

Лекция № 2 по разделу 2 Показатели надежности

Тема 2 Определение надёжности и показатели надёжности.

Изучаемые учебные вопросы:

1. Определение надёжности по ГОСТ 27.002-89
2. Оценивание надёжности. Точечные и интервальные показатели надёжности.
3. Комплексные показатели.

Задание на СРС 4 часа: Изучить и законспектировать основные понятия и определения, приведенные в ГОСТ 27.002-89

Время, отводимое на проведение занятий: Лекций - 6 часов, ПЗ - 4 часа, СРС - 10 часов

Вопрос 1 – Определение надежности по ГОСТ 27.002-89

Надежность - Свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Примечание. Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость или определенные сочетания этих свойств

На предыдущей лекции мы дали определения информационной системы и эргатической системы.

Информационная система (ИС) – это сложная программно-аппаратная система, включающая в свой состав эргатические (человеко-машинные) звенья, технические или аппаратные средства и программное обеспечение.

Говоря о надежности ИС, необходимо учитывать две ее составляющие: надежность аппаратных средств и надежность программного обеспечения.

Эргатическая система – это взаимодействие субъекта и объекта труда. В более развернутом виде - эта система «человек – машина – среда – социум – культура – природа». Эта сложная система управления составной элемент, которой - человек-оператор (или группа операторов), например система управления самолетом, поездом, пароходом, диспетчерская служба аэропорта, вокзала порта.

ИС обладает определенными свойствами

Перечислим эти свойства:

- любая система может быть подвергнута анализу, построена и управляема на основе общих принципов построения сложных систем;
- при построении ИС необходимо использовать системный подход;
- ИС является динамичной и развивающейся системой;
- ИС следует воспринимать как систему обработки информации, состоящую из компьютерных и телекоммуникационных устройств, реализованную на базе современных технологий;
- выходной продукцией ИС является информация, на основе которой принимаются решения или производятся автоматическое выполнение рутинных операций

- участие человека зависит от сложности системы, типов и наборов данных, степени формализации решаемых задач

<https://cde.osu.ru/demoversion/course1>

Вопрос 2 Оценивание надёжности. Точечные и интервальные показатели надёжности.

Прежде чем рассматривать второй вопрос, нам необходимо определиться с терминами и определениями характеризующими свойства изделия (продукции).

Качество:

- одна из основных логических категорий, являющаяся определением предмета по характеризующим его, внутренне присущим ему признакам; то, что делает предмет таким, каков он есть (в философии);

- совокупность свойств и признаков определяющих соответствие образцу, пригодность к чему-либо (о лицах и вещах).

Словарь экономических терминов

Качество по образцу – условие договора, согласно которому осуществляется отбор и сопоставление с типовым образцом некоторых изделий из партии товара; производится при определении качества поставляемого товара.

Критерий – признак на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо.

Показатель качества – это количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемая применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Для закрепления знаний в этой области обратимся к **ГОСТу 15467-79 Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения.**

Важными для нас являются следующие определения:

Качество продукции – совокупность свойств продукции, обуславливающих ее пригодность удовлетворять определенные потребности в соответствии с ее назначением.

Показатель качества продукции – количественная характеристика одного или нескольких свойств продукции, входящих в ее качество, рассматриваемое применительно к определенным условиям ее создания и эксплуатации или потребления.

Параметр продукции – признак продукции, количественно характеризующий любые ее свойства или состояния.

Признак продукции – качественная или количественная характеристика любых свойств или состояний продукции.

ПОКАЗАТЕЛИ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Единичный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий одно из ее свойств.

Комплексный показатель качества продукции – показатель качества продукции, характеризующий несколько ее свойств.

Определяющий показатель качества продукции – показатель качества продукции, по которому принимают решение оценивать ее качество.

Интегральный показатель качества продукции – показатель качества продукции, являющийся отношением суммарного полезного эффекта от эксплуатации или

потребления продукции к суммарным затратам на ее создание и эксплуатацию или потребление.

