Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный университет информатики и

радиоэлектроники

кафедра РЭС

**РЕФЕРАТ**

**на тему:**

**«Основные матмодели в теории надежности. Выбор числа показателей надежности. Достоверность статистической оценки показателей надежности»**

МИНСК, 2008

**Основные математические модели, используемы в теории надежности**

В приведенных выше математических соотношениях зачастую использовалось понятие плотности вероятности и закон распределения.

Закон распределения - устанавливаемая определенным образом связь между возможными значениями случайной величины и соответствующими их вероятностями.

Плотность распределения (вероятностей) - широко распространенный способ описания закона распределения

**Распределение Вейбулла**

Распределение Вейбула является двухпараметрическим распределением. Согласно этому распределению плотность вероятности момента отказа

(1)



где δ - параметр формы (определяется подбором в результате обработки экспериментальных данных, δ > 0);

λ - параметр масштаба,

От значения коэффициента формы во многом зависит график функции плотности вероятности.

Интенсивность отказов определяется по выражению

(2)



Вероятность безотказной работы

(3)



Отметим, что при параметре δ = 1 распределение Вейбулла переходит в экспоненциальное, а при δ = 2 - в распределение Рэлея.

При δ <1 интенсивность отказов монотонно убывает (период приработки), а при δ >1 монотонно возрастает (период износа). Следовательно, путем подбора параметра δ можно получить, на каждом из трех участков, такую теоретическую кривую λ(t), которая достаточно близко совпадает с экспериментальной кривой, и тогда расчет требуемых показателей надежности можно производить на основе известной закономерности.

**Экспоненциальное распределение**

Как было отмечено экспоненциальное распределение вероятности безотказной работы является частным случаем распределения Вейбулла, когда параметр формы δ = 1. Это распределение однопараметрическое, то есть для записи расчетного выражения достаточно одного параметра λ = const . Для этого закона верно и обратное утверждение: если интенсивность отказов постоянна, то вероятность безотказной работы как функция времени подчиняется экспоненциальному закону:

(4)



Среднее время безотказной работы при экспоненциальном законе распределения интервала безотказной работы выражается формулой:

(5)



Таким образом, зная среднее время безотказной работы Т1 (или постоянную интенсивность отказов λ), можно в случае экспоненциального распределения найти вероятность безотказной работы для интервала времени от момента включения объекта до любого заданного момента t.

**Распределение Рэлея**

Плотность вероятности в законе Рэлея имеет следующий вид

(6)



где δ\* - параметр распределения Рэлея.

Интенсивность отказов равна:

. (7)



Характерным признаком распределения Рэлея является прямая линия графика λ(t), начинающаяся с начала координат.

Вероятность безотказной работы объекта в этом случае определится по выражению

(8)



**Нормальное распределение (распределение Гаусса)**

Нормальный закон распределения характеризуется плотностью вероятности вида

(9)



где mx, σx - соответственно математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение случайной величины Х.

При анализе надежности РЭСИ в виде случайной величины, кроме времени, часто выступают значения тока, электрического напряжения и других аргументов. Нормальный закон - это двухпараметрический закон, для записи которого нужно знать mx и sx.

Вероятность безотказной работы определяется по формуле

(10)



а интенсивность отказов - по формуле

(11)



В данном пособии показаны только наиболее распространенные законы распределения случайной величины. Известен целый ряд законов, так же используемых в расчетах надежности: гамма-распределение, χ2-распределение, распределение Максвелла, Эрланга и др.

**Определение закона распределения и выбор числа показателей надежности**

**Определение закона распределения**

Во многих случаях возникает задача определения на основе имеющихся статистических данных закона распределения некоторой случайной величины X.

Необходимо сразу же подчеркнуть, что в настоящее время не существует никакого способа непосредственно получить из некоторых статистических данных математическую модель закона распределения X. Известные методы позволяют лишь подтвердить (или не подтвердить) соответствие данного статистического материала некоторой заранее выдвинутой гипотезе о законе распределения. Таким образом, процедура нахождения хорошей (в некотором смысле) математической модели закона распределения случайной величины по статистическим данным всегда слагается из двух этапов:

* Выдвижение гипотез о математических моделях распределения.
* Проверка соответствия выдвинутых гипотез имеющимся статистическим данным.

