

**МДК.02.01. Управление ремонтом холодильного оборудования
(по отраслям) и контроль за ним**

**Тема 1.2 Износ оборудования
(4 часа)**

План

1. Основные сведения о надёжности.
 - а) показатели надёжности.
 - б) пути повышения надёжности холодильного оборудования.
2. Износ, основные понятия и определения. Виды износа
3. Методы определения и основные способы предупреждения преждевременного износа оборудования

1. Основные сведения о надёжности

Надёжность изделий машиностроения является важнейшим показателем их качества, так как возникновение отказов вызывает значительные расходы при эксплуатации вследствие простоя оборудования и необходимости замены или восстановления отдельных узлов и деталей.

Надёжность — свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя рабочие параметры в заданных пределах в течение требуемого времени или требуемой наработки.

Наработка — продолжительность или объём работы изделия, измеряемые в часах или других единицах, специфичных для данного оборудования. Надёжность является комплексным свойством, обусловленным безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью.

Безотказность — способность изделия сохранять работоспособность в течение некоторой наработки без вынужденных простоев.

Долговечность — свойство изделия сохранять работоспособность до предельного состояния с необходимыми перерывами на обслуживание и ремонт.

Предельное состояние — состояние, при котором дальнейшая эксплуатация изделия должна быть прекращена из-за выхода его основных технических параметров за установленные пределы. Предельное состояние может быть обусловлено нецелесообразностью дальнейшего использования изделия вследствие физического или морального износа, несоответствия требованиям охраны труда, снижения его экономической эффективности.

Ремонтпригодность — приспособленность изделия к предупреждению, обнаружению и устранению отказов путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

Сохраняемость — свойство изделия непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение и после хранения и транспортировки.

а) показатели надёжности.

Количественные показатели надёжности.

Для основных видов ремонтируемого и неремонтируемого холодильного оборудования разработан перечень показателей надёжности, который подлежит включению во все документы, определяющие Показатели надёжности охватывают три основных свойства (безотказность, долговечность и ремонтпригодность) и характеризуют способность оборудования выполнять заданные функции в течение длительной эксплуатации.

Повышение показателей надёжности уменьшает вероятность материального ущерба,

который может возникнуть вследствие временной неработоспособности оборудования, снижает затраты на его техническое обслуживание и ремонты в процессе эксплуатации. В то же время повышение показателей надежности вызывает рост затрат на производство оборудования и рост себестоимости изделий. Создание высоконадежного оборудования иногда может оказаться нецелесообразным, так как оно морально устаревает, не оправдав части вложенных в него средств.

В связи с этим отдельные показатели безотказности и долговечности оборудования нормируют.

Показатели надежности определяют опытным путем, испытывая определенное число изделий на стендах или наблюдая за состоянием изделий в процессе их реальной эксплуатации.

Для определения показателей надежности неремонтируемых изделий испытывают группу из N изделий и через равные интервалы времени ($\Delta t_1, \Delta t_2, \dots, \Delta t_i$) регистрируют число отказов $\Delta m_1, \Delta m_2, \dots, \Delta m_i$ в каждом интервале. В процессе испытания вышедшие из строя изделия новыми не заменяют.

Ремонтируемые изделия (холодильные машины, аппараты, компрессоры) после замены отдельных узлов продолжают работать, поэтому количество изделий N не изменяется в течение всего срока испытаний.

Основными показателями безотказности холодильного оборудования являются наработка на отказ, параметр потока отказов (ремонтируемое оборудование) и интенсивность отказов (неремонтируемое оборудование).

Наработка на отказ фактически определяет среднее время безотказной работы и рассчитывается по статистическим данным как отношение суммарной наработки изделий к общему числу их отказов. Нормативная величина наработки на отказ для холодильных компрессоров (в тыс. ч) : винтовых — 3,5; аммиачных производительностью свыше 116 кВт — 2,3; аммиачных производительностью до 116 кВт — 5,4; хладоновых производительностью до 36 кВт — 10,3.

Параметр потока отказов w — отношение среднего числа отказов восстанавливаемого изделия за произвольно малую его наработку к значению этой наработки. Показатель является функцией времени, его увеличение свидетельствует о снижении надежности оборудования.