В ГОСТе 27.002-2015 НАДЕЖНОСТЬ В ТЕХНИКЕ Термины и определения дается следующее определение надежности:

Надежность - свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

Надежность является одним из основных критериев качества продукции.

Надежность ИС определяется надежностью функциональных компонентов, общего программного обеспечения, комплексов технических и инженерных средств.

Мы говорили о продукции (изделии). ГОСТ 27.002-2015 обращает наше внимание на правильную терминологию при оценивании надежности ИС. Рассмотрим эту терминологию:

- **(технический) объект:** предмет рассмотрения, на который распространяется терминология по надежности в технике

Примечания

1 **Объектом** может быть сборочная единица, деталь, компонент, элемент, устройство, функциональная единица, оборудование, изделие, система, сооружение.

2 **Объект** может включать в себя аппаратные средства, программное обеспечение, персонал или их комбинации.

3 Термин "**объект**" может относиться к конкретному объекту и к одному из представителей группы однотипных объектов, в частности, к выбранному случайным образом элементу выборки, партии, серии, генеральной совокупности.

- **элемент:** Объект, для которого в рамках данного рассмотрения не выделяются составные части

- **система:** Объект, представляющий собой множество взаимосвязанных элементов, рассматриваемых в определенном контексте как единое целое и отделенных от окружающей среды

Примечания

1 Система обычно определяется с точки зрения достижения определенной цели, например, выполнения требуемых функций.

2 Для системы должна быть установлена граница, отделяющая ее от окружающей среды и других систем. Однако на работу системы может влиять окружающая среда и для работы системы могут требоваться внешние ресурсы (лежащие вне границ системы).

- **подсистема:** Часть системы, которая представляет собой систему

- **надежность:** Свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования

Примечания

1 Слова "во времени" означают естественный ход времени, в течение которого имеет место применение, техническое обслуживание, хранение и транспортирование объекта, а не какой-либо конкретный интервал времени.

2 Надежность является комплексным свойством, которое в зависимости от назначения объекта и условий его применения может включать в себя безотказность, ремонтпригодность, восстанавливаемость, долговечность, сохраняемость, готовность или определенные сочетания этих свойств.

3 Требуемые функции и критерии их выполнения устанавливаются в нормативной, конструкторской, проектной, контрактной или иной документации на объект (далее - документации).

4 Критерии выполнения требуемых функций могут быть установлены, например, заданием для каждой функции набора параметров, характеризующих способность ее выполнения, и допустимых пределов изменения значений этих параметров. В этом случае надежность можно определить, как свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования.

- **безотказность:** Свойство объекта непрерывно сохранять способность выполнять требуемые функции в течение некоторого времени или наработки в заданных режимах и условиях применения

- **ремонтпригодность:** Свойство объекта, заключающееся в его приспособленности к поддержанию и восстановлению состояния, в котором объект способен выполнять требуемые функции, путем технического обслуживания и ремонта

- **восстанавливаемость:** Свойство объекта, заключающееся в его способности восстанавливаться после отказа без ремонта

Примечание - Для восстановления могут требоваться или не требоваться внешние воздействия. Для случая, когда внешние воздействия не требуются, может использоваться термин самовосстанавливаемость.

- **долговечность:** Свойство объекта, заключающееся в его способности выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях использования, технического обслуживания и ремонта до достижения предельного состояния

- **сохраняемость:** Свойство объекта сохранять способность к выполнению требуемых функций после хранения и (или) транспортирования при заданных сроках и условиях хранения и (или) транспортирования

- **готовность:** Свойство объекта, заключающееся в его способности находиться в состоянии, в котором он может выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания и ремонта в предположении, что все необходимые внешние ресурсы обеспечены

Примечание - Готовность зависит от свойств безотказности, ремонтпригодности и восстанавливаемости объекта.

Показатели надежности

- **показатель надежности:** Количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих надежность объекта

- **единичный показатель надежности:** Показатель надежности, характеризующий одно из свойств, составляющих надежность объекта

Примечание - Единичными показателями надежности являются показатели безотказности, ремонтпригодности, восстанавливаемости, долговечности, сохраняемости, и не являются показатели готовности.

