

# **НАДЕЖНОСТЬ И ИСПЫТАНИЕ ЭКСПОЗИЦИОННО-РЕКЛАМНЫХ ОБЪЕКТОВ**

Тема №1. Термины и понятия надежности

## 1.1 Общие понятия

---

- ? *Объект* — техническое изделие определенного целевого назначения, рассматриваемое в периоды проектирования, производства, испытаний и эксплуатации.
  - ? *Надежность* — свойство объекта сохранять способность выполнять заданные функции.
  - ? *Надежность* — сложное свойство, включающее, в свою очередь, в зависимости от назначения объекта и условий его эксплуатации такие свойства, как безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или сочетание этих свойств объекта. Для конкретных объектов и условий их эксплуатации эти свойства могут иметь различную относительную значимость.
  
  - ? *Система* — объект, представляющий собой совокупность элементов, взаимодействующих в процессе выполнения определенного круга задач и взаимосвязанных функционально.
  - ? *Элемент системы* — объект, представляющий собой простейшую часть системы, отдельные части которого не представляют самостоятельного интереса в рамках конкретного рассмотрения.
  - ? Понятия «система» и «элемент» выражены друг через друга, поскольку одно из них следовало бы принять в качестве исходного. Понятия эти относительны: объект, считавшийся системой в одном исследовании, может рассматриваться как элемент, если изучается объект большего масштаба. Кроме того, само деление системы на элементы зависит от характера рассмотрения (функциональные, конструктивные, схемные или оперативные элементы), от требуемой точности проводимого исследования, от объекта в целом и т.п.
- 



- ? *Безотказность* — свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторой наработки или в течение некоторого времени.
  - ? *Долговечность* — свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния с необходимыми перерывами для технического обслуживания и ремонта.
  - ? *Ремонтопригодность* — свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к предупреждению и обнаружению отказов и повреждений, к восстановлению работоспособности и исправности в процессе технического обслуживания и ремонта.
  - ? *Сохраняемость* — свойство объекта непрерывно сохранять исправное и работоспособное состояние в течение (и после) хранения и (или) транспортирования.
  - ? *Исправность* — состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической документацией.
  - ? *Неисправность* — состояние объекта, при котором он не соответствует хотя бы одному из требований, установленных нормативно-технической документацией.
  - ? *Работоспособность* — состояние объекта, при котором он способен выполнять заданные функции, сохраняя значения основных параметров в пределах, установленных нормативно-технической документацией.
  - ? Основные параметры характеризуют функционирование объекта при выполнении поставленных задач и устанавливаются в нормативно-технической документации.
- 



- ? **Неработоспособность** — состояние объекта, при котором значение хотя бы одного заданного параметра, характеризующего способность выполнять заданные функции, не соответствует требованиям, установленным нормативно-технической документацией.
- 
- ? Понятие «исправность» шире, чем понятие «работоспособность». Работоспособный объект в отличие от исправного удовлетворяет лишь тем требованиям нормативно-технической документации, которые обеспечивают его нормальное функционирование при выполнении поставленных задач.
- ? Работоспособность и неработоспособность в общем случае могут быть полными или частичными. Полностью работоспособный объект обеспечивает в определенных условиях максимальную эффективность его применения. Эффективность применения в тех же условиях частично работоспособного объекта меньше максимально возможной, но значения ее показателей при этом еще находятся в пределах, установленных для такого функционирования, которое считается нормальным. Частично неработоспособный объект может функционировать, но уровень эффективности при этом ниже допустимого. Полностью неработоспособный объект применять по назначению невозможно.
- ? Понятия частичной работоспособности и частичной неработоспособности применяют главным образом к «сложным» («большим») системам, для которых характерна возможность нахождения в нескольких состояниях. Эти состояния различаются уровнями эффективности функционирования системы. Работоспособность и неработоспособность некоторых объектов могут быть только полными, т. е. они могут иметь только два состояния.
- ? Работоспособный объект в отличие от исправного обязан удовлетворять лишь тем требованиям нормативной документации, выполнение которых обеспечивает нормальное применение объекта по назначению. При этом он может не удовлетворять, например, эстетическим требованиям, если ухудшение внешнего вида объекта не препятствует его нормальному (эффективному) функционированию.
- ? Очевидно, что работоспособный объект может быть неисправным, однако отклонения от требований нормативной документации при этом не настолько существенны, чтобы нарушалось нормальное функционирование.
- 