Гипотезы о законе распределения могут выдвигаться на основе теоретического анализа физической природы и свойств рассматриваемой случайной величины. Источником этих гипотез может служить также предварительный анализ имеющихся статистических данных

Проверка соответствия гипотезы статистическим данным сводится к установлению степени близости гипотетического и статистического распределений X. Для проверки гипотез о законе распределения применяются специально разработанные количественные критерии, получившие название критериев согласия. Наиболее широкое применение нашли два критерия -критерий Пирсона и критерий Колмогорова.

**Выбор числа показателей надежности**

Остановимся на вопросе о выборе числа показателей для каждой составляющей надежности объекта.

Выбор числа показателей той или иной составляющей надежности в большинстве технических документов (в том числе и стандартов) на различные изделия производится без достаточного обоснования. В то же время, если рассматривать эти показатели не как изолированные величины, а как носители информации о законе распределения некоторой случайной величины, то вопрос о выборе числа показателей для каждой составляющей надежности получает достаточно простое и четкое решение.

Известно, что для однозначного определения закона распределения, относящегося к некоторому типу, необходимо задать столько независимых чисел, сколько параметров имеет этот тип законов распределения. Этими числами могут быть, в частности, числовые характеристики распределения, т. е. показатели некоторой составляющей надежности. Таким образом, выбор числа показателей некоторой составляющей надежности связывается с числом параметров того типа законов распределения, к которому относятся распределение определяющей эту составляющую надежности случайной величины.

Такой - достаточно строгий и общий - подход может применяться по отношению к любой составляющей надежности. Однако, во-первых, в настоящее время предъявляются различные требования к полноте описания различных составляющих надежности объектов. Во-вторых, не для всех составляющих надежности в достаточной мере изучены типы законов распределения соответствующих случайных величин.

Описанный выше подход достаточно широко применяется при выборе числа показателей безотказности, поскольку для большинства объектов в настоящее время считается необходимым знать весь закон распределения. В качестве примера можно указать рекомендации по выбору номенклатуры и числа показателей безотказности изделий ГСП, приведенные в ГОСТ 13216- 74.

Реже такой же подход используется при выборе числа показателей ремонтопригодности. Это связано с тем, что пока еще лишь для небольшой номенклатуры промышленных изделий считается необходимым задавать распределение вероятности восстановления.

Что же касается таких составляющих надежности, как сохраняемость и долговечность, то в настоящее время знание всего закона распределения не считается необходимым. В связи с этим для описания каждой из этих составляющих выбирается обычно один показатель (редко. два), и выбор этот не связывается с типом закона распределения соответствующей случайной величины.

В таблице 1 для каждой составляющей надежности указаны случайных величины (показатели) а также типы законов распределения, используемые при их описании.

Таблица 1

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Составляющая надежности | Случайная величина | Используемый закон распределения | Показатели надежности для объектов | |
| невосстанавливаемых | восстанавливаемых |
| Безотказность | Время безотказной работы Т | Экспоненциальный Нормальный Гамма | T1 - средняя наработка до отказа P(t)- вероятность безотказной работы Х- интенсивность отказов | - наработка на отказ P(t)- вероятность безотказной работы  ω- параметр потока отказов |
| Ремонтопригодность | Время восстановления  Тв | Эрланга Нормальный Экспоненциальный | — | - среднее время восстановления Р(tB)- вероятность восстановления |
| Сохраняемость | Время хранения до потери объектом своих характеристик Т | Нормальный Логарифмически-нормальный Гамма Вейбула Экспоненциальный | Аналогично с восстанавливаемыми | - средний срок сохраняемости  - гамма-процентный срок сохраняемости  Р(tс)- вероятность сохранения |
| Долговечность | Время от начала эксплуатации до предельного  СОСТОЯНИЯ ТД | Нормальный Логарифмически-нормальный Гамма Вейбула Экспоненциальный | Совпадают с показателями безотказности | t c - средний срок службы p- средний ресурс  tpγ- гамма-процентный ресурс |

**Точность и достоверность статистической оценки показателей надежности**

Как было показано выше, показатели надежности представляют собой числовые характеристики случайных величин или их комбинации.

