

Инструкция по проведению диагностирования технического состояния сосудов, трубопроводов и компрессоров промышленных аммиачных холодильных установок РД 09-244-98

Введение

1. Общие положения

2. Диагностирование сосудов

3. Диагностирование трубопроводов

4. Диагностирование компрессоров

5. Составление паспортов (дубликатов) на оборудование

6. Порядок оформления и выдачи заключений по ресурсу безопасной эксплуатации оборудования

7. Техника безопасности при проведении диагностирования

8. Перечень нормативных актов и других документов, использованных при подготовке инструкции

Приложение 1. Акт проведения наружного и внутреннего осмотров сосуда давления

Приложение 2. Толщинометрия несущих элементов сосудов

Приложение 3. Толщинометрия несущих элементов вертикального сосуда

Приложение 4. Толщинометрия несущих элементов горизонтального сосуда

Приложение 5. Ультразвуковая толщинометрия

Приложение 6. Протокол измерения вибрации винтового холодильного компрессора

Приложение 7. Протокол измерения вибрации поршневого холодильного компрессора АУУ200

Приложение 8. Протокол измерения вибрации поршневого холодильного компрессора оппозитного типа

Приложение 9. Протокол спектрального анализа вибрации холодильного компрессора

Приложение 10. Протокол измерений параметров режима работы холодильного компрессора

Приложение 11. Протокол измерений размеров шатунных шеек коленчатого вала

Приложение 12. Протокол измерений толщины стенок узлов методом ультразвуковой толщинометрии

Приложение 13. Протокол контроля качества сварных соединений методом ультразвуковой дефектоскопии

Приложение 14. Протокол контроля качества поверхностей деталей методом цветной дефектоскопии

Приложение 15 Карта результатов обследования

Приложение 16. Описание конструкции и основных узлов компрессора АУУ400

Приложение 17. Описание конструкции и основных узлов винтовых компрессоров ВХ 350-7

Приложение 18. Наиболее распространенные дефекты холодильных компрессоров и их вибродиагностические признаки

Приложение 19. Основные конструктивные и предельно допустимые размеры деталей поршневого компрессора АУУ400

3. Диагностирование трубопроводов

3.1. На аммиачных холодильных установках диагностированию подлежат нагнетательный трубопровод на участке от компрессора до первого сосуда АХУ и всасывающий трубопровод на участке от последнего сосуда АХУ до компрессора. Диагностирование аммиачных трубопроводов проводится комплексно и в общем случае предусматривает проведение следующих работ:

- а) анализ технической документации.
- б) визуальный контроль и анализ коррозионного состояния.
- в) составление конструктивных схем трубопроводов по их фактическому исполнению.
- г) проведение толщинометрии.
- д) проведение неразрушающего контроля.
- е) проведение расчетов на прочность.
- ж) исследование механических свойств, структуры и химического состава металла, измерение твердости.
- з) пневматические или гидравлические испытания.

Работы в соответствии с пп. а), б), г), д), е) и з) проводятся в обязательном порядке. Работы по п. в) выполняются в том случае, когда техническая документация на трубопровод либо отсутствует, либо не соответствует по результатам визуального контроля фактической конструкции трубопровода.

Работы по п. ж) проводятся в технически обоснованных случаях, когда по результатам других методов контроля предполагается возможность изменения исходных свойств металла (снижения прочности, пластичности) или эти свойства не известны (например, при отсутствии соответствующей документации на новые трубы, смонтированные на участках ремонта).

Диагностирование трубопроводов камер охлаждения, коллекторов, а также других устройств из труб проводится по специальным методикам, учитывающим конструктивные особенности данных устройств, которые разрабатываются организациями, проводящими диагностирование, или экспертными организациями.

3.2. При диагностировании аммиачных трубопроводов необходимо обращать внимание на возможные отклонения от требований нормативной документации и характерные дефекты, которые могут оказывать влияние на безопасность эксплуатации. К таким отклонениям и дефектам относятся:

- 1) несоответствие фактического конструктивного исполнения трубопроводов требованиям проекта (расположения и вида опор, геометрических размеров и формы, применения труб с размерами, не предусмотренными проектом и др.).
- 2) нарушение норм проектирования, например, отсутствие в некоторых случаях температурных компенсаторов.
- 3) коррозия наружных поверхностей труб из-за воздействия внешних коррозионных факторов.

- 4) эрозионно-коррозионный износ внутренней поверхности труб.
- 5) дефекты в сварных швах, которые возникли на стадии монтажа в сварных стыках труб и в процессе эксплуатации могли развиваться до опасных размеров.
- 6) дефекты типа трещин коррозионного растрескивания, которые при длительном воздействии аммиака могут возникать в сварных швах малоуглеродистых сталей, не подвергнутых термообработке.
- 7) наличие участков трубопровода, подвергавшихся ремонту с применением сварки (или огневых воздействий) при отсутствии у владельца трубопровода требуемой технической документации на проведение таких работ (технологии, удостоверений сварщиков, методики и результатов контроля и др.);
- 8) отсутствие сертификатов качества изделий: труб, материалов, арматуры и использование нестандартных узлов, патрубков, заглушек, отводов, фасонных деталей, изготовленных на месте монтажа, ремонта или путем переделки стандартных деталей.

Отклонения по пп. 1 и 2 приводят к перегрузке отдельных узлов трубопровода, а также к неравномерной нагрузке на опоры (перегрузке, либо нагрузке, не соответствующей расчету по направлению - "на отрыв"). Нормативные условия прочности на таких участках не выполняются, что может привести к снижению ресурса безопасной эксплуатации трубопровода и аварии.

Дефекты по пп. 3 и 4 приводят к уменьшению толщин стенок труб, вплоть до значений, при которых не обеспечиваются предусмотренные нормативной документацией условия прочности. При язвенной коррозии возможно образование сквозных отверстий в трубах.

Дефекты по пп. 5 и 6 могут привести к образованию сквозных трещин, а при определенных условиях (например, при низких температурах, способствующих охрупчиванию металла) к хрупкому разрушению сварного стыка.

При отклонениях по п. 7 возможны скрытые дефекты (изменение структуры и охрупчивание металла, дефекты сварного шва из-за неправильного выбора электродов, режимов сварки и т.д.), которые могут привести к возникновению аварийной ситуации.

3.3. Анализ технической документации.

3.3.1. При анализе изучают паспорт трубопровода и прилагаемую к нему документацию (проектную, эксплуатационную, ремонтную и др.). В результате изучения документации должны быть установлены следующие данные по трубопроводу:

- наличие и правильность заполнения паспорта;
- наименование проектной и монтажной организации;
- дата монтажа и ввода в эксплуатацию;
- объем и вид контроля сварных соединений при монтаже и его результаты;
- расчетные и рабочие параметры;
- конструктивная схема трубопровода;

- сведения о нештатных ситуациях в период эксплуатации трубопровода, об их причинах, а также о ремонтных работах.