- ? *Предельное состояние* — состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению должно быть прекращено из-за неустранимого нарушения требований безопасности или неустранимого отклонения заданных параметров за установленные пределы, недопустимого увеличения эксплуатационных расходов или необходимости проведения капитального ремонта.
- ? Признаки (критерии) предельного состояния устанавливаются нормативно-технической документацией на данный объект. Невосстанавливаемый объект достигает предельного состояния при возникновении отказа или при достижении заранее установленного предельно допустимого значения срока службы или суммарной наработки. Предельно допустимые значения срока службы и наработки устанавливаются из соображений безопасности эксплуатации в связи с необратимым снижением эффективности использования ниже допустимой или в связи с увеличением интенсивности отказов, закономерным для объектов данного типа после установленного периода эксплуатации.
- ? Для восстанавливаемых объектов переход в предельное состояние определяется наступлением момента, когда дальнейшая эксплуатация невозможна или нецелесообразна вследствие следующих причин:
- ? становится невозможным поддержание его безопасности, безотказности или эффективности на минимально допустимом уровне;
  - ? в результате изнашивания и (или) старения объект пришел в такое состояние, при котором ремонт требует недопустимо больших затрат или не обеспечивает необходимой степени восстановления исправности или ресурса.
- ? Для некоторых восстанавливаемых объектов предельным состоянием считается такое, когда необходимое восстановление исправности может быть осуществлено только с помощью капитального ремонта.
- 



- ? *Повреждение* — событие, заключающееся в нарушении исправности объекта при сохранении его работоспособности.
- ? *Отказ* — событие, заключающееся в нарушении работоспособности объекта.
- ? *Критерий отказа* — отличительный признак или совокупность признаков, согласно которым устанавливается факт возникновения отказа.
- ? Признаки (критерии) отказов устанавливаются нормативно-технической документацией на данный объект.
- ? *Восстановление* — процесс обнаружения и устранения отказа (повреждения) с целью восстановления его работоспособности (исправности).
- ? *Восстанавливаемый объект* — объект, работоспособность которого в случае возникновения отказа подлежит восстановлению в рассматриваемых условиях.
- ? *Невосстанавливаемый объект* — объект, работоспособность которого в случае возникновения отказа не подлежит восстановлению в рассматриваемых условиях.
- ? При анализе надежности, особенно при выборе показателей надежности объекта, существенное значение имеет решение, которое должно быть принято в случае отказа объекта. Если в рассматриваемой ситуации восстановление работоспособности данного объекта при его отказе по каким-либо причинам признается нецелесообразным или неосуществимым (например, из-за невозможности прерывания выполняемой функции), то такой объект в данной ситуации является невосстанавливаемым. Таким образом, один и тот же объект в зависимости от особенностей или этапов эксплуатации может считаться восстанавливаемым или невосстанавливаемым.