Интенсивность отказов λ — число отказов в определенном интервале времени, отнесенное к числу невосстанавливаемых изделий, оставшихся исправными к началу этого интервала. Физический смысл показателя — вероятность отказа в достаточно малую единицу времени.

Интенсивность отказов, как и параметр потока отказов, является функцией времени.

Типичная кривая интенсивности отказов позволяет определить период приработки t_p , т.е. период повышенного количества отказов вначале эксплуатации, а так же начало наступления периода повышенного износа t_n , т.е. срок службы изделия.

Интенсивность отказов в период нормальной эксплуатации при условии соблюдения правил эксплуатации и технического обслуживания практически постоянна во времени $A_i = \text{const}$.

В период нормальной эксплуатации, когда значение параметра потока отказов постоянно, параметр потока отказов равен интенсивности отказов ($w = \lambda$). Это позволяет по параметру потока отказов определять интенсивность отказов на участках нормальной эксплуатации. Нормативная величина интенсивности отказов для герметичных компрессоров $2,8 \cdot 10^{-5} \text{ч}^{-1}$.

Основными показателями долговечности холодильного оборудования являются гамма-процентный ресурс до списания (комбинированно стареющее и неремонтируемое оборудование), назначенные ресурсы до соответствующих

видов ремонтов, наработка до технического обслуживания, средний срок службы до

списания (планово ремонтируемое оборудование) .

Ресурс — суммарная наработка изделия до предельного состояния, оговоренного в технической документации .

Гамма-процентный ресурс — наработка, в течение которой изделие не достигает предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах. Статистически гамма-процентный ресурс показывает, что γ процентов изделий не достигнут предельного состояния за время какой-то наработки (например, до списания).

Назначенный ресурс — суммарная наработка изделия, при достижении которой его эксплуатация должна быть прекращена независимо от технического состояния. Назначенные ресурсы до соответствующих видов ремонтов, а также наработка до технического обслуживания определяют периодичность проведения ремонтов оборудования.

Срок службы до списания — календарная продолжительность эксплуатации изделия до списания (сдачи в металлолом), обусловленного предельным состоянием. Показателями ремонтпригодности планово-ремонтируемого холодильного оборудования являются средняя оперативная трудоемкость капитального ремонта и объединенная удельная оперативная трудоемкость технических обслуживаний и ремонтов.

Средняя оперативная трудоемкость капитального ремонта характеризует совершенство конструкции оборудования с точки зрения приспособленности к проведению ремонтов и оценивается затратами труда на капитальный ремонт. Показатель определяют на основе нормирования труда на ремонт методом замены сменных деталей и узлов без учета затрат труда на их восстановление. Численность и квалификацию ремонтного персонала устанавливают в строгом соответствии с технологическим процессом ремонта.

Объединенную удельную оперативную трудоемкость технических обслуживаний и ремонтов определяют как отношение суммарной трудоемкости всех ремонтов и технических обслуживаний за ремонтный цикл к ресурсу до капитального ремонта (в часах). Трудоемкость ремонта и технического обслуживания определяют путем хронометража времени ремонтников или путем пооперационного нормирования технологических процессов ремонта.

б) пути повышения надёжности холодильного оборудования

Надежность оборудования зависит от его технического совершенства, уровня технического обслуживания и ремонтов в процессе эксплуатации.

Надежность холодильных машин повышают конструктивными и технологическими методами:

- выбирают размеры и формы основных деталей, обеспечивающие оптимальные начальные зазоры, нагрузки и скорости в трущихся сопряжениях;
- обеспечивают оптимальный тепловой режим работы пар трения; используют смазочные масла с улучшенными свойствами;
- применяют для изготовления высококачественные материалы; снижают вибрацию машин;
- обеспечивают точность геометрической формы, правильное взаиморасположение и оптимальную шероховатость деталей пар трения;
- применяют современные способы упрочняющей обработки поверхностей деталей пар трения;
- используют ряд технологических приемов для получения износостойкого поверхностного слоя деталей (термическая и химико-термическая обработка, поверхностное пластическое деформирование, нанесение покрытий электролитическими способами и др.);
- повышают коррозионную стойкость теплообменных аппаратов;
- повышают надежность комплектующих изделий.

