Исследование надежности:

***Тема:***исследование закона распределения непрерывной случайной величины наработки объектов до отказа.

***Теоретические основы:*** Понятие надежности связано со способностью технического средства выполнять возложенные на него функции в течение требуемого времени и с требуемым качеством

**Под безотказной работой** понимается свойство изделия непрерывно

сохранять работоспособность в течение некоторого времени или

некоторой наработки. Для определения безотказной работы изготовитель проводит испытания на отказ. Задача испытаний заключается в сравнении конструкторских решений однотипных изделий.

Для этого необходимо иметь ряд количественных показателей, которые

подразделяются на частные, характеризующие одно из свойств,

составляющих надежность изделия, и комплексные, характеризующие

одновременно несколько свойств.

Все показатели надежности подразделяются на **статистические** и

**вероятностные. Статистические** показатели надежности рассчитывают

по статистическим данным об отказах. Они могут отличаться от

истинного значения параметра. **Вероятностные** показатели надежности

определяются по аналитическим зависимостям для соответствующих

законов распределения наблюдаемых случайных величин. Их используют

при оценке уровня надежности вновь создаваемого объекта в

процессе проектирования или для задач планирования изготовления и

применения данного вида объекта в отрасли.

Под **восстановлением** объекта понимается процесс перевода объекта в работоспособное состояние из неработоспособного состояния.

Под **невосстанавливаемыми** объектами понимают объект, для которого в рассматриваемой ситуации проведение восстановления работоспособного состояния не предусмотрено нормативно-технической и (или) конструкторской (проектной) документации.

Для оценки уровня безотказности изделий предусматриваются

следующие количественные показатели: **вероятность безотказной работы,**

**вероятность отказа, интенсивность отказов, частота отказов, наработка на**

**отказ, средняя наработка до отказа, параметр потока отказов**.

**Вероятность безотказной работы Р(t)** – вероятность того, что в

заданном интервале времени или заданной наработки отказ объекта не

возникнет.

Как следует из определения, вероятность безотказной работы

является временной функцией. Если через T обозначить время

непрерывной безотказной работы объекта от начала работы до

отказа, а через t – время, для которого требуется определить вероятность

безотказной работы, то Р(t) есть вероятность того, что случайная величина

Т будет больше или равна t, т. е. Р(t)=Р(Т ≥ t).

Функция вероятности безотказной работы обладает следующими

свойствами:

1. Вероятность Р(t) является убывающей функцией времени.

2. Р(0) = 1; Р(∞) = 0.

3. 0 <= Р(t) <= 1.

Вероятностное значение вероятности безотказной работы

определяется из уравнения

P(t) = 1 – F(t) , (1)

где F(t) – интегральная функция распределения наработки на отказ (до

отказа). Вероятностное значение вероятности безотказной работы

определяется из уравнения

P(t) = 1 – F(t) , (1)

где F(t) – интегральная функция распределения наработки на отказ (до

отказа).

Статистической оценкой вероятности безотказной работы для

неремонтируемых изделий служит уравнение

Р (t) = N(t)/N0, (2)

где N(t) – количество изделий, работоспособных к моменту t;

N0 – количество изделий, поставленных под наблюдение,

а для ремонтируемых изделий – уравнение

Р(t) = 1 – n(t)/N0, (3)

где n(t)–количество изделий, имевших хотя бы один отказ за период

времени от 0 до t.

Для практических целей иногда более удобной характеристикой

является не вероятность безотказной работы, а **вероятность отказа Q(t).**

Поскольку Q(t) и Р(t) – вероятности противоположных событий,

образующих полную группу событий, то

Q(t)= 1 – Р(t). (4)

Вероятность безотказной работы как количественная характеристика

надежности имеет следующие преимущества:

­ характеризует изменение надежности оборудования во времени;

­ является достаточно полной характеристикой надежности объекта, поскольку охватывает большое число факторов, влияющих на ее

величину;

­ дает возможность рассчитать надежность оборудования в процессе его

проектирования.

Наряду с указанными преимуществами Р(t) как критерий

надежности имеет и существенные недостатки:

­ характеризует надежность ремонтируемых изделий только до первого

отказа и поэтому является достаточно полной характеристикой только

для неремонтируемых изделий;

­ по известной Р(t) невозможно определить другие количественные

характеристики надежности;

­ не позволяет охарактеризовать зависимость между временными

составляющими цикла эксплуатации.

Указанные недостатки говорят о том, что вероятность безотказной

работы, как и любая другая характеристика, не позволяет в полной мере

оценить такое свойство изделия, как надежность, и поэтому не может

быть с ним отождествлена.

**Сре́дняя нарабо́тка на отка́з** (англ. Mean time between failures, MTBF) — технический параметр, характеризующий надёжность восстанавливаемого прибора, устройства или технической системы.