- ? *Показатель надежности* - техническая характеристика, количественным образом определяющая одно или несколько свойств, составляющих надежность объекта.
- ? Показатель надежности количественно характеризует, в какой степени данному объекту или данной группе объектов присущи определенные свойства, обуславливающие надежность.
- Показатель надежности может иметь размерность (например, среднее время восстановления) или не иметь ее (например, вероятность безотказной работы).
- ? *Наработка* — продолжительность или объем работы объекта.
- ? Объект может работать непрерывно или с перерывами. Во втором случае учитывается суммарная наработка. Нарработка может измеряться в единицах времени, циклах, единицах выработки (гектарах, кубометрах) и других единицах. В процессе эксплуатации или испытаний различают суточную наработку, месячную наработку, наработку до первого отказа, наработку между отказами, заданную наработку и т. д.
- ? Если объект эксплуатируется в различных режимах нагрузки, то, например, наработка в облегченном режиме может быть выделена и учитываться отдельно от наработки при номинальной нагрузке.
- ? *Технический ресурс* - наработка объекта от начала его эксплуатации до достижения предельного состояния или капитального (среднего) ремонта или от начала эксплуатации после ремонта (среднего или капитального) до следующего ремонта или достижения предельного состояния. Обычно указывается, какой именно технический ресурс имеется в виду: до среднего, капитального, от капитального до ближайшего среднего ремонта и т. п. Если конкретного указания не содержится, то имеется в виду ресурс от начала эксплуатации до достижения предельного состояния после всех (средних и капитальных) ремонтов, т. е. до списания по техническому состоянию.
- ? *Срок службы* — календарная продолжительность эксплуатации объекта от ее начала или возобновления после капитального или среднего ремонта до наступления предельного состояния.
- ? Под эксплуатацией объекта понимается стадия его существования в распоряжении потребителя при условии применения объекта по назначению, что может чередоваться с хранением, транспортированием, техническим обслуживанием и ремонтом, если это осуществляется потребителем.
- ? *Срок сохраняемости* — календарная продолжительность хранения и (или) транспортирования объекта в заданных условиях, в течение и после которой сохраняются значения установленных показателей (в том числе показателей надежности) в заданных пределах.
- 
- ? Различают сохранность до применения (в упаковке изготовителя) и в процессе применения.

## 1.2 Характеристики отказов

---

- ? *Внезапный отказ* — отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких основных параметров объекта.
  - ? Внезапный отказ обычно является следствием постепенного накопления неисправностей и повреждений.
  - ? *Постепенный отказ* — отказ, характеризующийся постепенным изменением значений одного или нескольких основных параметров объекта.
  - ? *Независимый отказ элемента* — отказ элемента объекта, не обусловленный повреждениями и отказами других элементов объекта.
  - ? *Зависимый отказ элемента* — отказ элемента объекта, обусловленный повреждениями или отказами других элементов объекта.
  - ? *Полный отказ* — отказ, после возникновения которого использование объекта по назначению возможно, но при этом значения одного или нескольких основных параметров находятся вне допустимых пределов, т. е. работоспособность объекта понижена.
  - ? *Перебегающий отказ* — многократно возникающий и самоустраняющийся отказ одного и того же характера.
  - ? *Конструкционный отказ* — отказ, возникающий вследствие ошибок конструктора (или несовершенства существующих у разработчика методов конструирования).
  - ? *Производственный отказ* — отказ, возникающий вследствие нарушения или несовершенства технологического процесса изготовления объекта или комплектующего изделия.
  - ? *Эксплуатационный отказ* — отказ, возникающий вследствие нарушения установленных правил эксплуатации или вследствие влияния непредусмотренных внешних воздействий.
- 





## 1.3 Резервирование

---

- ? *Резервирование* — метод повышения надежности объекта введением дополнительных элементов и функциональных возможностей сверх минимально необходимых для нормального выполнения объектом заданных функций.
  - ? *Структурное резервирование* — метод повышения надежности объекта, предусматривающий использование избыточных элементов, входящих в физическую структуру объекта.
  - ? *Временное резервирование* — метод повышения надежности объекта, предусматривающий использование избыточного времени, выделенного для выполнения задач.
  - ? *Информационное резервирование* — метод повышения надежности объекта, предусматривающий использование избыточной информации сверх минимально необходимой для выполнения задач.
  - ? *Функциональное резервирование* — метод повышения надежности объекта, предусматривающий использование способности элементов выполнять дополнительные функции вместо основных или наряду с ними.
  - ? *Нагрузочное резервирование* — метод повышения надежности объекта, предусматривающий использование способности его элементов воспринимать дополнительные нагрузки сверх номинальных.
  - ? *Основной элемент* — элемент основной физической структуры объекта, минимально необходимой для нормального выполнения объектом его задач.
  - ? *Резервный элемент* - элемент, предназначенный для обеспечения работоспособности объекта в случае отказа основного элемента.
- 



- ? *Общее резервирование* — резервирование, при котором резервируется объект в целом.
  - ? *Раздельное резервирование* — резервирование, при котором резервируются отдельные элементы объекта или их группы.