3.3.2. Особое внимание необходимо обратить на наличие проектной конструктивной схемы трубопровода, в которой должны быть указаны расположение и конструкция опор, геометрия трубопровода и применяемые размеры труб (диаметры и толщины).

При наличии проектной конструктивной схемы проводится контроль ее соответствия фактическому исполнению трубопровода (в соответствии с п. 3.5).

Если конструктивная схема отсутствует, выполняются работы по ее составлению (в соответствии с п. 3.5).

3.4. Визуальный контроль и анализ коррозионного состояния.

3.4.1. Визуальный контроль проводится с целью определения:

- соответствия конструктивного исполнения трубопровода проекту (при наличии проектной документации);

- коррозионного состояния металла трубопровода;

- внешних условий (состояние окружающей атмосферы; наличие неблагоприятных факторов, влияющих на безопасность эксплуатации, и др.).

3.4.2. При определении соответствия трубопровода проекту необходимо обратить внимание на сортамент труб, расположение и конструкцию опор, геометрические размеры и форму трубопровода, наличие непредусмотренных проектом (или отсутствие предусмотренных) участков; при этом определяется также соответствие трубопровода требованиям Правил устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов и Правил устройства и безопасной эксплуатации аммиачных холодильных установок.

3.4.3. При анализе коррозионного состояния трубопроводы без термоизоляции подвергаются визуальному контролю в объеме 100%. Трубопроводы с термоизоляцией подвергаются выборочному контролю. Зоны для осмотра, в которых удаляется изоляция, должны находиться на прямолинейных участках на расстоянии не более 10 м друг от друга; в случаях, когда длина прямолинейного участка не превышает 20 м, зоны осмотра должны находиться на расстоянии не более 5 м друг от друга; гибы, отводы и участки сопряжений труб разных диаметров должны подвергаться осмотру в объеме 100%; в перечисленных выше зонах изоляция должна быть удалена на участке длиной не менее 100 мм; если при осмотре в какой-либо из зон под снятой изоляцией будут выявлены значительные коррозионные поражения металла (сплошная или точечно-язвенная коррозия, глубина которой составит более 0,5 мм), то осмотру с удалением изоляции должен быть подвергнут весь участок трубопровода, коррозионное состояние которого вызывает сомнение; удаление изоляции и осмотр проводятся в обоих направлениях от зоны, в которой первоначально выявлена повышенная коррозия.

3.4.4. Особое внимание при осмотре должно быть обращено на участки трубопровода в местах установки деревянных опор, где часто наблюдается повышенная коррозия из-за накопления влаги деревом.

3.4.5. Если при осмотре будут выявлены участки, на которых трубопровод подвергается неблагоприятным внешним воздействиям (например, заливается водой), то такие участки должны осматриваться по всей длине с удалением изоляции, а наличие нештатных источников воздействия на трубопровод должно быть отмечено в акте визуального контроля, который составляется по его результатам.

3.5. Составление конструктивных схем трубопроводов.

3.5.1. Конструктивные схемы трубопроводов составляются при их отсутствии или при отличии имеющейся проектной схемы от фактической конструкции трубопровода.

3.5.2. На схемах должны быть представлены нагнетательный трубопровод на участке от компрессора до первого сосуда АХУ и всасывающий трубопровод на участке от последнего сосуда АХУ до компрессора, все опоры (их расположение и конструкция), все ответвления от магистральной части трубопровода с указанием условий закрепления, приведены геометрические параметры трубопровода (длины участков, диаметры и толщины труб, углы отводов, координаты опор и др.).

3.6. Ультразвуковая толщинометрия.

3.6.1. Для измерения толщин стенок труб используются отечественные или зарубежные толщинометры, отвечающие требованиям ГОСТ 25863-83 (например, типа УТ-92П, УТ-93П, УТ-80 и др.).

3.6.2. Измерения толщин производятся:

- 1) на трубопроводах без изоляции на каждом участке, ограниченном сварными швами; измерения производятся не менее, чем в 3-х сечениях (около сварных швов и в средней части участка в соответствии с приложением 5).
- 2) на трубопроводах с изоляцией в сечениях, подготовленных для визуального контроля (см. п. 3.4.3).
- 3) на гibaх без изоляции в соответствии с приложением 5. В гibaх со снятой для визуального контроля изоляцией - в пределах открытого участка.

3.6.3. В каждом сечении измерения должны проводиться в 4 точках через 90° по окружности трубы; в тех случаях, когда измерения в 4 точках из-за сложности доступа невозможны, число точек измерения в сечении может быть уменьшено, но не более, чем до 2 точек.

3.6.4. При измерении толщин стенок гибов необходимо обратить особое внимание на растянутую зону в сечении с максимальной кривизной (приложение 5, элемент б, сечение 4, точка 1).

3.6.5. На участках трубопровода, на которых измеренные толщины стенок значительно различаются (более чем на 10%), необходимо выполнять повторные измерения по сетке с шагом не более 15 мм.

3.6.6. Результаты толщинометрии оформляются в виде протокола, в котором должны быть представлены схема расположения точек контроля и численные значения толщин в этих точках.

3.7. Неразрушающий контроль.

3.7.1. Для выявления дефектов в элементах трубопроводов могут быть использованы следующие методы неразрушающего контроля:

1. Акустико-эмиссионный контроль (АЭ-контроль);
3. Радиографическая дефектоскопия (РД);
3. Ультразвуковая дефектоскопия (УЗД);
4. Цветная дефектоскопия (ЦД);
5. Магнитопорошковая дефектоскопия (МПД);
6. Вихретоковая дефектоскопия (ВТД).

3.7.2. При выборе метода контроля (или сочетания нескольких методов) и определения его объема необходимо руководствоваться результатами визуального контроля и анализа техдокументации на трубопровод.

3.7.3. В случае, если при изготовлении (монтаже) трубопровода контроль сварных швов не проводился (или данные о контроле отсутствуют), трубопровод подвергается акустико-эмиссионному контролю по всей длине трубопровода или контролю ультразвуковым, либо радиографическим методами в объеме не менее 10% сварных стыков труб.

3.7.4. Если при изготовлении (монтаже) трубопровода контроль сварных швов был выполнен (имеются документальные данные), то при диагностировании проводится контроль акустико-эмиссионным методом в объеме не менее 25 % длины трубопровода или ультразвуковым (радиографическим) методом не менее 5% сварных стыков.

3.7.5. Если при визуальном контроле будут выявлены зоны, в которых возможно наличие трещин, то металл в этих зонах подвергается контролю или цветным, или магнитопорошковым, или вихретоковым методами в объеме 100% поверхности зоны.

3.7.6. Если при контроле радиографическим или ультразвуковым методами в соответствии с п. 3.7.3, или при контроле любым методом в соответствии с п. 3.7.4 будут выявлены недопустимые дефекты, то трубопровод должен быть подвергнут контролю в объеме 100% длины акустико-эмиссионным методом, или в объеме 100% сварных стыков радиографическим или ультразвуковым методами.

