

КОМПРЕССОРНАЯ  
УСТАНОВКА  
2ГУ1-1,5/13 УХЛ4

РУКОВОДСТВО ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ

2ГУ1-00.00.000РЭ

## СОДЕРЖАНИЕ

1. ОПИСАНИЕ И РАБОТА.....	3
1.1. НАЗНАЧЕНИЕ .....	3
1.2. СОСТАВ.....	4
1.3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА .....	4
1.4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ.....	5
1.5. МАРКИРОВКА.....	12
1.6. УПАКОВКА.....	12
2.1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ.....	13
2.2. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ.....	13
2.2.4. Действия обслуживающего персонала в аварийных ситуациях.....	14
2.3. ПОДГОТОВКА КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ К РАБОТЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ .....	15
2.4. РЕГУЛИРОВКА И НАСТОЙКА .....	18
3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ .....	19
3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	19
3.2. ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ КОМПРЕССОРА.....	19
3.2.1. Коленчатый вал.....	19
3.2.2. Подшипники скольжения .....	20
3.2.3. Шатуны и шатунные болты.....	21
3.2.4. Крейцкопфы .....	21
3.2.5. Шток .....	22
3.2.6. Поршни.....	22
3.2.7. Поршневые кольца .....	22
3.2.8. Сальники.....	23
3.2.9. Цилиндры, гильзы цилиндров.....	23
3.2.10. Клапаны.....	24
3.2.11. Предохранительные и обратные клапаны.....	25
3.2.12. Межступенчатые газовые коммуникации и аппараты.....	25
3.3. РАЗБОРКА И СБОРКА КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ.....	26
3.3.1. Правила разборки .....	26
3.3.2. Порядок разборки.....	26
3.3.3. Порядок сборки.....	27
ПРИЛОЖЕНИЕ А.....	28
ПРИЛОЖЕНИЕ Б .....	47

Настоящее руководство предназначено для ознакомления с устройством, принципом работы и монтажом компрессорной установки 2ГУ1-1,5/13 УХЛ4

При изучении настоящего документа следует дополнительно пользоваться конструкторскими и эксплуатационными документами, которые входят в комплект поставки компрессорной установки.

## 1. ОПИСАНИЕ И РАБОТА

### 1.1. НАЗНАЧЕНИЕ

1.1.1. Компрессорная установка 2ГУ1-1,5/13 УХЛ4 (далее - установка) предназначена для компримирования водорода, с последующей подачей его в систему очистки аргона от кислорода.

1.1.2. Основные технические данные установки приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Основные технические данные компрессорной установки

Наименование показателей	Величина
Сжимаемая среда	Водород
Производительность по условиям всасывания, м <sup>3</sup> /мин	0,5
Давление начальное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) (абс)	0,1 (1,04)
Давление нагнетания 1 ступени, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) (абс)	0,29 (2,9)
Давление конечное, МПа (кгс/см <sup>2</sup> ) (абс)	0,8 (8)
Температура окружающей среды, К (°С)	288...303 (+15...+30)
Температура нагнетания 1 ступени, К (°С) не более	397 (124)
Температура нагнетания 2 ступени, К (°С) не более	421 (148)
Число ступеней сжатия	2
Диаметр цилиндров, мм	
1 ступени	125
2 ступени	80
Число цилиндров:	
1 ступени	1
2 ступени	1
Ход поршня, мм	75
Частота вращения коленчатого вала, с <sup>-1</sup> (об/мин)	8,3 (500)
Направление вращения (со стороны клиноременной передачи)	правое

Мощность, потребляемая компрессором при номинальной производительности и давлении, кВт, не более	4,5
Марка масла	МС-20 ГОСТ21743-76 и К-3-10 ТУ38.401479-84
Количество масла одной заправки картера, кг	10
Температура масла в картере, К ( $^{\circ}$ C), не более	358 (+75)
Охлаждение компрессора	воздушное
Электропривод	Электродвигатель АИМР 160 S4 1500 об/мин
Габаритные размеры, мм не более	
длина, L	1700
ширина, B	1050
высота, H	1650
Масса компрессора в объеме поставки, кг, не более,	850

Примечание – Производительность установки по условиям всасывания и потребляемая мощность устанавливаются после 50 часов работы.

## 1.2. СОСТАВ

Компрессорная установка (рисунок 1) состоит из:

- компрессора с клиноременным приводом (1);
- блока холодильников с вентилятором (2);
- системы КИП и автоматики (3);
- газопровода с арматурой (4);
- емкости буферной (5);
- влагомаслоотделителей (6,7).
- системы смазки механизма движения (8)

## 1.3. УСТРОЙСТВО И РАБОТА

Схема принципиальная установки представлена на рисунке 2.

Коленчатый вал, приводимый в движение электродвигателем через клиноременную передачу, сообщает возвратно-поступательное движение крейцкопфам, которые приводят в движение штоки с поршнями I и II ступеней. При этом поршни перемещаются в цилиндрах вверх и вниз из одного крайнего положения в другое.

Цилиндр I ступени – двойного действия, т.е. газ в цилиндре сжимается при движении поршня как вверх, так и в низ. При движении поршня I ступени в цилиндре образуется

разряжение, вследствие чего открываются всасывающие клапаны и газ поступает в цилиндр, где сжимается и затем, через нагнетательный клапан и нагнетательную полость, последовательно проходит через емкость буферную, холодильник и влагомаслоотделитель.

Охлажденный и освобожденный от конденсата газ поступает через всасывающий клапан в цилиндр II ступени. При движении поршня II ступени в цилиндре образуется разряжение, вследствие чего открываются всасывающие клапаны и газ поступает в цилиндр, где сжимается и затем, через нагнетательный клапан и нагнетательную полость, последовательно проходит через , холодильник и влагомаслоотделитель-к потребителю.

## 1.4. УСТРОЙСТВО И РАБОТА СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ

### 1.4.1. Рама

Рама компрессорной установки сварная, изготовлена из стального профиля. На раму монтируются компрессор и электродвигатель.

### 1.4.2. Компрессор

Компрессор представляет собой трехступенчатую V-образную крейцкопфную поршневую машину (рисунок 3), которая состоит из следующих частей:

- картер (1);
- вал коленчатый;
- фонари (2);
- крейцкопфы с шатунами;
- штоки I и II ступеней;
- сальники;
- поршни I, II ступени;
- цилиндры I, II ступени (3, 4);
- маховик (5);
- маслоблок (6).