- **комплексный показатель надежности:** Показатель надежности, совместно характеризующий несколько единичных свойств, составляющих надежность объекта

Показатели безотказности

- **вероятность безотказной работы:** Вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ объекта не возникнет

- **средняя наработка до отказа:** Математическое ожидание наработки объекта до отказа

- **гамма-процентная наработка до отказа:** Нарботка до отказа, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью, выраженной в процентах

- **средняя наработка между отказами:** Математическое ожидание наработки объекта между отказами

- **гамма-процентная наработка между отказами:** Нарботка между отказами, в течение которой отказ объекта не возникнет с вероятностью, выраженной в процентах

- **интенсивность отказов:** Условная плотность вероятности возникновения отказа объекта, определяемая при условии, что до рассматриваемого момента времени отказ не возник

Примечание - Помимо мгновенной интенсивности отказов может использоваться средняя интенсивность отказов, определяемая как среднее значение мгновенной интенсивности отказов за данный интервал времени.

- **параметр потока отказов:** Предел отношения вероятности возникновения отказа восстанавливаемого объекта за достаточно малый интервал времени к длительности этого интервала, стремящейся к нулю

Примечание - Помимо мгновенного параметра потока отказов могут использоваться: средний параметр потока отказов, определяемый как среднее значение мгновенного параметра потока отказов за данный интервал времени, и стационарный параметр потока отказов, определяемый как предел мгновенного параметра потока отказов при стремлении рассматриваемого момента времени к бесконечности.

Показатели ремонтпригодности и восстанавливаемости

- **вероятность восстановления:** Вероятность того, что время (до) восстановления работоспособного состояния объекта не превысит заданное значение

Примечание - При использовании этого показателя следует уточнять, относится ли он ко времени восстановления или времени до восстановления.

- **среднее время восстановления:** Математическое ожидание времени восстановления

- **среднее время до восстановления:** Математическое ожидание времени до восстановления

- **гамма-процентное время восстановления:** Время, в течение которого восстановление работоспособности объекта будет осуществлено с вероятностью, выраженной в процентах

- **гамма-процентное время до восстановления:** Длительность времени до восстановления, которая не будет превышена с вероятностью, выраженной в процентах

- **интенсивность восстановления:** Условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния объекта, определенная для рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента восстановление не было завершено

Показатели долговечности

- **средний ресурс:** Математическое ожидание ресурса

- **гамма-процентный ресурс:** Суммарная наработка, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью, выраженной в процентах

- **средний срок службы:** Математическое ожидание срока службы
- **гамма-процентный срок службы:** Календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой объект не достигнет предельного состояния с вероятностью, выраженной в процентах

Показатели сохраняемости

- **средний срок сохраняемости:** Математическое ожидание срока сохраняемости
- **гамма-процентный срок сохраняемости:** Срок сохраняемости, достигаемый объектом с заданной вероятностью, выраженной в процентах

Точечные и интервальные оценки показателей надежности

Точечные оценки законов распределения

Функции распределения описывают поведение непрерывных случайных величин, т.е. величин, возможные значения которых неотделимы друг от друга и непрерывно заполняют некоторый конечный или бесконечный интервал. На практике все результаты измерений и случайные погрешности являются величинами дискретными, т.е. величинами x_i , возможные значения которых отделимы друг от друга и поддаются счету. При использовании дискретных случайных величин возникает задача нахождения точечных оценок параметров их функций распределения на основании выборок -- ряда значений x_i , принимаемых случайной величиной x в n независимых опытах. Используемая выборка должна быть репрезентативной (представительной), т.е. должна достаточно хорошо представлять пропорции генеральной совокупности X .

Оценка параметра называется точечной, если она выражается одним числом.

Задача нахождения точечных оценок -- частный случай статистической задачи нахождения оценок параметров функции распределения случайной величины на основании выборки. В отличие от самих параметров их точечные оценки являются случайными величинами, причем их значения зависят от объема экспериментальных данных, а закон распределения -- от законов распределения самих случайных величин.