Надежность оборудования во время эксплуатации обеспечивают следующими способами:

- применяют рациональную систему технического обслуживания и ремонта;

- не допускают использования холодильного оборудования в режимах, не оговоренных технической документацией;
- внедряют современные способы восстановления поверхностей ряда ответственных деталей;
- проводят своевременную модернизацию холодильного оборудования;
- непрерывно повышают квалификацию;
- применяют рациональный метод организации ремонтных работ;
- внедряют избыточное резервирование отдельных видов оборудования.

2.Износ, виды износа

В процессе эксплуатации оборудования его отдельные узлы и детали с течением времени изнашиваются, в результате чего изменяются их размеры и геометрическая форма. Это приводит к нарушению нормальной работы оборудования, к уменьшению прочности отдельных деталей и к нарушению герметичности плотных соединений. Износ оборудования также резко снижает безопасность, эффективность и экономичность работы холодильной установки. Основными видами износа оборудования являются механический, химический и тепловой наносы. Косвенным видом износа является моральный износ оборудования, в результате которого его дальнейшая эксплуатация является экономически неоправданной.

Изменения размеров и свойств материалов деталей, происходящие в условиях исправного состояния и правильной эксплуатации оборудования, называют *нормальным износом*. При этом изменения размеров деталей сопровождаются нарушением правильности их форм.

Интенсивность нормального износа зависит от конструктивных особенностей деталей, износостойкости использованных материалов, условий эксплуатации, качества выполнения работ при монтаже, техническом обслуживании и ремонте оборудования.

Аварийный износ — изменения размеров и свойств материалов деталей, которые произошли в относительно короткий срок вследствие неправильной эксплуатации, некачественного монтажа, технического обслуживания или ремонта оборудования. Аварийный износ может возникнуть также вследствие дефектов изготовления оборудования. Примерами аварийных износов могут служить:

- разрушение подшипников вследствие их перегрузки, загрязнений или отсутствия смазки;
- расплавление неметаллических поршневых колец от воздействия высоких температур;
- разрушение трубопроводов и деталей компрессоров от гидравлических ударов;
- разрыв сосудов вследствие превышения установленного давления или некачественных сварных швов и т. п.

Допустимый износ — износ, при котором деталь может быть установлена в машину (компрессор, насос) без ремонта и будет удовлетворительно работать до следующего планового ремонта.

Предельный износ — износ, при котором дальнейшая эксплуатация детали становится недопустимой из-за нарушения работы узла или машины в целом и возможности появления внезапного отказа в работе.

Одним из критериев предельного состояния изделия является предельный износ.

Значения допустимых и предельных износов указывают в технических условиях на разбраковку деталей; величины предельных зазоров, размеров, овальности и конусообразности — в технической документации заводов-изготовителей.

Механический износ возникает главным образом под воздействием трения и ударов. Изменение первоначального состояния трущихся поверхностей происходит в результате эрозийного и абразивного воздействия.

Эрозийное воздействие выражается во взаимном истирании перемещающихся деталей и сопровождается как износом всей поверхности трения, так и появлением рисок, задигов и выбоин. Истирание трущихся поверхностей при нормальном (естественном) износе оборудования происходит вследствие наличия неровностей (микронеровностей) на поверхностях и первоначального искажения их геометрической формы. (Повышенный износ и задиры поверхностей чаще всего являются следствием нарушения смазки, а также неправильной сборки сопрягаемых деталей.

Результатом абразивного воздействия является истончение поверхностей, связанное с попаданием между ними абразивных частиц, имеющих в формовочной земле, песке, а также с попаданием частиц изношенного металла. Кварцевые частицы, содержащиеся в песке и пыли, по твердости превосходят чугун, сталь; вместе со смазочным маслом они образуют абразивный материал, являющийся во многих случаях причиной преждевременного износа оборудования. Абразивное воздействие более интенсивно на сопрягаемой поверхности меньшей твердости. Если же одна из трущихся поверхностей значительно мягче другой, то абразивные частицы вдавливаются в нее и вызывают износ твердой поверхности. Такой случай имеет место при трении в баббитовом подшипнике, попадание в который даже небольшого количества кварцевых частиц, вызывает интенсивный износ шейки вала. Быстрый износ цилиндра компрессора и других деталей с образованием глубоких рисок чаще всего является результатом абразивного воздействия.