3.7.7. Основным методом неразрушающего контроля трубопроводов АХУ является акустико-эмиссионный контроль, позволяющий выявить склонные к развитию дефекты сварных швов и основного металла при охвате 100% длины трубопровода.

Применение радиографического и ультразвукового (ГОСТ 14782) методов контроля требует значительных экономических затрат (в частности, обусловленных необходимостью демонтажа и последующего монтажа термоизоляции) и вызывает технические проблемы (не всегда есть доступ к контролируемому месту; во многих случаях стыковые швы труб имеют корневые непровары из-за односторонней сварки, которые при выявлении методами РД или УЗД сложно оценивать по степени их влияния на безопасность эксплуатации трубопровода). Методы РД, УЗД, ЦД и ВТД должны использоваться в каждом случае обнаружения при АЭ-контроле

источника акустически активных сигналов для уточнения вида и размеров дефекта, а также в других случаях, когда это необходимо по решению специалистов, проводящих диагностирование.

3.7.8. Контроль трубопроводов акустико-эмиссионным методом проводится в соответствии с РД 03-131-97 "Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов" (утв. Госгортехнадзором России 11.11.96). При проведении акустико-эмиссионного контроля в целях технического диагностирования присутствие представителя Госгортехнадзора России не является обязательным.

3.7.9. Давление, создаваемое в трубопроводе при АЭ-контроле, должно приниматься в соответствии с РД 03-131-97 [73].

3.7.10. Давление в трубопроводе при АЭ-контроле должно создаваться пневматически; допускается нагружение трубопровода гидравлически при условии обеспечения полного удаления воды и просушки трубопровода после испытаний; при этом должна обеспечиваться прочность трубопровода и опор с учетом весовых нагрузок.

3.7.11. В случае выявления при осмотре трубопровода ремонтных участков при отсутствии соответствующей технической документации на ремонт, проводится контроль сварных швов на этом участке любым из способов, указанных в п. 3.7.3 в объеме 100%.

3.7.12. Проведение неразрушающего контроля и выдача заключений по его результатам допускается только специалистами, имеющими квалификацию не ниже II уровня в соответствии с Правилами аттестации специалистов неразрушающего контроля (утв. Госгортехнадзором России 18.08.92).

3.8. Определение механических свойств, химического состава и структуры металла.

3.8.1. Исследования металла проводятся в технически обоснованных случаях, когда в процессе эксплуатации трубопровода могли измениться исходные свойства металла труб (в случае аварий, воздействия огня, при ремонтах, при нарушении условий эксплуатации трубопровода и др.). Исследования металла могут проводиться также при отсутствии данных о его свойствах (например, при отсутствии паспорта и другой технической документации). Решение о необходимости проведения исследований металла труб принимает организация, проводящая диагностирование трубопровода.

3.8.2. При исследованиях металла труб могут применяться как разрушающие, так и неразрушающие методы контроля.

3.8.3. При использовании разрушающих методов производится вырезка отрезка трубы из исследуемого участка трубопровода. Вырезаемый отрезок должен иметь длину, обеспечивающую изготовление необходимого количества образцов для испытаний. Размеры, места и количество вырезаемых отрезков устанавливаются организацией, проводящей диагностирование. Вырезаемый отрезок должен иметь сварной шов.

3.8.4. Трубопровод с вырезанными участками должен быть отремонтирован путем сварки труб такого же диаметра и аналогичной марки; разработка технологии ремонта и его проведение осуществляется организацией, имеющей разрешение органов Госгортехнадзора на проведение

ремонтно-сварочных работ.

3.8.5. Из отрезка трубы изготавливаются:

- образцы для испытаний: на растяжение при нормальной температуре; на ударный изгиб при нормальной температуре; на ударный изгиб при минимальной рабочей температуре;
- образцы-шлифы основного металла и сварного соединения для измерения твердости;
- образцы-шлифы основного металла и сварного соединения для металлографических исследований;
- стружка для определения химического состава.

3.8.6. Определение механических свойств производится в соответствии с ГОСТ 1497-90, ГОСТ 9454-88, ГОСТ 6996-90. Отбор проб металла (стружки) для определения химсостава производится по ГОСТ 7122-81.

3.8.7. Временное сопротивление и предел текучести металла труб могут быть определены неразрушающим методом с помощью переносных твердомеров по ГОСТ 22761-77 и ГОСТ 22762-79. Металлографические исследования могут проводиться без вырезки заготовок методом "реплик".

3.9. Исследования прочности трубопровода.

3.9.1. Анализ прочности трубопровода - завершающий этап диагностирования, при выполнении которого определяются фактические нагрузки на его элементы, распределение нагрузок на опоры, устанавливаются запасы прочности на момент диагностирования и соответствие трубопровода требованиям действующей нормативной документации на технологические трубопроводы.

3.9.2. Расчет трубопровода состоит в общем случае из 4 этапов:

1. Оценка статической прочности (расчет на действие весовых нагрузок, внутреннего давления, усилий промежуточных опор в рабочем состоянии).
2. Расчет нагрузок на опоры и оборудование (сосуды, компрессоры и другие элементы АХУ); в расчете учитываются внутреннее давление, весовая нагрузка, усилия промежуточных опор в рабочем состоянии, температурное расширение (температурная компенсация).
3. Оценка усталостной прочности (расчет производится на действие температурного расширения).
4. Расчет для холодного (нерабочего) состояния на совместное действие всех нагрузок.

3.9.3. Для выполнения расчетов трубопровода на прочность осуществляется построение расчетной модели (схемы).

Расчетной моделью трубопровода (РМТ) является линейно-упругая пространственная стержневая система, которая с достаточной точностью отражает условия нагружения, физико-механические, а также геометрические характеристики рассматриваемого трубопровода.

В целях упрощения формирования исходных данных и анализа результатов расчета трубопровод условно разделяется на участки. Точки сопряжения или граничные точки участков называются узлами. Точки сопряжения участков с жестким основанием системы (например, соединения трубопровода с компрессором) называются концевыми заземлениями или заделками.

Участком РМТ может быть любая неразветвляющаяся часть системы, ограниченная двумя узлами или узлом и концевым заземлением РМТ может состоять из одного или нескольких участков и должна иметь по крайней мере одно концевое заземление.

Расчетные (граничные) сечения отрезков, где определяются перемещения, нагрузки и напряжения, назначаются в точках сопряжения прямых труб с дуговыми коленами, в местах приложения сосредоточенных нагрузок, установки опор, переходов, тройников и т.п.

3.9.4. Расчет трубопровода на прочность выполняется в соответствии с требованиями РТМ 24.038.08-72 "Расчет трубопроводов энергетических установок на прочность" (утв. Минэнергомаш СССР 22.06.72), РТМ 24.038.12-72 "Выбор упругих опор для трубопроводов тепловых и атомных электростанций" (утв. Минэнергомаш СССР 22.06.72), ОСТ 108.031.08-85 - ОСТ 108.031.10-85 "Котлы стационарные и трубопроводы пара и горячей воды. Нормы расчета на прочность" (утв. Минэнергомаш СССР 29.10.85) и другой нормативной документации.

