

Надежность производственного оборудования

Под **надежностью** понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения технического обслуживания, ремонтов, хранения и транспортирования. Надежность является сложным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения состоит из сочетания безопасности, ремонтпригодности и сохраняемости.

Для абсолютного большинства круглогодично применяемых технических устройств при оценке их надежности наиболее важными являются три свойства: безотказность, долговечность и ремонтпригодность.

Безотказность - свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени..

Долговечность - свойство сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта.

Ремонтпригодность - свойство изделия, заключающееся в приспособленности к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем технического обслуживания и ремонта.

В то же время техника сезонного применения (уборочные сельскохозяйственные машины, некоторые коммунальные машины, речные суда замерзающих рек и т.д.), а также машины и оборудование для ликвидации критических ситуаций (противопожарное и спасательное оборудование), имеющие по своему назначению длительный период нахождения в режиме ожидания работы, должны оцениваться с учетом сохраняемости, т.е. показателями всех четырех свойств.

Сохраняемость - свойство изделия сохранять в заданных пределах значения параметров, характеризующих способность изделия выполнять требуемые функции, в течение и после хранения или транспортирования.

Ресурс (технический) — наработка изделия до достижения им предельного состояния, оговоренного в технической документации. Ресурс может выражаться в годах, часах, километрах, гектарах, числе включений. Различают ресурс: полный — за весь срок службы до конца эксплуатации; доремонтный — от начала эксплуатации до капитального ремонта восстанавливаемого изделия; использованный — от начала эксплуатации или от предыдущего капитального ремонта изделия до рассматриваемого момента времени; остаточный — от рассматриваемого момента времени до отказа невозстанавливаемого изделия или его капитального ремонта, межремонтный.

Наработка - продолжительность функционирования изделия или объем выполняемой им работы за некоторый промежуток времени. Измеряется в циклах, единицах времени, объема, длины пробега и т.п. Различают суточную наработку, месячную наработку, наработку до первого отказа.

Наработка на отказ — критерий надежности, являющийся статической величиной, среднее значение наработки ремонтируемого изделия между отказами. Если наработка измеряется в единицах времени, то под наработкой на отказ понимается среднее время безотказной работы.

Есть наконец, целый ряд изделий (например, резинотехнические), оценивающийся главным образом сохраняемостью и долговечностью.

Перечисленные свойства надежности (безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость) имеют свои количественные показатели.

Так безотказность характеризуется шестью показателями, в том числе таким важным, как *вероятность безотказной работы*. Этот показатель широко применяется в народном хозяйстве для оценки самых различных видов технических средств: электронной аппаратуры, теплообменные аппараты систем воздушного отопления, летательных аппаратов, деталей, узлов и агрегатов, транспортных средств, нагревательных элементов. Расчет этих показателей проводят на основе государственных стандартов.

Отказ - одно из основных понятий надежности, заключающееся в нарушении работоспособности изделия (один или несколько параметров изделия выходят за допускаемые пределы).

Интенсивность отказа — условная плотность вероятности возникновения отказа невосстанавливаемого объекта, определяется при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник.

Вероятность безотказной работы — возможность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникает.

Долговечность также характеризуется шестью показателями, представляющие различные виды ресурса и срока службы. С точки зрения безопасности наибольший интерес представляет *гамма-процентный ресурс* — наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью g , выраженной в процентах. Так для объектов металлургического оборудования (машины для подъема и перемещения жидких металлов, насосы и устройства для перекачивания вредных жидкостей и газов) назначают $g = 95 \%$.

Ремонтпригодность характеризуется двумя показателями: вероятностью и средним временем восстановления работоспособного состояния.

Ряд авторов подразделяют надежность на идеальную, базовую и эксплуатационную. Идеальная надежность — это максимально возможная надежность, достигаемая путем создания совершенной конструкции объекта при абсолютном учете всех условий изготовления и эксплуатации. Базовая надежность — надежность, фактически достигаемая при конструировании, изготовлении и монтаже объекта. Эксплуатационная надежность — действительная надежность объекта в процессе его эксплуатации, обусловленная как качеством проектирования, конструирования, изготовления и монтажа объекта, так и условиями его эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

Основные положения надежности будут неясны без определения такого важного понятия, как резервирование. **Резервирование** — это применение дополнительных средств или возможностей с целью сохранения работоспособного состояния объекта при отказе одного или нескольких его элементов.

Одной из наиболее распространенных разновидностей резервирования является дублирование — резервирование с кратностью резерва один к одному. В связи с тем, что резервирование требует значительных материальных затрат, его применяют лишь для наиболее ответственных элементов, узлов или агрегатов, отказ которых угрожает безопасности людей или влечет тяжелые экономические последствия. Так пассажирские и грузопассажирские лифты подвешиваются на несколько канатов, самолеты снабжены несколькими двигателями, имеют дублированную электропроводку, в автомобилях применяется двойная и даже тройная система тормозов. Большое распространение получило и прочностное резервирование, основанное на концепции коэффициента запаса. Считается, что понятие прочности имеет самое непосредственное отношение не только к надежности, но и к безопасности. Более того, считается, что инженерные расчеты конструкций на безопасность почти исключительно строятся на использовании коэффициента запаса

прочности. Значения этого коэффициента зависят от конкретных условий. Для сосудов, работающих под давлением, он составляет от 1,5 до 3,25, а для лифтовых канатов — от 8 до 25.

При рассмотрении производственного процесса во взаимосвязи его основных элементов необходимо использовать понятие надежности в более широком смысле. При этом надежность системы в целом будет отличаться от совокупности надежности ее элементов за счет влияния различных связей.

