОКП 02 5352-0300)	Цилиндровое 52 (ОКП 02 5352-0400)	ХА-30 (ОКП 02 5373-0201)
1	13	14	15
Вязкость кинематическая, $мм^2/с$ (сСт) При 50°С При 100°С	- 32-50	- 50-70	28-32 -
Коксуемость, % не более	2,5	2,5	-
Кислотное число, мг КОН на 1г масла, не более	0,4	0,2	0,05
Массовая доля водорастворимых кислот и щелочей	-	-	Отсутствие
Зольность ,% не более	0,015	0,010	0,004
Объемная доля воды, не более	0,05	0,05	Отсутствие
Температура вспышки, опред. в открытом тигле,°С, не ниже	300	310	185
Температура застывания, °С, не выше	17	-5	-38
Коррозионность на пластинках из свинца С1 или С2 по ГОСТ 3778-77, $г/м^2$, не более	-	-	-
Испытание на коррозию	Выдерживает	Выдерживает	Выдерживает
Термоокислительная стабильность по методу Папок при 250 °С, мин,	-	-	-

Продолжение таблицы 3.46

1	13	14	15
Стабильность: осадок после окисления,% не более	-	-	0,02
Кислотное число после окисления, мг КОН на 1 г масла, не более	-	-	0,5
Содержание фенола	-	-	Отсутствие
Массовая доля механических примесей, %	Отсутствие	0,007	Отсутствие
Плотность при 20 °С г/см^3, не более	0,930	0,930	-
Содержание серы, % не более	-	-	-
Индекс вязкости, не менее	60	80	-
Цвет на калориметре ЦНТ,ед. ЦНТ, не более	-	-	4,5

Таблица3.47 - Технические характеристики масляных насосов

Шифр баз	Насос			Электродвигатель			
	Условное обозначение	Объемная подача		Условное обозначение	Мощность, кВт	Частота вращения	
		$дм^3/с$	л/мин			$с^{-1}$	об/мин
2М10	Г11-24А	0,83	50	ВА032-4	3	24,2	1450
4М10	Г11-24	1,16	70	ВА032-4	3	24,2	1450
6М10	Г11-25	2,22	133	ВА041-4	4	24,2	1450
4М16	Г11-25	2,22	133	ВА041-4	4	24,2	1450
2М16	Г11-24	1,16	70	ВА032-4	3	24,2	1450
6М16	ШГ20/25А	3,88	233	ВА052-4	10	24,2	1460
4М25	ШГ20/25А	3,88	233	ВА052-4	10	24,2	1460
4М40	ШГ20/25А	3,88	233	ВА052-4	10	24,2	1460
8М16	ШФ80/16А	4,58	275	ВА052-4	10	23,8	1430
6М25	ШФ80/16А	4,58	275	ВА052-4	10	23,8	1430
8М25	3В16/25	6,12	367	ВА052-2	13	48,4	2900
6М40	3В16/25	6,12	367	ВА052-2	13	48,4	2900
8М40	3В40/25	8,88	533	ВА071-4	22	24,5	1470

Таблица 3.48 - Расход ортофосфорной кислоты при приготовлении растворов

Применение H_3PO_4		Количество кислоты на 1000 л воды при заданной концентрации раствора и его плотности, г/см^3					
Концентрация, %	Плотность, г/см^3	2% 1.008		15% 1.082		20% 1.113	
		кг	л	кг	л	кг	л
30	1,181	67	57	540	457	742	630
70	1,526	29	19	232	152	318	208
80	1,633	25	15	203	124	278	170
100	1,88	20	11	162	86	222	118

Сливные маслопроводы прокладывают с уклоном в сторону маслосборника не менее 35 мм на 1 м. Отводы от маслопроводов рекомендуется применять с радиусом не менее двух диаметров трубы.

3.12.8 Фланцевые соединения маслопроводов уплотняют прокладками из паронита ГОСТ 481-80 или картона прокладочного ГОСТ 9347-74. Для уплотнения резьбовых соединений применяют нитролак, шеллак или свинцовый глет марки Г-1 или Г-2 ГОСТ 5539-73. Можно применять и другие современные герметики стойкие к воздействию рабочей среды. Допускается применение свинцового сурика или свинцовых белил, разведенных на натуральной олифе, льняной пряди или пакли, пропитанной свинцовым суриком или цинковыми белилами, разведенными на натуральной олифе, намотанной тонким ровным слоем по ходу резьбы.

3.12.9 Гидроиспытание маслохолодильника со стороны воды производят давлением 0,5 МПа, а циркуляционной системы смазки - рабочим маслом от шестеренчатого маслонасоса давлением 0,6 МПа не менее 10 мин, с одновременной проверкой его работоспособности по манометру и регулировкой перепускного клапана. Дефектные трубки холодильника заменяют на новые или глушат, причем заглушённых трубок не должна быть более 10% от их общего количества.

Линии маслопроводов системы смазки цилиндров и сальников испытывают каждую в отдельности на специальном стенде или на месте. При испытании на месте линию отсоединяют от цилиндра или сальника и в конечной точке присоединяют манометр с запорным устройством.

Таблица 3.49-Технические характеристики лубрикаторов

Тип лубрикатора	Н2-4Р/50 -КХП	Н3-6Р/75 -КХП	Н4-8Р-КХП	Н2-4Р/50 -РП	Н3-6Р/75 -РП	Н4-8Р/100-РП
Тип привода	Храповой	Храповой	Храповой	Редукторный	Редукторный	Редукторный
Частота вращения приводного вала, об/мин	30-50	30-50	30-50			
Частота вращения редукторного вала, об/мин				750	750	750
Преодолеваемое противодавление, МПа.	5,0	7,5	10,0	5,0	7,5	10,0
Гарантированная производительность насосного элемента за один ход плунжера (при максимальном противодавлении), $см^3$, не менее	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12

Каждую линию испытывают на давление, превышающее рабочее в полтора раза. Утечки из маслопровода при испытании, не допускаются.

Обратные клапаны системы смазки цилиндров и сальников проверяют на плотность гидравлически рабочим давлением в направлении, противоположном движению масла.

3.12.10 Технические характеристики лубрикаторов компрессоров показаны в табл.3.49. Технические характеристики смазочных станций даны в ГОСТ 3564-84 .

При проверке работоспособности лубрикаторов на стенде вязкость масла должна быть в пределах 100-350 сСт.

Разборку лубрикатора без особой необходимости производить не следует. Переставлять плунжеры и золотники не рекомендуется, так как они пригнаны по месту.

Перед пуском компрессора трубки от лубрикатора к местам смазки должны быть заполнены маслом.

Если в лубрикаторе имеются неиспользуемые отводы, то регулирующими винтами необходимо выключить подачу масла через них. Не допускается установка заглушек на неиспользуемые отводы, так как это приведет к аварии лубрикатора. При подключении электродвигателя следует учитывать, что неправильное направление его вращения приведет к поломке привода лубрикатора.

3.12.11 В первое время после ремонта компрессора с заменой гильзы цилиндра, поршня, поршневых колец, штока или сальниковой набивки следует увеличить подачу масла на 40-50% по сравнению с рекомендуемой. После приработки компрессора, примерно через 300-500 часов, подачу масла следует привести в соответствие с нормой.

3.13 Система охлаждения.

3.13.1 Сроки очистки межступенчатых холодильников устанавливаются на предприятии в зависимости от условий эксплуатации, но не реже, чем в средний ремонт. После очистки холодильники должны быть проверены на герметичность.

Холодильники должны быть своевременно освидетельствованы в соответствии с требованиями «Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением» ПБ 03-576-03, а для холодильников, на которые эти Правила не распространяются, в соответствии с требованиями «Инструкции по техническому надзору и эксплуатации сосудов , работающих под давлением, на которые не распространяются Правила Ростехнадзора» ИТНЭ-93, « Трубчатые печи, резервуары, сосуды, и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковки» СТО-СА-03-004-2009 и «Руководящих Указаний по эксплуатации и ремонту сосудов и аппаратов, работающих под давлением ниже 0,07МПа (0,7кгс/см^2) и вакуумом (РУА-93)».

3.13.2 Горизонтальные холодильники не должны иметь отклонений от горизонтальности более 0,5 мм на 1 м длины, а вертикальные - отклонение от вертикальности более 3 мм на 1 м высоты.

Водосливные трубы должны иметь уклон в сторону слива не менее 1:100.

Давление воды во всех охлаждаемых точках при замкнутой системе охлаждения не должно быть выше 0,4 МПа (4 кгс/см^2).

3.13.3 Для уплотнения фланцевых соединений трубопроводов системы охлаждения применяют прокладки из паронита.

В резьбовых соединениях применяют уплотнения, указанные в п. 3.12.8.

3.13.4 Температуру воды на выходе из холодильников, при отсутствии устройств, предотвращающих образование накипи, желательно поддерживать не выше 40°С.

Заглушённых трубок холодильника не должно быть более 15% от их общего количества. При понижении эффективности работы холодильника из-за отложений грязи в трубах следует продуть его со стороны воды сжатым воздухом или инертным газом давлением 0,2 - 0,3 МПа (2-3 кгс/см^2).

3.14 Предохранительные устройства

Предохранительные клапаны подвергаются ревизии и ремонту в соответствии с нормативным документом «Инструкция. ИПКМ-2005 «Порядок эксплуатации, ревизии и ремонта пружинных предохранительных клапанов, мембранных предохранительных устройств нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий Минпромэнерго России».

Системы блокировки, сигнализации и автоматики должны проверяться, ремонтироваться, регулироваться и опробываться в соответствии с указаниями завода-изготовителя и «Положением о ППР систем КИПиА» с оформлением соответствующей документации.

3.15 Сосуды, аппараты, трубопроводы компрессорного отделения (цеха, установки)

3.15.1 Сосуды, аппараты и трубопроводы, входящие в компрессорную установку, подвергаются освидетельствованию, диагностированию, экспертизе и ремонту в соответствии с требованиями следующих нормативных документов:

- Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. ПБ 09-540-03;
- Правила устройств и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением. ПБ 03-576-03;
- Инструкции по техническому надзору и эксплуатации сосудов , работающих под давлением, на которые не распространяются Правила Ростехнадзора». ИТНЭ-93;
- Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов. ПБ 03-585-03;

- Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств. ПБ 09-563-03;
- Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах. ПБ 03-582-03;
- Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов, ПБ 03- 581-03;
- Правила безопасности аммиачных холодильных установок ПБ 09-595-03;
- Правила устройства и безопасной эксплуатации холодильных систем. ПБ 09-592-03;
- Правила проведения экспертизы промышленной безопасности ПБ 03-246-98;
- Руководящие указания по эксплуатации и ремонту сосудов и аппаратов, работающих под давлением ниже 0,07МПа (0,7кгс/см) и вакуумом. РУА-93;
- «Трубчатые печи, резервуары, сосуды, и аппараты нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств. Требования к техническому надзору, ревизии и отбраковки». СТО-СА-03-004-2009;
- Сосуды и аппараты. Общие технические условия на ремонт. ОТУ3-01;
- Технологические трубопроводы нефтеперерабатывающей, нефтехимии ческой и химической промышленности. Требования к устройству и эксплуатации. СА 03- 005-07.

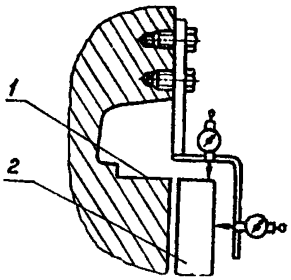


Рисунок 3.38 Приспособление для центровки валов электродвигателя и компрессора.
1- полумуфта-маховик компрессора;
2- полумуфта вала электродвигателя

3.16 Привод компрессора

3.16.1 Установка электродвигателя должна выполняться по документации предприятия изготовителя и производится после окончательной укладки коленчатого вала.

Для правильной работы компрессора, имеющего муфтовое соединение с электродвигателем, необходима точная центровка осей валов компрессора и электродвигателя. После предварительной центровки заливают колодцы фундаментных болтов электродвигателя, а затем производят окончательную центровку валов с помощью лазерного измерительного прибора, например прибора системы Easy-Laser. При отсутствии такого прибора центровка производится с помощью приспособления, показанного на рис. 3.38.

Также необходимо обратить внимание на совмещение рисок на фланцах (полумуфтах), проверку раскепа после окончательной затяжке фланцев, штифтовку лап электродвигателя, заземление электрооборудования и компрессора.

Центровка компрессорного агрегата по полумуфтам считается правильной, если разность диаметрально противоположных измерений перекоса и параллельного смещения осей не превышает величин, приведенных в табл. 3.50.

Таблица 3.50-Допускаемые отклонения центровки по полумуфтам

Частота вращения вала ротора, об/мин	Допускаемые отклонения центровки по полумуфтам (при диаметре муфты 500 мм), мм	
	Муфта жесткая	Муфта упругая пальцевая
До 750	0,08	0,10
До 1500	0,06	0,08
До 3000	0,04	0,06
Свыше 3000	0,02	0,04

Окончательные измерения по выверке привода следует выполнять при полностью затянутых гайках фундаментных болтов.

Оценка качества центровки может быть выполнена путем проведения измерения вибрации на подшипниках электродвигателя (привода) и подшипнике компрессора со стороны электродвигателя.

Нормативные значения параметров вибрации установлены ГОСТ Р 53565-2009.

3.16.2 При монтаже синхронных электродвигателей в первую очередь устанавливают на подкладки предварительно выверенные фундаментные плиты статора и закрепляют фундаментными болтами. В процессе предварительной выверки плит необходимо обеспечить:

1) расположение фундаментных плит в плане и по высоте согласно чертежу;

2) горизонтальность;

3) равномерное опирание на все пакеты прокладок.

Высоту установки (размер А) и расположение плит проверяют при помощи контрольной линейки, отвесов, уровня. (рис. 3.39).

Размеры Б должны быть равны, допускается отклонение не более 2 мм.

Горизонтальность каждой плиты проверяется уровнем 200-0,1 в двух взаимно перпендикулярных направлениях; не допускаются отклонения более 0,3 мм на 1 м.

3.16.3 Монтаж электродвигателя с разъемным статором производят в следующем порядке:

1) коленчатый вал снимают с компрессора и укладывают на деревянные подкладки;

2) нижнюю часть статора устанавливают на фундаментные плиты и крепят к ним болтами, под его середину устанавливают домкрат или подводят временную опору из шпал, внутреннюю поверхность покрывают листами картона (рис.3.40, а);

3) половину ротора опускают на внутреннюю поверхность статора, затем укладывают в подшипники коленчатый вал, между валом и половиной ротора должен быть зазор равный 10мм (рис.3.40б);

4) устанавливают вторую половину ротора на валу и соединяют обе половины в соответствии с чертежом, забивают тангенциальные шпонки и соединяют их электросваркой прихватками (рис. 3.40в);

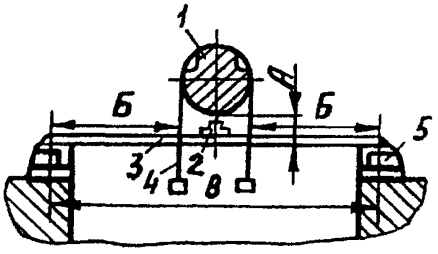


Рисунок 3.39 Выверка плит статора на фундаменте.
1-коленчатый вал; 2-уровень; 3- контрольная линейка;
4-отвес; 5- плита статора; А,Б,В- контрольные замеры

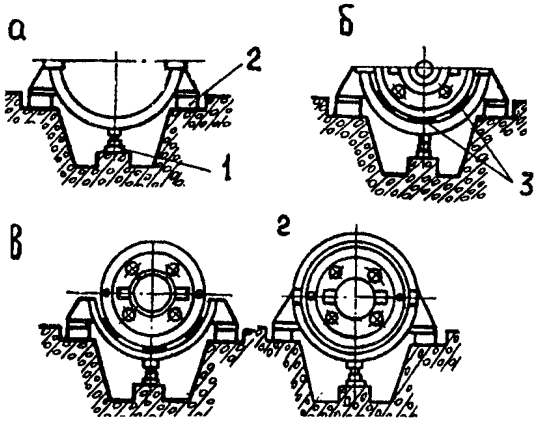


Рисунок 3.40 Последовательность монтажа электродвигателя с разъемным статором.
1-домкрат; 2- фундаментная плита;
3- картонные прокладки

5) между лапами статора и фундаментными плитами устанавливают наборы прокладок по форме опорной поверхности лап общей толщиной 4-6 мм, затягивают болты крепления статора к фундаментным плитам, предварительно проверив зазор между ротором и нижней половиной статора;

6) устанавливают и закрепляют верхнюю половину статора; окончательно выверяют зазор между железом ротора и статора, регулируя подкладками под фундаментными плитами (рис.3.40 г). Железо статора в осевом направлении должно совпадать с железом ротора.

Положение окончательно выверенного статора на фундаментных плитах фиксируется засверловкой и установкой контрольных шпилек.

3.16.4 Монтаж электродвигателя с неразъемным статором после установки фундаментных плит производят в следующем порядке (рис. 3.41):

1) коленчатый вал снимают с компрессора и укладывают на деревянные подкладки;

2) статор устанавливают на фундаментные плиты и для обеспечения последующей сборки ротора сдвигают вдоль оси;

3) одну половину ротора устанавливают на опоры из деревянных шпал, после чего в подшипники укладывают коленчатый вал, между валом и половиной ротора должен быть зазор 10 мм;

4) вторую половину ротора крепят на место так, как изложено в пп. 4 и 5 предыдущего параграфа;

5) статор сдвигают вдоль оси на место, крепят к фундаментным плитам и окончательно выверяют зазор междужелезного пространства в соответствии с п. 6 предыдущего параграфа.

3. 16. 5 Прилегание рабочих граней тангенциальных шпонок друг к другу, к торцам в пазах вала и к ступице ротора электродвигателя или маховика должно быть равномерным и составлять не менее пяти пятен касания на квадрате 25х25 мм.

Между стенками шпоночного паза вала электродвигателя и парой тангенциальных шпонок со стороны нерабочих граней допускается суммарный зазор, замеряемый щупом с торцов ступицы ротора: минимальный - 0,05 мм, максимальный - не более приведенных в таблице 3.51.

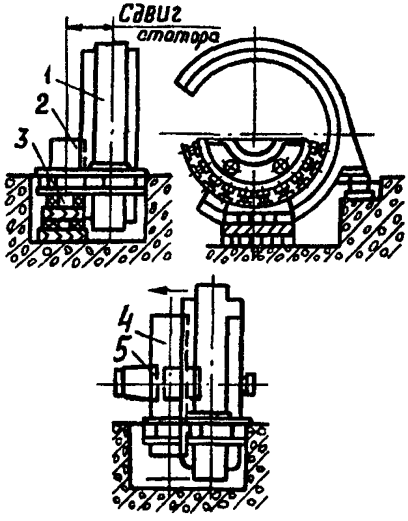


Рисунок 3.41 Последовательность монтажа электродвигателя с неразъемным статором.
1-статор; 2- половина ротора; 3- шпальная выкладка; 4- половина ротора; 5- вал компрессора.