Расчет следует проводить по согласованной с Госгортехнадзором России вычислительной программе "АСТРА" (или другим программам, согласованным с Госгортехнадзором России), что в значительной мере повышает точность и производительность расчетов и способствует наиболее полному анализу состояния нагруженности трубопровода.

3.9.5. В результате расчета определяется соответствие нормативным требованиям в области прочности всех элементов трубопровода. Перегруженные (или работающие на отрыв) опоры, перегруженные узлы и другие отклонения от норм прочности должны быть зафиксированы в выводах по результатам расчета, а указанные опоры и узлы - отмечены на схеме трубопровода (п. 3.3).

3.9.6. Возможность безопасной эксплуатации трубопровода с выявленными при неразрушающем контроле (пп. 3.7.3 и 3.7.4) дефектами (за исключением трещин) допускается определять расчетом на прочность с использованием методов механики разрушения.

3.10. Пневматические или гидравлические испытания.

3.10.1. Пневматическое испытание трубопровода проводится после завершения всех диагностических работ (включая ремонтно-сварочные работы, в случае их проведения).

3.10.2. Пневматические испытания проводятся с соблюдением требований РД 38.13.004-86 "Эксплуатация и ремонт технологических трубопроводов под давлением до 10,0 МПа" и Правил устройства и безопасной эксплуатации технологических трубопроводов.

3.10.3. Давление при пневмоиспытаниях (гидроиспытаниях) принимается в соответствии с ПБ 03-108-96.

3.10.4. Пневматическое испытание трубопровода может быть заменено гидравлическим при условии обеспечения его прочности от воздействия весовых нагрузок при заполнении водой и

возможности полного удаления воды и просушки трубопровода после испытаний.

3.10.5. В тех случаях, когда при неразрушающем контроле трубопровода в соответствии с п. 3.7 используется акустико-эмиссионный метод, пневматические (гидравлические) испытания в соответствии с п. 3.10 могут не проводиться.

4. Диагностирование компрессоров

4.1. Порядок диагностирования.

4.1.1. Диагностирование технического состояния холодильных компрессоров проводится с целью определения возможности их безопасной эксплуатации, определения величин износа основных узлов и деталей, и расчета их остаточного ресурса в заданных условиях эксплуатации. К основным узлам и деталям относятся составные части компрессора, не входящие по паспорту изготовителя в перечень быстроизнашивающихся деталей и узлов, подлежащих замене при их отказах и планово-предупредительных ремонтах.

Сосуды и трубопроводы, входящие в состав компрессоров (находящиеся на раме компрессора), диагностируют в соответствии с требованиями разделов 2 и 3. При необходимости составления паспортов на указанные сосуды и трубопроводы работы по составлению паспортов выполняют в соответствии с требованиями п. 5.2 и п. 5.3.

4.1.2. Контроль степени износа узлов и деталей производится путем их микрометрирования и сопоставления результатов с значениями допустимых предельных отклонений размеров, приведенных в документации завода-изготовителя и в технических условиях на ремонт. Результаты измерений оформляются в виде протоколов. Если узлы и детали по результатам ревизии соответствуют предъявляемым к ним требованиям, то срок их эксплуатации может быть продлен.

4.1.3. Своевременное выявление дефектных узлов и деталей компрессоров, обеспечивается при применении методов и средств вибродиагностики. Вибрационное обследование оборудования позволяет с достаточной степенью достоверности оценить его фактическое техническое состояние, не прибегая к разборке, и определить возможные неисправности и дефекты, вызванные износом основных деталей, перекосами вращающихся элементов машин и т.д. на работающем оборудовании. Методика вибродиагностики изложена в разделе 4.2.

4.2. Вибрационная диагностика холодильных компрессоров.

4.2.1. Нормирование вибрации. Величина вибрации позволяет косвенно судить о работоспособности машин с вращающимися массами. Для компрессоров, не оснащенных стационарной аппаратурой измерения и контроля вибрации, измеряемая и нормируемая величина - средняя квадратическая виброскорость в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц (общий уровень).

Классификация машинного оборудования с вращающимися массами осуществляется согласно стандарту ИСО 2372 в зависимости от мощности машины, условий закрепления ее на основании (фундаменте) и степени диссипации при передаче энергии от источника колебаний (вращающегося ротора) на корпус или основание машины. На рис.1 приведены классификация и нормы вибрации машин.

Согласно этой классификации компрессоры делятся на следующие классы:

I - компрессоры малой мощности (до 15 кВт);

II - компрессоры средней мощности (15-75 кВт);

III - мощные компрессоры и двигатели (от 75 до 200 кВт), установленные на тяжелых

фундаментах, являющихся относительно жесткими в направлении измерения;

IV - мощные компрессоры и двигатели, установленные на фундаментах, являющимися относительно упругими в направлениях измерения.

$V_{эфф}$ мм/с	Класс I	Класс II	Класс III	Класс IV
0,71	ХОРОШО	ХОРОШО	ХОРОШО	ХОРОШО
1,12	ДОПУСТИМО			
1,8	ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР	ДОПУСТИМО	ДОПУСТИМО	
2,8		ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР		ДОПУСТИМО
4,5	НЕДОПУСТИМО	НЕДОПУСТИМО	ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР	ДОПУСТИМО
7,1			НЕДОПУСТИМО	ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР
11,2		НЕДОПУСТИМО		НЕДОПУСТИМО
18				

Рис.1. Оценка средней квадратической виброскорости согласно стандарту ИСО 2372. Здесь оценки имеют следующий смысл: "ХОРОШО" - оценка качества ремонта; допустимо при приемочных испытаниях после ремонта; "ДОПУСТИМО" - бездефектное эксплуатационное состояние; "ТРЕБУЕТ ПРИНЯТИЯ МЕР" - необходимо проведение мероприятий по обнаружению дефекта, усиление контроля; "НЕДОПУСТИМО" - эксплуатация не допускается.

4.2.2. Аппаратура для проведения виброобследования. Вибрация машин может измеряться и записываться приборами, которые соответствуют требованиям стандарта ИСО 2954. При этом должна быть обеспечена точность измерений в соответствующих диапазонах частот и скоростей при соответствующих условиях окружающей среды (температура, давление, магнитные поля и т.д.).

Используемые приборы и аппаратура должны проходить в установленные сроки аттестацию в организациях, имеющих соответствующую лицензию Госстандарта России на право проведения работ по поверке и аттестации измерительной аппаратуры.

Виброизмерительная аппаратура для оценки технического состояния механического оборудования должна обеспечивать измерение средней квадратической виброскорости в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц в соответствии со стандартом ИСО 2372. Пределы измерений должны быть не уже чем от 0,2 до 100 мм/с по виброскорости и от 0,2 до 100 м/с² по виброускорению (указанным требованиям, например, отвечают приборы: виброметр С3203 фирмы "SYNTAGMA" (Россия), "VIBROMETR-25" фирмы "SCHENCK" (ФРГ), и др.).