1.4.2.1. Картер компрессора (1) выполнен в виде чугунной отливки коробчатой формы и является основной деталью, на которой монтируются все остальные узлы машины.(рисунок 4)

Доступ в картер осуществляется через крышки, расположенные на боковой поверхности. В картере установлен коленчатый вал (2) с шатунами (3). К картеру крепятся гильзы крейцкопфа (6), к шатунам – крейцкопфы (4), фильтр (7) грубой очистки масла, маслоуказатель (8). На картере установлен блок смазки(5).

1.4.2.2. Коленчатый вал (рисунок 5). Литой вал (1), выполненный из высокопрочного чугуна, имеет один кривошип, предназначенный для установки двух шатунов, и два коренных радиально-сферических подшипника (2). На один конец вала на шпонке (3) насажен шкив-маховик (4), который фиксируется от осевого смещения фланцем (5).

Другой конец вала соединен с помощью зубчатой муфты (6) с ведущей шестерней маслонасоса.

Вал со стороны привода имеет уплотнительное кольцо (7), которое задерживает масло, разбрызгиваемое внутри картера. Для подачи масла на шатунную шейку в вале имеются каналы, некоторые из которых закрыты пробками (8).

1.4.2.3 Шатун (рисунок 6). Шатун (1) имеет кривошипную головку с отъемной крышкой и неразъемную крейцкопфную головку. Разъемные тонкостенные вкладыши (2) кривошипной головки унифицированы с вкладышами дизеля Д-37Е. В крейцкопфную головку запрессована бронзовая втулка (3). Смазка пальца (4) крейцкопфа осуществляется через трубку (5), которая подает масло в верхнюю головку шатуна и имеет отверстие для разбрызгивания масла для смазки крейцкопфа. Крышка кривошипной головки шатуна соединяется со стержнем шатуна двумя шатунными болтами (6) из легированной стали и гайками (7). На головке каждого шатунного болта указывается его начальная длина, необходимая для оценки остаточного удлинения болта за время эксплуатации.

1.4.2.4 Крейцкопф (рисунок 6) состоит из алюминиевой ползушки (8), соединенной со стальной серьгой (9) при помощи пальца. Шток вворачивается в тело серьги и контрится разрезной гайкой (10). Такое соединение позволяет регулировать зазор между торцами поршня и цилиндра в крайних положениях. Величина зазоров указана в паспорте компрессора.

Палец выполнен из легированной стали, подвергнут цементации и закалке. Палец фиксируется от осевого перемещения пружинными кольцами (11).

#### 1.4.2.5 Система смазки

Смазка коренных подшипников вала и ползушек крейцкопфов осуществляется разбрызгиванием, а пальцев и шатунных вкладышей - под давлением, циркуляционная от шестеренного насоса. Ведущая шестерня насоса через зубчатую муфту соединена с коленчатым валом. Как видно из рисунка 7 при работе насоса (1) масло через фильтр

грубой очистки (2) поступает из картера в фильтр тонкой очистки (3), состоящий из двух металлокерамических плиток.

Очищенное масло поступает по маслопроводу в полость коленчатого вала, откуда через трубку на шатунную шейку. К торцу коленчатого вала поджимается пружиной подвижная бронзовая втулка, которая обеспечивает герметичность масляного канала на линии нагнетания насоса.

Фильтр тонкой очистки снабжен редукционным клапаном (4), который служит для регулирования рабочего давления масла с помощью винта. Ослабив контргайку винта, ввинчивая или вывинчивая, его устанавливается давление масла в пределах 1,5...3,5 кгс/см<sup>2</sup>. После регулировки контргайку затянуть и навинтить колпачковую гайку.

#### 1.4.2.6 Цилиндры

А. Цилиндр I ступени двойного действия показан на рисунке 8 и состоит из литой детали цилиндр (1) с газовыми каналами и наружными ребрами для охлаждения, фонаря (2) и поршня (3). Рабочая полость в цилиндре образована с помощью зеркала цилиндра, торцевой крышки (4) и сальника (5). В цилиндре установлены самодействующие клапаны всасывающие (6) и нагнетательные (7), которые зажимаются в гнездах с помощью нажимных стаканов (8). Уплотнение стаканов обеспечивается резиновыми кольцами (9) круглого сечения. В стаканах выполнены окна, через которые газ из рабочей полости цилиндра поступает во всасывающий (нагнетательный) патрубки. Для предотвращения попадания масла из картера компрессора в рабочую полость цилиндра в фонаре установлен маслослизывающий сальник (10), а на штоке поршня - маслоотражательное кольцо (11).

Для проведения работ с сальниками в фонаре имеются два окна, закрытых крышкой.

Б. Цилиндр II ступени двойного действия показан на рисунке 9 и состоит из литой детали цилиндр (1) с газовыми каналами и наружными ребрами для охлаждения, фонаря (2) и поршня (3). Рабочая полость в цилиндре образована с помощью зеркала цилиндра, торцевой крышки (4) и сальника (5). В цилиндре установлены самодействующие клапаны всасывающие (6) и нагнетательные (7), которые зажимаются в гнездах с помощью нажимных стаканов (8). Уплотнение стаканов обеспечивается резиновыми кольцами (9) круглого сечения. В стаканах выполнены окна, через которые газ из рабочей полости цилиндра поступает во всасывающий (нагнетательный) патрубки. Для предотвращения попадания масла из картера компрессора в рабочую полость цилиндра в

фонаре установлен маслослизывающий сальник (10), а на штоке поршня - маслоотражательное кольцо (11).

Для проведения работ с сальниками в фонаре имеются два окна, закрытых крышкой.

#### 1.4.2.7 Поршни и поршневые кольца

На рисунках 10, 11 показаны поршни первой, второй ступеней в сборе. Поршень 1-й ступени навинчен на шток и законтрен усиком юбки штока. Поршень 2-й ступени навинчен на конец штока и законтрен усиком юбки штока.

В водородных компрессорах подача масла в рабочую полость цилиндра не допускается.