Таблица 3.51-Допускаемые зазоры в шпоночных соединениях

Размеры пары шпонок в сечении, мм	Максимальный зазор, мм
18×66 20×72 22×82 26×98	0,5
30×110 34×126 38×142	0,6
42×156 46×172 50×188 54×200 68×216	0,8

Примечание. Размеры шпонок справочные.

3.16.6 Зазоры между ротором и статором электродвигателя не должны отличаться более чем на 10% от величины зазора, указанного в чертеже завода-изготовителя, а при отсутствии таких указаний - от средней арифметической величины зазора, подсчитанной по всем замерам. При несоблюдении этих зазоров коленчатый вал будет подвергаться дополнительному изгибу под действием одностороннего магнитного притяжения, что может привести к поломке вала.

В процессе работы компрессора баббит коренных подшипников уплотняется и срабатывается, что вызывает опускание ротора и уменьшение нижнего зазора между ним и статором.

В связи с этим в пределах допускаемых отклонений (10%) нижний зазор следует устанавливать больше верхнего и периодически его контролировать.

После насадки ротора должно быть проверено расхождение щек на всех коленах вала.

3.16.7 Валоповоротный механизм устанавливают на подкладки и выверяют по зубчатому зацеплению щупом.

Подливка основания электродвигателя производится после его окончательной выверки.

3.16.8 Торцовое биение соединительных фланцев вала оппозитных компрессоров и электродвигателя не должно быть более 0,01 мм на длине 100 мм.

3.17 Обкатка компрессора и приемка его в эксплуатацию после среднего и капитального ремонта

3.17.1 Компрессору после капитального ремонта производят обкатку без клапанов, а затем под нагрузкой.

Обкатка компрессора должна производиться в следующих режимах:

1) без клапанов;

2) работа компрессора с клапанами для продувки сосудов, аппаратов, трубопроводов воздушной или газовой системы компрессора;

3) работа компрессора под нагрузкой.

Во время испытаний и приработки трущихся деталей компрессоров обеспечивается максимальная подача смазки, но не более двойного количества, рекомендуемого заводом-изготовителем.

3.17.2 При обкатке компрессора без клапанов необходимо достигнуть следующих результатов:

1) спокойной работы агрегата без резких стуков, ударов, чрезмерного шума и без повышенной вибрации;

2) нормальной работы подшипников, температура которых независимо от продолжительности работы не должна превышать 65°С;

3) устойчивого нормального давления масла в циркуляционной системе смазки, отрегулированной работы перепускного клапана маслосистемы;

4) бесперебойного поступления масла во все места смазки цилиндров и сальников и отсутствия его утечки;

5) бесперебойной работы системы водяного охлаждения;

6) нормальной приработки трущихся частей;

7) нормальной работы сальников штока; при повышении температуры компрессор остановить, охладить сальник, выяснить и устранить причину, и далее продолжить обкатку.

3.17.3 При обкатке без клапанов компрессора необходимо придерживаться следующей последовательности:

1) провернуть вал вручную не менее чем на один оборот;

2) включить электродвигатель и, доведя его вращение до полных оборотов, выключить;

3) запустить компрессор на 5 минут, затем на 15, 30 мин и на 1 час.

После этого прямоугольные, вертикальные, V и W-образные компрессоры запускают на 3 и 6 часов, а горизонтальные компрессоры - на 3, 6, 12 и 24 часа.

Постепенное увеличение продолжительности обкатки допускается после тщательного осмотра и проверки подшипников и других узлов, проверки затяжки резьбовых соединений и устранения во время остановок замеченных неполадок. После устранения неполадок этап должен быть повторен.

При удовлетворительных результатах обкатки компрессоров без клапанов приступают к обкатке под нагрузкой.

3.17.4 До начала обкатки под нагрузкой внутренние полости аппаратов и трубопроводов, по которым газ поступает в цилиндры и из цилиндров, должны быть продуты инертным газом.

Обкатку воздушных компрессоров производят с постепенным увеличением давления до рабочего, после чего производят непрерывные испытания под нагрузкой при рабочем давлении.

Газовым и холодильным компрессорам производят комплексные испытания под рабочей нагрузкой в технологической схеме объекта.

После испытания под нагрузкой воздушных, газовых и холодильных компрессоров проверяют приработку трущихся соединений и устраняют дефекты, обнаруженные в процессе непрерывных испытаний, а затем производят заключительное контрольное испытание под нагрузкой.

Не допускается испытание компрессоров с давлением нагнетания, превышающим рабочее.

При обкатке под нагрузкой воздушных компрессоров давление нагнетания, если нет специальных указаний завода-изготовителя, следует повышать в течение 4 ч поэтапно: через каждый 1 ч на 25% рабочего давления.

При обкатке под нагрузкой газовых циркуляционных (дожимных) компрессоров с давлением нагнетания более 10 МПа (100 кгс/см^2): давление до 10 МПа поднимать поэтапно по 2,5 МПа (25 кгс/см^2) в час, свыше 10 МПа по 1,0 МПа (10 кгс/см^2) в час до рабочего. Особое внимание при обкатке обращать на температуру сальников, при повышении температуры свыше 100 °С компрессор остановить, после охлаждения продолжить обкатку.

Переход к каждому следующему этапу с большим давлением разрешается после устранения неполадок, обнаруженных при испытании по предыдущему этапу.

После пробной обкатки под нагрузкой воздушных компрессоров производят непрерывные испытания при рабочем давлении:

горизонтальных компрессоров - 24 часа;

вертикальных, прямоугольных, V и W-образных компрессоров- 12 часов.

Газовым и холодильным компрессорам производят испытания под нагрузкой в процессе комплексного опробования не более 72 часов, в том числе 24 часа при непрерывной работе.

3.17.5 В результате испытаний компрессорного агрегата под нагрузкой необходимо достигнуть:

1) соблюдения всех требований, приведенных в п.3.17.2;

2) проектных температур и давлений нагнетания по ступеням;

3) отсутствия пропусков через сальники и уплотнения;

4) нормальной работы системы автоматического управления, регулирования, сигнализации и защиты, а также системы вибромониторинга (при ее наличии);

5) надежной регулировки предохранительных клапанов;

6) нормальной приработки трущихся поверхностей.

Проверку приработки трущихся соединений после непрерывных испытаний под нагрузкой производят в следующем объеме.

По поршневым горизонтальным компрессорам:

1) вскрытие коренных и шатунных подшипников для осмотра и проверки приработки вкладышей;

2) проверка приработки поршней по цилиндрам;

3) проверка расхождения щек коленвала.

По поршневым вертикальным, прямоугольным, V и W-образным компрессорам:

1) проверка приработки поршней по цилиндрам;

2) проверка расхождения щек коленвала.

После этого производят заключительные контрольные испытания компрессоров под нагрузкой, продолжительность которых составляет:

для горизонтальных поршневых компрессоров - 2 часа;

для вертикальных, прямоугольных, V и W-образных –1 час.

Продолжительность обкатки компрессоров после капитального ремонта может уточняться заводами-изготовителями.

Продолжительность обкатки после среднего ремонта устанавливается предприятием.

3.18 Ремонтная документация

Все сведения о ремонте компрессора, положении его деталей и узлов, замеры зазоров и обмеры изнашивающихся деталей должны фиксироваться в ремонтном формуляре.

Ремонтный формуляр должен содержать следующие разделы:

1) основные технические данные компрессора согласно техническому паспорту или формуляру и инструкции завода-изготовителя по устройству компрессора, его монтажу и эксплуатации;

2) материал основных деталей с указанием стандарта или ТУ на материал - согласно чертежам и инструкциям завода-изготовителя в соответствии с примерным перечнем на стр.143

3) номинальные и предельно допустимые при эксплуатации зазоры и положения частей компрессора согласно техническому паспорту или формуляру, инструкции по монтажу и эксплуатации компрессора и настоящему Документу в соответствии с пунктами, изложенными в примерном перечне на стр. 144-147;

4) классификатор ремонта компрессора: виды и состав ремонтов, межремонтные периоды согласно действующему нормативному документу по техническому обслуживанию, ремонту и контролю технического состояния технологического оборудования установок нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий;

5) параметры гидравлических и пневматических испытаний деталей, узлов и систем компрессора - согласно формулярам или инструкциям завода-изготовителя и настоящего Документа;

6) план-график работы и ремонта компрессора;

7) записи о действительных положениях частей компрессора:
зазорах,обмерах, результатах дефектоскопии деталей и узлов при монтаже, ремонтах и ревизиях - в соответствии с пунктами перечня на стр. 144-147;

8) записи о результатах проверки шатунных болтов;

9) записи о проверках узлов и деталей и их ремонтах.

Образец ремонтного формуляра компрессора АДК-73/40 дан в приложении Л.

Монтажные размеры и зазоры, установленные монтажной организацией и отраженные в монтажном формуляре, должны быть перенесены в соответствующие разделы ремонтного формуляра.

Общие сведения о проверке и ремонте с подробной записью работ по каждому узлу или детали компрессора, а также зазоры и обмеры деталей, их замена, гидроиспытания и результаты дефектоскопии заносятся в соответствующие разделы формуляра.

Запрещается делать в формуляре обобщающие записи, например, «ремонт произведен согласно классификатору».

Все записи в ремонтном формуляре скрепляются подписью механика установки (цеха) и мастера по ремонту компрессоров. К ремонтному формуляру прикладывают документы, удостоверяющие материал и качество замененных деталей и результаты дефектоскопии.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ
основных деталей компрессора, на которые в ремонтном формуляре должен быть указан материал, из которого они изготовлены:

1) рама
2) цилиндр
3) втулка цилиндра
4) крышка цилиндра
5) шпильки цилиндра
6) поршень
7) кольцо поршневое
8) седло и упор (розетка) клапана
9) пластина клапана
10) пружина клапана
11) шток и его гайка
12) крейцкопф (корпус)
13) башмаки крейцкопфа
14) направляющие крейцкопфа
15) пальцы поршневые и крейцкопфные
16) детали соединения штока с крейцкопфом (гайки или фланцы штока или полумуфты)
17) кольца сальника
18) шатун
19) болт шатуна
20) гайка болта шатуна
21) коленчатый (кривошипный) вал
22) вкладыши коренных и шатунных подшипников
23) заливка вкладышей коренных, шатунных и выносных подшипников
24) заливка поршней и башмаков крейцкопфа горизонтальных машин.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ
контролируемых размеров, зазоров, положений и состояния частей компрессора при монтаже, ремонтах и ревизиях

Рама

1) отклонение от горизонтального положения в направлениях, параллельных и перпендикулярных оси вала;
2) разность высотных отметок двух рам горизонтальных компрессоров или рамы и выносного подшипника;
3) непараллельность осей крейцкопфных направляющих многорядных горизонтальных компрессоров;
4) отклонение высотной отметки рамы и смещение ее главных осей в плане;
5) прогиб рамы;
6) выработка крейцкопфной направляющей.

Коленчатый вал (кривошипный вал)

1) отклонение вала от горизонтального положения;
2) расхождение щек (раскеп);
3) угол вала у горизонтальных компрессоров;
4) диаметральный зазор между коренными шейками вала и вкладышами (верхними, боковыми);
5) торцовые (осевые) зазоры в фиксирующем и остальных подшипниках вала;
6) овальность, конусность и выработка по диаметру коренных и мотылевых шеек вала, радиальное биение коренных шеек вала;
7) метод и результаты проведенной дефектоскопии;
8) проворот напрессованного кривошипа относительно оси кривошипного вала.

Маховик 1) радиальное биение;
2) торцовое (аксиальное) биение.

Шатун, шатунные болты
1) диаметральный зазор кривошипного подшипника;
2) осевой зазор кривошипного подшипника;
3) диаметральный зазор крейцкопфного подшипника;
4) осевой зазор крейцкопфного подшипника;
5) непараллельность и скручивание осей отверстий головок шатуна;
6) величина остаточного и упругого удлинения шатунных болтов и прилегание их к телу шатуна;
7) метод и результат проведенной дефектоскопии шатуна и шатунных болтов.

Крейцкопф 1) зазор между крейцкопфом и направляющей;
2) износ пальца крейцкопфа;
3) прилегание деталей узла соединения штока с крейцкопфом;
4) метод и результат проведенной дефектоскопии деталей крейцкопфа.

Поршень, поршневые кольца
1) износ поршня, в том числе опорной подушки поршня;
2) тепловой зазор колец поршня;
3) торцевой зазор между поршневыми кольцами и канавками поршня;
4) величина утопания колец поршня;
5) зазор между зеркалом цилиндра и поршнем;
6) прилегание бурта и гайки штока к поршню;
7) результаты гидроиспытания поршня.

Шток 1) износ штока и его прямолинейность;

2) биение штока в горизонтальной и вертикальной плоскостях горизонтальных ступеней (проверяется перед разборкой и после ремонта компрессора);
3) метод и результаты проведенной дефектоскопии.

Сальники 1) зазоры в стыках разрезных колец сальника;
2) осевой зазор колец сальника в камере;
3) зазор между баббитовой поверхностью дроссельной втулки сальника и штоком горизонтальных компрессоров;
4) зазор по торцу дроссельной втулки сальника горизонтальных компрессоров.

Цилиндр 1) уклон зеркала цилиндра относительно крейцкопфных направляющих;
2) соосность цилиндров относительно крейцкопфных направляющих;
3) величина мертвого пространства;
4) износ цилиндра;
5) отклонение от вертикали пластины качающейся опоры цилиндра горизонтальных компрессоров;
6) метод и результат проведенной дефектоскопии;
7) результаты гидроиспытания цилиндров.

Маслонасос 1) зазор между торцом шестерни и крышкой маслонасоса;
2) радиальный зазор между вершиной зуба шестерни и поверхностью цилиндрической расточки корпуса;
3) зазор между зубьями шестерен;
4) диаметральный зазор в подшипниках скольжения маслонасоса.

Лубрикатор 1) проверка каждой секции лубрикатора на испытательное давление в 1,25

превышающее рабочее давление, утечки и подтёки не допускаются;

2) проверка на плотность при рабочем давлении обратных клапанов;

3) проверка состояния корпуса, насосной секции,плунжеров, золотников, профилированного диска, регулировочных винтов, вертикального вала, приводного вала, винтовой зубчатой пары, храпового механизма, указателя уровня, смотровых стекол, трубок, штуцеров.

Привод компрессора

1) отклонение центровки осей вала компрессора и электродвигателя по полумуфтам;

2) зазор между тангенциальными шпонками и стенками шпоночного паза у синхронных двигателей;

3) зазор между статором и ротором синхронного электродвигателя.

4 КОНТРОЛЬ ДЕТАЛЕЙ КОМПРЕССОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩИМИ МЕТОДАМИ

4.1 Неразрушающий контроль (НК) деталей компрессоров с целью оценки пригодности их для дальнейшей эксплуатации является обязательной технологической операцией обслуживания компрессоров в сроки, предусмотренными настоящим документом .

Для проведения контроля должны выполняться «Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля» ПБ 03-440-02, «Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля» ПБ 03-372-00 и другие РД и НТД Ростехнадзора РФ по выполнению контроля и оформлению его результатов.

4. 2 Контролю подвергаются следующие узлы и детали компрессорного агрегата:

фундамент,
рама,
коленчатый вал,
кривошипный вал,
подшипники коленчатого (кривошипного) вала,
шатун,
шатунный болт,
подшипники шатуна,
крейцкопф,
палец крейцкопфа,
башмак крейцкопфа,
детали соединения крейцкопфа со штоком,
шток,
поршень,
цилиндр,
крышка цилиндра,
клапаны,
сальники,
гайки,
шпильки,
узлы и детали системы смазки,
узлы и детали системы охлаждения,
предохранительные устройства,
сосуды, аппараты и трубопроводы компрессорного отделения.

4. 3 Объем, периодичность и последовательность контроля, контролируемые параметры и отбраковочные признаки для ряда указанных в п. 4. 2 позиций представлены на приведенных примерных картах контроля.

Эти карты контроля могут использоваться службами технического надзора на предприятиях в качестве образцов при разработке и составлении карт контроля на детали компрессоров, имеющихся на данном предприятии.

4.4 Для обеспечения единства и достоверности результатов контроля выбранным методом НК необходимо для настройки дефектоскопической аппаратуры применять поверенные эталонные образцы чувствительности, а также желательно иметь образцы из забракованных деталей с характерными естественными дефектами, подтвержденными другими методами НК или металлографическим анализом.

4.5 Перед началом контроля необходимо очистить контролируемые поверхности деталей от грязи, смазки, нагара и обеспечить удобный доступ к этим поверхностям.

Чистота обработки (шероховатость) контролируемых поверхностей должна соответствовать требованиям РД 03-606-03, п.6.2.6.

4.6 Лица, выполняющие контроль, должны быть аттестованы в соответствии с ПБ 03-440-02, изучить соответствующую карту контроля, при необходимости изучить по чертежу конструкцию детали.

4.7 До проведения контроля физическими неразрушающими методами должен быть выполнен визуальный и измерительный контроль детали. Визуальный и измерительный контроль деталей компрессоров предназначен для выявления и измерения видимых невооруженным глазом или с помощью оптических и измерительных средств дефектов типа трещин, сколов, вмятин, задиров, других повреждений и износа, а также для оценки качества чистоты обработки контролируемых поверхностей детали с целью определения возможности контроля деталей другими неразрушающими методами.

4.8 Поверхности, на которых возможно появление опасных дефектов (усталостных трещин), указывают в картах контроля, и осмотр этих поверхностей осуществляют обязательно с применением лупы по ГОСТ 25706-83 "Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования" с увеличением не менее 4-х.

Для осмотра удаленных или внутренних поверхностей деталей и обнаружения дефектов в труднодоступных местах применять видеоэндоскопы или бороскопы.

4.9 Если при визуальном осмотре детали обнаружены недопустимые дефекты, деталь дальнейшему контролю не подвергается до устранения выявленных дефектов.

4.10 При недостаточном общем освещении осматриваемой поверхности необходимо использовать для местного освещения переносные лампы с непрозрачными отражателями (рефлекторами), защищающими глаза де-

фектоскописта от слепящего воздействия света. Освещенность контролируемых поверхностей должна быть достаточной для надежного выявления дефектов, но не менее 500 Лк согласно п. 6.1.3. РД 03-606-03.

4.11 Скорость осмотра поверхности детали должна обеспечивать выявление недопустимых дефектов.

4.12 Цветной метод дефектоскопии предназначается для обнаружения в деталях компрессоров поверхностных дефектов типа трещин, пор и других выходящих на поверхность дефектов.

4.13 Дефектоскопию деталей цветным методом проводить в соответствии с ГОСТ 18442 - 80, «Инструкцией по капиллярному контролю деталей технологического оборудования, сварных соединений и наплавок РДИ 38.18.019-95» и РД 13-06-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения капиллярного контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».

4.14 Дефектоскопические составы при цветном методе дефектоскопии должны обеспечивать чувствительность контроля не ниже II класса по ГОСТ 18442 – 80. Качество дефектоскопических составов проверять на метрологически поверенных контрольных образцах с естественными или искусственными дефектами, соответствующими требуемому уровню чувствительности контроля.