---

  - ? *Скользящее резервирование* — резервирование замещением, при котором группа основных элементов объекта резервируется одним или несколькими резервными элементами, каждый из которых может заменить любой отказавший основной элемент в данной группе.
  - ? *Нагруженный резерв* — резервный элемент, находящийся в том же режиме, что и основной.
  - ? *Облегченный резерв* — резервный элемент, находящийся в менее нагруженном режиме, чем основной.
  - ? *Недогруженный резерв* — резервный элемент, практически не несущий нагрузку.
  - ? *Восстанавливаемый резерв* — резервный элемент, работоспособность которого в случае отказа подлежит восстановлению в процессе функционирования объекта.
  - ? *Невосстанавливаемый резерв* — резервный элемент, работоспособность которого в случае отказа не подлежит восстановлению в рассматриваемых условиях функционирования объекта.
  - ? *Кратность резервирования* — отношение числа резервных элементов к числу резервируемых элементов объекта.
  - ? *Дублирование* - резервирование, при котором одному основному элементу придается один резервный.
- 



# 1.4 Показатели безотказности и ремонтпригодности


---


- ? *Наработка до отказа* — вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет (при условии работоспособности в начальный момент времени).
  - ? Для режимов хранения и транспортирования может применяться аналогично определяемый термин «вероятность невозникновения отказа».
  - ? *Средняя наработка до отказа* — математическое ожидание случайной наработки объекта до первого отказа.
  - ? *Средняя наработка между отказами* — математическое ожидание случайной наработки объекта между отказами.
  - ? Обычно этот показатель относится к установившемуся процессу эксплуатации. В принципе средняя наработка между отказами объектов, состоящих из стареющих во времени элементов, зависит от номера предыдущего отказа. Однако с ростом номера отказа (т. е. с увеличением длительности эксплуатации) эта величина стремится к некоторой постоянной, или, как говорят, к своему стационарному значению.
  - ? *Средняя наработка на отказ* — отношение наработки восстанавливаемого объекта за некоторый период времени к математическому ожиданию числа отказов в течение этой наработки.
  - ? Этим термином можно назвать кратко среднюю наработку до отказа и среднюю наработку между отказами, когда оба показателя совпадают. Для совпадения последних необходимо, чтобы после каждого отказа объект восстанавливался до первоначального состояния.
- 



- ? *Заданная наработка* — наработка, в течение которой объект должен безотказно работать для выполнения своих функций.
- ? *Среднее время простоя* — математическое ожидание случайного времени вынужденного нерегламентированного пребывания объекта в состоянии неработоспособности.
- ? *Среднее время восстановления* — математическое ожидание случайной продолжительности восстановления работоспособности (собственно ремонта).
- ? *Вероятность восстановления* — вероятность того, что фактическая продолжительность восстановления работоспособности объекта не превысит заданной.
- ? *Показатель технической эффективности функционирования* — мера качества собственно функционирования объекта или целесообразности использования объекта для выполнения заданных функций.
- ? *Показатель технической эффективности функционирования объекта* определяется количественно как математическое ожидание выходного эффекта объекта, т. е. в зависимости от назначения системы принимает конкретное выражение. Часто показатель эффективности функционирования определяется как полная вероятность выполнения объектом задачи с учетом возможного снижения качества его работы из-за возникновения частичных отказов.