Для обеспечения нормальной работы пары поршень-зеркало цилиндра в условиях сухого трения поршневые кольца выполнены из самосмазывающегося материала Ф-4К20 (композиция из фторопласта и кокса).

Этот материал обладает особенностями, которые необходимо учитывать при эксплуатации компрессора: в отличие от металлических поршневые кольца из Ф-4К20 не обладают упругостью и при нагреве имеют примерно в 10 раз большее тепловое расширение. Поэтому в компрессорах без смазки цилиндров используются два вида поршневых колец: опорные (направляющие) и уплотняющие (компрессионные).

Опорные кольца выполняют роль подшипника скольжения, они плотно посажены на поршень и для компенсации теплового расширения выполнены с разрезом. На внешней или внутренней поверхности кольца имеются продольные канавки, которые обеспечивают его разгрузку от давления газа. При работе с учетом нагрева опорного кольца и поршня зазор между зеркалом цилиндра и опорным кольцом должен соответствовать посадке движения (g 6). Радиальный зазор между поршнем и цилиндром указан в паспорте компрессора и при техническом обслуживании этот зазор необходимо контролировать, т.к. при полном износе опорного кольца происходит задир пары трения.

Уплотняющие компрессионные поршневые кольца для придания им упругости снабжены экспандерами – металлическими разрезными кольцами. Для улучшения уплотняющего эффекта в поршневые канавки установлено по два уплотняющих кольца с одним общим экспандером.

#### 1.4.2.8 Сальники

Сальник цилиндра (рисунок 12) состоит из обойм (1), проставков (2), притертых между собой. В камерах, образованных обоймами и проставками, находятся уплотняющие



манжеты (3), тонкая коническая часть которых обхватывает шток. Манжеты выполнены из самосмазывающегося материала на основе фторопласта Ф-4К20.

Торцовая часть манжет притерта по проставку и прижата к ней плоскими кольцами (4) с помощью цилиндрических пружин (5). Сальник к цилиндру поджат крышкой (6), которая уплотняется резиновым круглым кольцом (7).

Сальник маслослизывающий (рис. 13) состоит из корпуса (1), в котором установлены маслослизывающие (2) и маслоотводящие (3) кольца, поджатые с одной стороны через плоское кольцо (4) цилиндрическими пружинами (5), а с другой стороны через коническое нажимное кольцо (6) фланцем (7).

Масло, снятое со штока маслослизывающими кольцами через отверстие в фанаре стекает в полость картера.

1.4.2.9. Маховик предназначен для передачи вращения от электродвигателя посредством клиноременной передачи. Маховик изготовлен из чугуна.

1.4.2.10. Холодильник (рисунок 14) – состоит из охладителей I(1), II(2) ступеней. Охлаждение – воздушное, с помощью вентилятора (3).

Охладители I и II ступени – штампованные пластинчатые-объединены в общий блок-холодильник.

Холодильник установлен на кронштейне.

1.4.2.11. Влагомаслоотделители I и II ступеней снабжены предохранительными клапанами (рисунок 16), для аварийного сброса газа.

Предохранительные клапаны регулируются на определенное давление открытия при помощи винта (5), на который одета шайба прижимающая пружину (7), к другой шайбе. Через шайбу шток прижимает золотник клапана (3) с диском (4) к седлу (1), который повернут в корпус (2). Если давление газа на входе в клапан повысится выше допустимого, то диск (4) под давлением газа поднимается вместе с золотником (3), и газ через отверстие в седле выбрасывается на сброс газа.

В компрессоре применены предохранительные клапаны полноподъемные, пружинные, закрытого типа. Устройство и работа их отражены в инструкции КПр-ИЭ и паспорте КПр-ПС.

Газ после срабатывания предохранительных клапанов должен быть направлен в коллектор сброса газа или иное место согласно проекту компрессорной станции.

## 1.4.2.12 Клапаны

В цилиндрах 1-й и 2-й ступеней установлены дисковые клапаны (рисунок 15), состоящие из седла (1), рабочей пластины (2), пружины (3), крышки (4). Седло и крышка стянуты центральным винтом (5) и гайкой (6), гайка законтрена шплинтом (7).

## 1.4.2.13. Система автоматики и КИП

Компрессорная установка снабжена системой автоматики, принципиальная схема которой показана на рисунке 2. Конструктивно система автоматики выполнена в виде блока управления; стойки, на которой установлены контрольно-измерительные приборы (смотри таблицу 1.4.2.13.1), управляющая арматура - ручные клапаны КС7104. Функции управляемой арматуры приведены в таблице 1.4.2.13.2

Таблица 1.4.2.13.1 – Измерительные приборы

Обозначение по схеме	Наименование средства измерения	Пределы измерений	Класс точности	Примечание
ЭКМ2	Манометр ДМ2010Сг	0...6 кгс/см <sup>2</sup>	1,5	Масло
ЭКМ1	Манометр ДМ2010Сг	0...10 кгс/см <sup>2</sup>	1,5	Всасывание
М1	Манометр МПЗ-У	0...40 кгс/см <sup>2</sup>	1,5	I ступень
М2	Манометр МПЗ-У	0...100 кгс/см <sup>2</sup>	1,5	II ступень
Т	Термопара	0...200 <sup>0</sup> С	0,5	
	Прибор ТРМ34	0...200 <sup>0</sup> С	0,5	

Таблица 1.4.2.13.2 – Функции управляемой арматуры

Обозначение по схеме	Назначение	Положение при работе	Положение при останове	Примечание
Км1...Км5	Манометровые клапаны. Снижение пульсаций газа перед манометрами.	Любое	Любое	
Кс	Клапан сброса водорода в атмосферу	Закрыт	Открыт	

1.4.2.13.3 Система автоматики работает следующим образом.

При установке выключателя S1 в положение “ВКЛЮЧЕНО” напряжение поступает на контакты, управляющие звуковой сиреной ВА, магнитным пускателем КМ, включается терморегулятор ТРМ, контролирующей температуру. Включаются вентиляторы охлаждения цилиндров компрессора и холодильников. **После включения терморегулятора ТРМ необходима пауза в 10...15 сек для самотестирования терморегулятора.**

Преобразование напряжения происходит посредством трансформатора Т, который понижает напряжение с 220В до 24В и диодным мостом VD1...VD4, который выпрямляет переменный ток в постоянный. О подаче напряжения сигнализирует лампа Н1.