4.15 Для деталей, работающих в масляных средах, обладающих люминесцентными свойствами, можно применять люминесцентный метод контроля в соответствии с РДИ 38.18.019-95. В этом случае нет необходимости удалять продукт из полости дефекта, достаточно насухо протереть контролируемую поверхность детали и осмотреть её в ультрафиолетовом свете.

4.16 Магнитопорошковый метод контроля предназначается для обнаружения поверхностных и подповерхностных нарушений сплошности в деталях, изготовленных из ферромагнитных сталей.

Условный уровень чувствительности характеризуется минимальной шириной А (раскрытие) выявляемой трещины и зависит, в том числе, от параметра шероховатости контролируемой поверхности Ra, то есть должно выполняться условие $A \geq Ra$.

4.17 Дефектоскопию деталей магнитопорошковым методом проводить в соответствии с ГОСТ 21105 - 87, ГОСТ 9849 – 86, «Инструкцией по магнитопорошковому контролю оборудования и сварных соединений. РДИ 38.18.017-94» и РД 13-05-2006 «Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах».

4.18 Магнитопорошковый метод целесообразно применять также как дублирующий цветной (если это возможно) в случаях, когда возникает сомнение в результатах цветного метода контроля.

4.19 Для контроля деталей компрессоров магнитопорошковым методом используются дефектоскопы переносного типа (они должны обеспечивать ток намагничивания не менее 1200А), а также стационарные и передвижные. Последние должны обеспечивать ток намагничивания не менее 3000А и напряженность магнитного поля не менее 120 А/см.

4.20 Детали, подвергаемые магнитопорошковому контролю, оберегать от ударов по контролируемым поверхностям, не соскабливать с них нагар и грязь металлическими предметами, чтобы избежать появления ложных дефектов в результате местного наклепа.

4.21. В тех случаях, когда возникает сомнение в результатах контроля магнитопорошковым методом, следует осуществить дублирующий контроль цветным методом.

4.22 Электромагнитные методы контроля (феррозондовый, вихретоковый и др.) применяются для выявления усталостных трещин в поверхностном слое деталей компрессоров из ферромагнитных и немагнитных металлов и сплавов с удельной электропроводностью от $0{,}4 \cdot 10^6$ см/м до $60 \cdot 10^6$ см/м.

4.23 Дефектоскопию деталей электромагнитными методами проводить в соответствии с ГОСТ 26697 - 85, ГОСТ 24289 - 80, ГОСТ 21104- 75, ГОСТ Р ИСО 15549-2009, ГОСТ 18353-79 соответствующими приборами (например, вихретоковым дефектоскопом «Константа ВД1», ЗАО «КОНСТАНТА», г. С.Петербург, вихретоковый дефектоскоп « ВД 3-81», НПП «Промприбор», г. Москва) и инструкциями по эксплуатации применяемых приборов.

4.24 Контроль резьбовых участков шатунных болтов, шпилек, штоков и других деталей с наружной резьбой, изготовленных из ферромагнитных сталей, выполняется с помощью феррозондовых или вихретоковых дефектоскопов (например, вихретоковыми дефектоскопами «Константа ВД1» или «ВД 3-81»).

4.25 Для выявления трещин на галтелях или поверхностях сложной формы деталей из немагнитных и ферромагнитных металлов используются вихретоковые дефектоскопы.

4.26 Для измерения глубины трещин в изделиях из ферромагнитных сталей используется также измерители глубины трещин, основанные на электропотенциальном или вихретоковом методах.

4.27 Ультразвуковой метод предназначается для обнаружения внутренних, поверхностных и подповерхностных дефектов в стальных деталях.

4.28 При проведении ультразвуковой дефектоскопии соблюдать требования ГОСТ 23049-84, ГОСТ 23702 - 90, ГОСТ 23667 - 85, ГОСТ 12503 - 75, ГОСТ 20415 - 82, ГОСТ 20368 - 77, ГОСТ 22727- 88,

ГОСТ 24507 – 80, ГОСТ 14782-86 и «Инструкции по ультразвуковому контролю сварных соединений технологического оборудования РДИ 38.18.016 - 94».

4.29 Для ультразвуковой дефектоскопии деталей компрессоров применяют универсальные ультразвуковые эхо-импульсные дефектоскопы или дефектоскопы с фазированными решетками отечественного или импортного производства.

4.30 По результатам контроля деталей неразрушающими методами составляются Заключения на каждый вид контроля. Форма Заключений приведена в Приложении К1, К2, К3, К4, К5.

4.31 Оформление Заключений неразрушающего контроля производится службой технадзора с подписью лиц, производивших контроль, и ответственного лица (инженера или начальника лаборатории неразрушающего контроля).

4.32 При решении вопроса о допустимости обнаруженных дефектов и пригодности детали к дальнейшей эксплуатации руководствоваться требованиями, изложенными в настоящем стандарте, карте контроля и рабочем чертеже на контролируемую деталь.

4.33 Заключения неразрушающего контроля передаются механику цеха (компрессорной) для регистрации результатов контроля в формуляре ремонта компрессора (приложение Л) и хранятся у механика цеха (компрессорной) до списания детали.

КАРТА КОНТРОЛЯ № 1

Рама

Компрессоры АДК-65/40, АДК-73/40, 205ГП-20/18, 205ГП-30/8, 5Г-600/42-60, 2М10-200/15-50, 4М16-56/15-30.

Материал — чугун СЧ21, ГОСТ 1412- 85.

Контролировать в капитальный ремонт при срыве рамы с фундамента

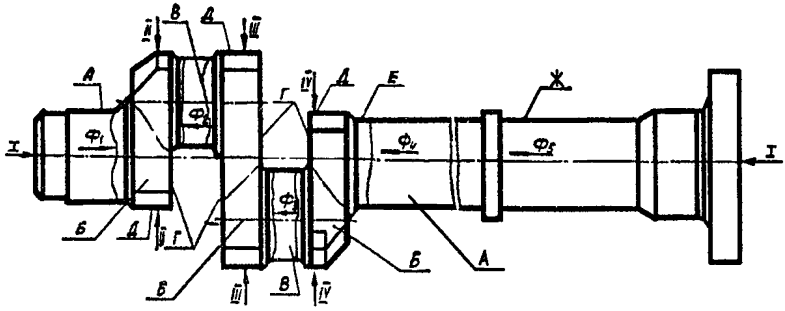
Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля	Отбраковочные признаки
Поверхность рамы с целью оценки плотности литья рамы	Керосино-меловая проба	Раму устанавливать на шпальную выкладку на высоту, обеспечивающую, возможность осмотра поддона снизу. Наружную поверхность поддона окрасить меловым раствором и высушить. Раму в течение 3 часов обильно смачивать керосином.	Наличие пятен керосина на меловом слое

КАРТА КОНТРОЛЯ № 2

Коленчатый вал

Компрессор 4М16-56/15-30. Материал - сталь 40, ГОСТ 1050-88.

Контролировать в средний и капитальный ремонт.



Обозначения:

~ -опасные сечения,

I→ ←I - места приложения контактов при циркулярном намагничивании,

Ф→ - направление магнитного поля при продольном намагничивании

Внимание:

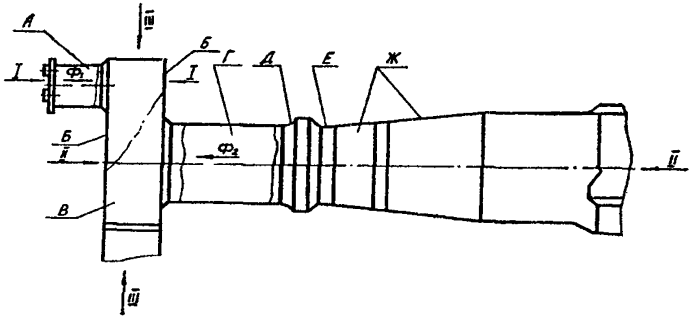
1. Колена, не указанные на чертеже, контролировать аналогично.
2. Места крепления противовесов, имеющих шероховатость R_a>10 , контролировать визуально с применением 4-х кратной лупы.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
1	2	3	4	5
А,В,Е,Ж места переходов, галтелей, отверстий	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Взамен магнитопорошкового метода
Б,Г,Д	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД		
А,В,Е,Ж	Ультразвуковой	Эхо - импульсный дефектоскоп. Наклонные ПЭП 45°,70°, f =2-5 МГц, предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2. Прямой ПЭП, f = 2-5 МГц, предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2.	Наличие трещин. Внутренние дефекты металлургического характера оценивать по ОСТ 26-01-135-81	
Б, Г,Д		Прямой ПЭП, f = 2-5 МГц, предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2.		

1	2	3	4	5
А,Б,В,Г,Е,Ж	Магнито-порошковый	Дефектоскоп для МПД. Контроль в приложенном поле, циркулярное намагничивание. $J_{I-I,\ II-II,\ III-III,\ IV-IV}$=2500А. Поверхности Б, Г при необходимости покрыть белой нитрокраской слоем ≤30 мкм. Продольное намагничивание кабелем, соленоидом или полюсным электромагнитом Нф1, ф2, ф3, ф4, ф5=32А/см (40Э).	Наличие трещин	Взамен цветного, метода
А,В,Е,Ж Места переходов, галтелей, отверстий	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый, например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	Дублирует в сомнительных случаях ЦД или МПД

КАРТА КОНТРОЛЯ №3

Кривошипный вал
Компрессор 5Г-600/42-60. Материал- сталь 40 ГОСТ 1050-88
Контролировать в средний и капитальный ремонт



Обозначения:

~- опасные сечения, I→ ←I - места приложения контактов при циркулярном намагничивании, Ф→- направление магнитного поля при продольном намагничивании

Внимание:

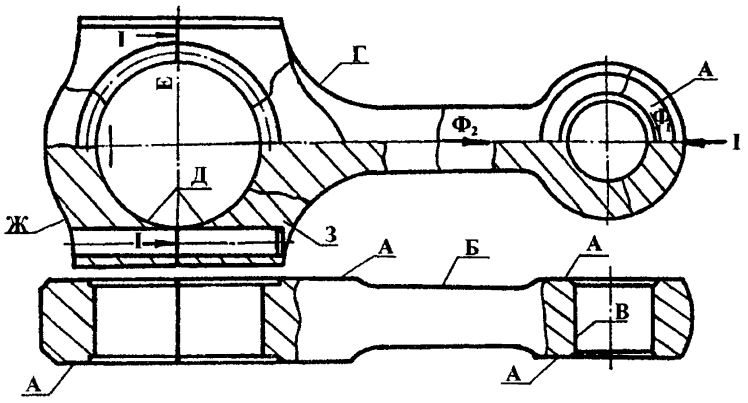
1.Правую сторону вала контролировать аналогично

2. Обратить особое внимание на наличие дефектов в местах галтелей, резких переходов поверхностей и масляных отверстий.

3. Места крепления противовесов, имеющих шероховатость поверхности $R_a \geq 10$, контролировать визуально с применением 4-х кратной лупы.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля .Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А,Г,Д,Е, места переходов, галтелей, отверстий	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Взамен МПД
Б,В,Ж	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД		
Г,Е,Ж,А	Ультразвуковой	Эхо-импульсный дефектоскоп. Наклонные ПЭП 45°, 70°, 2-5 МГц. Предельная чувствительность S_0=5мм^2.	Наличие трещин, внутренние дефекты металлургического характера оценивать по ОСТ 26-01-135-81	
А,Б,В,Г,Е,Ж		Прямой ПЭП 2-5 МГц Предельная чувствительность S_0=5мм^2.		
А, Б, В, Г, Д, Е,Ж	Магнито-. порошковый	Дефектоскоп для МПД. Контроль в приложенном поле. Циркулярное намагничивание J_{I-I}=1500А, J_{II-II} =2500А. $J_{III-III}$=2000А. Поверхности Б, В при необходимости покрыть белой нитрокраской слоем ≤30 мкм. Продольное намагничивание Нф1,Нф2≥32 А/см (40Э)	Наличие трещин	Взамен ЦД
А,Г,Д,Е, Места переходов, галтелей, отверстий	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый, например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	Дублирует в сомнительных случаях ЦД или МПД

КАРТА КОНТРОЛЯ №4
Шатун.
Компрессор 4М16-56/15-30. Материал-сталь 40 ГОСТ 1050-88.
Контролировать в средний и капитальный ремонт



Обозначения:

~-опасные сечения, I→ ←I- места приложения контактов при циркулярном намагничивании, Ф→- направление магнитного поля при продольном, тороидальном намагничивании или центральным проводником

Внимание!

1. Обратить особое внимание на наличие дефектов в местах галтелей, резких переходов поверхностей и отверстий.

2 Поверхности, не указанные на карте, контролировать визуально с применением 4-кратной лупы.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А,Б,В,Г,Д,Е, Ж, З, места переходов	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Взамен МПД
А, Б	Ультразвуковой*	Эхо-импульсный дефектоскоп. Прямой ПЭП 2-5 МГц. предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2. Наклонные ПЭП 45°,70°, 2-5МГц. предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2.	Наличие трещин, дефекты металлургического характера оценивать по ОСТ 26-01-135-81	
А,Б,В,Г, Д,Е,Ж,З	Магнитопорошковый	Дефектоскоп МПД. Контроль в приложенном поле. Циркулярное намагничивание $J_{I\cdot I}$= 1200А, циркулярное торроидальное (Φ_1) $J_{ф\cdot п}$ =2200А, продольное намагничивание $Нф_1$, $Нф_2 \geq 32$ А/см (40Э). Поверхности Б, Г при необходимости покрыть белой нитрокраской слоем ≤30 мкм.	Наличие трещин	Взамен цветного метода
А,В,Д,Е,Ж,З места переходов, галтелей, отверстий	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый,например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	При необходимости дублирует цветной, магнитопорошковый

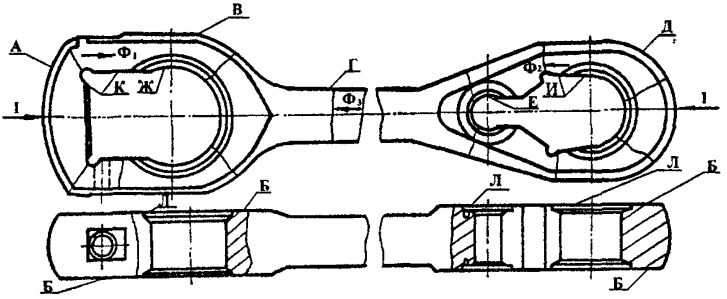
*Ультразвуковой контроль проводится на поверхностях с чистотой обработки не грубее $\sqrt{Rz40}$.

КАРТА КОНТРОЛЯ №5

Шатун

Компрессор 5Г-600/42-60.Материал- сталь45 ГОСТ 1050-88

Контролировать в средний и капитальный ремонт



Обозначения: ~-опасные сечения, I→ ←I - места приложения контактов при циркулярном намагничивании, Ф→- направление магнитного поля при продольном намагничивании

Внимание!

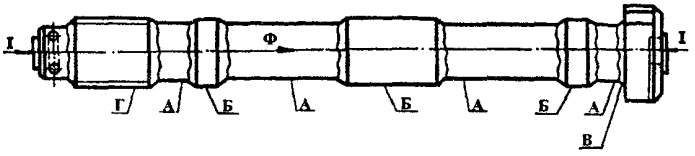
1.Обращать особое внимание на наличие дефектов в местах галтелей, резких переходов поверхностей и отверстий.

2. Поверхности, не указанные на карте, контролировать визуально с применением 4-кратной лупы

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, И, К, Л, места переходов	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Взамен МПД
А, Б, Л, В,Г, Д	Ультразвуковой*	Эхо-импульсный дефектоскоп, прямой ПЭП f= 2-5 МГц, предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2.	Наличие трещин, дефекты металлургического характера оценивать по ОСТ 26-01-135-81	
А, В, Г,Д		ПЭП 45°, 70°, f=2-5 МГц предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2.		
А, Б, В, Г, Д, Е. Ж, И, К	Магнитопорошковый	Контроль в приложенном поле. Циркулярное намагничивание J_{I-I}=800 А. торроидальное $J_{ф2ф1\cdot n}$=1800 А. Продольное намагничивание соленоидом или гибким кабелем, Нфз=24 А/см(30Э). При необходимости поверхности А, В, Г, Д покрыть белой нитрокраской слоем 30 мкм.	Наличие трещин	Взамен цветного метода
Е, И, К, Ж, Л, места переходов, галтелей, отверстий	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый, например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	дублирует ЦД и МПД

*Ультразвуковой контроль проводится на поверхностях с чистотой обработки не грубее $\sqrt{Rz40}$.

КАРТА КОНТРОЛЯ №6
Шатунный болт
Компрессор 205ГП-20/18, 205ГП-30/8. Материал- сталь 20ХН3А, ГОСТ4543-71
Контролировать в средний и капитальный ремонт



Обозначения: ~-опасные сечения, I→ ←I - места приложения контактов при циркулярном намагничивании, Ф→- направление магнитного поля при продольном намагничивании соленоидом или электромагнитом.

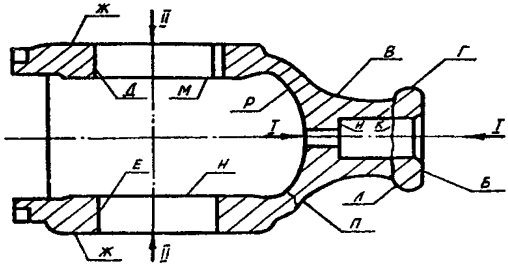
Внимание!

1.Обращать особое внимание на наличие дефектов в местах резьб, галтелей, резких переходов поверхностей, отверстий.

2. Шатунный болт браковать совместно с гайкой.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
Вся поверхность болта	Визуальный	4-7 кратная лупа	Наличие трещин, сорванных или смятых витков резьбы	
А, Б, В, места переходов, галтелей	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД	Наличие трещин	Вместо МПД
	Магнитопорошковый	Дефектоскоп для МПД, контроль в приложенном поле I_{I-I} =250А, Нф≥32 А/см (40Э)	Наличие трещин	Вместо цветного метода
Г-резьба	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый, например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	

КАРТА КОНТРОЛЯ №7
Корпус крейцкопфа
Компрессор 5Г-600/42-60. Материал – сталь 15Л ГОСТ 977-88
Контролировать в средний и капитальный ремонт.