Поддержание оборудования и смазочных средств в образцовой чистоте как при эксплуатации, так и особенно при сборке после монтажа или ремонта является важной мерой для предупреждения абразивного износа. Чтобы уменьшить попадание пыли в машинное отделение, практикуется озеленение территории, примыкающей к машинному отделению, проведение систематических ее поливок. Приточная система вентиляции должна оборудоваться фильтрами той или иной конструкции для очистки воздуха, подаваемого в компрессорный зал.

Химический износ происходит в результате коррозии металлических поверхностей под воздействием различных сред и зависит от агрессивности среды и от материала поверхности. В холодильных установках больше всего подвержены коррозии поверхности теплообменных аппаратов и трубопроводов, контактирующие с хладоносителями и с водой. В результате химического коррозионного износа нарушается прочность и герметичность аппаратов и трубопроводов.

Тепловой износ деталей происходит под действием высоких или резко изменяющихся температур, что приводит к уменьшению сопротивления истиранию и к появлению дополнительных внутренних напряжений. В результате этого происходит выкрашивание металла на поверхностях деталей, образование трещин и деформация деталей. Примерами такого износа являются поломки клапанных пластинок, образование трещин в цилиндрах компрессоров и т. п. Усиленный тепловой износ может возникнуть, в частности, при нагреве деталей из-за отсутствия смазки.

Совокупность различных мер позволяет уменьшить износ деталей оборудования и обеспечить длительную эксплуатацию оборудования в исправном состоянии. К числу существенных факторов, влияющих на износ оборудования, следует отнести:

- 1) качество и конструкцию машин;
- 2) правильность сборки при монтаже;
- 3) качество материалов, примененных для изготовления деталей оборудования;
- 4) правильно организованную эксплуатацию оборудования;
- 5) своевременный профилактический осмотр и высококачественный ремонт.

Однако даже при идеальном соблюдении этих условий естественный износ оборудования является неизбежным, вследствие чего оказывается необходимым и ремонт для обеспечения надежной и долговечной работы оборудования.

3. Методы определения и основные способы предупреждения преждевременного

износа оборудования

Предупреждение механического износа. Непременное требование предупреждения преждевременного износа — соблюдение правил эксплуатации обслуживания при использовании оборудования. Для снижения износа прибегают к повышению качества материала деталей, твердости поверхностей трения, подбору хорошо сочетающихся материалов для сопряженных деталей, повышению чистоты обработки трущихся деталей, улучшению режима и качества смазки деталей трущихся пар.

От качества металла деталей зависят интенсивность и характер пластических деформаций, явлений усталости. Для уменьшения износа применяют специальные антифрикционные сплавы, термическую и термохимическую обработку поверхности (закалка, цементация, азотирование и др.), специальные покрытия твердыми металлами или сплавами, повышают качество обработки поверхностей. В процессе ремонта оборудования часто (с учетом опыта эксплуатации) подбирают материал одной из пары или обеих сопряженных деталей, изменяют чистоту обработки деталей, повышают твердость поверхностей трения. Износ металла прямо пропорционален удельному давлению и обратно пропорционален твердости материала.

Чистота обработки поверхности определяет фактическую поверхность контакта трущихся деталей. В начале работы микронеровности разрушаются и возникает новый микрорельеф поверхности, соответствующий условиям работы сопряженных деталей. Шероховатость поверхности деталей независимо от первоначальной чистоты обработки в процессе работы стремится к одному установившемуся значению. Это свидетельствует о необходимости выбора для условий работы каждой пары трения, оптимальной чистоты обработки. Период изменения шероховатости совпадает с периодом приработки.

Смазка снижает износ, так как при достаточной толщине слоя смазки трение деталей друг о друга заменяется трением слоев смазки (жидкостное трение). Например, для пары сталь — бронза износ при смазке уменьшается в 30 раз. Кратковременное отсутствие смазки приводит к резкому повышению износа и заеданию деталей.