- ? *Коэффициент сохранения эффективности* — показатель, характеризующий влияние степени надежности элементов объекта на техническую эффективность, представляемый в виде отношения показателя технической эффективности функционирования при реальной надежности к максимальному возможному значению этого показателя (т. е. соответствующему состоянию полной работоспособности всех элементов объекта).
- ? При введении коэффициента сохранения эффективности предполагается, что выходной эффект системы является физической неотрицательной величиной, которая возрастает при увеличении надежности любого из элементов объекта (это может быть, например, объем произведенной продукции, быстродействие и т. п.).
- 
- 

- ? *Нестационарный коэффициент готовности* — вероятность того, что объект окажется работоспособным в заданный момент времени, отсчитываемый от начала работы (или от другого строго определенного момента времени), для которого известно начальное состояние этого объекта.
- 
- ? *Средний коэффициент готовности* — усредненное на заданном интервале времени значение нестационарного коэффициента готовности.
- ? *Стационарный коэффициент готовности* (для краткости просто коэффициент готовности) — вероятность того, что восстанавливаемый объект окажется работоспособным в произвольно выбранный момент времени в установившемся процессе эксплуатации. Коэффициент готовности может быть определен и как отношение времени, в течение которого объект находится в работоспособном состоянии, к общей длительности рассматриваемого периода. Предполагается, что рассматривается установившийся процесс эксплуатации, математической моделью которого является стационарный случайный процесс.
- ? Коэффициент готовности является предельным значением, к которому стремятся и нестационарный, и средний коэффициенты готовности с ростом рассматриваемого интервала времени.
- ? Часто используются показатели, характеризующие простой объекта, — так называемые коэффициенты простоя соответствующего типа. Каждому коэффициенту готовности можно поставить в соответствие определенный коэффициент простоя, численно равный дополнению соответствующего коэффициента готовности до единицы. В соответствующих определениях работоспособность следует заменить на неработоспособность.
- 
- 

- ? *Нестационарный коэффициент оперативной готовности* — вероятность того, что объект, находясь в режиме ожидания, окажется работоспособным в заданный момент времени, отсчитываемый от начала работы (или от другого строго определенного момента времени), и начиная с этого момента времени будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.
- ?--- *Средний коэффициент оперативной готовности* — усредненное на заданном интервале значение нестационарного коэффициента оперативной готовности.
- ? *Стационарный коэффициент оперативной готовности* (для краткости просто коэффициент оперативной готовности) — вероятность того, что восстанавливаемый объект окажется работоспособным в произвольный момент времени и с этого момента времени будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.
- ? Предполагается, что рассматривается установившийся процесс эксплуатации, которому соответствует в качестве математической модели стационарный случайный процесс.
- ?
- ? *Коэффициент технического использования* — отношение средней наработки объекта в единицах времени за некоторый период эксплуатации к сумме средних значений наработки, времени простоя, обусловленного техническим обслуживанием, и времени ремонтов за тот же период эксплуатации.
- ? *Интенсивность отказов* — условная плотность вероятности отказа невозстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента отказ не возник.
- ? *Параметр потока отказов* — плотность вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта, определяемая для рассматриваемого момента времени. Параметр потока отказов может быть определен как отношение числа отказов объекта за определенный интервал времени к длительности этого интервала при ординарном потоке отказов.
- ? *Интенсивность восстановления* — условная плотность вероятности восстановления работоспособности объекта, определенная для рассматриваемого момента времени, при условии, что до этого момента восстановление не было завершено.



## 1.5 Показатели долговечности и сохраняемости

---

- ? *Средний ресурс* — математическое ожидание ресурса.
  - ? *Назначенный ресурс* — суммарная наработка объекта, при достижении которой эксплуатация должна быть прекращена независимо от его состояния.
  - ? *Средний ремонтный ресурс* — средний ресурс между смежными капитальными ремонтами объекта.
  - ? *Средний ресурс до списания* — средний ресурс объекта от начала эксплуатации до его списания.
  - ? *Средний ресурс до капитального ремонта* - средний ресурс от начала эксплуатации объекта до его первого капитального ремонта.
  - ? *Средний срок службы* — математическое ожидание срока службы.
  - ? *Средний межремонтный срок службы* - средний срок службы между смежными капитальными ремонтами объекта.
  - ? *Средний срок службы до капитального ремонта* — средний срок службы от начала эксплуатации объекта до его первого капитального ремонта.
  - ? *Средний срок службы до списания* — средний срок службы от начала эксплуатации объекта до его списания.
  - ? *Средний срок сохраняемости* - математическое ожидание срока сохраняемости.
- 