Для частотного анализа должны применяться анализаторы вибрации, позволяющие проводить спектральный анализ сигнала в различных диапазонах частот от 1 до 20 000 Гц. При этом разрешающая способность по частоте должна быть не менее 1/3 октавы (или не менее 400 линий на диапазон). Этим требованиям удовлетворяет, например, анализатор 2515 фирмы "Briel & Kjer" (Дания).

4.2.3. Назначение точек измерения вибрации. Точки измерения вибрации назначаются в местах передачи энергии вибрации от источника на упругое основание или другие части системы. Для машин с вращающимися массами (компрессорных агрегатов) таковыми являются плоскости расположения опорных подшипников и опорные поверхности (головки болтов крепления агрегата к раме или фундаменту). Установка датчиков вибрации производится в трех взаимно перпендикулярных направлениях относительно оси ротора.

Способ крепления датчика вибрации в точке измерения должен обеспечивать достоверность получаемых результатов, отсутствие искажений сигнала в требуем диапазоне частот вследствие диссипации энергии колебаний в зоне контакта датчика с поверхностью.

Предварительно необходимо произвести подготовку точек измерения. Поверхность должна быть зачищена от краски, других грубых наслоений и обеспечивать плотное прилегание датчика к поверхности.

В зависимости от частотного диапазона измеряемого сигнала рекомендуется применять следующие способы крепления датчиков:

щуп, магнит - до 1000 Гц;

магнит, клей, воск, шпилька - до 2000 Гц;

клей, воск, шпилька - до 20000 Гц.

4.2.4. Проведение виброобследования и режим работы компрессора при измерениях. При проведении измерений вибрации агрегат должен работать на номинальной нагрузке.

При виброобследовании необходимо:

провести измерения общего уровня средней квадратической виброскорости компрессорного агрегата в диапазоне частот от 10 до 1000 Гц.; результаты измерений оформить в виде протокола (см. приложения 6, 7, 8);

провести спектральный анализ вибрации компрессорного агрегата; результаты спектрального анализа оформить в виде протокола (см. приложение 9), в котором отражаются результаты диагностики.

При наличии оснащения компрессорной установки соответствующими измерительными приборами необходимо записывать параметры режима работы компрессора, такие как температура газа на всасывании и на нагнетании, производительность, потребляемая мощность привода. Показания приборов заносят в протокол (см. приложение 10).

В особых случаях для оценки технического состояния компрессора может производиться определение эффективности холодильного цикла или к.п.д. компрессора.

4.2.5. Вибрационная диагностика холодильных компрессоров. Использование методов и средств вибродиагностики позволяет облегчить задачу определения развивающихся неисправностей на работающем компрессоре до его разборки.

В качестве основного вида диагностических измерений устанавливается измерение амплитуд и частот спектральных составляющих вибросигнала (спектральный анализ).

При исследовании спектра частот вибрации, устанавливаются различные дефекты,

сопровождающие работу компрессора. Наиболее распространенные дефекты поршневых и винтовых компрессоров, выявляемые с помощью спектрального анализа, приведены в приложении 18.

В особых случаях могут проводиться специальные вибродиагностические исследования, вид которых определяется в зависимости от результатов первичного виброобследования и анализа данных эксплуатации.

4.3. Порядок обследования дефектных деталей.

Контроль деталей компрессора в целях оценки пригодности для дальнейшей эксплуатации - обязательная технологическая операция.

Обследование дефектных деталей и узлов проводится в следующем порядке:

- наружный осмотр деталей с целью выявления коррозии, локальной деформации, трещин и других дефектов на наружных поверхностях деталей.
- измерение основных размеров с целью определения величины износа.

Объем контроля, контролируемые размеры и их предельные значения для контролируемых деталей оформляются в виде Протоколов измерений, форма протокола приведена в приложении 19.

По результатам внешнего осмотра и контроля размеров определяется необходимый объем работ по дефектоскопии деталей:

- ультразвуковая толщинометрия в зонах повреждения материала от коррозии, в местах локальной деформации материала, в радиусах перехода фланцевых соединений, в зонахгиба трубопроводов;
- дефектоскопия поверхностей с целью исследования макродефектов, с помощью ультразвукового метода контроля, радиографическим или цветным методом;
- определение механических характеристик материала путем измерения твердости и с применением других неразрушающих методов.

4.4. Контроль деталей поршневого компрессора.

4.4.1. Рама. В процессе эксплуатации компрессора могут возникнуть следующие дефекты рам:

- изменение положения рамы из-за неравномерной осадки фундамента;
- деформация элементов рамы под влиянием остаточных напряжений после литья;
- отделение 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.

Допустимые отклонения при эксплуатации рамы приведены в табл. 1.

Таблица 1

Наименование отклонения	Допускаемая величина отклонения при эксплуатации
Отделение опорных поверхностей от фундамента	50% периметра фундаментной рамы
Уклон в продольном и поперечном направлениях	2 мм на 1 м

При превышении величин отклонений, приведенных в табл. 1, рама должна быть демонтирована с фундамента, затем правильно установлена и подлита вновь.

Порядок и метод контроля величин, указанных в табл.1, приведены в [78].

4.4.2. Коленчатый вал. К основным дефектам коленчатого вала относятся:

- износ трущихся поверхностей коренных и мотылевых шеек (овальность, бочкообразность, конусность, несоосность шеек вала);
- задиры на шейках вала;
- разработка шпоночных канавок;
- появление трещин на шейках или на щеках вала, подрезы галтелей;
- изгиб вала в результате работы компрессора с неправильно уложенным валом.

Схема измерений размеров шатунных шеек коленчатого вала и протокол измерений приведены в приложении 11. Нормальные и допустимые отклонения размеров шатунных шеек коленчатого вала приведены в документации завода-изготовителя. При достижении предельного износа шеек дальнейшее использование вала не допускается.

Необходимо контролировать крепление противовесов на валу. Плотность прилегания противовесов к кривошипам или к щекам колен проверятся щупом, причем щуп 0,05 мм не должен проходить в их стыки, а щуп 0,03 мм - в места прилегания шпонок.

Отклонение коленчатого вала, уложенного в подшипники, от горизонтального положения допускается не более 0,2 мм на 1 м.

Расхождение щек коленчатого вала, уложенного в коренные подшипники, не должна превышать значений указанных в документации завода-изготовителя (например, для компрессора АУУ400 эти значения должны быть не более 0,013 мм - при монтаже и переукладке, 0,032 мм - при эксплуатации).

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

Методика контроля расхождения щек приведена в [78].

4.4.3. Подшипники скольжения. При ревизии подшипников скольжения коленчатого вала контролируют:

- 1) расхождение щек коленчатого вала;

- 2) зазоры у боковых вкладышей и под верхним вкладышем;
- 3) зазоры у торцов фиксирующего подшипника;
- 4) прилегание поверхностей вкладышей к шейкам вала;
- 5) баббитовую заливку подшипников;
- 6) прилегание тыльной стороны вкладышей к постелям.