Точечные оценки могут быть состоятельными, несмещенными и эффективными. точечный случайная величина дисперсия

Состоятельной называется оценка, которая при увеличении объема выборки стремится по вероятности к истинному значению числовой характеристики.

Несмещенной называется оценка, математическое ожидание которой равно оцениваемой числовой характеристике. *Наиболее эффективной* считают ту из нескольких возможных несмещенных оценок, которая имеет наименьшую дисперсию. Требование несмещенности на практике не всегда целесообразно, так как оценка с небольшим смещением и малой дисперсией может оказаться предпочтительнее несмещенной оценки с большой дисперсией. На практике не всегда удастся удовлетворить одновременно все три этих требования, однако выбору оценки должен предшествовать ее критический анализ со всех перечисленных точек зрения.

Наиболее распространенным методом получения оценок является метод наибольшего правдоподобия, который приводит к асимптотически несмещенным и эффективным оценкам с приближенно нормальным распределением. Среди других методов можно назвать методы моментов и наименьших квадратов.

Точечной оценкой математического ожидания (МО) результата измерений является среднее арифметическое значение измеряемой величины

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

При любом законе распределения МО является состоятельной и несмещенной оценкой, а также наиболее эффективной по критерию наименьших квадратов.

Точечная оценка дисперсии является несмещенной и состоятельной, определяется по формуле

$$\tilde{D}[x] = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Более удобна для практики другая оценка распределения случайной величины X , это - среднее квадратическое отклонение (СКО).

Оценка среднего квадратического отклонения (СКО) случайной величины x определяется как корень квадратный из дисперсии.

Соответственно его оценка может быть найдена путем извлечения корня из оценки дисперсии. Однако эта операция является нелинейной процедурой, приводящей к смещенности получаемой оценки. Для исправления оценки СКО вводят поправочный множитель $k(n)$, зависящий от числа наблюдений n . Он изменяется от $k(3) = 1,13$ до $k(?) = 1,03$.

Оценка среднего квадратического отклонения

$$\bar{\sigma} = S_x = k(n) \sqrt{\tilde{D}[x]} = k(n) \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

Полученные оценки МО и СКО являются случайными величинами. Это проявляется в том, что при повторениях серий из n наблюдений каждый раз будут получаться различные оценки. Рассеяние этих оценок целесообразно оценивать с помощью СКО.

Ввиду того, что большое число измерений проводится относительно редко, погрешность определения y может быть весьма существенной. В любом случае она больше погрешности из-за смещенности оценки, обусловленной извлечением квадратного корня и устраняемой поправочным множителем $k(n)$. В связи с этим на практике пренебрегают учетом смещенности оценки СКО отдельных наблюдений и определяют его по формуле

$$\bar{\sigma} = S_x = \sqrt{\tilde{D}[x]} = k(n) \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}$$

т.е. считают $k(n) = 1$.

Иногда оказывается удобнее использовать следующие формулы для расчета оценок СКО отдельных наблюдений и результата измерения:

$$S_x = \sqrt{\frac{n}{(n-1)} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 \right]}; \quad S_x = \sqrt{\frac{1}{(n-1)} \left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2 \right]}.$$

Точечные оценки других параметров распределений используются значительно реже.

Интервальная оценка

Интервальной оценкой или доверительным интервалом параметра θ называют числовой интервал $(\tilde{\theta}_n^{(1)}; \tilde{\theta}_n^{(2)})$, который с заданной вероятностью γ «накрывает» неизвестное значение параметра θ .

Границы доверительного интервала называются **доверительными границами**.

Необходимо отметить, что слова «накрывает неизвестное значение параметра» в определении интервальной оценки не совсем верно заменять словами «неизвестное значение параметра попадет в заданный интервал». Это связано с тем, что границы доверительного интервала являются случайными величинами (принимают свое значение в зависимости от выборки и доверительной вероятности), а сам неизвестный параметр – величина постоянная.