После нажатия кнопки “ПУСК”, если давление всасывания в норме и давление нагнетания меньше уставки, производится включение реле К1 по цепи 202, SB1, 204, SB2, 206, К2, 207. Одновременно загорается лампа Н2 “Компрессор включен”. Реле К1 самоблокируется своим контактом и контактом магнитного пускателя КМ. Контакт реле К1 включает магнитный пускатель КМ, который управляет пуском электродвигателя компрессора.

Контактом реле К1 включается реле времени КВ и по истечению 20...40 секунд, необходимых для подъема давления масла, своим контактом замыкает цепь 206, 0302, которая разрешает реле К4 срабатывать при замыкании контакта электроконтактного манометра ЭКМ2.

Если во время работы компрессорной установки, контролируемые параметры достигнут критических значений, то срабатывает реле К2, которое своим контактом разрывает цепь пуска электродвигателя. Происходит остановка компрессора.

При понижении давления масла ниже допустимого значения 1,1 кгс/см<sup>2</sup> (0,11 МПа) замыкается нижний контакт электроконтактного манометра ЭКМ2 и производится остановка компрессора. Загорается лампа Н4 “НЕТ Р МАСЛА”.

При понижении или повышении давления всасывания компрессора срабатывают контакты электроконтактного манометра ЭКМ1, компрессор останавливается, загорается лампа Н3 «Давление всасывания вне рабочих пределов».

При повышении давления нагнетания компрессора срабатывает контакт электроконтактного манометра ЭКМ3, компрессор останавливается, загорается лампа Н5 «Давление нагнетания выше верхнего предела».

При превышении температур срабатывают реле К6...К9 и отключают реле К1, происходит останов компрессора. Загораются лампы Н6...Н9.

Для сброса аварийной индикации, после устранения причины, служит кнопка SB3.

#### 1.4.2.14 Электродвигатель

Электродвигатель компрессорной установки **трехфазный**, асинхронный, односкоростной типа АИМР 160 S4, 1500 об/мин., мощностью 15 кВт.

### 1.5. МАРКИРОВКА

Компрессорная установка и составные части имеют:

- фирменную табличку, на которой указаны: предприятие изготовитель, технические данные изделия;
- табличку отгрузки, на которой указаны: заводской номер изделия, дата изготовления;
- табличка строповки;
- таблички «ВОДОРОД! МАСЛООПАСНО!».

### 1.6. УПАКОВКА

Компрессорная установка в сборе, стойка приборная, блок управления упаковываются в деревянные транспортные ящики. Входные и выходные штуцеры компрессорной установки заглушены паронитовыми или деревянными заглушками.

Комплект запасных частей и принадлежностей упаковывается в отдельную тару и туда же укладывается комплект технической и товаросопроводительной документации.

## 2. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПО НАЗНАЧЕНИЮ

### 2.1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

- 2.1.1. Питание компрессорной установки – 3 фазы 380 В, 50 Гц.
- 2.1.2. Питание блока управления 220 В, 50 Гц.
- 2.1.3. Вид климатического исполнения установки УХЛ2,5 по ГОСТ15150-69;
- 2.1.4. Степень защиты блока управления от проникновения твердых частиц и влаги IP44 по ГОСТ14254-90.

### 2.2. МЕРЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Основными видами аварий и травматизма при неправильном обслуживании компрессорной установки являются:

- разрыв трубопроводов и сосудов от давления сжатого кислорода;
  - поражение электрическим током;
  - ожоги от горячих поверхностей на линиях нагнетания;
- 2.2.1. Обслуживающий персонал должен:
- быть ознакомлен с руководством по эксплуатации компрессорной установки, проинструктирован по технике безопасности и пожарной безопасности;
  - иметь отчетливое представление об опасностях при работе и обслуживании компрессорной установки и мерах предупреждения несчастных случаев;
  - уметь оказывать первую помощь пострадавшему в случаях поражения электрическим током или травматизма;
  - уметь пользоваться средствами пожаротушения в электроустановках.
- 2.2.2. При производстве каких-либо работ с компрессорной установкой электродвигатель должен быть остановлен, и вывешен плакат «Не включать! Работают люди!».
- 2.2.3. В машинном зале на видном месте должны быть вывешены:
- краткая инструкция по эксплуатации компрессорной установки;
  - электрическая схема;
  - схема всех трубопроводов компрессорной установки;
  - инструкция по оказанию первой помощи;
  - инструкция по тушению пожара.

#### 2.2.4. Действия обслуживающего персонала в аварийных ситуациях.

2.2.4.1. В экстренных случаях компрессор следует остановить любым из следующих способов:

- нажать кнопку «Стоп» на блоке управления;
- поставить выключатель S блока управления в положение «ОТКЛЮЧЕНО»;
- прекратить подачу напряжения питания компрессорной установки.

После совершения указанных действий немедленно открыть ручной вентиль на линии сброса кислорода в атмосферу, прекратить подачу кислорода в компрессор.

#### 2.2.4.2. Компрессор остановить в следующих случаях:

- появился запах горячей изоляции или искры в двигателе, блоке управления или магнитном пускателе;
- выявлена негерметичность или разрушение трубопровода компрессорной установки;

2.2.4.3. При прекращении электроснабжения компрессорной установки, что приводит к внезапной остановке компрессора, необходимо:

- немедленно открыть ручной вентиль Kс;
- обесточить компрессор.

2.2.5. Для безопасной эксплуатации компрессорной установки предусмотрены автоматические защиты, приведенные в таблице.