Если обнаружено отделение, выкрашивание или растрескивание баббитового слоя более чем на 15% площади вкладыша или баббитовый слой изношен более, чем на 60% первоначальной толщины, то вкладыши должны быть перезалиты или заменены новыми.

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.

Измеренные величины зазоров и отклонений размеров не должны превышать предельных значений, указанных в технической документации завода-изготовителя компрессора.

4.4.4. Подшипники качения. При ревизии подшипников качения необходимо убедиться в отсутствии трещин и выкрашивании металла на кольцах и телах качения, цветов побежалости в любом месте подшипника, выбоин и отпечатков (лунок) на беговых дорожках колец, шелушения металла, чешуйчатых отслоений, коррозионных раковин, забоин, вмятин на поверхностях качения, видимых невооруженным глазом, глубоких рисок и забоин на беговых дорожках колец и телах качения, надломов, сквозных трещин на сепараторе, отсутствия или ослабления заклепок на нем, забоин и вмятин на сепараторе, препятствующих плавному вращению подшипников, заметной на глаз и на ощупь ступенчатой выработки рабочей поверхности колец.

При обнаружении одного из вышеперечисленных дефектов подшипники отбраковываются и заменяются на новые.

4.4.5. Цилиндр. В процессе эксплуатации компрессора происходит износ рабочей поверхности цилиндра, который бывает обусловлен следующими причинами:

нерациональный подбор материала трущихся поверхностей цилиндра и поршневых колец по твердости;

несоосность цилиндра и рамы компрессора;

плохое качество смазки, из-за чего могут возникнуть задиры;

тепловые перенапряжения, которые могут вызвать коробление цилиндров, появление трещин;

наличие абразивных частиц в сжимаемом газе, которые приводят к появлению задилов и рисок на рабочей поверхности цилиндров.

Определение величины выработки рабочей поверхности зеркала цилиндра или цилиндровой втулки производится путем замера с помощью микрометрического штангенса или индикаторного нутромера их диаметров по трем сечениям - по среднему и по двум крайним.

Предельно допустимые величины выработки приведены в документации завода-изготовителя (для компрессора АУУ400 они приведены в приложении 19).

Цилиндры должны быть заменены или расточены, если задиры зеркала в рабочей зоне превышают 10% длины их окружности при глубине отдельных рисок более 0,5 мм.

Шпильки и резьбовые отверстия цилиндров и их крышек контролируют визуально. Дефекты - забоины, риски, следы коррозии - должны быть устранены. При обнаружении трещин, а также срыве резьбы шпильки подлежат замене.

Поврежденные резьбовые отверстия должны быть рассверлены и нарезаны на ближайший больший диаметр с соответствующей заменой сопрягаемых деталей.

Необходимо проверить величину линейного мертвого пространства цилиндра. Она не должна превышать значения, указанного в документации завода-изготовителя (например, для компрессора АУУ400 - не более 0,8 - 0,4 мм).

4.4.6. Шатуны. На шатуны во время работы компрессора действуют переменные сжимающие и растягивающие напряжения и значительные изгибающие нагрузки от сил инерции.

При визуальном контроле головки шатуна забоины, риски, коррозионные повреждения, отсутствие галтелей или их дефекты должны устраняться и тщательно зашлифовываться.

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

Допускаемые отклонения основных размеров шатуна приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование отклонения	Допускаемые отклонения, мм, на 1 м длины
Непараллельность осей отверстий головок	0,3 мм
Отклонение от общей плоскости (скручивание осей отверстий) обеих головок шатуна	0,5 мм
Неперпендикулярность торцевых поверхностей головок шатуна к осям их отверстий	0,5 мм

4.4.7. Шатунные болты. У шатунных болтов контролируют величину остаточного удлинения путем замера длины болтов в свободном, незатянутом состоянии; осуществляют проверку на наличие усталостных трещин, а также проверку прилегания опорных поверхностей по краске и величины упругого удлинения болтов после их затяжки.

Шатунные болты ремонту не подлежат и заменяются новыми при наличии трещин, вмятин, сорванной резьбы (даже на одном рабочем витке), раковин от коррозии, повреждении галтелей, а также, если замеренное остаточное удлинение превышает 0,2% его первоначальной длины между опорными поверхностями болта и гайки. Замене подлежат также болты, на которые гайки наворачиваются неравномерно, а также, если в соединении имеется зазор.

Предельный срок службы шатунных болтов, по истечении которого они должны быть заменены независимо от наличия перечисленных дефектов, определен в технической документации

завода-изготовителя и представлен в [76]; например, для компрессора АУУ400 это 50 тыс. час.

4.5. Контроль деталей винтового компрессора.

4.5.1. Рама-маслобак. В процессе эксплуатации компрессора могут появиться следующие дефекты рам:

- изменение положения рамы-маслобака из-за неравномерной осадки фундамента;
- отделение подошвы рамы от фундамента вследствие неудовлетворительно выполненной подливки, попадания масла под опорную часть рамы, ослабления крепления к фундаменту;
- появление трещин в маслобаке в местах концентрации напряжений;
- возникновение деформации опорных частей рамы-маслобака под компрессор и электродвигатель.

Проверка горизонтальности рамы производится уровнем, который устанавливают на обработанные поверхности рамы-маслобака. Допустимый уклон в продольном и поперечном сечениях 2 мм на 1 м.

Деформация опорных частей рамы-маслобака под электродвигателем и компрессором определяется с помощью поверочной линейки и уровня, установленных на опорные части.

Отделение опорных поверхностей рамы от фундамента определяется по уровню вибрации на фундаментных болтах и проверяется щупом. Предельно допустимая величина - 50% от периметра рамы.

Наличие трещин определяется визуально, а в случае необходимости одним из методов дефектоскопии.

4.5.2. Корпус компрессора. В процессе эксплуатации компрессора могут появиться следующие дефекты корпуса:

- трещины, свищи и раковины в корпусе в результате некачественного литья и тепловых перенапряжений;
- механический износ поверхностей в результате истирания стенок рабочей средой и коррозионный износ;
- плохое качество масла, из-за которого могут возникнуть задиры.

Наличие трещин, свищей и раковин в корпусе определяют одним из методов дефектоскопии и отмечают в протоколе (см. приложения 13, 14) с приложением эскиза. Допускается выполнение эскиза на обратной стороне протокола.

Величина износа оценивается прямым измерением толщины стенки ультразвуковым толщиномером. Возможна оценка по величине зазора между корпусом и роторами.

Шпильки и резьбовые соединения корпусных деталей контролируют визуально. Дефекты - забоины, риски, следы коррозии - должны быть устранены. При обнаружении трещин, а также срыве резьбы шпильки подлежат замене.

Поврежденные резьбовые отверстия должны быть рассверлены и нарезаны на ближайший больший диаметр с соответствующей заменой сопрягаемых деталей.

Должна быть проведена проверка на краску степени прилегания поверхностей разъема корпуса. Необходимая величина прилегания поверхностей разъема - не менее 80% от общей площади прилегаемых поверхностей.