И, наконец, очень часто границы доверительного интервала расположены симметрично относительно точечной оценки параметра, как при вышеописанном построении. Однако не всегда и не для всех задач можно построить доверительный интервал с таким свойством.

Построение интервальных оценок связано с формулами вероятности попадания значений случайной величины (значения признака X) на заданный интервал. Формулы, в свою очередь, связаны с конкретным законом распределения соответствующей случайной величины, например с функцией распределения.

Построим интервальную оценку для генеральной средней наиболее часто встречающегося закона – нормального закона распределения.

Предположим, что признак X генеральной совокупности распределен по нормальному закону, при этом неизвестен параметр этого распределения – генеральная средняя.

Как известно, нормальный закон распределения характеризуется двумя параметрами: математическим ожиданием (генеральной средней) и дисперсией или среднеквадратическим отклонением.

Доверительный интервал для генеральной средней будем строить для двух случаев, когда известно и когда неизвестно среднеквадратическое отклонение признака X генеральной совокупности.

Доверительный интервал для генеральной средней \bar{X}_r при известном среднеквадратическом отклонении σ_r .

Из генеральной совокупности произведем различные выборки объема n . Для каждой выборки может быть найдена своя выборочная средняя. Эти выборочные средние будем рассматривать как значения некоторой случайной величины \bar{X} .

Примем без доказательства тот факт, что если случайная величина (признак) X распределена по нормальному закону, то случайная величина \bar{X} , значения которой определяются по независимым наблюдениям как выборочные средние, также распределена нормально.

Этот факт непосредственно следует из теоремы Ляпунова.

По результатам наблюдений найдем точечную оценку неизвестного параметра \bar{X}_r - выборочную среднюю \bar{X}_B . Зададим доверительную вероятность γ и найдем такое число $\delta > 0$, чтобы выполнялось условие

$$P(\bar{X}_B - \delta < \bar{X}_r < \bar{X}_B + \delta) = \gamma$$

Как известно, для нормально распределенной величины X вероятность попадания на некоторый интервал определяется с помощью функции Лапласа $\Phi(u)$.

С учетом равенства (13.4) в наших обозначениях формула для определения вероятности примет вид:

$$P(\bar{X} - \delta < \bar{X}_r < \bar{X} + \delta) = 2\Phi\left(\frac{\delta}{\sigma(\bar{X})}\right) = 2\Phi\left(\frac{\delta \cdot \sqrt{n}}{\sigma_r}\right)$$

$$\sigma(\bar{X}) = \frac{\sigma_r}{\sqrt{n}}$$

Последнее равенство следует из формулы (13.6):

$$u = \frac{\delta \cdot \sqrt{n}}{\sigma_r} \quad \delta = \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}}$$

Пусть . Отсюда и формула для определения соответствующей вероятности примет вид:

$$P\left(\bar{X} - \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}} < \bar{X}_r < \bar{X} + \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}}\right) = 2\Phi(u) \quad (13.12)$$

Запишем равенство (13.12) для конкретного значения случайной величины \bar{X} - выборочной средней, получим

$$P\left(\bar{X}_B - \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}} < \bar{X}_r < \bar{X}_B + \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}}\right) = 2\Phi(u) \quad (13.13)$$

Вспомнив о том, что это вероятность равна γ , равенство (13.13) можно интерпретировать следующим образом: с вероятностью γ можно утверждать, что доверительный интервал

$$\left(\bar{X}_B - \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}}; \bar{X}_B + \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}}\right) \quad (13.14)$$

накрывает значение генерального среднего; точность полученной оценки

$$\delta = \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}} \quad (13.15)$$

Исследуя формулу (13.15) для нахождения точности оценки, можно сделать следующие выводы:

1. При возрастании объема выборки n точность оценки увеличивается, так как чем меньше значение δ , тем выше точность.

2. Увеличение надежности оценки приводит к уменьшению ее точности. Это следует из того, что функция Лапласа является возрастающей и при увеличении значения этой функции (надежности) ее аргумент также увеличивается, что приводит к увеличению значения δ и понижению точности оценки.