Обозначения:

~-опасные сечения, I→ ←I, II→ ←II – намагничивание центральным проводником

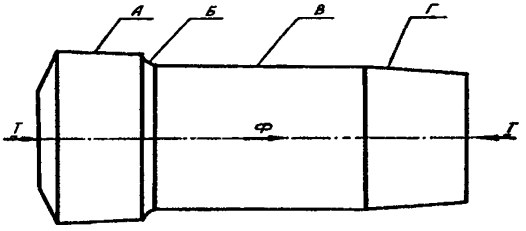
Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
Р, М, Н, П,места переходов, галтелей, отверстий	Визуальный	4-7 кратная лупа	Наличие трещин	
Б, В, Д, Е, Ж, И, К, Л,места переходов,галтелей, отверстий	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Взамен МПД
Д, Е, Ж, И, К	Магнитопорошковый	Дефектоскоп для МПД. Контроль в приложенном поле центральным проводником J_{I-I} =1500А, J_{II-II} = 2000А.	Наличие трещин	Взамен ЦД
Б	Ультразвуковой	Эхо-импульсный дефектоскоп, прямой ПЭП 2-5 МГц, предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2.	Наличие трещин. Внутренние дефекты металлургического характера оценивать по ОСТ 26-01-135-81	

КАРТА КОНТРОЛЯ №8

Палец крейцкопфа

Компрессор 4М 16-56/15-30. Материал- сталь 20 ГОСТ 1050-88

Контролировать в средний и капитальный ремонт



Обозначения:

I→ ←I - места приложения контактов при циркулярном намагничивании,

Ф→- направление магнитного поля при продольном намагничивании соленоидом или (электро)магнитом

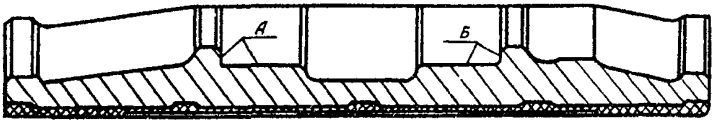
Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А, Б, В, Г	Визуальный	Лупа 4-7 крат	Наличие трещин	
А,Б,В,Г, места переходов, галтелей	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Взамен МПД
А, Б, В, Г	Магнитопорошковый	Дефектоскоп для МПД. Контроль в приложенном поле. J_{I-I} =1200А, Нф≥ 32 А/см (40Э)	Наличие трещин	Взамен цветного метода

КАРТА КОНТРОЛЯ №9

Башмак

Компрессор 5Г-600/42-60. Материал- чугун СЧ15 ГОСТ 1412-85

Контролировать в средний и капитальный ремонт



ВНИМАНИЕ! Баббитовая наплавка подлежит перезаливке, если:

1. Отставание баббита от тела башмака более 10 % поверхности заливки;
2. Участки с выкрошенным баббитом , трещины с замкнутым контуром , задиры составляют более 15%.площади заливки
3. Износ слоя баббита ≥50% первоначальной толщины

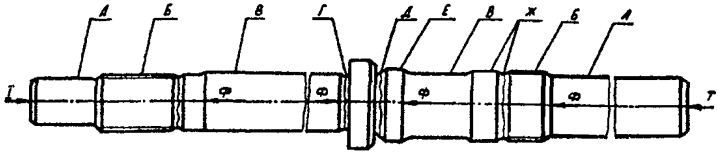
Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
Вся поверхность башмака	Визуальный	4-7 кратная лупа	Наличие трещин, выкрашивание баббита	
Со стороны баббита	Ультразвуковой	Эхо - импульсный дефектоскоп. Прямой или РС ПЭП 2-5 МГц. Настройка на дефект пл. 5 мм^2.	Наличие отслоений баббита >10% S	
А,Б	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД	Наличие трещин	

КАРТА КОНТРОЛЯ № 10

Шток

Компрессор 5Г-600/42-60. Материал сталь 38ХМЮА ГОСТ 4543-71

Контролировать в средний и капитальный ремонт.



Обозначения:

—опасные сечения, I→ ←I- места приложения контактов при циркулярном намагничивании, Ф→- направление магнитного поля при продольном намагничивании соленоидом или электромагнитом

Внимание!

Обратить особое внимание на наличие дефектов в местах резьб, галлтелей, резких переходов поверхностей и отверстий.

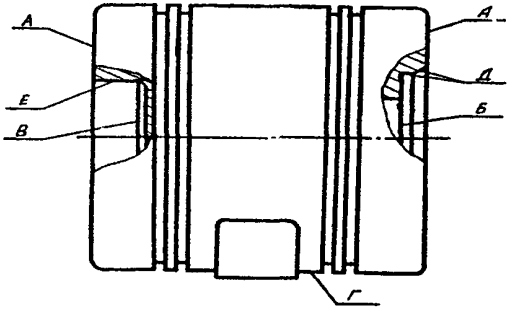
Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А,В,Г,Д,Е,Ж места переходов	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	до и после правки штока
Б - резьбы	Электромагнитный	Дефектоскоп вихретоковый,например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	
А,В,Г,Д,Е,Ж	Магнитопорошковый	Дефектоскоп для МПД. Контроль в остаточном поле. Циркулярное намагничивание J_{I-I} =2200А.Продольное намагничивание соленоидом или гибким кабелем Нф=80 А/см (100э)	Наличие трещин	Взамен цветного метода
А,В,Г,Д,Е, Ж, места переходов, галтелей	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый, например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	Дублирует цветной метод
А, В	Ультразвуковой	Эхо-импульсный дефектоскоп, наклонный ПЭП 45°, 70°, f=2-5 МГц, предельная чувствительность S_0 = 5 мм^2	Наличие трещин, дефекты металлургического характера оценивать по ОСТ 26-01-135-81	

КАРТА КОНТРОЛЯ №11

Поршень

Компрессор 5Г-600/42-60. Материал- чугун ВЧ-45-5 ГОСТ 7293-85

Контролировать в средний и капитальный ремонт.



Внимание! Баббитовая наплавка подлежит перезаливке , если участки выкрашенного баббита или область трещин с замкнутым контуром превышают 10% поверхности заливки

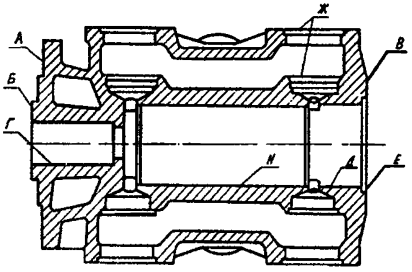
Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
Вся поверхность поршня	Визуальный	Использовать 4-7 кратную лупу	Наличие трещин	
А,Б,В,Г,Д,Е, места переходов, галтелей	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	

КАРТА КОНТРОЛЯ № 12

Цилиндр

Компрессор 5Г-600/42-60. Материал – чугун ВЧ- 45-5 ГОСТ 7293-85.

Контролировать в средний и капитальный ремонт

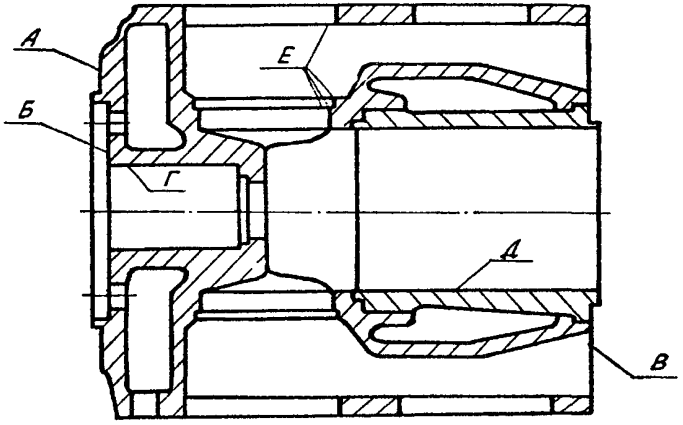


Внимание!

1. Обращать особое внимание на наличие дефектов на сопрягаемых поверхностях, гнездах под шпильки, клапанных гнездах, резких переходах поверхностей, галтелях.
2. Поверхности А,Б,Г проверять в капитальный ремонт и при демонтаже цилиндра.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А,Б,В,(гнезда под шпильки), Г,И,Д,Е места переходов, галтелей	Визуальный	Применять 4-7-кратную лупу, эндоскоп с гибким световодом	Наличие трещин	Сомнительные места проверить цветным методом
А,Б,В,	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД,	Наличие трещин	Дублирует визуальный в сомнительных местах
Г,Д,Е,Ж, И места переходов, галтелей	Люминесцентный	ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Дублирует визуальный в сомнительных местах

КАРТА КОНТРОЛЯ № 13
Цилиндр Ø 210
Компрессор 205ГП-20/18. Материал – чугун СЧ 21 ГОСТ 1412-85
Контролировать в капитальный и средний ремонт.

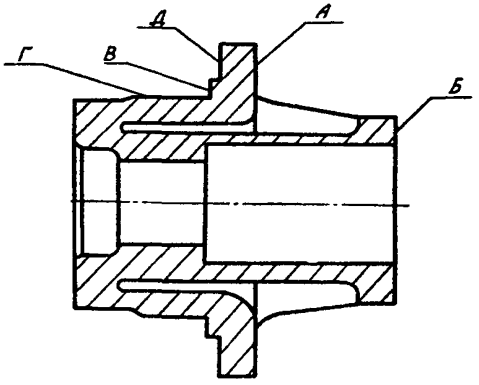


Внимание!

1. Обращать особое внимание на наличие дефектов на сопрягаемых поверхностях, гнездах под шпильки, клапанных гнездах, резких переходах поверхностей, галтелях, отверстиях.
2. Поверхности А,Б,Г проверять в капитальный ремонт и при демонтаже цилиндра.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А, Б, В(гнезда под шпильки), Е (клапанные гнезда), Г, Д, места переходов, галтелей	Визуальный	Применять 4-7 кратную лупу, эндоскоп с гибким световодом	Наличие трещин	В сомнительных местах проверить цветным или люминесцентным методом
А, Б, В,	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД	Наличие трещин	Дублирует визуальный в сомнительных местах
Г,Д, Е, места переходов, галтелей, отверстий	Люминесцентный	ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Дублирует визуальный в сомнительных местах

КАРТА КОНТРОЛЯ №14
Крышка цилиндра
Компрессор 5Г-600/42-60. Материал – чугун ВЧ- 45-5 ГОСТ 7293-85.
Контролировать в средний и капитальный ремонт.

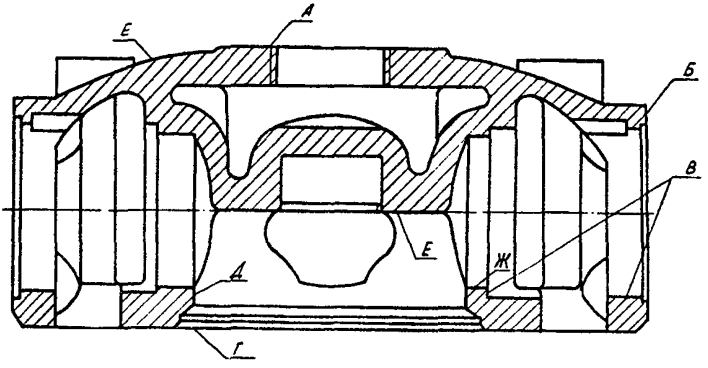


Внимание!

1. Обращать особое внимание на наличие дефектов в местах отверстий , галтелей, резких переходов поверхностей

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы или инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А, Б,В,Г,Д, Отверстия под шпильки, места переходов	Визуальный	Применять 4-7 кратную лупу, эндоскоп с гибким световодом	Наличие трещин	В сомнительных местах проверить цветным методом
В,Г, места переходов, галтелей, отверстий	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД	Наличие трещин	При необходимости

КАРТА КОНТРОЛЯ № 15
Крышка цилиндра Ø210, Ø 400
Компрессор 205ГП-20/18. Материал – чугун СЧ 18 ГОСТ 1412-85
Контролировать в средний и капитальный ремонт.



Внимание!

1. Обращать особое внимание на наличие дефектов в местах отверстий , галтелей, резких переходов поверхностей.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы, инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
А, Б (отверстия под шпильки), В (клапанные гнезда), Е, Г, Д, Ж, места переходов	Визуальный	Применять 4-7 кратнуюлупу, эндоскоп с гибким световодом	Наличие трещин	В сомнительных местах проверить цветным методом
Г, Д, Е места переходов, галтелей	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	При необходимости

КАРТА КОНТРОЛЯ №16

Гайки

шатунных болтов и крепления штоков к поршням , муфты , фланцы и гайки крепления штоков к крейцкопфам.

Внимание!

Контролировать совместно с сопрягаемой деталью.

Тщательному контролю подлежат места галтелей и переходов.

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы, инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
Вся поверхность детали	Визуальный	Лупа 4-7 кратного увеличения. Резьбомер	Трещины, сорванные или смятые витки резьбы	
	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД	Наличие трещин	При необходимости
	Магнитопорошковый	Дефектоскоп для МПД. Контроль в приложенном поле центральным проводником или витками гибкого кабеля	Наличие трещин	
Резьба	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый, например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	

КАРТА КОНТРОЛЯ № 17
Подшипники скольжения коленчатого, кривошипного валов, шатунов

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы, инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
Вся поверхность детали	Визуальный	Лупа 4-7 кратного увеличения.	Трещины, видимые отслоения, сколы	
Поверхность баббита	Цветной	Аэрозольный комплект ЦД	Наличие трещин	При необходимости
Со стороны основного металла или баббита	Ультразвуковой	Эхо-импульсный дефектоскоп. Контролировать прямым или РС ПЭП на частоте 2-5 МГц, настройка на плоскодонный отражатель Ø5мм	Наличие отслоений баббита	

ВНИМАНИЕ! Баббитовая наплавка подлежит перезаливке, если:

1. Отставание, выкрашивание или растрескивание баббитового слоя более чем на 15% площади вкладыша;
2. Баббитовый слой изношен до 60% первоначальной толщины.

КАРТА КОНТРОЛЯ № 18
Шпильки цилиндров и их крышек компрессоров с давлением более 10 МПа
Контролировать в капитальный ремонт

Контролируемая поверхность	Метод контроля	Способ или режим контроля. Приборы, инструменты	Отбраковочные признаки	Примечание
Вся поверхность шпильки	Визуальный	Лупа 4-7 кратного увеличения. Резьбомер	Трещины, сорванные или смятые витки резьбы	Сомнительные места проверять МПД или ЦД
Вся поверхность шпильки, кроме резьбы	Цветной или люминесцентный	Аэрозольный комплект ЦД, ультрафиолетовая лампа	Наличие трещин	Взамен МПД
Вся поверхность шпильки, кроме резьбы	Магнитопорошковый или люминесцентно-магнитопорошковый	Дефектоскоп МПД, УФ лампа. Контроль в приложенном поле: продольное намагничивание соленоидом или электромагнитом, циркулярное намагничивание-токовыми электродами	Наличие трещин	Взамен цветного метода
Резьба	Вихретоковый	Дефектоскоп вихретоковый, например, «Константа ВД1», или «ВД 3-81»	Наличие трещин	
Торцовая поверхность шпильки	Ультразвуковой	Эхо-импульсный дефектоскоп. 2-5 МГц, настройка на плоскодонный отражатель Ø3 мм	Наличие трещин	Взамен электромагнитного метода

Внимание!

1.Обращать особое внимание на наличие дефектов в местах резьб, галтелей, резких переходов поверхностей, отверстий.

5 КОНТРОЛЬ ВИБРОСОСТОЯНИЯ КОМПРЕССОРОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

5.1 Область применения

5.1.1 Требования настоящего раздела устанавливают нормы вибрации для оценки технического состояния стационарных поршневых компрессоров при их эксплуатации и приёмочных испытаниях после монтажа и ремонта.

5.1.2 Требования разработаны в соответствии с ГОСТ Р 53563-2009 [1], ГОСТ Р 53564-2009 [2], ПБ 03-582-03 [10] на основе опыта исследований вибраций поршневых компрессоров при разработке и эксплуатации стационарных систем мониторинга состояния машинного оборудования опасных производств [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9].

5.1.3 Настоящие требования распространяются на все проектируемые, вновь изготавливаемые и реконструируемые, а также на действующие стационарные поршневые компрессорные установки.

5.1.4 Требования не распространяются на холодильные и кислородные компрессорные установки, а также на компрессорные установки, работающие на радиоактивных газах и газах ацетиленового ряда.

5.1.5 Типы машинного оборудования, вибрационные параметры которого были использованы при разработке настоящих требований, приведены в справочном Приложении В.

5.1.6 Значения параметров вибрации, указанные в настоящих требованиях, носят рекомендательный характер для машин, типы которых не указаны в Приложение В, могут корректироваться по решению ответственных служб предприятия по мере доводки диагностируемого оборудования до требуемых показателей надёжности, гарантирующих безопасность и безаварийность работы оборудования опасных производств , а также использоваться совместно с нормативными значениями, указанными в ИСО 10816-6-95 [11].

5.1.7 Настоящий стандарт определяет нормативы вибропараметров и предписывает их использование для организации вибромониторинга, вибродиагностики и мониторинга состояния [1,2,7] и рисков эксплуатации стационарных поршневых компрессорных установок.

5.2 Обозначения и сокращения

В настоящем документе применены следующие сокращения.

АЧХ - амплитудно-частотная характеристика;

Д - техническое состояние агрегата или его узла «Допустимо», характеризует исправную работу агрегата или его узла в эксплуатации;

НДП - техническое состояние агрегата или его узла «Недопустимо», характеризует наличие существенных неисправностей и опасное состояние агрегата или его узла;

СКЗ - среднее квадратическое значение;

ТПМ - техническое состояние агрегата или его узла «Требует принятия мер», характеризует наличие развивающихся неисправностей;

Х - техническое состояние агрегата или его узла «Хорошо», используется при приемке отремонтированного оборудования;

ВМТ - верхняя мертвая точка (top dead center);

НМТ нижняя мертвая точка (bottom dead center);

ВК - всасывающий клапан (suction valve);

НК - нагнетательный клапан (pressure valve);

$a_{r.m.s}$,$м/с^2$ - СКЗ виброускорения;

a_{ampl} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения;

$v_{r.m.s}$ $мм/с$ - СКЗ виброскорости;

$d_{r.m.s}$,$мкм$ - СКЗ виброперемещения;

d_{ampl} ,$мкм$ - амплитудное значение виброперемещения;

a_{td1} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения после ВМТ;

a_{td2} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения до ВМТ;

a_{bd1} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения до НМТ;

a_{bd2} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения после НМТ;

a_{sv1} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения в момент открытия 1-го (ближнего к крышке)ВК;

a_{sv2} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения в момент открытия 2-го (ближнего к крейцкопфу)ВК;

a_{pv1} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения в момент открытия 1-го (ближнего к крышке)НК;

a_{pv2} ,$м/с^2$ - амплитудное значение виброускорения в момент открытия 2-го (ближнего к крейцкопфу)НК;

5.3 Системы мониторинга состояния

Системы мониторинга должны обеспечивать получение информации о состоянии оборудования (объекта мониторинга) в необходимом количестве и качестве для обеспечения наблюдаемости его технического состояния. По результатам наблюдения своевременно вырабатывают управляющие воздействия, которые обеспечивают необходимый запас устойчивости технологической системы, качество ее функционирования, создают необходимый запас ее техногенной, экологической и экономической безопасности.

Системы мониторинга состояния машинного оборудования опасных производств должны удовлетворять требованиям [1,2,7] и относиться к системам первого класса, обеспечивая статическую, динамическую ошибки и риск пропуска опасного состояния не более 5%.

5.4 Измерение вибрации

5.4.1 Установка вибродатчиков

5.4.1.1 Для оценки состояния узлов и деталей места установки датчиков выбирают исходя из матрицы риска их отказов, максимальной информативности вибросигнала и максимума вектора колебательного процесса [1].