4.5.3. Роторы. В процессе эксплуатации компрессора происходит изменение рабочих поверхностей роторов, которое может быть вызвано следующими причинами:

- наличие абразивных частиц в сжимаемом газе, которые вызывают износ рабочих поверхностей роторов, появление задиров и рисок на роторах;
- ухудшение смазки трущихся поверхностей из-за плохого качества и очистки масла, вследствие чего могут возникать задиры;
- тепловые перенапряжения, которые могут вызвать коробление роторов и образование трещин.

Износа рабочих поверхностей роторов определяется путем замера зазоров:

- между торцами винтов роторов и корпусом компрессора;
- между наружными диаметрами винтов роторов и корпусом компрессора;
- между зубом ведомого ротора и впадиной ведущего ротора (боковой зазор);
- между зубом ведущего ротора и впадиной ведомого ротора (радиальный зазор);
- между зубом ведомого ротора и впадиной ведущего ротора (радиальный зазор).

Предельно допустимые величины зазоров указаны в документации завода-изготовителя (в качестве примера для компрессора ВХ 350-7 эти величины приведены в табл. 3).

Проверка роторов на наличие трещин в местах концентрации напряжений проводится одним из методов неразрушающего контроля.

Определение величин износа шеек ротора производится путем замера диаметров шеек микрометрической скобой по трем сечениям - по среднему и двум крайним в двух плоскостях - вертикальном и горизонтальном. Предельно допустимые величины размеров указаны в документации завода-изготовителя.

На рабочей поверхности шеек роторов допускаются мелкие кольцевые риски на 1/3 длины подшипника - в среднем сечении не более 3 кольцевых рисок глубиной 0,3 мм и шириной 0,3 мм. Под уплотнительным пояском подшипников допускаются многочисленные кольцевые риски при сохранении зазора 0,2 мм.

Прилегание полумуфты упругой муфты к посадочной шейке ротора проверяется по краске. Допускается наличие "лысин" шириной до 10% от диаметра шейки и длиной до 30% от длины шейки при условии, что "лысины" расположены в разных плоскостях; суммарная их площадь на должна превышать 30% от всей цилиндрической поверхности шейки.

4.5.4. Подшипники. Состояние подшипников качения контролируется в соответствии с п. 4.4.4.

При контроле подшипников скольжения определяют степень их износа путем проверки наличия рисок на рабочих поверхностях баббитовой заливки и величины зазора в подшипнике.

Таблица 3

Наименование	Обозначение	Предельно допустимые размеры, мм
Зазор между торцами винтов ротора и корпусом компрессора: на стороне всасывания на стороне нагнетания	В1,В2	0,8
	В3	0,04-0,07
	В4	0,05-0,07
Зазоры между наружными диаметрами винтов роторов и корпусом компрессора: нижние боковые верхние	b1,b2	0,14
	b3,b4	0,17
	b5,b6	0,24
Боковой зазор между зубом ведомого ротора и впадиной ведущего ротора	К, Л	0,2
Радиальный зазор между зубом ведущего ротора и впадиной ведомого ротора	М	0,24
Радиальный зазор между зубом ведомого ротора и впадиной ведущего ротора	Н	0,24

На рабочей поверхности баббитовой заливки допускаются натирки и риски на 1/3 длины шейки подшипника; при этом число кольцевых рисок глубиной 0,5 мм и шириной 0,3 мм и продольных рисок глубиной 0,3 мм шириной 0,5 мм на 1/3 длины подшипника допускается не более 3.

При проверке зазоров в подшипниках скольжения необходимо измерить диаметры втулок подшипников и соответствующих опорных шеек роторов. Разность между этими размерами определяет величину зазора в подшипнике.

Под уплотнительными полосками подшипников между торцом, обращенным внутрь компрессора, и уплотнительной канавкой допускается зазор 0,2 мм.

При осмотре состояния баббитовой заливки контролируют состояние поверхности баббитового слоя и плотность его прилегания к основе. Выкрашивание, отделение баббитового слоя не допускаются. Плотность прилегания баббитового слоя в отдельных случаях проверяется цветным методом.

4.5.5. Торцовые уплотнения. В процессе эксплуатации происходит износ трущихся деталей уплотнения. Определение величины износа деталей производится путем замеров с помощью микрометрического инструмента.

Предельно допустимые значения размеров деталей (для графитового кольца - минимальная толщина кольца) указаны в документации завода-изготовителя; допускаются следы приработки кольца и замыкающиеся кольцевые риски - не более двух, глубиной 0,03 мм.

4.6. Методы дефектоскопии деталей.

4.6.1. Обследование коррозионного состояния деталей. Для проведения обследования детали промывают и просушивают. Осмотр рабочих поверхностей проводят с помощью лупы 4-7-

кратного увеличения. При необходимости производят зачистку поверхности. Определяют характер коррозионных повреждений, их глубину и площадь. По результатам осмотра определяют участки поверхности для выполнения измерений толщины стенки и проведения контроля качества сварных швов ультразвуковым методом.

При невозможности визуального контроля внутренней поверхности необходимо провести измерение толщины стенки корпуса и его сварных соединений с внешней поверхности. Особое внимание необходимо обратить на места с пересекающимися сварными швами.

Результаты обследования коррозионного состояния поверхностей деталей оформляются в виде протоколов с приложением карт контроля (см. приложения 12-15).

4.6.2. Ультразвуковая толщинометрия. Для определения толщины стенок корпусов и деталей осуществляется их толщинометрия на участках, на которых при осмотре выявлены коррозионные повреждения металла. Выбранные для контроля участки зачищаются до металлического блеска. Подготовленная для контроля поверхность не должна иметь углублений, шероховатости, забоин, глубоких царапин и т.п. Выбранные зоны измерений маркируются соответствующими порядковыми номерами и все последующие измерения в случае необходимости их повторений проводятся в этих зонах.

На участок контроля наносится контактная среда в виде густой смазки (тавот, солидол и т.п.), устанавливается ультразвуковой преобразователь и производятся измерения. Для повышения достоверности результатов на каждом участке следует проводить 5 измерений, по которым определять среднее значение.

Для обследования могут использоваться отечественные эхоимпульсные ультразвуковые толщинометры типа УТ-92П, УТ-93П, приборы фирмы "Крауткремер" (ФРГ) ДМ2, ДМ3, а также другие толщинометры, соответствующие требованиям ГОСТ 25363-83. Погрешность измерения используемых толщинометров не должна превышать 5% от измеряемой толщины материала.

Настройка прибора и работа с ним производится в соответствии с инструкцией по его эксплуатации.

Результаты ультразвукового контроля толщины стенок обследуемых деталей оформляются в виде протоколов (см. приложение 12).

4.6.3. Ультразвуковая дефектоскопия. Ультразвуковой контроль поверхностей деталей, узлов и сварных соединений осуществляется в соответствии с ГОСТ 14782-86 и ОСТ 26-2044-83 для выявления в сварных швах дефектов типа трещин, непроваров, шлаковых включений и газовых пор, их количества, координат расположения и условных размеров.