Различают виды трения: жидкостное, полужидкостное (смазка покрывает только часть поверхностей трения деталей), полусухое (смазку имеет небольшая часть поверхностей трения), сухое (смазка отсутствует).

Масло для смазки следует подавать под остаточным давлением, чтобы обеспечить образование масляного клина (рис 1а, б). Температура его должна соответствовать расчетной вязкости и в то же время обеспечивать охлаждение зоны трения. Количество масла должно быть достаточным для отвода теплоты, выделяемой в зоне трения. При суммарном зазоре в подшипнике $b_c + 62$ во время работы подшипника обеспечивается жидкостное трение (рис. 59, в). По мере износа зазор увеличивается, давление масла и толщина масляного слоя уменьшаются и может начаться полужидкостное трение, при котором интенсивность износа еще более увеличится. Подвод и распределение масла должны быть такими, чтобы обеспечивалась необходимая толщина слоя масла по всей поверхности подшипника, а в поступательно движущихся деталях образовался масляный клин

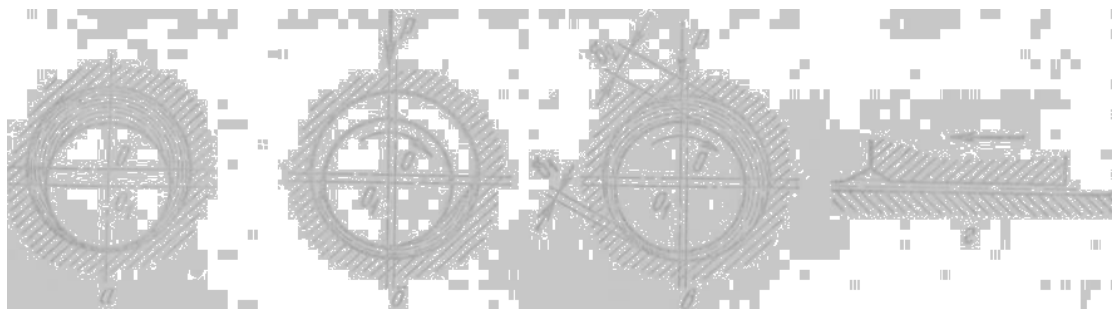


Рисунок 1- Схема жидкостного трения в подшипнике скольжения в состоянии покоя (а) образование масляного клина (б) при начале движения, при номинальной частоте вращения

(в) и образовании масляного клина при поступательном движении (г)

Защита от коррозии. Способы защиты от коррозии можно разделить на три группы: активные, влияющие на природу металла и электролита или изменяющие протекание процесса коррозии; пассивные, не влияющие на природу металла и механизм коррозии, осуществляемые лакокрасочными и неметаллическими покрытиями; пассивно-активные, не влияющие на природу металла и осуществляемые с помощью металлических и неметаллических неорганических покрытий.

Ни один из способов не является универсальным, каждый из них имеет положительные и отрицательные стороны, и выбор способа делают на основе анализа требований к защите детали или конструкции и технико-экономических данных.

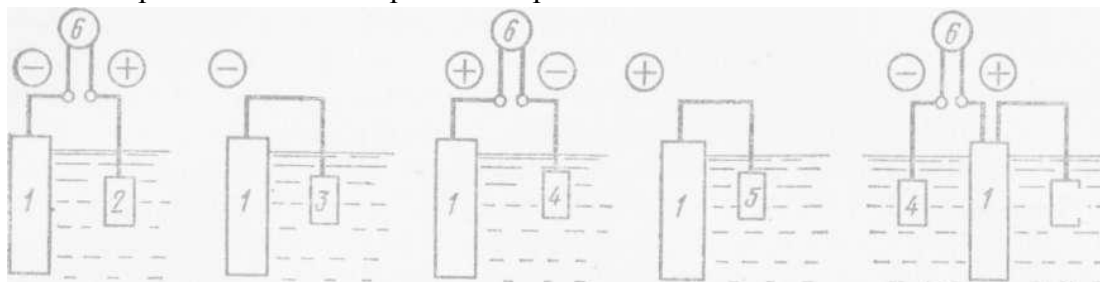
К *активным способам* относят устранение причин, вызывающих коррозию (выбор материала и метода его обработки, предупреждение утечек тока, защита от блуждающих токов и пр.), электрохимическую защиту, введение в корродирующую среду ингибиторов коррозии — веществ, снижающих скорость коррозии, деаэрацию жидких сред — удаление растворенных газов-окислителей, изменение pH электролитов. Склонность металлов к коррозии уменьшается при термической и химико-термической обработке деталей: отжиге, нормализации, закалке, цементации, азотировании, цианировании, диффузионной металлизации, а также при обработке давлением.