Для исключения нарушения целостности корпусов взрывозащищенного оборудования целесообразно устанавливать датчики на специальные датчикодержатели, закрепляемые штатными резьбовыми соединениями, предусмотренными конструкцией поршневого компрессора. Допускается специальные датчикодержатели закреплять с помощью иных средств, например, клея, обеспечивающих измерения в требуемом диапазоне частот.

5.4.1.2 На поршневых компрессорах датчики необходимо устанавливать согласно рекомендуемого Приложения А в следующих точках:

- точка №1 – на цилиндре в осевом направлении, т.е. ось чувствительности датчика должна быть параллельна оси цилиндра («Осевое направление поршня» – ОНП);
- точка №2 – на цилиндре перпендикулярно оси поршня («Радиальное направление поршня» – РНП) – устанавливать со стороны нагнетательных клапанов и впускных клапанов или с противоположных сторон цилиндра под углом 45° к вертикальной оси цилиндра;
- точка №3 – над крейцкопфом («Крейцкопф»);
- точка №4 – на клапанах («Клапан»);

- точка №5 – над штоком поршня («Шток»);

- точка №6 – напротив коренных подшипников вдоль оси крейцкопфа – «Осевое направление ползуна»;

- точка №7 – на крышках коренных подшипников («Коренной подшипник»);

- точка №8 – датчик углового положения вала (датчик синхрометки) устанавливается на вал поршневого компрессора или привода для определения угла поворота вала по отношению к верхней (нижней) мертвой точке первого цилиндра.

5.4.1.3 Допускается изменять точки установки датчиков на основании обоснованного технического решения. Например, допускается устанавливать датчик не на каждый клапан (точка №4), а на группу клапанов (точка №2) при обеспечении приемлемой глубины и достоверности диагностирования.

5.4.1.4 На проектируемые, вновь изготавливаемые и реконструируемые поршневые компрессора рекомендуется устанавливать датчики стационарных систем на корпуса коренных подшипников.

5.4.2 Нормируемые параметры

5.4.2.1 В качестве нормируемых параметров для поршневых компрессоров устанавливаются:

- среднее квадратическое значение виброускорения $a_{r.m.s.}$ в полосе частот (2)10...3000 (10 000) Гц;

- среднее квадратическое значение виброскорости $v_{r.m.s.}$ в полосе частот (2)10...1000 Гц;

- среднее квадратическое значение виброперемещения $d_{r.m.s}$ в полосе частот (2)10...200 Гц;

-амплитудные значения виброускорения a_{ampl} ,a_{id1} ,a_{id2} ,a_{bd1} ,a_{bd2},a_{sv1} , a_{sv2} ,a_{pv1} ,a_{pv2} в полосе частот 2...10000 Гц по уровню вероятности 0,97;

-амплитудное значение виброперемещения d_{ampl} в полосе частот 2...200 Гц по уровню вероятности 0,97;

5.4.2.2 Для компрессорных установок с частотой вращения вала в диапазоне 150-750 мин$^{-1}$ нижняя граница диапазона частот измерения параметров вибрации устанавливается не более частоты вращения вала.

5.4.2.3 Для агрегатов с частотой вращения вала в диапазоне 150-750 мин$^{-1}$ предельные СКЗ виброускорения нормируются в диапазоне частот

до 3000 Гц. Для анализа вибрации рекомендуется обеспечивать линейную АЧХ канала измерения виброускорения в более широком диапазоне частот, например, до 10 000 Гц.

5.5 Оценка состояния агрегата

5.5.1 Техническое состояние компрессорной установки оценивается по наихудшему признаку – любому из вибропараметров: $a_{r.m.s.}$, $v_{r.m.s.}$, $d_{r.m.s}$, a_{ampl}, d_{ampl}, a_{id1}, a_{id2}, a_{bd1}, a_{bd2}, a_{sv1}, a_{sv2}, a_{pv1}, a_{pv2}, достигшему наихудшего значения.

5.5.2 Устанавливаются 4 оценки технического состояния:

5.5.2.1 «ХОРОШО» (Х). Допустимо при приемочных испытаниях после монтажа или капитального (среднего) ремонта. Соответствует исправному состоянию компрессорной установки и характеризует высокое качество ремонтных и монтажных работ.

5.5.2.2 «ДОПУСТИМО» (Д). Допустимо при длительной эксплуатации. Характеризует полностью работоспособное состояние компрессорной установки при малой вероятности отказа. При достижении уровня «Д», контролируют скорость изменения вибропараметров.

5.5.2.3 «ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» (ТПМ) – ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ. Допустимо при непродолжительной эксплуатации. Техническое состояние компрессорной установки соответствует «ТПМ», если величина вибропараметра превышает уровень «ТПМ». Предупреждает о приближении технического состояния к предельному, наличии развивающихся дефектов, постепенной утрате работоспособности и росте вероятности отказа. Служит для текущего обслуживания и/или планомерного вывода компрессорной установки в ремонт.

5.5.2.4 «НЕДОПУСТИМО» (НДП) – ОСТАНОВ. Недопустимо при эксплуатации. Техническое состояние компрессорной установки соответствует «НДП», если величина вибропараметра превышает уровень «НДП». Характеризует наличие развитых дефектов, либо высокую скорость их развития и достижение компрессорной установкой предельного, либо опасного состояния с высокой вероятностью отказа. Служит для останова компрессорной установки и вывода его в ремонт.

5.5.2.5 Для оценки качества монтажа оборудования новых производств целесообразно устанавливать уровень технического состояния «ОТЛИЧНО», которому соответствуют параметры вибрации на 30% ниже уровней, установленных для оценки «ХОРОШО».

5.6 Эксплуатационные нормы вибрации

5.6.1 Эксплуатационные нормы вибрации приведены в таблице Б.1, Б.2, Б.3 обязательного Приложения Б.

5.6.2 Продолжительность экспозиции при измерении параметров вибрации поршневых компрессоров, которую необходимо производить с использованием синхрометки, обеспечивающей информацией об угле поворота вала относительно расположения поршня в верхней или нижней мертвой точке, должна составлять не менее трех оборотов вала. Сигнал синхрометки можно использовать для определения частоты вращения вала.

5.7 Использование результатов оценки технического состояния агрегатов

5.7.1 При переходе агрегата в состояние «НЕДОПУСТИМО», что с высокой вероятностью вызвано повреждением узла, агрегата или всей компрессорной установки, необходимо выполнять все действия по выведению компрессорной установки из этого состояния вплоть до немедленной остановки и проведения ремонта.

5.7.2 При переходе агрегата в состояние «ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР» необходимо выполнить техническое обслуживание. Если это не привело агрегат в состояние «ДОПУСТИМО», то необходимо планомерно вывести его в ремонт. В исключительных случаях допускается дальнейшая эксплуатация компрессорной установки, при этом необходимо с периодичностью не реже 1-го раза в час контролировать изменение его вибропараметров.

5.7.3 При оснащении комплекса агрегатов опасных производств системой мониторинга их технического состояния, удовлетворяющей требованиям [2, 7], текущие и средние ремонты проводятся по показаниям и рекомендациям системы мониторинга, т.е. по фактическому техническому состоянию компрессорной установки. На предприятиях должны быть перечни оборудования, ремонтируемого по техническому состоянию и разработано соответствующее положение.

5.7.4 Допускается производить капитальные ремонты компрессорной установки по техническому состоянию на основе показаний системы мониторинга состояния комплекса агрегатов после приобретения соответствующего опыта на предприятии[2,7].

ПРИЛОЖЕНИЕ А
(рекомендуемое)
Размещение вибродатчиков на поршневом компрессоре

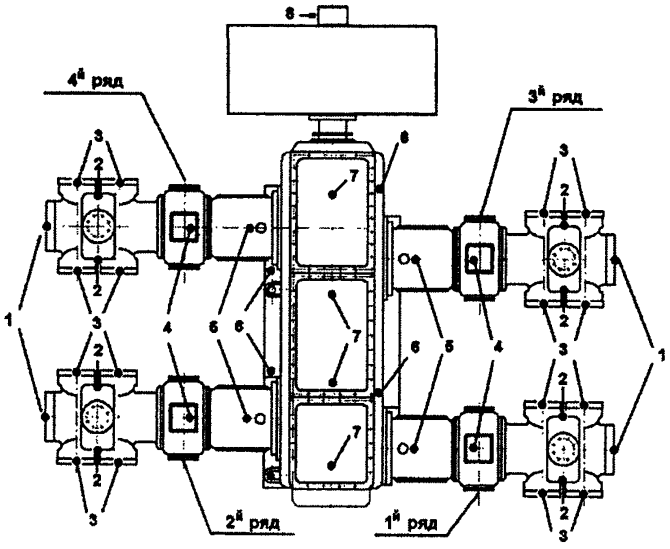


Рисунок А.1 – Схема расположения датчиков оппозитного компрессора

1 – точка №1 («Осевое направление поршня»);
2 – точка №2 («Радиальное направление поршня»);
3 – точка №4 («Клапан»);
4 – точка №5 («Шток»);
5 – точка №3 («Крейцкопф»);
6 – точка №6(«Осевое направление ползуна»);
7 – точка №7 («Коренной подшипник»);
8 – точка №8 («Датчик оборотов»)

Продолжение приложения А

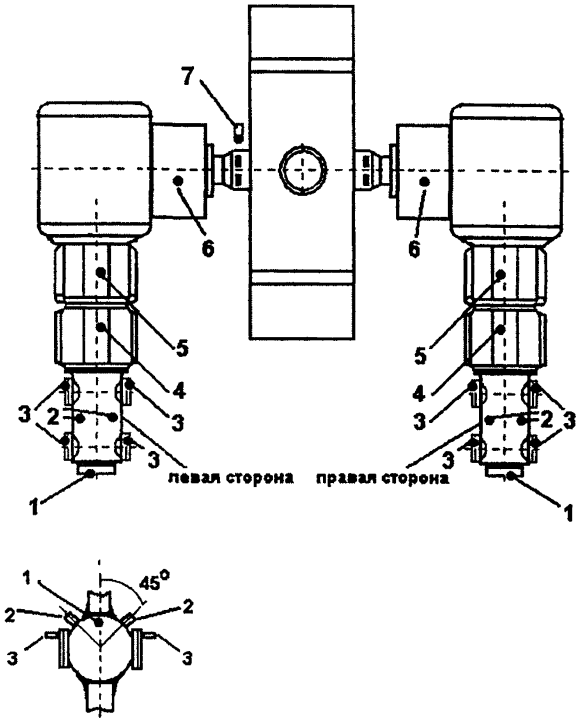


Рисунок А.2 – Схема расположения датчиков горизонтального двухрядного компрессора

1 – точка №1 (Осевое направление поршня (пьезоакселерометр);
2 – точка №2 (Радиальное направление поршня (пьезоакселерометр);
3 – точка №4 (Клапан (пьезоакселерометр);
4 – точка №5 (Вертикальное направление штока (пьезоакселерометр);
5 – точка №3 (Вертикальное направление крейцкопфа (пьезоакселерометр);
6 – точка №7 (Коренной подшипник (пьезоакселерометр);
7 – точка №8 (Датчик оборотов)

ПРИЛОЖЕНИЕ Б
(обязательное)

Эксплуатационные нормы вибрации поршневых компрессоров

Таблица Б.1

Состояние / параметр	167 мин$^{-1}$			300 мин$^{-1}$			375 мин$^{-1}$			500 мин$^{-1}$			750 мин$^{-1}$		
	$a_{r.m.s.}$, м/с^2	$v_{r.m.s.}$, мм/с	$d_{r.m.s.}$, мкм	$a_{r.m.s.}$, м/с^2	$v_{r.m.s.}$, мм/с	$d_{r.m.s.}$, мкм	$a_{r.m.s.}$, м/с^2	$v_{r.m.s.}$, мм/с	$d_{r.m.s.}$, мкм	$a_{r.m.s.}$, м/с^2	$v_{r.m.s.}$, мм/с	$d_{r.m.s.}$, мкм	$a_{r.m.s.}$, м/с^2	$v_{r.m.s.}$, мм/с	$d_{r.m.s.}$, мкм
Точка №1 („Осевое направление поршня")															
Д	2,8	2,8	7,1	9	0,9	5,6	7,1	0,9	8,7	9	2,8	11,2	8,7	2,8	14
ТПМ	3,6	3,6	14	14	1,8	18	14	1,8	18	14	4,5	24	14	5,6	28
НДП	7,1	7,1	28	28	3,6	36	28	3,6	36	28	8,7	45	28	11,2	56
Точки №2, 4 („Радиальное направление поршня", „Клапан")															
Д	3,6	1,8	8,7	11,2	2,3	8,7	8,7	2,8	8,7	11,2	4,5	14	8,7	3,6	18
ТПМ	4,5	2,8	14	18	4,5	14	18	5,6	18	18	6,3	24	18	7,1	36
НДП	9	5,6	24	24	8,7	28	28	11,2	36	36	11,2	56	36	14	71
Точки №3, 5 („Крейцкопф", „Шток")															
Д	1,8	2,8	3,6	2,8	0,9	8,7	3,6	0,9	12	7,1	2,8	8,7	8,7	2,8	7,1
ТПМ	2,8	3,6	7,1	3,6	1,8	14	7,1	1,8	18	11,2	4,5	14	14	5,6	11,2
НДП	5,6	7,1	14	7,1	3,6	28	14	3,6	36	24	8,7	28	28	11,2	24
Точка №7 („Коренной подшипник")															
Д	2,8	2,8	3,6	3,6	2,8	4,5	3,6	2,8	5,6	4,5	3,6	8,7	5,6	4,5	8,7
ТПМ	3,6	3,6	7,1	5,6	4,5	8,7	7,1	5,6	11,2	8,7	7,1	14	11,2	8,7	14
НДП	7,1	7,1	14	11,2	9	14	14	11,2	18	16	14	28	18	18	28

Таблица Б.2

Состояние / параметр	167 мин$^{-1}$		300 мин$^{-1}$		375 мин$^{-1}$		500 мин$^{-1}$		740 мин$^{-1}$	
	$a_{ampl.}$, м/с^2	$d_{ampl.}$, мкм	$a_{ampl.}$, м/с^2	$d_{ampl.}$, мкм	$a_{ampl.}$, м/с^2	$d_{ampl.}$, мкм	$a_{ampl.}$, м/с^2	$d_{ampl.}$, мкм	$a_{ampl.}$, м/с^2	$d_{ampl.}$, мкм
Точка №1 („Осевое направление поршня")										
Д	11,2	36	18	24	18	24	18	14	18	14
ТПМ	18	56	28	36	45	36	36	36	36	36
НДП	36	112	56	71	71	71	71	71	71	90
Точки №2,4 („Радиальное направление поршня", „Клапан")										
Д	18	28	24	28	24	28	24	18	24	18
ТПМ	28	45	36	45	45	45	45	45	45	45
НДП	56	90	71	90	71	90	90	90	90	112
Точки №3, 5 („Крейцкопф", „Шток")										
Д	3.6	12	7.1	18	14	18	18	24	18	24
ТПМ	7.1	24	14	36	28	36	36	36	36	36
НДП	14	56	28	71	56	71	71	71	71	71
Точка №7 („Коренной подшипник")										
Д	7.1	9	7.1	14	7.1	14	7.1	14	14	14
ТПМ	12	14	14	24	14	24	14	24	28	28
НДП	24	28	28	45	28	45	28	45	45	56

Нормативные величины амплитудных параметров по углу поворота вала

Таблица Б.3

	a_{td1}, м/с^2	a_{tv1}, м/с^2	a_{pv2}, м/с^2	a_{bd1}, м/с^2	a_{bd2}, м/с^2	a_{tv2}, м/с^2	a_{pv1}, м/с^2	a_{td2}, м/с^2
740 мин$^{-1}$	Точка №1 („Осевое направление поршня")							
ТПМ	36	36	45	45	45	36	45	24
НДП	71	71	87	87	87	71	87	45
	Точки №2, 4 („Радиальное направление поршня", „Клапан")							
ТПМ	45	45	56	56	56	45	56	36
НДП	87	87	112	112	112	87	112	56
500 мин$^{-1}$	Точка №1 („Осевое направление поршня")							
ТПМ	28	28	36	36	36	24	36	18
НДП	56	56	71	71	71	56	71	36
	Точки №2,4 („Радиальное направление поршня", „Клапан")							
ТПМ	36	36	36	45	36	36	36	24
НДП	71	71	87	87	87	71	87	45
375 мин$^{-1}$	Точка №1 („Осевое направление поршня")							
ТПМ	24	24	24	28	28	18	24	14
НДП	36	36	45	56	56	36	45	28
	Точки №2, 4 („Радиальное направление поршня", „Клапан")							
ТПМ	28	28	28	36	36	24	28	18
НДП	45	45	56	71	71	45	45	36
300 мин$^{-1}$	Точка №1 („Осевое направление поршня")							
ТПМ	24	24	24	28	28	18	24	14
НДП	36	36	45	56	56	36	45	28
	Точки №2,4 („Радиальное направление поршня", „Клапан")							
ТПМ	28	28	28	36	36	24	28	18
НДП	45	45	56	71	71	45	45	36
167 мин$^{-1}$	Точка №1 („Осевое направление поршня")							
ТПМ	18	18	18	24	24	14	18	12
НДП	28	28	36	45	45	28	36	24
	Точки №2, 4 („Радиальное направление поршня", „Клапан")							
ТПМ	24	24	24	28	28	18	24	14
НДП	36	36	45	56	56	36	36	28

Приложение В

(справочное)

Перечень типов машин и агрегатов, вибропараметры которых использованы при разработке настоящего стандарта

Компрессоры отечественные

205ВП-16/70
305ГП-20/8
2М10-11-42/60
2ГМ16-20-42/60
4ГМ10-28/43-56
4М16М-45/35-55
4ГМ16М-45/35-55
4ГМ16-22/17-37
4М16-22,4/23-64
2ГМ2,5-6,2/38-46С
5Г-600-42/60
4СГВ
АДК-73/45

Компрессоры импортные

BDCB-30/30/20/20x16 (Worthington),
4HF/2 серии HF (Nuovo Pignone),
2TV2 (Neuman & Esser),
RV 288-35 (BOGE KOMPRESSOREN BIELEFELD).