Таблица 2.2.5 – Аварийные защиты компрессора

Наименование параметра	Остановка компрессора	Сигнализация	Метод проверки	Примечание
1. Давление всасывания	$2,5 \text{ кгс/см}^2 < P_{вс};$ $P_{вс} > 4,5 \text{ кгс/см}^2$	Загорается лампа Н3	Установить нижний (верхний) контакт выше (ниже) рабочего давления	Для сброса аварийной сигнализации нажать кнопку «Сброс аварии»
2. Давление масла	$P_m < 1 \text{ кгс/см}^2$	Загорается лампа Н4	Установить нижний контакт выше рабочего давления	
3. Давление нагнетания	$P_{н3} > 150 \text{ кгс/см}^2$	Загорается лампа Н5	Установить верхний контакт ниже рабочего давления	
4. Температура газа на нагнетании 1 ступени	$T_{н1} > 200^{\circ}\text{C}$	Загорается лампа Н6	Установить уставку прибора ТРМ меньше рабочей температуры	
5. Температура газа на нагнетании 2 ступени	$T_{н2} > 200^{\circ}\text{C}$	Загорается лампа Н7		
6. Температура газа на нагнетании 3 ступени	$T_{н3} > 200^{\circ}\text{C}$	Загорается лампа Н8		
7. Температура масла	$T_m > 75^{\circ}\text{C}$	Загорается лампа Н9		

## 2.3. ПОДГОТОВКА КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ К РАБОТЕ И ПОРЯДОК РАБОТЫ

### 2.3.1. Монтаж и подключение компрессорной установки

Компрессорная установка должна быть установлена в помещении на виброопорах на ровную площадку с твердым покрытием (бетон, асфальт, керамическая плитка, кирпичная кладка и т.д.).

Подключить трубопроводы на всасывание и нагнетание компрессора.

Подключить трубопровод (шланг) сброса кислорода к сбросному вентилю Кс.

Выполнить заземление компрессорной установки согласно гл. 1.7. ПУЭ.

Подключить силовой кабель к пускателю магнитному КМ согласно схеме электрической принципиальной (Рисунок 1) и ПУЭ.

Принципиальная схема компрессорной установки показана на рисунке 2.

### 2.3.2. Подготовка к работе

#### 2.3.2.1. Проверка правильности подключения

- 1) Подать напряжение питания на компрессорную установку.
- 2) Кратковременно (на 1...2 сек) включить электродвигатель компрессора, проверить правильность вращения коленчатого вала компрессора (по часовой стрелке со стороны маховика компрессора). **Внимание!** *Возможен кратковременный стук в цилиндре 3 ступени, который исчезает при нагружении компрессора.*
- 3) В случае вращения в обратном направлении – на магнитном пускателе КМ поменять местами фазы «В1» и «С1» (смотри схему электрическую принципиальную – рисунок 14).

#### 2.3.2.2. Пуск компрессора под нагрузкой

- 1) Произвести внешний осмотр.
- 2) Проверить уровень масла в картере компрессора, при необходимости долить масло.
- 3) Очистить от пыли и грязи все наружные поверхности.
- 4) Проверить, чтобы наружная поверхность компрессорной установки была обезжирена.
- 5) Проверить затяжку резьбовых соединений компрессора.
- 6) Проверить наличие пломб на предохранительных клапанах и контрольно-измерительной арматуре.
- 7) Проверить натяжение клиновых ремней.
- 8) Провернуть за клиноременную передачу коленчатый вал компрессора, проверить отсутствие заеданий и стуков.
- 9) Проверить, что открыты ручные вентили Км1, Км2, Км3, Км4, Км5.
- 10) Подать давление на всасывание компрессорной установки.
- 11) Закрывать вентиль на входе в кислородную рампу.
- 12) Запустить компрессор в работу.
- 13) После подъема давления III ступени до 30 кгс/см<sup>2</sup> открыть вентиль на кислородной рампе.
- 14) Проверить герметичность коммуникаций – обмыливанием по стыкам соединений.
- 15) Проверить распределение давлений по ступеням.
- 16) Проверить соответствие температур (по показаниям прибора ТРМ34) нагнетаемого газа по ступеням паспортным данным.
- 17) Правильность срабатывания автоматических защит системы автоматики согласно таблице 2.1.6.



18) Исправность системы смазки механизма движения (давление масла должно быть в допустимых пределах).

19) Отсутствие стуков (на слух).

2.3.2.3. Сдача компрессора в эксплуатацию оформляется Актом.

### 2.3.3. Порядок работы

#### 2.3.3.1. Перед пуском.

- Проверить уровень масла в картере компрессора, при необходимости долить масло.
- Очистить от пыли и грязи все наружные поверхности.
- Проверить, чтобы наружная поверхность компрессорной установки обезжирена.
- Проверить затяжку резьбовых соединений компрессора.
- Проверить наличие пломб на предохранительных клапанах и контрольно-измерительной арматуре.
- Проверить натяжение клиновых ремней.
- Провернуть коленчатый вал компрессора на 2-3 оборота. Стуков и заеданий не должно быть.

#### 2.3.3.2. Пуск компрессора.

Включить выключатель S «Включение автоматики», расположенный на блоке управления. Через 10...15 секунд нажать кнопку «ПУСК». Электродвигатель компрессора запустится. Сжатый кислород поступает к потребителю.

Давление по ступеням сжатия, во всасывающей линии и давление масла контролируются по манометрам, установленным на стойке приборной. Температуры кислорода и масла контролируются по показаниям прибора ТРМ34.

1) После пуска компрессора:

- проверить по показанию манометра давление масла в системе смазки механизма движения;
- проверить отсутствие стуков и звуков не свойственных нормальной работе компрессора, при обнаружении остановить компрессор и устранить причину;
- проверить по показаниям манометров распределение давлений по ступеням нагнетания (давления должны находиться в пределах, указанных в паспорте компрессора).

2) Наблюдение за компрессорной установкой во время работы.

Следить за показаниями приборов, установленных на стойке приборной, вести журнал наблюдений.

Периодически, не реже 1 раза в 2 часа контролировать и фиксировать в журнале:

- давление и температуру сжатого кислорода после каждой ступени сжатия;
- давление и температуру масла в системе смазки механизма движения;
- давление всасывания компрессорной установки.

Следить за уровнем масла в картере компрессора.

Следить за герметичностью соединений.

### 3) Остановка компрессора.

Для остановки компрессора нажать кнопку «СТОП». Электродвигатель компрессора остановится. Открыть вентиль Кс для сброса кислорода из компрессора. После падения давления вентиль Кс – закрыть.

## 2.4. РЕГУЛИРОВКА И НАСТОЙКА

Прибор ТРМ34 настраивается согласно паспорту на прибор. Уставки прибора для температуры кислорода на нагнетании установить  $200^{\circ}\text{C}$  (параметры U-01, 03, 05), дельты для температур кислорода и масла установить  $0,1^{\circ}\text{C}$  (параметры U-02, 04, 06, 08), уставку для температуры масла установить  $75^{\circ}\text{C}$ . Параметр P-02 установить значение 0401, параметр P-05 установить значение 0001.