Основной сутью электрохимической защиты является использование внешнего тока для поляризации металла с целью изменения природы электродных процессов и уменьшения скорости ионизации (коррозии). Электрохимическая защита подразделяется на катодную и анодную. Катодная защита применяется в сочетании с лакокрасочными и другими изоляционными покрытиями и обеспечивает сдвиг потенциала металла в отрицательную сторону на величину, предотвращающую процесс коррозии. Осуществляется катодная защита от внешнего источника постоянного тока относительно вспомогательного электрода-анода (рис. 2, а) или путем подсоединения к защищаемому металлу протектора — другого металла, имеющего более отрицательный потенциал (рис. 2, б). Все анодные процессы переносятся на вспомогательный электрод-анод или протектор

Анодная защита является, как правило, самостоятельным способом, обеспечивающим предотвращение коррозии путем формирования и поддержания на поверхности склонного к пассивации металла защитной пленки. При анодной защите (рис. 2, в, г) подавление коррозии происходит путем анодной поляризации металла со сдвигом его потенциала в положительную сторону.

Анодная защита может предохранить от коррозии металлы, склонные к пассивации в коррозионных средах, как правило, в электролитах, не содержащих активирующих анионов Cl^- , Br^- , I^- .

Зона действия протектора зависит от ряда факторов и не превышает 8—10 м, при этом площадь поверхности соприкосновения протектора с рассолом должна быть не менее 5 % площади защищаемой поверхности. Протекторы в виде пластин толщиной 8—15 мм закрепляют на крышке конденсаторов и испарителей.



1 — защищаемая деталь; 2 — вспомогательный электрод-анод; 3 — анодный протектор катодной защиты; 4 — вспомогательный электрод-катод; 5 — катодный протектор анодной

защиты; б — источник постоянного тока

Рисунок 2-. Принцип действия катодной (а, б), анодной (в, г) и анодно-катодной электрохимической защиты (д):

В качестве ингибиторов для защиты рассольных и водооборотных систем холодильных установок используют хроматы, нитриты, фосфаты, а также комплексы фосфорорганических соединений. Из-за токсичности хроматы используют в исключительных случаях. В хладоновых установках вследствие гидролиза хладона образуются кислоты, приводящие к коррозии. В качестве ингибирующих добавок для замедления процессов коррозии к хладону добавляют 0,01 — 1 % борного ангидрида, а к маслу — 0,05—1 % пикалиновой кислоты и 0,1 % пероксида дибензола.

Нанесение лакокрасочных покрытий относится к *пассивным способам* защиты металла от коррозии. Они не позволяют защитить металл в узких и труднодоступных местах, требуют хорошей подготовки поверхности, имеют небольшой срок службы (до 3 лет), не являются универсальным средством, так как для решения разных задач необходимо большое количество типов материалов и разнообразных технологий их нанесения. В то же время лакокрасочные покрытия являются наиболее простым и доступным средством, хорошо сочетающимся с другими способами— с ингибиторной и протекторной защитой.

Для предотвращения коррозии при эксплуатации холодильных установок перед заполнением системы хладагентом тщательно очищают и осушают систему, осушают хладагенты и очищают масло; при заполнении рассольных систем следят за тем, чтобы не было воздушных мешков, проводят деаэрацию воды в системах охлаждения, не допускают нагрева рассола при оттаивании батарей до температуры выше 45°C.

Список рекомендованных источников

1. Игнатъев В.Г., Самойлов А.И. Монтаж, эксплуатация и ремонт холодильного оборудования. – М.: Агропромиздат, 1986. – 232 с.

Составить опорный конспект.