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Нормативные ссылки

1. ГОСТ Р 53563-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Порядок организации. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 8 с.
2. ГОСТ Р 53564-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Требования к системам мониторинга. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010. 20 с.
3. ГОСТ Р 53565-2009. Контроль состояния и диагностика машин. Мониторинг состояния оборудования опасных производств. Вибрация центробежных насосных и компрессорных агрегатов. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2010.8 с.
4. СТО 03-002-08 Мониторинг оборудования опасных производств. Порядок организации: сб. стандартов НПС РИСКОМ // Мониторинг оборудования опасных производств. Стандарт организации/Колл.авт. М.: С.25-63.
5. СТО 03-003-08 Мониторинг опасных производств. Термины и определения: сб. стандартов НПС РИСКОМ // Мониторинг оборудования опасных производств. Стандарт организации / Колл. авт. М.: 2008. С. 5-24.
6. СТО 03-004-08 Мониторинг оборудования опасных производств. Процедуры применения: сб. стандартов НПС РИСКОМ // Мониторинг оборудования опасных производств. Стандарт организации / Колл. авт. М.: 2008. С. 65-77.
7. Стандарт ассоциации «Системы мониторинга агрегатов опасных производственных объектов. Общие технические требования» (СА 03-002-05) Серия 03 / Колл. авт. - М.: Издательство «Компрессорная и химическая техника», 2005. - 42 с.
8. Костюков В.Н., Бойченко С.Н., Костюков А.В. Автоматизированные системы управления безопасной ресурсосберегающей эксплуатацией оборудования нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств (АСУ БЭР - КОМПАКС®)/Под ред. В.Н. Костюкова. М.: Машиностроение, 1999. - 163 с.
9. Костюков В.Н. Мониторинг безопасности производства. М.: Машиностроение, 2002. 224 с.
10. Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах (ПБ 03-582-03). Серия 03. Выпуск 32 / Колл. Авт. – М.: Государственное унитарное предприятие «Научно-технический центр по безопасности Госгортехнадзора России», 2003. 36 с.
11. ИСО 10816-6-95 Вибрация. Оценка состояния машин по измерениям вибрации на невращающихся частях. Часть 6. Руководство для машин возвратно-поступательного действия мощностью более 100 кВт.

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

АКТ №_____
ПРОВЕРКИ ПРАВИЛЬНОСТИ УСТАНОВКИ
ОБОРУДОВАНИЯ НА ФУНДАМЕНТЕ

«____»_____20___г.

_____

(объект и его местонахождение)

_____

(установка, цех, производство)

Настоящий акт составлен в том, что_____

(оборудование, номер позиции по технологической схеме)

установленно на фундаменте в соответствии с инструкцией предприятия изготовителя и закреплено анкерными болтами.

На основании изложенного разрешается произвести подливку указанного оборудования.

Приложения:_____
формуляр с указанием замеров,произведенных при монтаже,рабочие чертежи с внесенными изменениями

Представители:

_____

(заказчика, должность, фамилия, имя, отчество) (подпись)

_____

(монтажной организации, должность, фамилия, имя, отчество) (подпись)

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПОЛЬЗОВАНИЕ ПАСТОЙ «ГЕРМЕТИК»

Паста «Герметик» употребляется для обеспечения герметичности плоских поверхностей в стыках деталей, где исключено применение прокладок, например, цилиндра с рамой.

Чтобы приготовить 1кг пасты, нужны следующие компоненты:

Шеллак ISO 56-2:1979/Amd.1:1996.....520-720 г
спирт этиловый ректификат ГОСТ 18300 – 87.....520-720 $см^3$
графит серебристый чешуйчатый ГОСТ 8295 - 73..... 60 г
охра (сухая) ОСТ 6-10-430-80.....10 г
масло касторовое ГОСТ 6990 – 75.....30 г

Сначала в бачок или банку, герметически закрываемые крышкой, насыпают шеллак и заливают спиртом. Чтобы шеллак быстрее растворился, бачок можно подогревать до 50-60° С с периодическим перемешиванием, но лучше шеллак растворять без подогрева.

Когда шеллак полностью растворится в спирте, в бачок добавляют указанные выше компоненты (графит, охру, касторовое масло) и все тщательно перемешивают. Полученная смесь представляет собой готовую пасту.

Приготовлять пасту в большем количестве, чем это требуется для работы, не следует, так как она со временем становится густой. Пасту нужно хранить в герметически закрытой посуде в прохладном месте.

Поверхности деталей, на которые паста наносится, нужно тщательно очистить и обезжирить растворителем 646 ГОСТ 18188-72. Перед нанесением на деталь пасту тщательно перемешивают, а кисть промывают в растворителе. Если паста слишком густая, то ее следует разбавить растворителем 646 до необходимой консистенции.

Пасту на поверхность детали наносят кистью ровным, тонким слоем и в течение 10-15 минут подсушивают на воздухе. Затем детали соединяют. Излишки пасты, выжатой после крепления деталей, снимают тряпкой или ватой, смоченной в растворителе. Засохшую пасту очищают шабером.

ПРИЛОЖЕНИЕ И

ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕРМЕТИКОМ У-3ОМ ГОСТ 13489 - 79

Герметик марки У-3ОМ цредназначается для герметизации стыковых соединений деталей и узлов, а также для прокладок на люковые закрытия.

Герметик У-3ОМ представляет собой уплотнительный материал пастообразной консистенции черного цвета, обладающий способностью затвердевать при комнатной температуре при действии вулканизирующих веществ и катализаторов.

В качестве вулканизирующих веществ и катализаторов применяются вулканизирующая паста №9 и дифенилгуанидин .

Герметик У-3ОМ хорошо обрабатывается шпателем, а в разжиженном состоянии может наноситься кистью.

В состав герметика У-3ОМ входят компоненты, указанные в таблице.

Наименование компонентов	Нормативный документ	Количество массовых частей
Паста У-30	ГОСТ 13489-79	100
Паста № 9	ГОСТ 13489-79	5-7
Дифенилгуанидин	ГОСТ 40-80	0,1-0,5
Ацетон	ГОСТ 2768-84	10-35
Этилацетат	ГОСТ 8981-78	10-35

Способ приготовления герметика следующий:

1) взвесить пасту У-30 в сухой и чистой металлической или фарфоровой посуде и размешивать в течение 1-2 минут;

2) ввести в пасту отвешенные количества ацетона и этилацетата, одновременно перемешивая до образования однородной массы;

3) постепенно ввести отвешенное количество пасты №9, одновременно перемешивая до образования однородной массы;

4) ввести небольшими порциями отвешенное количество дифенилгуанидина, и всю массу размешивать в течение 3 минут.

Равномерность перемешивания определяется отсутствием видимых крупинок при нанесении тонкого слоя герметика У-30М на стеклянную пластину.

Примечания:

1) герметик У-30М готовить непосредственно перед применением;

2) взвешивание всех компонентов и приготовление герметика рекомендуется производить в резиновых перчатках в вытяжном шкафу;

3) длительность хранения приготовленного герметика ограничивается в пределах около 3 часов, после чего вещества начинают терять требуемые для герметизации качества;

4) все компоненты герметика У-30М изготавливаются заводом РТИ г. Казань.

Правила пользования герметиком У-30М

1. Поверхность детали перед нанесением на нее герметика должна быть очищена от грязи и ржавчины, обезжирена бензином или ацетоном.

2. Герметик У-30М наносится на поверхность детали при помощи кисти ровным слоем, затем необходимо приложить сопрягаемую деталь.

3. Процесс вулканизации герметика У-30М протекает за одни сутки, однако весь комплекс свойств он приобретает через 7-10 суток.

4. Вулканизированный герметик имеет теплостойкость 150 °С, стоек к маслам и бензину.

Удаление нанесенного слоя герметика У-30М

1. Незасохший герметик снимать ветошью, смоченной в ацетоне.

2. Засохший герметик снимать шабером.

3. Кисти промыть в ацетоне.

Примечание. Для лучшей адгезии к металлу в герметик можно добавить 5% эпоксидной смолы ЭД-5 без отвердителя (смолу добавлять в пасту У-30, смешанную с ацетоном и этилацетатом).

ПРИЛОЖЕНИЕ К 1

Наименование организации , выполняющей контроль
(Свидетельство об аттестации, кем выдано, срок его действия)

Заключение № -УЗК

по ультразвуковому контролю качества деталей

_____

(наименование и позиция по технологической схеме объекта контроля, где находится –установка, цех, предприятие)

Дата контроля: _____

Используемые приборы и средства контроля:_____

(наименование и зав. № дефектоскопа, ПЭП, свидетельство о поверке , срок действия)

_____

Используемая нормативно-техническая и методическая документация (ГОСТ, ОСТ, СТО, РДИ,)

_____

_____

Сведения о контролируемых деталях:

№ п/п	Наименование детали (карта контроля)	Материал	Диаметр или толщина в месте контроля,	Объем контроля
1				
2				
3				

Результаты контроля:

№ п/п	Наименование детали	Предельная чувствит, мм²	Сведения об обнаруженных дефектах	Оценка качества делали
1				
2				
3				

Специалист, проводивший контроль
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия).

_____ (подпись) _/ Расшифровка подписи /

Руководитель подразделения:
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) _/ Расшифровка подписи /

ПРИЛОЖЕНИЕ К 2

Наименование организации , выполняющей контроль

(Свидетельство об аттестации, кем выдано, срок его действия)

Заключение № -ПВК

по капиллярной дефектоскопии качества деталей

(наименование и позиция по технологической схеме объекта контроля, где находится -установка, цех, предприятие)

Дата контроля: _____

Используемые приборы и средства контроля:_____

(наименование и зав. № средств контроля, свидетельства о их поверке , срок действия свидетельств)

Используемая нормативно-техническая и методическая документация (ГОСТ, ОСТ, СТО, РДИ,)

Сведения о контролируемых деталях:

№ п/п	Наименование детали	Материал	Шероховатость поверхности в месте контроля, R_a	Объем (участок) контроля
1				
2				
3				

Результаты контроля:

№ п/п	Наименование детали	Чувствительность контроля	Сведения об обнаруженных дефектах	Оценка качества делали
1				
2				
3				

Специалист, проводивший контроль
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия),

_____ (подпись) _/ Расшифровка подписи /

Руководитель подразделения:
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) _/ Расшифровка подписи /

ПРИЛОЖЕНИЕ К 3

Наименование организации , выполняющей контроль
(Свидетельство об аттестации, кем выдано, срок его действия)

Заключение № -ВИК
по визуальному и измерительному контролю качества деталей

(наименование и позиция по технологической схеме объекта контроля, где находится -установка, цех, предприятие)

Дата контроля: _____

Используемые приборы и средства контроля:_____
(наименование и зав. № средств контроля, свидетельства о их поверке , срок действия свидетельств)

Используемая нормативно-техническая и методическая документация (ГОСТ, ОСТ, СТО, РДИ,)

Наименование контролируемой детали _____

Эскиз детали (№ карты контроля) и схема измерений

Результаты визуального контроля:

№ п/п	Проводимые проверки	Результаты контроля
1		
2		
3		

Результаты измерительного контроля:

№ п/п	Контроли-руемый параметр	Место контроля	Номиналь-ное значение	Фактичес-кое значение	Величина износа или отклоне-ния
1	2	3	4	5	6
1					
2					
3					

№ п/п	Предельно-допустимое значение	Величина, оставшая-ся до от-браковки	Срок экс-плуата-ции, тыс. час	Скорость изнашива-ния	Прогнози-руемый срок служ-бы, час, лет
1	7	8	9	10	11
1					
2					
3					

Специалист, проводивший контроль
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) / Расшифровка подписи /

Руководитель подразделения:
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) / Расшифровка подписи /

ПРИЛОЖЕНИЕ К 4

Наименование организации, выполняющей контроль
(Свидетельство об аттестации, кем выдано, срок его действия)

Заключение № -МПД

по магнитопорошковому контролю качества деталей

(наименование и позиция по технологической схеме объекта контроля, где находится – установка, цех, предприятие)

Дата контроля: _____

Используемые приборы и средства контроля:_____
(наименование и зав. № дефектоскопа, свидетельство о поверке, срок действия)

Используемая нормативно-техническая и методическая документация (ГОСТ, ОСТ, СТО, РДИ)

Сведения о контролируемых деталях:

№ п/п	Наименование детали	Материал	Контро-лируемый участок	Способ намагни-чивания	Режим намагни-чивания
1					
2					
3					

Результаты контроля:

п/п	Наименование детали	Сведения об обнаруженных дефектах	Оценка качества делали
1			
2			
3			

Специалист, проводивший контроль
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) / Расшифровка подписи /

Руководитель подразделения:
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) / Расшифровка подписи /

ПРИЛОЖЕНИЕ К 5

Наименование организации , выполняющей контроль
(Свидетельство об аттестации, кем выдано, срок его действия)

Заключение № -ВТ

по вихретоковому контролю качества деталей

(наименование и позиция по технологической схеме объекта контроля, где находится –установка, цех, предприятие)

Дата контроля: _____

Используемые приборы и средства контроля:_____
(наименование и зав. № дефектоскопа, свидетельство о поверке , срок действия)

Используемая нормативно-техническая и методическая документация
(ГОСТ, ОСТ, СТО, РДИ,)

Сведения о контролируемых деталях:

№ п/п	Наименование детали	Материал	Контролируемый участок	Способ контроля (тип датчика)
1				
2				
3				

Результаты контроля:

№ п/п	Наименование детали	Сведения об обнаруженных дефектах	Оценка качества делали
1			
2			
3			

Специалист, проводивший контроль
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) / Расшифровка подписи /

Руководитель подразделения:
(Уровень квалиф, № удостов, кем выдано, срок действия)

_____ (подпись) / Расшифровка подписи /

ПРИЛОЖЕНИЕ Л

«УТВЕРЖДАЮ»

Главный механик

_____

«____»_____20____г.

ФОРМУЛЯР

(образец)

ремонта компрессора АДК-73/40

зав. №_____№ по схеме_____
установки _____

Пояснительная записка по заполнению ремонтного формуляра

Ремонтный формуляр ведет начальник или механик компрессорной установки.

В формуляре даны заглавные листы на ремонт деталей и сборочных единиц компрессора. Для вновь смонтированного компрессора монтажные размеры, зазоры и положение узлов компрессора в пространстве, установленные монтажной организацией и отраженные в монтажном формуляре, должны быть перенесены в соответствующие разделы ремонтного формуляра.

Для компрессора, находящегося в эксплуатации, эти данные занести по результатам последних ремонтов.

В таблицу «Гидравлическое испытание деталей и систем компрессора» заносят дату и результат проведенного испытания.

В таблице «Дефектоскопия деталей компрессора» указывают дату проверки и номер документа о результатах дефектоскопии, который прилагается к формуляру.

В разделе «Запись о проверках деталей и их ремонтах» записывают объем выполненных при ремонте работ с полным перечислением произведенных осмотров, регулировок зазоров, ремонтов и замененных деталей.

Документ, подтверждающий качество замененных деталей, прилагается к формуляру.

Каждая запись в формуляре подписывается механиком или начальником компрессорной установки и мастером по ремонту.

Основные технические данные компрессора АДК-73/40

1. Компрессор АДК-73/40 - горизонтальный аммиачный, двухрядный, с цилиндрами двойного действия.
2. Завод-изготовитель: Московский завод «Компрессор».
3. Холодопроизводительность (номинальная) - 400000 ккал/ч
   при условиях: а) температура испарения - минус 43°С,
   б) температура конденсации - плюс 38°С.
4. Номинальный диаметр трущейся части штока- 100 мм.
5. Ход поршня - 550 мм.
6. Диаметр цилиндра I ст. - 730 мм.
7. Диаметр цилиндра II ст. - 400 мм.
8. Число цилиндров - 2.
9. Давление нагнетания I ст.- 0,32 МПа (3,2 кгс/см^2).
10. Давление нагнетания II ст.- 1,4 МПа (14 кгс/см^2).
11. Температура нагнетания I ст.- плюс 110°С.
12. Температура нагнетания II ст.- плюс 135°С.

13. Потребляемая мощность на валу компрессора - 384 кВт.
14. Частота вращения вала компрессора - 2,78 1/с (167 об/мин).
15. Расход охлаждающей воды - 2 м3/ч.
16. Марка лубрикатора - Н2-4Р 4/50 КХП.
17. Марка масляного насоса - НШ 40В.
18. Расход масла для смазки цилиндров и сальников - 300 г/ч.
19. Масло, применяемое для смазки цилиндров и сальников- ХА ГОСТ 5546-86.
20. Масло, применяемое для смазки механизма движения - И50А ГОСТ 20799-88.
21. Габариты компрессора длина - 6000 мм; ширина - 5500 мм; высота - 2700 мм.
22. Вес компрессора без электродвигателя - 23690 кг.
23. Марка электродвигателя - синхронный СДК-760- 167.
24. Мощность электродвигателя - 625 кВт.
25. Напряжение электродвигателя - 6000/3000 В.
26. Вес электродвигателя - 12700 кг.

Классификатор ремонта компрессора АДК 73/40

Настоящим классификатором определяется примерный объем работ выполняемых при текущем, среднем и капитальном ремонтах компрессора.

Техническое обслуживание - осмотр

1. Проверка технического состояния клапанов и клапанных гнёзд при каждой замене клапана;
2. Внешний осмотр фундамента, компрессора и электродвигателя, проверка затяжки фундаментных болтов, шпилек цилиндра и их крышек;
3. Анализ качества масла в картере.

Текущий ремонт

1. Состав технического обслуживания-осмотра
2. Проверка крепления :
- коренных и мотылевых подшипников и , при необходимости, регулировка их зазоров;
- противовесов коленчатого вала;
- шпонок ротора электродвигателя;
3. Проверка:

- величины износа опорных элементов поршня замером зазора поршень цилиндр и его регулировкой;
- состояние уплотнений штока;
- биение штока в вертикальной и горизонтальной плоскостях в пределах хода поршня;
- блокировки и автоматики;

4. Проверка стопорных устройств:
   - соединения штока с крейцкопфом;
   - пальца крейцкопфа;
   - шатунных болтов.
5. Чистка:
   - маслофильтров;
   - лубрикатора;
   - маслохолодильника;
   - маслосборника, картера;

Масло менять по рекомендации завода - изготовителя и по результатам анализа.

Средний ремонт

1) состав работ текущего ремонта;
2) рама, проверка:
   - сцепление с фундаментом;
   - затяжки болтов и шпилек;
   - состояния поверхностей скольжения направляющих крейцкопфа;
   - наличие трещин визуально, а при необходимости, одним из методов дефектоскопии (раздел 4);
3) поршень, проверка:
   - поверхности поршня на наличие трещин визуально, а при необходимости одним из методов дефектоскопии;
   - состояния технологических пробок и стопорных устройств;
   - определение величины износа баббитовой наплавки поршня или опорных элементов поршня компрессоров без смазки;
   - плотности посадки поршня на штоке, опорных поверхностей под шток и гайку, состояния стопорных устройств;
   - состояния и величины износа канавок под поршневые кольца;
   - поршневых колец, их торцевых зазоров и зазоров в замке;
   - проверка зазоров между поршнем и цилиндром;
   - проверка вредных пространств между поршнем и цилиндром;

4) крейцкопф:
- контроль деталей соединения штока с крейцкопфом, пальца крейцкопфа и мест концентрации напряжений корпуса крейцкопфа (раздел 4);
- определение износа пальца крейцкопфа;
- проверка по краске прилегания конических поверхностей пальца крейцкопфа к корпусу;
- проверка состояния поверхностей крейцкопфных подшипников, прилегания их к пальцам по краске и регулировка диаметрального зазора;
- проверка состояния крепления и фиксации отъёмных башмаков крейцкопфа;
- проверка состояния баббитовой заливки башмаков крейцкопфа и прилегания их к направляющим;
- регулировка зазора между направляющей и башмаком крейцкопфа;

5) коленвал:
- визуальная проверка вала с использованием лупы и цветной дефектоскопии на усталостные трещины (раздел 4);
- проверка величины расхождения щёк (раскепа) коленчатого вала;
- проверка состояния баббитовой заливки в коренных и шатунных подшипниках, прилегания подшипников к шейкам вала, регулировка зазора;
- промывка и продувка смазочных каналов коленвала;
- проверка состояния противовесов и их креплений;

6) шток:
- проверка выработки штока, проточка и шлифовка;
- проверка перпендикулярности опорной поверхности бурта штока к его оси;
- проверка состояния резьб, галтелей, упорных поверхностей неразрушающими методами в соответствии с картой контроля (раздел 4);
- проверка биения установленного на компрессор штока в вертикальной и горизонтальной плоскостях в пределах хода поршня;

7) шатун:
- проверка на трещины усталости в соответствии с картой контроля (раздел4);

8) шатунные болты:
- замена шатунных болтов при отработке предельного срока службы;
- определения величины остаточного удлинения;
- проверка прилегания опорных поверхностей по краске;
- проверка на трещины неразрушающими методами контроля (раздел 4);

9) цилиндры, крышки цилиндров:
- проверка состояния и определения выработки зеркала цилиндров;

- проверка на трещины усталости (не реже одного раза в три года) в местах концентрации напряжений (раздел 4);

10) клапаны:
- контроль технического состояния с разборкой;

11) сальниковые уплотнения:
- осмотр рабочих поверхностей деталей сальникового уплотнения, определение их износа, доведение до работоспособного состояния;

12) чистка и гидроиспытание маслохолодильника;
13) ревизия и проверка работоспособности маслосистемы;
14) обкатка вхолостую и под нагрузкой.