Ручные клапаны для манометров отрегулировать таким образом, чтобы биение стрелки манометра было минимальным.

### 3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ И ТЕКУЩИЙ РЕМОНТ

#### 3.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Для обеспечения работоспособности компрессорной установки в течение всего срока эксплуатации необходимо регулярное проведение технического обслуживания и ремонта. О выявленных неисправностях производить записи в «Журнале учета технического состояния и эксплуатации».

Основными отказоопасными элементами компрессорной установки являются поршневые кольца и клапаны. Признаками износа поршневых колец или неплотности клапанов является снижение производительности или изменение распределения давления по ступеням.

*Зазоры между поршнями и цилиндрами компрессора обеспечиваются опорными кольцами. При исчерпании ресурса опорных колец возможны аварийные задиры рабочих поверхностей гильз и поршней с необходимостью их замены. Поэтому состоянию опорных колец следует уделять особое внимание.*

**Техническое обслуживание:** производится по мере надобности. При техническом обслуживании проводится мелкий ремонт компрессорной установки (притирка клапанов, устранение неплотностей и т.д.).

**Текущий ремонт:** каждые 500 часов следует производить разборку компрессора с выемкой поршней, для проверки состояния компрессионных колец и проверки остаточного ресурса опорных колец. Также производить осмотр цилиндров, поршней, штоков и т.д.

**Средний ремонт:** каждые 3000 часов следует производить осмотр механизма движения, ремонт и замену сальниковых элементов, замену поршневых колец, ревизию клапанов, обезжиривание поверхностей соприкасающихся с кислородом.

**Капитальный ремонт:** производится при выявлении серьезных повреждений и необходимости ремонта или замены деталей картера компрессора, штоков, цилиндров и т.д. Такой ремонт производится как правило в заводских условиях.

*При техническом обслуживании и ремонте тщательно обезжиривать все детали компрессорной установки. Работы производить в трикотажных перчатках.*

#### 3.2. ОБСЛУЖИВАНИЕ И РЕМОНТ СОСТАВНЫХ ЧАСТЕЙ КОМПРЕССОРА

##### 3.2.1. Коленчатый вал

Вал относится к долговечным деталям, рассчитанным на весь срок службы компрессора. При правильной эксплуатации ремонт вала обычно требуется не раньше, чем при втором капитальном ремонте компрессора.

Ремонт коленчатых валов сводится к устранению повреждений, обнаруженных во время эксплуатации.

При эксплуатации состояние коленчатого вала проверяют во время остановок компрессора при каждом вскрытии люков картера осмотром вала и отсутствием стуков и нехарактерных шумов в кривошипных и коренных подшипниках во время работы компрессора.

При осмотре коленчатого вала проверяют отсутствие видимых повреждений вала, нагрев его частей.

При текущих и средних ремонтах производится осмотр вала после снятия шатунов. При этом проверяется состояние трущихся поверхностей шатунной шейки, отсутствие трещин на щеках коленчатого вала.

При обнаружении трещин коленчатый вал снимают с эксплуатации. При капитальных ремонтах производится проверки всех зазоров, указанных в формуляре компрессора, обмер шатунной шейки коленчатого вала, проверка цветной дефектоскопией, ультразвуком или магнитной дефектоскопией в целях обнаружения скрытых пороков.

При нормальной эксплуатации шейки вала обычно изнашиваются равномерно и при первом капитальном ремонте в перешлифовке не нуждаются. Обнаруженные на шатунной шейке вала риски и царапины должны быть аккуратно зачищены шабером или наждачной бумагой. Если занижение диаметра шейки вала после исправления нецилиндричности не превышает 0,2 мм, то вал не перешлифовывают, при занижении диаметра шейки вала более чем на 0,2 мм вал перешлифовывают на ремонтный размер.

При всех видах ремонтов необходимо промыть масляные каналы уайт-спиритом и продуть сжатым воздухом.

Если при осмотре коленчатого вала обнаружен ненормальный нагрев коренных подшипников или слышен шум в них при работе компрессора, то при ремонте компрессора необходимо проверить зазор между наружным кольцом и посадочным местом подшипника и состояние роликов и сепаратора. При большом зазоре между наружным кольцом подшипника и посадочным местом подшипника проворачивается наружное кольцо, за счет трения кольца о посадочное место происходит нагрев подшипника. Устранение зазора может быть произведено хромированием наружного кольца. Если неисправен подшипник (огранка роликов, неисправность сепаратора) необходимо заменить подшипник на новый.

### 3.2.2. Подшипники скольжения

Подшипники скольжения с тонкостенными вкладышами при соблюдении правил эксплуатации, обеспечивают длительную и надежную работу компрессора

При эксплуатации и ремонтах состояние подшипников проверяют: по нагреву подшипников на ощупь, по нагреву мала в картере, осмотром поверхности антифрикционного слоя, замером толщины подшипников.

Изношенные или дефектные (задиры, металлические включения на трущейся поверхности) вкладыши ремонту не подлежат, вкладыши заменить на новые. Допустимый износ по толщине вкладыша не более 0,2 мм.

Применение для смазки механизма движения загрязненного масла или масла несоответствующей марки, указанной в инструкции, приводит к быстрому износу тонкостенных вкладышей.

### 3.2.3. Шатуны и шатунные болты

За состоянием шатунов и шатунных болтов в процессе эксплуатации должно быть установлено систематическое наблюдение.

Во время технических осмотров проверяются отсутствие видимых повреждений на шатунах и состояние шплинтов на шатунных болтах.

При средних ремонтах производится дефектоскопия шатунов (магнитная или цветная) для выявления усталостных трещин. Если обнаружены трещины, шатуны следует заменить, новыми.

При средних и капитальных ремонтах производится осмотр болта с проведением дефектоскопии. Дефектоскопия при средних ремонтах производится в том случае, если ресурс между средними ремонтами более года. Контрольный осмотр болта производится при помощи лупы с пятикратным или более сильным увеличением. Перед осмотром болт следует тщательно промыть и уайт-спирите и насухо обтереть.