В теории надежности доказано, что надежность устройства, состоящего из отдельных элементов, соединенных (в надежном смысле) последовательно, равна произведению значений вероятностей безотказной работы каждого элемента.

Связь надежности и безопасности совершенно очевидна: чем надежнее система, тем она безопаснее. Более того, вероятность несчастного случая можно трактовать как «надежность системы».

В то же время безопасность и надежность являются родственными, но не тождественными понятиями. Они дополняют одно другое. Так с точки зрения потребителя оборудование может быть надежным или не надежным, а по технике безопасности — безопасным или опасным. При этом оборудование бывает безопасным и надежным (приемлемо во всех отношениях), опасным и не надежным (безоговорочно отвергается), безопасным и не надежным (чаще всего отвергается потребителем), опасным и надежным (отвергается по технике безопасности, но может быть приемлемо для потребителя, если степень опасности не слишком велика).

Требования безопасности часто выступают в качестве ограничений на ресурс и срок службы оборудования или устройства. Это происходит, когда требуемый уровень безопасности нарушается до достижения предельного состояния вследствие физического или морального старения. Ограничения из-за требований безопасности играют особенно важную роль при оценке индивидуального остаточного ресурса, под которым понимается продолжительность эксплуатации от данного момента времени до достижения предельного состояния. В качестве меры ресурса может быть выбран любой параметр, характеризующийся продолжительностью эксплуатации объекта. Для летательных аппаратов мерой ресурса служит налет в часах, для транспортных средств — пробег в километрах, для прокатных станов — масса прокатного металла в тоннах и т.д.

Наиболее универсальной единицей с точки зрения общей методологии и теории надежности является единица времени. Это обусловлено следующими обстоятельствами. Во-первых, время эксплуатации технического объекта включает и перерывы, в течение которых суммарная наработка не нарастает, а свойства материалов могут изменяться. Во-вторых, применение экономико-математических моделей для обоснования назначенного ресурса возможно лишь с использованием назначенного срока службы (срок службы определяется как календарная продолжительность от начала эксплуатации объекта или его возобновления после ремонта определенного вида до перехода в предельное состояние и измеряется в единицах календарного времени). В-третьих, исчисление ресурса в единицах времени позволяет ставить задачи прогнозирования в наиболее общей форме.

Среди технических причин несчастных случаев на производстве причины, связанные с недостаточной надежностью производственного оборудования, сооружений, устройств или их элементов, занимают особое место, поскольку чаще всего они проявляются внезапно и в связи с этим характеризуются высокими показателями тяжести травм.

Основной целью анализа надежности и связанной с ней безопасности производственного оборудования и устройств является уменьшение отказов (в первую очередь травмоопасных) и связанных с ними человеческих жертв, экономических потерь и нарушений в окружающей среде.

В настоящее время существует довольно много методов анализа надежности и безопасности. Так наиболее простым и традиционным для надежности является метод структурных схем. При этом объект представляется в виде системы отдельных элементов, для которых возможно и целесообразно определить показатели надежности. Структурные схемы применяются для расчета вероятности отказов при условии, что в каждом элементе одновременно возможен только один отказ. Подобные ограничения вызвали появление других методов анализа.

Метод предварительного анализа опасности определяет опасности для системы и выявляет элементы для определения видов отказов при анализе последствий, а также для построения дерева отказов. Он является первым и необходимым шагом при любом исследовании.

Анализ последствий по видам отказов ориентирован главным образом на аппаратуру и рассматривает все виды отказов по каждому элементу. Недостатки заключаются в больших затратах времени и в том, что часто не учитывается сочетание отказов и человеческого фактора.

Анализ критичности определяет и классифицирует элементы для усовершенствования систем, однако часто не учитывает отказы с общей причиной взаимодействия систем.

Анализ с помощью дерева событий применяется для определения основных последовательностей и альтернативных результатов отказов, но не пригоден при параллельной последовательности событий и для детального изучения.

Анализ опасностей и работоспособности представляет расширенный вид анализа последствий по видам отказов, который включает причины и последствия изменений основных переменных параметров производства.

Анализ типа «причина-последствие» хорошо демонстрирует последовательные цепи событий, достаточно гибок и насыщен, но слишком громоздкий и трудоемкий.

Наиболее распространенным методом, получившим широкое применение в различных отраслях, является анализ с помощью дерева отказов. Данный анализ четко ориентирован на отыскание отказов и при этом выявляет такие аспекты системы, которые имеют важное значение для рассматриваемых отказов. Одновременно обеспечивается графический, наглядный материал. Наглядность дает специалисту возможность глубоко проникнуть в процесс работы системы и в тоже время позволяет сосредотачиваться на отдельных конкретных ее отказах.

Главное преимущество дерева отказов по сравнению с другими методами заключается в том, что анализ ограничивается выявлением только тех элементов системы и событий, которые приводят к данному конкретному отказу системы. В тоже время построение дерева отказов является определенным видом искусства в науке, поскольку нет аналитиков, которые бы составили два идентичных дерева отказов.

Чтобы отыскать и наглядно представить причинную взаимосвязь с помощью дерева отказов, необходимо использовать элементарные блоки, подразделяющие и связывающие большое число событий.

Таким образом, применяемые в настоящее время методы анализа надежности и безопасности оборудования и устройств, хотя и имеют определенные недостатки, все же позволяют достаточно эффективно определять причины различного рода отказов даже у сравнительно сложных систем. Последнее особенно актуально в связи с большой значимостью проблемы возникновения опасностей, обусловленных недостаточной надежностью технических объектов.