Капитальный ремонт

При капитальном ремонте компрессор полностью разбирается, и производится восстановление или замена деталей и узлов.

При капитальном ремонте выполняются следующие работы:

1) состав работ среднего ремонта;
2) определения уклона рамы и напряжений в присоединённых к компрессору трубопроводах;
3) рама, проверка:
- перпендикулярности осей расточек направляющих рамы к оси вала компрессора;
- параллельности осей рам компрессора;
- положения рам по уровню;
- выработки крейцкопфных направляющих;
- плотности литья рамы;

4) коленчатый вал, проверка:
- неразрушающими методами контроля на усталостные трещины (раздел 4);
- поверхности шеек вала и определение их выработки;
- шеек вала на биение индикатором;
- вала на определение остаточного прогиба;
- положения вала по уровню;
- состояния противовесов и их креплений;
- крепления ротора электродвигателя на валу компрессора;
- состояния вкладышей подшипников, определения толщины баббитового слоя и необходимости их перезаливки;
- уплотнения вала в раме;

5) цилиндры:
- проверка визуально и цветной дефектоскопией на трещины поверностей цилиндров, их крышек, клапанов и крышек клапанов (раздел 4);

- проверка состояния ответственных шпилек цилиндров, резьб в теле цилиндров под шпильки, масловводы и т.д.;
- проверка привалки цилиндров;
- гидроиспытания цилиндров через один капитальный ремонт или после расточки цилиндров;

6) шатуны:
- проверка прилегания шатунных подшипников к постелям;
- проверка прилегания поверхностей разъёма мотылёвой головки шатуна;
- проверка шатунов на деформацию;

7) крейцкопф, проверка прилегания по краске:
- опорных поверхностей деталей узла крепления штока к крейцкопфу;
- башмаков к направляющим крейцкопфа;

8) поршень:
- гидравлическое испытание поршня на прочность и плотность;

9) ревизия всех элементров маслосистемы с промывкой маслопроводов растворителем;

10) обкатка вхолостую и под нагрузкой.

Материал основных деталей

Наименование детали	Марка материала	
1. Рама компрессора	СЧ18	ГОСТ 1412-85
2. Заливка вкладышей коренных подшипников	Баббит Б-16	ГОСТ 1320-74
3. Цилиндр	СЧ21	ГОСТ 1412-85
4. Задняя и передняя крышки цилиндра	СЧ18	ГОСТ 1412-85
5. Коленчатый вал	Сталь 40; Сталь 45	ГОСТ 1050-88
6. Поршень	СЧ18	ГОСТ 1412-85
7. Заливка поршня	Баббит Б-16	ГОСТ 1320-74
8. Кольцо поршневое	СЧ18, СЧ21	ГОСТ 1412-85
9. Шток поршня	Сталь 40, Сталь 45	ГОСТ 1050-88
10. Шатун	Сталь 40; Сталь 45	ГОСТ 1050-88
11. Болт шатуна	Сталь 38ХА	ГОСТ 4543-71
12. Гайка болта шатуна	Сталь 45	ГОСТ 1050-88
13. Заливка вкладышей шатуна	Баббит Б83	ГОСТ 1320-74
14. Корпус крейцкопфа	Сталь 35Л	ГОСТ 977-88
15. Ползун крейцкопфа	СЧ15	ГОСТ 1412-85
16. Заливка ползуна	Баббит БН	ГОСТ 1320-74
17. Палец крейцкопфа	Сталь 15Х, Сталь 15ХА	ГОСТ 4543-71
18 Седла клапанов I ст	СЧ21	ГОСТ 1412-85
19. Седла клапанов II ст.	Сталь 45	ГОСТ 1050-88
20 Розетки клапанов I ст	СЧ18	ГОСТ 1412-85
21. Розетки клапанов II ст.	Сталь 35	ГОСТ 1050-88
22. Пластина клапанов	Сталь 30ХГСА	ГОСТ 4543-71
23. Пружины клапанов	Проволока	ГОСТ 9389-75
24. Кольцо сальника	СЧ15	ГОСТ 1412–85
	Ф4К20(наполненный коксом фторопласт)	

Нормальные и допустимые зазоры и размеры деталей компрессора при ремонте и эксплуатации

Наименование отклонений	Допускаемые при монтаже	Предельно допускаемые при эксплуатации
Фундаментная рама		
1. Отставание опорных поверхностей рамы от фундамента	-	50% периметра фундаментной рамы
2. Вертикальные циклические деформации	-	0,2 мм
3. Уклон в продольном и поперечном направлениях	0,1 мм на 1м длины	2 мм на 1 м длины
4. Разность высотных отметок рамы	0,2 мм на 1м расстояния между рамами	
5. Непараллельность осей крейцкопфных направляющих	0,2 мм на 1 м. длины	0,2 мм на 1 м длины
6. Отклонение фактической высотной отметки установленной рамы и смещение ее главных осей в плане от проектных	10 мм	
7. Прогиб рамы	0,03 мм на 1 м длины	
8.Неперпендикулярность оси вала к осям крейцкопфных направляющих	0,1 мм на 1 м длины	
9. Неравномерность выработки крейцкопфных направляющих	-	До 0,30 мм
10. Точность выставки струны	До 0,02 мм	

Наименование отклонений	Допускаемые при монтаже	Предельно допускаемые при эксплуатации
Коленчатый вал, коренные и шатунные подшипники		
1. Отклонение вала от горизонтального положения	0,2 мм на 1 м длины	
2. Расхождение щек (раскеп)	0,055 мм	0,14 мм
3. Зазор между шейкой вала и вкладышем: а) верхним б) боковым	 0,08 - 0,12 мм 0,04 - 0,06 мм	 0,25 мм 0,12 мм
4. Диаметральный зазор в мотылевом подшипнике	0,05 - 0,08 мм	0,18 мм
5. Торцевой (осевой) зазор в фиксирующем подшипнике вала	0,1 - 0,22 мм	0,44 мм
6. Торцевые (осевые) зазоры в коренных подшипниках вала	0,8 - 1 мм на 1 м расстояния от фиксирующего пошипника	
7. Овальность и конусность коренных шеек вала	0,02 мм	0,15 мм
8. Овальность и конусность мотылевых шеек вала	0,02 мм	0,10мм

Наименование отклонений	Допускаемые при монтаже	Предельно допускаемые при эксплуатации
9. Радиальное биение коренных шеек вала и посадочных мест под шестерни привода маслонасоса	0,05 мм	0,05 мм
10. Износ баббитового слоя вкладышей коренных и мотылевых подшипников	-	60% первоначальной толщины
11. Непараллельность осей шатунных шеек относительно оси коленчатого вала	0,02 мм на 100мм длины	0,02 мм на 100мм длины
12. Минимально допустимый диаметр шеек вала	-	на 2% меньше первоначального диаметра шеек вала
Цилиндр компрессора		
1. Перекрещивание и смещение осей цилиндра и крейцкопфных направляющих	0,1 мм	-
2. Величина, вредного пространства цилиндров I и II ступеней: а) со стороны крышки б) со стороны сальников	 2,5 - 3 мм 1,5 - 2 мм	 - -
3. Выработка цилиндра I ступени: а) бочкообразность б) овальность	 - -	 1,65 мм 0,8 мм

Наименование отклонений	Допускаемые при монтаже	Предельно допускаемые при эксплуатации
4. Выработка цилиндра II ступени: а) бочкообразность б) овальность	 - -	 0,80 мм 0,80 мм
5. Максимально допустимый диаметр цилиндра I ст. Максимально допустимый диаметр цилиндра II ст.		В соответствии с п.3.5.4
Шатун и крейкопф		
1. Зазор между верхней направляющей и ползуном крейцкопфа	0,2- 0,3 мм	0,5 мм
2. Диаметральный зазор в пальце крейцкопфа	0,03 - 0,05 мм	0,20 мм
3. Овальность пальца крейцкопфа	0,02 мм	0,08 мм
4. Суммарный осевой зазор между торцами вкладыша подшипника и телом крейцкопфа	0,5 - 0,7 мм	-
5. Непараллельность осей отверстий головок шатуна	0,3 мм на 1 м длины	-
6. Перекрещивание (скручивание) осей отверстий головок шатуна	0,5 мм на 1 м длины	-
7. Неперпендикулярность торцевых поверхностей головок шатуна к осям их отверстий	0,5 мм на 1 м длины	-
8. Взаимное смещение торцевых поверхностей крейцкопфной и кривошипной головок шатуна	Не более 0,2 мм	-

Наименование отклонений	Допускаемые при монтаже	Предельно допускаемые при эксплуатации
Шатунные болты		
1. Остаточное удлинение шатунного болта	-	0,0005L
2. Величина упругого удлинения шатунного болта при его затяжке (из легированных сталей), где: L-расстояние между опорными поверхностями головки и гайки болта	0,0004L	0,0004L
Шток, поршень, поршневые кольца		
1. Зазор между поршнем и цилиндром I и II ступеней в верхней части	1 мм	1,5 мм
2. Толщина выступающей части баббитовой наплавки подушки поршня	1 мм	0,5 мм
3. Торцевой зазор между поршневым кольцом и канавкой под поршневое кольцо: I ступени II ступени	 0,05 мм 0,04 мм	 0,30 мм 0.18 мм
4. Зазор в замке поршневого кольца: I ступени II ступени	 2 - 2,5 мм 1,2 - 1,5 мм	 10 мм 4,3 мм
5. Величина утопания поршневого кольца в канавке поршня: I ступени II ступени	 2,0 мм 1,5 мм	-
6. Уменьшение перемычек между канавками поршня при их исправлении	-	20% их номинального размера

Наименование отклонений	Допускаемые при монтаже	Предельно допускаемые, при эксплуатации
7. Износ поршневых колец	-	До 30% первоначальной толщины
8. Величина уклона штока из-за износа баббитовой подушки или направляющих колец		Не более 0,3 мм в пределах хода поршня
9. Допускаемая овальность и конусность	-	0,15 мм
10. Неперпендикулярность опорной торцевой поверхности бурта штока относительно его оси	Не более 0,01 мм на 100 мм диаметра бурта	
11. Биение штока при проверке его в центрах	Не более 0,05 мм по длине штока	-
12. Минимально допустимый диаметр штока	-	97,5
Сальники		
1. Суммарный зазор колец по торцам в обойме	0,06 - 0,18 мм	-
2. Зазор в стыках разрезных колец сальника	2 - 3 мм	-
3. Износ уплотнительных элементов сальника		До 30% от номинальной радиальной толщины
4. Величина остаточной деформации пружины сальника		Не более 10% ее номинальной длины
5. Зазор между штоком и дроссельной втулкой	0,05 - 0,06 мм	-
6. Зазор по торцу дроссельной втулки	0,07 - 0,15 мм	-
7. Зазор между поверхностью камеры сальника и штоком	1,5 - 2,5 мм	-

Наименование отклонений	Допускаемые при монтаже	Предельно допускаемые, при эксплуатации
Ротор		
1. Зазор между ротором и статором	2,2 - 2,5 мм	-
Масляный насос		
1. Зазор между торцом шестерни и крышкой маслонасоса	0,08 - 0,1 мм	0,20 мм
2. Радиальный зазор между вершиной зуба шестерни и поверхностью цилиндрической расточки корпуса	0,05 - 0,1 мм	0,20 мм
3. Износ зубьев шестерни по профилю	-	0,5 мм
4. Диаметральный зазор в подшипниках скольжения маслонасоса	0,04 - 0,06 мм	0,12 мм
Клапаны		
1. Высота подъема пластин клапанов I ст.	3,5 мм	4,2 мм
2. Высота подъема пластин клапанов II ст.	3,0 мм	3,7 мм

ПЛАН-ГРАФИК

работы и ремонта компрессора АДК-73/40 цеха №

на 20_____ год

Отработано часов с начала эксплуатации на 1 января	Дата последнего ремонта и количество часов, отработанных после последнего ремонта на 1 января			Отработано часов, дата ремонта по плану, дата ремонта фактически, дата профилактики												Отработано часов	
	Текущий	Средний	Капитальный	Наработка компрессора и его ремонты	Январь	Февраль	Март	Апрель	Май	Июнь	Июль	Август	Сентябрь	Октябрь	Ноябрь	Декабрь	За год	с начала эксплуатации на конец года
				За месяц														
				После тек. ремонта														
				После средн. ремонта														
				После кап. ремонта														
				Ремонт по плану														
				Ремонт фактич.														

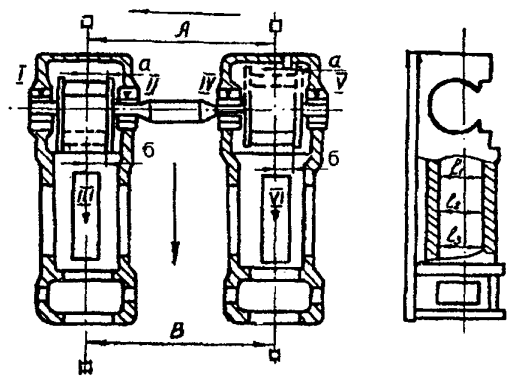
Чистка масляной системы и смена масла	по плану
	фактически

Ст. механик Мех. компрессорной

Дефектоскопия деталей компрессора

Наименование деталей	Периодичность контроля	Ступень	Отметка о проведенной дефектоскопии и номер документа о результатах дефектоскопии
1. Шатун	Средний и капитальный ремонт	I, II	
2. Крейцкопф	Средний и капитальный ремонт	I, II	
3. Палец крейцкопфа	Средний и капитальный ремонт	I, II	
4. Детали узла соединения штока с крейцкопфом	Средний и капитальный ремонт	I, II	
5. Шток	Средний и капитальный ремонт	I, II	
6. Коленчатый вал	Средний и капитальный ремонт		
7. Поршень	Средний и капитальный ремонт	I, II	
8. Цилиндр	Средний и капитальный ремонт	I, II	
9. Шатунные болты	Средний и капитальный ремонт	I, II	

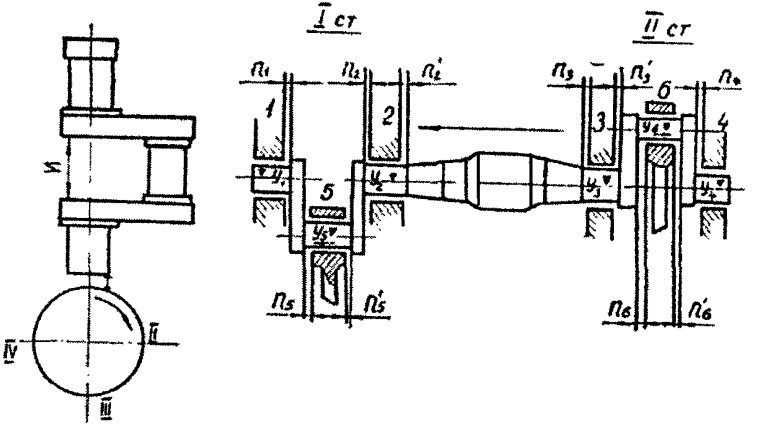
Фундаментная рама



Примечания: 1. При знаке «плюс» рама в направлении стрелки имеет подъём от горизонтали, при знаке «минус» - уклон от горизонтали. 2. ▼–места установки уровней.

Дата проверки	(А-В) мм	Рама I ст.							Рама IIст.							Подпись механика
		Угол вала	Показания уровня, мм на 1 пог. м			Диаметр направляющих, мм			Угол вала	Показания уровня, мм на 1 пог. м			Диаметр направляющих, мм			
		(а-б) мм	I	II	III	l_1	l_2	l_3	(а-б) мм	IV	V	VI	l_1	l_2	l_3	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17

Коленчатый вал



Примечания: 1. При знаке «плюс» вал в направлении стрелки имеет подъем от горизонтали, при знаке «минус» - уклон от горизонтали.

2. ▼-места установки уровней.

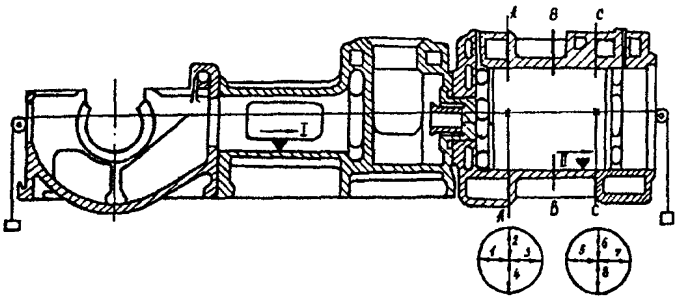
Дата проверки	Подшипники вала I ступени																Подпись механика
	Подшипник № 1								Подшипник №2								
	Диаметр шейки, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Радиальное биение, мм	Толщина баббита, мм	Зазор		$п_1$, мм	Диаметр шейки, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Радиальное биение, мм	Толщина баббита, мм	Зазор		$п_2+п'_2$, мм	
						верх., мм	бок, мм							верх., мм	бок, мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Дата проверки	Подшипники вала II ступени																Подпись механика
	Подшипник № 3								Подшипник №4								
	Диаметр шейки, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Радиальное биение, мм	Толщина баббита, мм	Зазор		$п_3+п'_3$, мм	Диаметр шейки, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Радиальное биение, мм	Толщина баббита, мм	Зазор		$п_4$, мм	
						верх., мм	бок, мм							верх., мм	бок, мм		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Дата проверки	Мотылевые подшипники												Подпись механика
	Подшипник № 5						Подшипник № 6						
	Диаметр шейки, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Толщина баббита, мм	Диаметральный зазор, мм	$п_5+п'_5$, мм	Диаметр шейки, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Толщина баббита, мм	Диаметральный зазор, мм	$п_6+п'_6$, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

Дата проверки	«И» I ступени				«И» II ступени				У1	У2	У3	У4	У5	У6	Подпись механика
	I	II	III	IV	I	II	III	IV							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

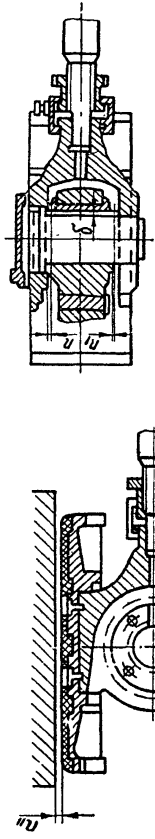
Цилиндр компрессора



Примечания: 1. При знаке «плюс» рама, цилиндр в направлении стрелки имеют подъем от горизонтали, при знаке «минус» - уклон от горизонтали 2. ▼ -место установки уровней.