При контроле могут использоваться ультразвуковые импульсные дефектоскопы типа ДУК-66ПМ, УД11-ПУ, УД2-12 и другие, отвечающие требованиям ГОСТ 14782-86 и ГОСТ 23049-84. В комплект аппаратуры для измерения основных параметров дефектоскопов (совместно с преобразователями) и их контроля должны входить стандартные образцы 1, 2, 3, 4 по ГОСТ 14782-86.

Для настройки чувствительности контроля следует применять испытательные образцы из тех же марок сталей, из которых выполнены обследуемые детали. Образцы изготавливаются в соответствии с ОСТ 26-2044-83.

Перед контролем поверхность контролируемой зоны должна быть очищена от брызг металла, отслаивающейся окалины, ржавчины, краски, грязи на расстояние, необходимое для

сканирования ультразвукового преобразователя (20-50 мм в зависимости от типа преобразователя). Сильно корродированная поверхность должна подвергаться механической обработке до получения ровной и гладкой поверхности в пределах перемещения ультразвукового преобразователя. При механической обработке контролируемой поверхности шероховатость поверхности должна быть не более $Rz=40$ мкм по ГОСТ 2789-73.

Результаты ультразвукового контроля регистрируют в протоколе с представлением эскиза проконтролированного узла (приложение 13). Допускается выполнение эскиза на обратной стороне протокола.

4.6.4. Цветная дефектоскопия. Цветной (капиллярный) метод контроля предназначен для выявления поверхностных дефектов деталей и сварных соединений из сталей, выполненных всеми видами сварки.

Требования к контролируемой поверхности, оптимальные рабочие составы, методика контроля устанавливаются в соответствии с ОСТ 26-5-88.

Контроль цветным методом следует проводить по участкам с нанесением индикаторной жидкости ручным или аэрозольным способом при температуре окружающего воздуха от +5 до +40 °С. Длина контролируемых сварных швов должна устанавливаться так, чтобы не допускалось высыхание индикаторной жидкости до повторного ее нанесения на контролируемую поверхность.

Контролю должны подвергаться детали с чистой металлической поверхностью, очищенные от брызг, нагара, окалины, шлака, ржавчины, лакокрасочных покрытий, различных органических веществ (масел, жиров) и других загрязнений. Зачистке подвергается проверяемая зона, шириной не менее 20 мм, при этом шероховатость подготовленной поверхности должна быть не менее $Rz=20$ мкм. После зачистки поверхности следует провести ее обезжиривание.

Выбор рабочих составов и проведение контроля производятся в соответствии с требованиями ОСТ 26-5-88.

После завершения работы оформляется протокол контроля с представлением эскизов узлов, на которых фиксируют местоположение дефектов и их протяженность (приложение 14).

4.6.5. Прочностные исследования.

Прочностные исследования проводятся в целях:

- определения влияния длительной эксплуатации на запасы прочности в основных элементах оборудования с учетом возможного изменения физико-химических свойств и возникновения макро- и микродефектов в материале;
- оценки циклической долговечности соединений при малоцикловом нагружении;
- оценки остаточного ресурса эксплуатации оборудования с учетом реального состояния основных элементов оборудования и требований конструкторской документации.

Расчетная оценка напряженно-деформированного состояния выполняется в соответствии с ГОСТ 14249-80, ГОСТ 24755-81, ГОСТ 24756-81, ГОСТ 24757-81, ГОСТ 25859-83. При расчете учитывается объем контроля, проведенный за период эксплуатации, результаты коррозионных исследований с учетом скорости развития коррозии, измерения толщины стенок корпусов, статистики отказов, а также результаты дефектоскопии поверхностей, выполненной при

освидетельствовании оборудования.

На основании расчетной оценки определяется остаточный ресурс компрессора и допустимые режимы эксплуатации.

4.7. Оформление результатов.

Результаты контроля параметров вибрации компрессорного агрегата, спектрального анализа вибрации, результаты обмеров деталей, а также результаты дефектоскопии оформляются в виде протоколов, формы которых приведены в приложениях 7-14.

На основании полученных результатов составляется карта обследования компрессорного агрегата (приложение 15) и в соответствии с требованиями раздела 6 подготавливается заключение о возможности его дальнейшей безопасной эксплуатации, в котором определяется ресурс компрессорного агрегата и срок его эксплуатации до следующего капитального ремонта.

Протокол измерения вибрации поршневого холодильного компрессора оппозитного типа

Компрессор _____ зав. N _____

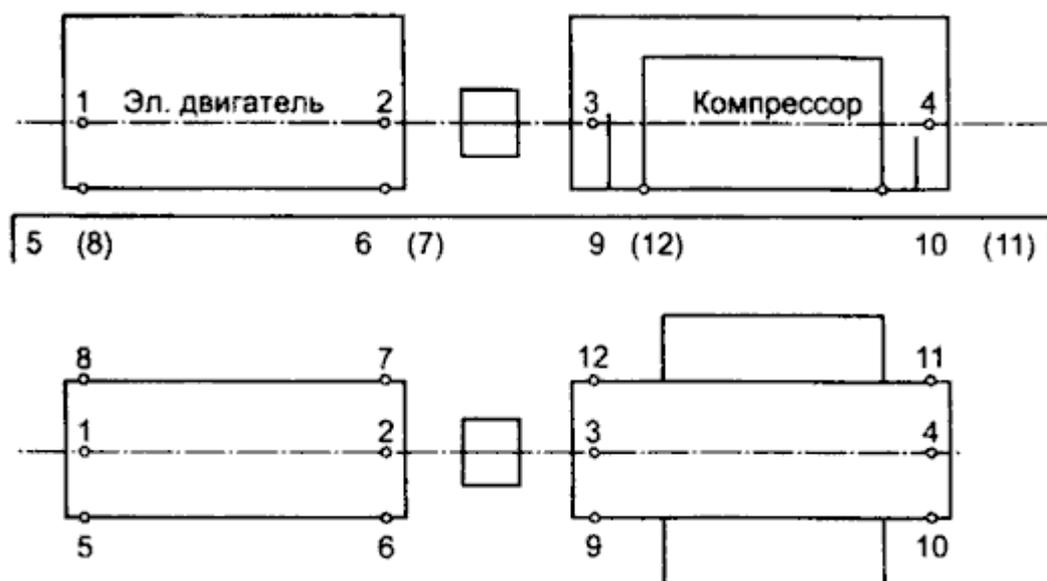
Изготовитель _____

завод-изготовитель, дата

Место установки _____

цех, участок, технологический номер

Схема точек измерения



Средняя квадратическая виброскорость, мм/с.

Направление измерения	Точки измерения в плоскостях подшипников					
	1	2	3	4	5	6
Горизонтальное						
Вертикальное						
Осевое						

Направление измерения	Точки измерения на элементах крепления к раме							
	7	8	9	10	11	12	13	14
Вертикальное								

Измерения провел _____