Нахождение доверительного интервала для генеральной средней при известном генеральном среднеквадратическом отклонении можно проводить по следующей схеме:

1. Задать доверительную вероятность γ .
2. Найти по таблице значений функции Лапласа $\Phi(u)$ (см. приложение 2) аргумент u , для которого $\Phi(u) = \frac{\gamma}{2}$.

$$\delta = \frac{u \cdot \sigma_r}{\sqrt{n}}$$

3. Определить точность оценки по формуле

4. Найти (если она не дана) по выборке выборочную среднюю \bar{x}_v .

$$(\bar{x}_v - \delta; \bar{x}_v + \delta)$$

5. Построить доверительный интервал

Пример 13.1. Пусть признак X генеральной совокупности распределен по нормальному закону с известным среднеквадратическим отклонением $\sigma_r = 2$ и неизвестной генеральной средней. По случайной повторной выборке объема $n = 36$

найдена выборочная средняя $\bar{x}_v = 20$. Найти с надежностью $\gamma = 0,95$ интервальную оценку для неизвестного параметра, а также определить точность этой оценки.

Решение. Будем находить оценку по предложенной выше схеме.

1. Доверительная вероятность $\gamma = 0,95$.
2. По таблице значений функции Лапласа находим аргумент u , для которого $\Phi(u) = 0,475$. Получаем $u = 1,96$.

$$\delta = \frac{1,96 \cdot 2}{\sqrt{36}} = \frac{3,92}{6} \approx 0,653$$

3. Определяем точность оценки

4. Выборочная средняя $\bar{x}_v = 20$.

5. Строим доверительный интервал $(20 - 0,653; 20 + 0,653)$ и окончательно получаем $(19,347; 20,653)$.

Таким образом, с вероятностью 0,95 (95%) можно быть уверенным в том, что интервал $(19,347; 20,653)$ накроет значение генеральной средней или с этой же вероятностью можно быть уверенным в том, что выборочное среднее дает значение генеральной средней с точностью 0,653.

Вывод:

Функцию, которая дает приближенное значение неизвестного параметра, называют статистической точечной оценкой этого параметра.

Интервальная оценка, как и любой интервал, определяется двумя числами – концами интервала.

Оценка вероятностной характеристики погрешностей измерения называется точечной, если она выражена одним числом.

Любая точечная оценка, вычисленная на основании опытных данных, является случайной величиной.

При этом функция ее распределения зависит от распределения случайной величины и числа опытов n .

РД 50-476-84 Методические указания, надежность в технике. Интервальная оценка надежности технического объекта по результатам испытаний составных частей. Общие положения.

Под оценками показателей надежности понимают точечную или интервальную (границы доверительного интервала, который с заданной вероятностью содержит истинное значение показателя) оценки показателя.

Вопрос3 Комплексные показатели надежности

Комплексные показатели надежности

- **коэффициент готовности:** Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени

Примечания

1 При выборе рассматриваемого момента времени могут исключаться планируемые периоды, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

2 Помимо мгновенного (нестационарного) коэффициента готовности могут использоваться: средний коэффициент готовности, определяемый как среднее значение мгновенного коэффициента готовности за данный интервал времени, и стационарный коэффициент готовности, определяемый как предел мгновенного коэффициента готовности при стремлении рассматриваемого момента времени к бесконечности.

3 При необходимости могут различаться коэффициент внутренней готовности, определяемый при проектировании для идеальных условий эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, и коэффициент эксплуатационной готовности, определяемый для реальных условий эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

- **коэффициент неготовности:** Вероятность того, что объект окажется в неработоспособном состоянии в данный момент времени

Примечания

1 При выборе рассматриваемого момента времени могут исключаться планируемые периоды, в течение которых применение объекта по назначению не предусматривается.