Дата проверки	Цилиндр I ступени										Цилиндр II ступени										Подпись механика
	Замеры по штихмасу, мм								Замеры по уровню,мм на 1 пог. м		Замеры по штихмасу, мм								Замеры по уровню,мм на 1 пог. м		
	1	2	3	4	5	6	7	8	I	II	1	2	3	4	5	6	7	8	I	II	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22

Дата проверки	Цилиндр I ступени								Цилиндр II ступени								Подпись механика
	Сеч. А-А		Сеч. В-В		Сеч. С-С		Мертвое пр-во		Сеч. А-А		Сеч. В-В		Сеч. С-С		Мертвое пр-во		
	Замер по горизонтали, мм	Замер по вертикали, мм	Замер по горизонтали, мм	Замер по вертикали, мм	Замер по горизонтали, мм	Замер по вертикали, мм	Со стороны крышки, мм	Со стороны вала, мм	Замер по горизонтали, мм	Замер по вертикали, мм	Замер по горизонтали, мм	Замер по вертикали, мм	Замер по горизонтали, мм	Замер по вертикали, мм	Со стороны крышки, мм	Со стороны вала, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18



Шатун. Крейцкопф.

Дата проверки	I ступень							II ступень							Подпись механика
	Шатун		Крейцкопф, палец крейцкопфа					Шатун		Крейцкопф, палец крейцкопфа					
	Непараллельность осей отверстий головок, мм	Скручивание осей отверстий головок, мм	$п+п_I$, мм	$п_{II}$, мм	δ, мм	Диаметр пальца, мм	Овальность пальца, мм	Непараллельность осей отверстий головок, мм	Скручивание осей отверстий головок, мм	$п+п_I$, мм	$п_{II}$, мм	δ, мм	Диаметр пальца, мм	Овальность пальца, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Шатунный болт I ступени (верхний)

Допустимое остаточное удлинение _____

Нормальное упругое удлинение при затяжке _____

Дата проверки	Номер болта	Первоначальная длина, мм	Число часов работы болта с момента установки	Длина болта в затянутом состоянии, мм	Длина болта при периодических проверках в свободном состоянии, мм	Результаты визуального осмотра	Результаты дефектоскопии	Принятые меры	Подпись механика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Шатунный болт I ступени (нижний)

Допустимое остаточное удлинение _____

Нормальное упругое удлинение при затяжке _____

Дата проверки	Номер болта	Первоначальная длина, мм	Число часов работы болта с момента установки	Длина болта в затянутом состоянии, мм	Длина болта при периодических проверках в свободном состоянии, мм	Результаты визуального осмотра	Результаты дефектоскопии	Принятые меры	Подпись механика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Шатунный болт II ступени (верхний)

Допустимое остаточное удлинение _____

Нормальное упругое удлинение при затяжке _____

Дата проверки	Номер болта	Первоначальная длина, мм	Число часов работы болта с момента установки	Длина болта в затянутом состоянии, мм	Длина болта при периодических проверках в свободном состоянии, мм	Результаты визуального осмотра	Результаты дефектоскопии	Принятые меры	Подпись механика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Шатунный болт II ступени (нижний)

Допустимое остаточное удлинение _____

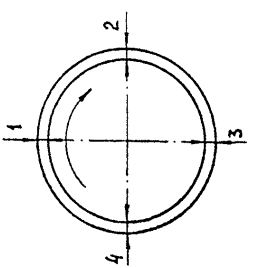
Нормальное упругое удлинение при затяжке _____

Дата проверки	Номер болта	Первоначальная длина, мм	Число часов работы болта с момента установки	Длина болта в затянутом состоянии, мм	Длина болта при периодических проверках в свободном состоянии, мм	Результаты визуального осмотра	Результаты дефектоскопии	Принятые меры	Подпись механика
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

Шток, поршень, поршневые кольца

I ступень													
Дата осмотра	Поршень			Поршневые кольца					Шток				Подпись механика
	Толщина выступающей части баббитовой подушки, мм	Зазор между поршнем и цилиндром в верхней части, мм	Замеренная величина перемычек между поршневыми канавками, мм	Зазор в замке кольца № 1, мм	Зазор в замке кольца № 2, мм	Зазор в замке кольца № 3, мм	Зазор в замке кольца № 4, мм	Торцевой зазор между поршневым кольцом и стенкой канавки, мм	Диаметр штока, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Биение штока, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14

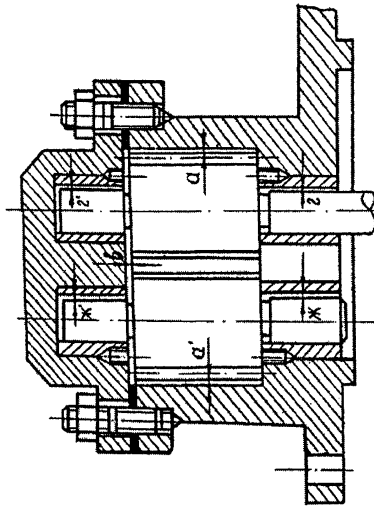
II ступень													
Дата осмотра	Поршень			Поршневые кольца					Шток				Подпись механика
	Толщина выступающей части баббитовой подушки, мм	Зазор между поршнем и цилиндром в верхней части, мм	Замеренная величина перемычек между поршневыми канавками, мм	Зазор в замке кольца № 1, мм	Зазор в замке кольца № 2, мм	Зазор в замке кольца № 3, мм	Зазор в замке кольца № 4, мм	Торцевой зазор между поршневым кольцом и стенкой канавки, мм	Диаметр штока, мм	Овальность, мм	Конусность, мм	Биение штока, мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14



Ротор

Дата проверки	Зазор между ротором и статором, мм				Подпись механика
	1	2	3	4	

Маслонасос



Дата проверки	Насос I ступени								Насос II ступени								Подпись механика
	а, мм	а', мм	Износ зубьев шестерен, мм	в, мм	г, мм	г', мм	ж, мм	ж', мм	а, мм	а', мм	Износ зубьев шестерен, мм	в, мм	г, мм	г', мм	ж, мм	ж', мм	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Запись о проверках узлов, деталей и их ремонтах

Дата ремонта	Вид ремонта и произведенные работы	Заменены детали	Причины замены	Номер документа, подтверждающего качество детали	Подпись механика и мастера
1	2	3	4	5	6

Список использованных источников

1.ПБ 09-540-03. Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств.
2. ПБ 09-563-03. Правила промышленной безопасности для нефтеперерабатывающих производств.
3. ПБ 03-246-98, с изменением №1[ПБИ 03-490 (246)-02]. Правила проведения экспертизы промышленной безопасности.
4. ПБ 03-582-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации компрессорных установок с поршневыми компрессорами, работающими на взрывоопасных и вредных газах.
5. ПБ 03-581-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации стационарных компрессорных установок, воздухопроводов и газопроводов.
6. ПБ 09-595-03. Правила безопасности аммиачных холодильных установок.
7. ПБ 03-576-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением.
8. ПБ 03-585-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.
9. ПБ 09-592-03. Правила устройства и безопасной эксплуатации холодильных систем.
10. ПБ 03-440-02. Правила аттестации персонала в области неразрушающего контроля.
11. ПБ 03-372-00. Правила аттестации и основные требования к лабораториям неразрушающего контроля.
12.Технический регламент о безопасности машин и оборудования. Утвержден постановлением правительства РФ от 15.09. 2009 г. № 753.
13. СТО-СА-03-004-2009. Инструкция по техническому надзору, методам ревизии и отбраковке трубчатых печей, резервуаров, сосудов и аппаратов нефтеперерабатывающих и нефтехимических производств.
14. РУА-93. Руководящие указания по эксплуатации и ремонту сосудов и аппаратов, работающих под давлением ниже 0,07МПа (0,7кгс/см^2) и вакуумом.
15. СА 03-005-07. Технологические трубопроводы нефтеперерабатывающей, нефтехимической и химической промышленности. Требования к устройству и эксплуатации.
16. СА-03-007-06. Методика технического диагностирования компрессорных установок с поршневыми компрессорами.

17. ГОСТ 12.2.016.1-91– ГОСТ 12.2.016.5-91. Оборудование компрессорное. Определение шумовых характеристик.
18. ГОСТ 12.2.016-81. Оборудование компрессорное. Общие требования безопасности.
19. ГОСТ 2.602-95. ЕСКД. Ремонтные документы.
20. ГОСТ 1412-85. Чугун с пластинчатым графитом для отливок. Марки
21. ГОСТ 4543-71. Сталь легированная конструкционная. Технические условия.
22. ГОСТ 613-79. Бронзы оловянные литейные. Марки.
23. ГОСТ 1320-74. Баббиты оловянные и свинцовые. Технические условия.
24. ГОСТ 21121-75. Лазурь железная. Технические условия.
25. ГОСТ 8581–78. Масла моторные для автотракторных дизелей. Технические условия.
26. ГОСТ 3443-87. Отливки из чугуна с различной формой графита. Методы определения структуры.
27. ГОСТ 5539-73. Глет свинцовый. Технические условия.
28. ГОСТ 493-79. Бронзы безоловянные литейные. Технические условия.
29. ГОСТ 5017-2006. Бронзы оловянные, обрабатываемые давлением. Марки.
30. ГОСТ 1050-88. Прокат сортовой, калиброванный, со специальной отделкой поверхности из углеродистой качественной конструкционной стали. Общие технические условия.
31. ГОСТ 977-88. Отливки стальные. Общие технические условия.
32. ГОСТ 1583-93. Сплавы алюминиевые литейные. Технические условия.
33. ГОСТ 8479-70. Поковки из конструкционной углеродистой и легированной стали. Общие технические условия.
34. ГОСТ 9515-81. Кольца поршневые металлические поршневых компрессоров. Технические условия.
35. ГОСТ 4832-95.Чугун литейный. Технические условия.
36. ГОСТ 2789-73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики.
37. ГОСТ 5632-72. Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки.
38. ГОСТ 621-87. Кольца поршневые двигателей внутреннего сгорания. Общие технические условия.
39.ГОСТ 3647-80. Материалы шлифованные. Классификация. Зернистость и зерновой состав. Методы контроля.
40.ГОСТ Р 52381-2005. Материалы абразивные. Зернистость и зерновой состав шлифовальных порошков. Контроль зернового состава.

41.ГОСТ 14959-79. Сталь рессорно-пружинная углеродистая и легированная. Технические условия.
42. ГОСТ 21743-76. Масла авиационные. Технические условия.
43. ГОСТ 1861-73. Масла компрессорные. Технические условия.
44.ГОСТ 9243-75. Масло компрессорное из сернистых нефтей КС-19. Технические условия.
45. ГОСТ 20799-88. Масла индустриальные. Технические условия.
46. ГОСТ 6411-76. Масла цилиндровые тяжелые. Технические условия.
47. ГОСТ 5546-86. Масла для холодильных машин. Технические условия.
48. ГОСТ 3778-98. Свинец. Технические условия.
49. ГОСТ 481-80. Паронит и прокладки из него. Технические условия.
50. ГОСТ 9347-74. Картон прокладочный и уплотнительные прокладки из него.Технические условия.
51. ГОСТ 25706-83.Лупы. Типы, основные параметры. Общие технические требования.
52. ГОСТ 18442- 80. Контроль неразрушающий. Капиллярные методы. Общие требования.
53. ГОСТ 21105 - 87. Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод.
54. ГОСТ 9849- 86. Порошок железный. Технические условия.
55. ГОСТ 26697- 85. Контроль неразрушающий. Дефектоскопы магнитные и вихретоковые. Общие технические условия.
56. ГОСТ 24289 – 80. Контроль неразрушающий вихретоковой. Термины и определения.
57. ГОСТ 21104 – 75. Контроль неразрушающий. Феррозондовый метод.
58. ГОСТ 23049-84. Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Основные параметры и общие технические требования.
59. ГОСТ 23702 - 90. Контроль неразрушающий. Преобразователи ультразвуковые. Методы измерения основных параметров.
60. ГОСТ 23667 - 85. Контроль неразрушающий. Дефектоскопы ультразвуковые. Методы измерения основных параметров.
61. ГОСТ 12503 - 75. Сталь. Методы ультразвукового контроля. Общие требования.
62. ГОСТ 20415 - 82. Контроль неразрушающий. Методы акустические. Общие положения.
63. ГОСТ 20368 - 77.
64. ГОСТ 22727 - 88. Прокат листовой. Методы ультразвукового контроля.
65. ГОСТ 24507 - 80. Прокат листовой. Поковки из черных и цветных металлов. Метод ультразвуковой дефектоскопии.
66. ГОСТ 14782 - 86. Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.

67. ГОСТ 18188- 72. Растворители марок 645,646,647,648 для лакокрасочных материалов. Технические условия.
68. ГОСТ 13489 -79. Герметики марок У-30М и УТ-31. Технические условия.
69. ГОСТ 40-80. Гуанид Ф. Технические условия.
70. ГОСТ 2768-84. Ацетон технический. Технические условия.
71. ГОСТ 8981-78. Эфиры этиловый и нормальный бутиловый уксусной кислоты технические. Технические условия.
72. ГОСТ 977 - 88. Отливки стальные. Общие технические условия.
73.ГОСТ 9389 – 75. Проволока стальная углеродистая пружинная. Технические условия
74. ТУ 48-19-133-90. Дисульфид молибдена.
75.ОСТ 26-01-135-81. Поковки деталей сосудов, аппаратов и трубопроводов высокого давления. Общие технические требования, правила приемки, методы испытаний.
76. СНиП 2.02.05-87. Фундаменты машин с динамическими нагрузками.
77. СНиП 3.05.05-84. Технологическое оборудование и технологические трубопроводы.
78. СНиП 3.01.01-85. Организация строительного производства.
79. СНиП 52-01-2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения.
80. ВСН 478-86. Производственная документация по монтажу технологического оборудования и технологических трубопроводов.
81.ВСН 361-85. Установка технологического оборудования на фундаментах.
82.РД 26-12-27-88. Клапаны самодействующие поршневых компрессоров. Методы расчета.
83. РД 03-606-03. Инструкция по визуальному и измерительному контролю.
84.РД 09-250-98, с изменением №1[РДИ 09-501(250)-02]. Положение о порядке безопасного проведения ремонтных работ на химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих опасных производственных объектах.
85.РД 09-364-00. Типовая инструкция по организации безопасного проведения огневых работ на взрывоопасных и взрывопожароопасных объектах.
86. РД РТМ 26-12-23-78. Оборудование компрессорное. Порядок проведения дефектоскопического контроля.
87. РД 13-06-2006. Методические рекомендации о порядке проведения капиллярного контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах.
88. РД-13-05-2006. Методические рекомендации о порядке проведения магнитопорошкового контроля технических устройств и сооружений, применяемых и эксплуатируемых на опасных производственных объектах.

89.РДИ 38.18.019-95. Инструкция по капиллярному контролю деталей технологического оборудования, сварных соединений и наплавок.
90.РДИ 38.18.017-94. Инструкция по магнитопорошковому контролю оборудования и сварных соединений.
91. РДИ 38.18.016 – 94. Инструкция по ультразвуковому контролю сварных соединений технологического оборудования.
92. ОТУ3-01. Сосуды и аппараты. Общие технические условия на ремонт.
93. ИСО10816-6-95 Вибрация. Оценка состояния машин по измерениям вибрации на невращающихся частях. Часть 6. Руководство для машин возвратно-поступательного действия мощностью более 100 кВт.
94. Положение о планово-предупредительном ремонте (ППР) технологического оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Часть 1. Утверждено Миннефтехимпромом 23.12.1976.
95. Положение о планово-предупредительном ремонте (ППР) технологического оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Часть 1. Таблица 1 с изменениями и дополнениями. Утверждено Миннефтехимпромом 23.12.1987.
96. Нормы межремонтных периодов, структуры ремонтных циклов и содержание работ по видам ремонта машинного оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Изменение к Положению о ППР. Часть 1. Таблицы 3 и 4. Утверждены Миннефтехимпромом 10.12.1987.
97. Положение о системе технического обслуживания и ремонта технологического оборудования предприятий нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Часть вторая. Нефтехимические производства. Утверждено Миннефтехимпромом 22.04.1981.
98. Инструкция. ИПКМ-2005. «Порядок эксплуатации, ревизии и ремонта пружинных предохранительных клапанов, мембранных предохранительных устройств нефтеперерабатывающих и нефтехимических предприятий Минпромэнерго России».
99. Порядок продления срока безопасной эксплуатации технических устройств, оборудования и сооружений на опасных производственных объектах. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ № 195 от 30 июня 2009 г.
100. Инструкция по организации безопасного проведения газоопасных работ на предприятиях нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности. Утверждена Миннефтехимпромом 19.09.1986.
101. Инструкции по техническому надзору и эксплуатации сосудов, работающих под давлением, на которые не распространяются Правила Ростехнадзора. ИТНЭ-93.

102.Технические Указания по переводу компрессоров на работу без смазки цилиндров и сальников. Утверждены Миннефтехипромом 12.12.1972. Волгоград. Нижне-Волжский филиал ГрозНИИ, 1972.
103. Основные технические условия на ремонт поршневых компрессоров предприятий азотной промышленности.- М: Химия, 1970.
104.Общие технические условия по ремонту поршневых компрессоров.- Волгоград.1985.
105. Гидон Л.М. Монтаж поршневых компрессоров. М., Машиностроение,1974.
106. Новиков И.И., Захаренко В.П., Ландо Б.С. Бессмазочные поршневые уплотнения в компрессорах.Л., Машиностроение,1981.
107. Мыслитский Е.Н., Киселев Г.Ф., Рахмелевич З.З. Техническое обслуживание и ремонт поршневых компрессорных машин. М., Химия, 1978.
108. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных компрессорных установок/В.Д. Ветер, В.Я. Павленко, Р.Н.Никифоренко, С.М. Малахов. М., Недра, 1980.
109. Соколов В.Н., Семенов Л.Г. Монтаж, эксплуатация и ремонт кислородных и криогенных установок. М.,Машиностроение,1984.
110. Френкель М.И. Поршневые компрессоры.Л., Машиностроение,1969.
111.Храпач Г.К. Монтаж и ремонт компрессоров. М., Недра,1983.
112. Пластинин П.И. Поршневые компрессоры, том 2. Основы проектирования, конструкции, М., «Колос», 2008.

gost.e-ecolog.ru