Проверка болта на остаточное удлинение производится при средних и капитальных ремонтах, а также в случае, если при эксплуатации наблюдался сильный стук в механизме движения. Длина болта замеряется с помощью микрометрической скобы.

Болт следует заменить на новый, если: при осмотре обнаружены сорванная резьба, подрезы или трещины; остаточное удлинение болта больше 0,2 мм; наработка превышает 50000 часов для базы.

Гайка шатунного болта должна быть, после затяжки, зашплинтована стальным стандартным шплинтом, применять для этой цели гвозди и конусные шплинты запрещается. Если при осмотре обнаружено ослабление затяжки болта или срезан шплинт, необходимо проверить остаточное удлинение.

### 3.2.4. Крейцкопфы

Во время среднего и капитального ремонта надо производить осмотр крейцкопфа и его деталей с целью выявления усталостных трещин и других дефектов, замерить зазоры

между гильзой крейцкопфа и крейцкопфом, обмерить палец крейцкопфа.

Осмотр с целью выявления трещин необходимо производить с помощью лупы не менее, чем пятикратного увеличения. При этом производится тщательный осмотр опасных сечений крейцкопфа, пальца крейцкопфа и серьги.

Если при осмотре обнаружены трещины на крейцкопфе или на какой-либо детали соединения штока с крейцкопфом сорвана резьба, обнаружена трещина — эти детали подлежат замене новыми.

Палец крейцкопфа при обнаружении трещины также должен быть заменен.

Необходимо проверить трущиеся поверхности гильзы крейцкопфа и крейцкопфа, обнаруженные мелкие задиры, царапины зачистить мелкозернистой наждачной бумагой.

### 3.2.5. Шток

При средних капитальных ремонтах необходимо осмотреть и замерить штоки. Одновременно провести магнитную или ультразвуковую дефектоскопию с целью выявления усталостных напряжений, также замерить величину биения наружной поверхности поршня относительно поверхности штока (не более 0,2 мм).

При обнаружении трещин, дефектов в резьбовой части штока, биения, дефектов (рисок, царапин) на поверхности трения, которые нельзя устранить перешлифовкой штока, необходимо шток заменить на новый.

При обнаружении незначительных рисков, царапин зачистить их мелкой шкуркой. Допускается перешлифовка штока не более чем на 0,5 мм с обязательной заменой сальниковых уплотнений ремонтными.

### 3.2.6. Поршни

При ревизии поршней во время средних и капитальных ремонтов необходимо обратить внимание на состояние канавок для поршневых колец уплотнительных и опорных колец. Поршневые кольца должны без заедания, но и без люфта и качки перемещаться в канавках. Допустимый торцевой зазор по двум уплотнительным кольцам для I и II ступени 0,1...0,15 мм, для III ступени 0,06...0,08 мм, по опорным кольцам не более 0,4 мм. Допускается при разработанной канавке ее незначительная расточка с обязательной заменой поршневых колец.

При работе компрессора поршни покрываются черным налетом продуктов износа поршневых колец. Не рекомендуется при проведении ремонтов очищать поршни от налета до чистого металла.

### 3.2.7. Поршневые кольца

Осмотр и замеры поршневых колец производятся при каждом текущем ремонте.

Рабочие поверхности колец должны быть блестящими. Необходимо измерить зазоры и размеры колец.

*Материал поршневых колец – Ф4К20 на основе Фторопласта 4 имеет коэффициент линейного расширения примерно в 10 раз больше, чем сталь. Поэтому зазорам в поршневых кольцах следует уделять особое внимание.*

#### 3.2.7.1. Опорные кольца

Необходимо измерить: радиальную толщину кольца, тепловой зазор, торцевой зазор.

#### 3.2.7.2. Компрессионные кольца

На компрессионных кольцах следует проверить тепловой зазор и торцевой зазор.

Минимальные и максимальные значения размеров и зазоров представлены в таблице.

Тепловой зазор может быть увеличен припиливанием личным напильником, торцовый зазор доводится до требуемой величины на наждачной бумаге номер "0" положенной на плоскую поверхность.

Проверка зазоров в поршневых кольца показана на рисунке 17.

Замена поршневых колец должна производиться при каждой расточке канавок поршней, при поломке поршневых колец, при утере ими упругости и износе выше допустимого.

***Поршневые уплотнительные кольца снабжены эспандерами, поднимающими кольца. При установке поршневых колец следить за тем, чтобы эспандеры прижимались к кольцам всей поверхностью.***

#### 3.2.8. Сальники

Ревизия сальников выполняется при текущих ремонтах.

При ревизии производится промывка, осмотр поверхностей, замер уплотняющих элементов.

При ревизии проверяются состояние манжет и маслослизывающих колец.

Манжетные уплотнения подлежат замене при обнаружении дефектов уплотняющей кромки. При перешлифовке штоков следует изготовить новые манжеты с соблюдением натяга 0.5 мм.

#### 3.2.9. Цилиндры, гильзы цилиндров

Осмотр гильз проводится при каждом текущем ремонте при вынутом поршне. При таком осмотре можно обнаружить грубые изъяны зеркала – риски, следы задиров, трещины, большие местные выработки и т.д. При среднем ремонте необходимо

произвести обмер зеркала цилиндра или гильзы нутромером с индикатором часового типа. При этом определяются износы и не цилиндричность зеркала. Замеры производятся в трех сечениях — в середине и на расстоянии 20...30 мм от торцов цилиндра или гильз, и в двух перпендикулярных плоскостях. Допустимый износ цилиндров при эксплуатации компрессора составляет: нецилиндричность — 0,001...0,002 диаметра цилиндра, общий равномерный износ — 0,002...0,003 диаметра цилиндра.

При постановке ремонтной гильзы проводится гидроиспытание до ее запрессовки и контроль размеров после запрессовки.

Ремонт цилиндров производится обычно при капитальных ремонтах. При проведении капитального ремонта у литых чугунных цилиндров I и II ступени проверяют отсутствие трещин. Проводят гидравлические испытания газовой полости в соответствии с правилами испытаний сосудов.

Состояние шпилек и гаек, крепящих цилиндры к фонарю, также соединяющих цилиндры ряда, проверяют при каждой разборке ряда.