Средняя продолжительность работы устройства между отказами, то есть MTBF, показывает, какая наработка в среднем приходится на один отказ. Выражается в часах.

где ti — наработка до наступления отказа i; m — число отказов.

Измеряется статистически, путём испытания множества приборов, или вычисляется методами теории надёжности.

Для программных продуктов обычно подразумевается срок до полного перезапуска программы или полной перезагрузки операционной системы.

**Средняя наработка до отказа** (англ. Mean time to failure, MTTF) — эквивалентный параметр для невосстанавливаемого объекта. Поскольку объект не восстанавливаемый, то это просто среднее время, которое проработает объект до того момента, как произойдет отказ.

Средняя наработка до отказа Mt

Как всякое математическое ожидание случайной величины

наработка на отказ определяется зависимостью

Mt = (5)

где f(t) – дифференциальная функция распределения наработки до отказа.

Статистическое значение Mt \* подсчитывается по формуле

Mt \* =, (6)

где время до отказа i-го объекта

Наработка на отказ и наработка до отказа являются одними из

наиболее наглядных количественных характеристик надежности. Однако

и этим характеристикам свойственны существенные недостатки. Как

математическое ожидание случайной величины они не могут полностью

характеризовать время безотказной работы изделия: необходимо, по

меньшей мере, знать еще и дисперсию времени его безотказной работы.

Кроме того, эти характеристики не позволяют оценить надежность той

части изделий, время работы которых меньше среднего времени

безотказной работы.

**Интенсивность отказов λ (t)** – условная плотность вероятности

возникновения отказа невосстанавливаемого изделия, определяемая для

рассматриваемого момента времени при условии, что до этого момента

отказ не возник.

Для аналитического определения интенсивности отказов по

известному закону распределения наработки до отказа применяется

формула

λ (t)=f(t)/P(t)

Статистическое значение интенсивности отказов может быть

определено как отношение числа изделий, отказавших в единицу времени,

к среднему числу изделий, исправно работающих в данный промежуток

времени:

λ \*(t)=

где 𝞓t – принятый достаточно малый интервал времени, n(𝞓t) – количество

изделий, отказавших в интервале от t–𝞓t/2 до t+𝞓t/2; Ncp=(N1+N2)/2 –

среднее количество изделий, исправно работающих в интервале 𝞓t;

N1 – количество изделий, исправно работающих в начале интервала;

N2 – количество изделий, исправно работающих в конце интервала.

Интенсивность отказов как количественная характеристика надеж-

ности обладает рядом достоинств: являясь функцией времени, позволяет

наглядно установить характерные периоды работы изделия и тем самым

определить методы повышения его надежности; дает возможность легко

подсчитать другие показатели надежности. Недостаток показателя интен-

сивности отказов заключается в том, что он достаточно полно характери-

зует надежность изделия только до первого отказа и поэтому является

удобной характеристикой лишь для невосстанавливаемых изделий.

Случайная величина – величина, которая в результате опыта принимает од-

но, наперед неизвестное значение, зависящее от случайных причин. Случайные

величины могут быть дискретными и непрерывными.

Все возможные на практике значения некоторой случайной величины об-

разуют генеральную совокупность случайной величины:

X(x1,x2 ,...xn )– генеральная совокупность случайной величины х.

Ряд конкретных реализаций случайной величины называют выборочной

совокупностью или выборкой.

Генеральная совокупность характеризуется статистическими параметрами:

**математическое ожидание** – среднее значение случайной величины мю; **дисперсия**– мера рассеивания случайной величины относительно среднего значения:

,

где σ – среднее квадратическое (стандартное) отклонение случайной величины.

На практике математическое ожидание и дисперсию случайной величины

можно оценить только на основе выборки из конечного числа наблюдений

(измерений) случайной величины

Случайная величина характеризуется законом распределения, который

связывает значения случайной величины с вероятностью их появления. Для характеристики закона распределения случайной величины используются следующие функции.

Функция распределения случайной величины – функция F(х), определяющая

вероятность того, что случайная величина Х в результате испытаний примет

значение меньше или равное х

Плотность распределения вероятностей случайной величины – производная функции распределения случайной величины. Плотность вероятности характеризует вероятность того, что случайная величина примет конкретное значение x

***Схема выполнения задания:***

       построить зависимости функции плотности распределения от параметров закона;

       построить зависимости функции распределения вероятностей от параметров закона;

       построить зависимости характеристик положения от параметров закона:

      - математического ожидания;

      - наиболее вероятного значения (моды);

      - 50% процентного квантиля (медианы);

       построить зависимости характеристики рассеяния в виде дисперсии (или среднеквадратичного отклонения) случайной величины от параметров закона;

       построить зависимости характеристики асимметрии в виде коэффициента асимметрии случайной величины от параметров закона.

Основные законы  распределения непрерывной случайной величины, используемые в теории надежности  представлены в Приложении 1.