2 Помимо мгновенного (нестационарного) коэффициента неготовности могут использоваться: средний коэффициент неготовности, определяемый как среднее значение мгновенного коэффициента неготовности за данный интервал времени, и стационарный коэффициент неготовности, определяемый как предел мгновенного коэффициента неготовности при стремлении рассматриваемого момента времени к бесконечности.

3 При необходимости могут различаться коэффициент внутренней неготовности, определяемый при проектировании для идеальных условий эксплуатации, технического обслуживания и ремонта, и коэффициент эксплуатационной неготовности, определяемый для реальных условий эксплуатации, технического обслуживания и ремонта.

- **коэффициент оперативной готовности:** Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени

- **коэффициент технического использования:** Отношение математического ожидания суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период

- **коэффициент сохранения эффективности:** Отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают

Примечание - Для каждого конкретного типа объектов содержание понятия эффективности и точный смысл показателя эффективности задаются в документации на объект.

Оценка надежности: Определение численных значений показателей надежности объекта.

Модель надежности: Математическая модель объекта, используемая для прогнозирования или оценки надежности.

Резервирование

- **резервирование:** Способ обеспечения надежности объекта за счет использования дополнительных средств и/или возможностей сверх минимально необходимых для выполнения требуемых функций

- **резерв:** Совокупность дополнительных средств и/или возможностей, используемых для резервирования

- **основной элемент:** Элемент объекта, необходимый для выполнения требуемых функций без использования резерва

- **резервный элемент:** Элемент объекта, предназначенный для выполнения функций основного элемента в случае отказа последнего

- **кратность резерва:** Отношение числа резервных элементов к числу основных элементов, выраженное несокращенной дробью

- **нагруженный резерв:** Резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в режиме основного элемента

- **облегченный резерв:** Резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в менее нагруженном режиме, чем основной элемент до начала выполнения ими функций основного элемента

- **ненагруженный резерв:** Резерв, который содержит один или несколько резервных элементов, находящихся в ненагруженном режиме до начала выполнения ими функций основного элемента

- **постоянное резервирование:** Резервирование, при котором используется нагруженный резерв, и при отказе любого элемента в резервированной группе выполнение объектом требуемых функций обеспечивается оставшимися элементами без переключений

- **резервирование замещением:** Резервирование, при котором функции основного элемента передаются резервному только при отказе основного элемента

- **общее резервирование:** Резервирование, при котором резервируется объект в целом
- **раздельное резервирование:** Резервирование, при котором резервируются отдельные элементы объекта или их группы
- **переключающий элемент:** Элемент объекта, предназначенный для подключения исправного резервного элемента объекта вместо отказавшего основного элемента
- **вероятность успешного перехода на резерв:** Вероятность того, что переход на резерв произойдет без отказа объекта
- **смешанное резервирование:** Сочетание различных видов резервирования в одном и том же объекте
- **резервирование без восстановления:** Резервирование, при котором восстановление отказавших основных элементов и/или резервных технически невозможно без нарушения работоспособности объекта в целом и/или не предусмотрено эксплуатационной документацией
- **резервирование с восстановлением:** Резервирование, при котором восстановление отказавших основных элементов и/или резервных технически возможно без нарушения работоспособности объекта в целом и предусмотрено эксплуатационной документацией
- **мажоритарное резервирование:** Резервирование, при котором в нагруженном режиме находится нечетное количество не менее трех однотипных элементов и результатом работы объекта принимается одинаковый результат работы большинства основных элементов

Примечание - Результат работы элемента выражается сигналом, числом, массивом чисел.

Испытания на надежность

- **испытания на надежность:** Испытания, проводимые с целью определения и/или контроля показателей надежности в заданных условиях

Примечание - В зависимости от исследуемого свойства различают испытания на безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, готовность и долговечность (ресурсные испытания).

Испытания проводят с заданной точностью (т.е. при заданной относительной погрешности) и с заданной достоверностью (т.е. при заданном уровне доверительной вероятности).

Испытания на надежность могут быть как самостоятельными, так и входить в состав приемо-сдаточных, приемочных, типовых, периодических, квалификационных и т.д.