### 3.2.10. Клапаны

Обслуживание и ремонт кольцевых клапанов производить согласно технической документации завода-изготовителя клапанов.

В клапанах могут быть следующие дефекты: пластины клапана неплотно прилегают к седлу; пружины клапанов потеряли упругость или сломаны; на пластине клапана имеются трещины или другие повреждения; на седле клапана имеются трещины.

Неплотная посадка пластины на седло устраняется притиркой пластины к седлу, если износ небольшой; Максимально допустимый износ пластин по толщине не более 0,1...0,15 толщины пластины. При большем износе пластину следует заменить. Переворачивать изношенную пластину или уменьшать ее толщину шлифовкой не допускается. Опорные поверхности седел при повышенном износе следует проточить на станке или перешлифовать и притереть с пластиной. При этом необходимо, чтобы подъем клапанной пластины остался неизменным, т.е. сохранил величину, установленную заводом.

Максимально допустимая величина износа уплотнительных поясков по высоте должна быть не более 0,1...0,15 мм, при большем износе клапан следует заменить.

Пружина, потерявшая упругость, должна быть заменена новой. Пружина считается годной, если уменьшение ее высоты не превышает 10% первоначальной. Детали с трещинами ремонту не подлежат и должны быть заменены исправными.

Необходимо проверить хорошо ли прижата розетка клапана к седлу, так как плохая затяжка гайки может привести к обрыву стягивающей шпильки.



### 3.2.11. Предохранительные клапаны.

Ревизию, разборку, чистку и регулирование предохранительных клапанов проводят согласно утвержденному графику, который составляется с учетом технологического регламента, но не реже одного раза в 6 месяцев.

Во время ревизии проверяется герметичность клапана, отсутствие коррозии и целостность его частей, правильность регулировки.

Предохранительные клапаны должны быть отрегулированы на предельно допустимые превышения рабочих давлений в сосудах. Для сосудов с давлением от 0,3 до 0,6 МПа (3...6,0 кгс/см<sup>2</sup>) — на 15%; свыше 6,0 МПа — на 10%.

Предохранительный клапан должен регулироваться на специальном стенде. После регулировки клапан должен быть опломбирован.

Обслуживание и ремонт обратных клапанов осуществляется в те же сроки, что и предохранительных клапанов. Клапан очищается от грязи, промывается в уайт-спирите, обезжиривается в Деталане. Осматривается состояние его деталей. Клапан проверяется на плотность.

### 3.2.12. Межступенчатые газовые коммуникации и аппараты.

К межступенчатым газовым коммуникациям относятся трубопроводы газа, соединяющие цилиндры всех ступеней и аппараты (холодильники, емкость буферную, влагомалоотделители), расположенные между запорными отключающими устройствами всасывающей и нагнетательной линии компрессорной установки.

В процессе эксплуатации периодически при плановых ремонтах выполняется осмотр, очистка, ремонт и обезжиривание газовых коммуникаций.

Сосуды, работающие под избыточным давлением более 0,07МПа (0,7 кгс/см<sup>2</sup>), должны периодически в процессе эксплуатации и в необходимых случаях подвергаться техническому освидетельствованию (внутреннему осмотру и гидравлическому испытанию) согласно «Правилам устройства и безопасной эксплуатации сосудов, работающих под давлением».

### 3.3. РАЗБОРКА И СБОРКА КОМПРЕССОРНОЙ УСТАНОВКИ

#### 3.3.1. Правила разборки

При остановке компрессорную установку на техосмотр или ремонт подвергать компрессор разборке необходимо только после внимательного ознакомления с конструкцией машины по чертежам и изучения настоящего документа. Перед полной разборкой узлов компрессора необходимо:

1. обесточить электрооборудование;
2. прекратить подачу кислорода в компрессорную установку;
3. убедиться, что в системе нет давления, открыв вентиль Кс (рисунок 2).

Порядок разборки компрессора и его сборочных единиц легко может быть установлен по чертежам.

#### 3.3.2. Порядок разборки

3.3.2.1. Отсоединить трубы газопровода от цилиндров.

3.3.2.2. Вынуть из цилиндров клапаны по одному на каждую полость сжатия. При замене клапанов следует помнить, что порядок снятия клапанов следующий:

- отвернуть гайки, крепящие стаканы или фланцы;
- снять фланцы и стаканы;
- вынуть клапан

3.3.2.3. Произвести замер линейного мертвого пространства, для чего:

- через клапанное окно ввести в полость цилиндра на глубину 10...15 мм свинцовую пластину;
- повернуть коленчатый вал на один оборот за клиноременную передачу;
- вынуть свинцовую пластину и измерить штангенциркулем толщину оттиска с точностью до десятых долей мм, величины записать.

3.3.2.4. Снять крышку цилиндра I ступени и II ступени, для чего:

- снять гайки, крепящие изделия к цилиндру;

3.3.2.5. Отвернуть контргайки на штоках. Сдвинуть маслоотбойное кольцо из канавки вниз.

3.3.2.6. Вывернуть штоки за шестигранник.

3.3.2.7. Вынуть поршни I и II ступеней, предохраняя их от перекосов во избежание повреждения манжет сальников.

3.3.2.8. Отвернуть гайки крепления цилиндров I и II ст. к фонарям и снять цилиндры.

3.3.2.9. Демонтировать сальники отвернув гайки фланца сальника.

### 3.3.3. Порядок сборки

Сборка компрессора осуществляется в обратном порядке. Перед сборкой все детали должны быть тщательно очищены, промыты, обезжирены и обезвожены. Детали механизма движения картера компрессора смазаны тонким слоем компрессорного масла. Все работы по сборке производить в трикотажных перчатках.

При сборке компрессора особое внимание уделять соблюдению монтажных и эксплуатационных зазоров. Все болты, гайки и другие резьбовые соединения нужно затягивать равномерно, постепенным увеличением усилия на ключ. Равномерная затяжка резьбовых соединений обеспечивает требуемое положение деталей и исключает перекос.

Периодически и после каждой сборки следует проверять герметичность сальниковых уплотнений. Компрессорная установка должна находиться под давлением всасывания. Проверка производится обмыливанием, допускаются отдельные пузыри.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

# АЛЬБОМ РИСУНКОВ