Результат эксперимента над случайными величинами всегда случаен. Если на основе этого результата определяются некоторые числовые характеристики исследуемой случайной величины, то следует ясно понимать, что получаемые таким образом цифры могут отличаться от искомых истинных значений. В связи с этим значения числовых характеристик, получаемые путем статистических исследований, принято называть оценками, подчеркивая тем самым возможность несовпадения их с истинными значениями.

В математической статистике различаются два вида статистических оценок:

* точечные
* интервальные.

Как следует из теории вероятностей, основными показателями качества статистической оценки являются точность и достоверность.

Общепринятым количественным показателем достоверности оценки показателей надежности является доверительная вероятность. Причем, ввиду того, что очень часто принимается условие симметричности доверительного интервала (равенство односторонних доверительных вероятностей по верхней и по нижней доверительным границам), в качестве количественной меры достоверности оценки можно принять одно значение односторонней доверительной вероятности:

QB=QH=Q. (12)

Сложнее обстоит дело с выбором количественной меры точности статистической оценки показателей надежности. Во всех случаях (т. е. при любом оцениваемом показателе надежности а) количественную меру точности оценки естественно связать с шириной доверительного интервала, т. е. со значениями его границ аН и аВ. Тогда относительную доверительную ошибку показателя а можно записать как:

(13)



**Особенности программ на надежность**

Испытания на надежность позволяют определить показатели надежности РЭСИ в заданных условиях эксплуатации. Это необходимо для:

* установления соответствия вновь разрабатываемой РЭСИ требованиям ТЗ;
* для оценки эффективности применения схемных и конструктивно-технологических решений при модернизации РЭСИ;
* для выявления недостатков производства, влияющих на надежность.

По назначению испытания на надежность могут быть определительными и контрольными. Группа определительных испытаний подразделяется на испытания по определению запасов надежности, параметров безотказности, сохраняемости, ремонтопригодности, долговечности. Указанные характеристики определяют уровень качества разработки. Задачей контрольных испытаний является показ неизменности уровня качества продукции, изготавливаемой на конкретном призводстве. Обычно проводят для получения одной из указанных характеристик надежности, по которой оценивают уровень кпачества изделия.

Общими чертами испытаний на надежность с другими видами испытаний являются:

* испытания являются, преимущественно, выборочными;
* характеризуются большим объемом испытаний.

Выборочный метод испытаний позволяет судить о характеристиках всей генеральной совокупности изделий по характеристикам выборки, взятой из этой совокупности. Основным требованием к выборке являетсято, что изделия, входящие в выборку, должны в полной мере отражать характер и структуру генеральной совокупности, т. е. выборка должна быть представительной или репрезентативной.

Выборки различают по:

* способу образования - повторные и бесповторные;
* по преднамеренности отбора - преднамеренные и случайные;
* по отношению ко времени образования - единовременные и текущие.

Повторная выборка образуется путем извлечения изделий из генеральной совокупности с последующим их возвращением после определения параметров качества.

Такое извлечение и возвращение может быть многократным.

При бесповторной выборке извлеченные изделия не могут быть возвращены в генеральную совокупность. Обычно используется в тех случаях, когда вырабатывается ресурс изделия, что гарантирует невозможность попадания одного изделия в выборку.

Если изделие отбирается преднамеренно (по заранее оговоренным признакам, характеристикам), то такую выборку называют преднамеренной.

Случайная выборка образуется при отборе изделий из партии генеральной совокупности, если для любого изделия обеспечивается равная вероятность быть отобранным и включенным в выборку.

Единовременная выборка образуется из партии изделий после их изготовления независимо от того, в какой момент времени изготовлено каждое изделие.

Текущая выборка состоит из изделий, последовательно изготовленных за определенный промежуток времени. Методику текущей выборки применяют при анализе стабильности производства.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Глудкин О.П. Методы и устройства испытания РЭС и ЭВС. – М.: Высш. школа., 2001 – 335 с
2. Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование/ под ред. А.И.Коробова М.: Радио и связь, 2002 – 272 с.
3. Млицкий В.Д., Беглария В.Х., Дубицкий Л.Г. Испытание аппаратуры и средства измерений на воздействие внешних факторов. М.: Машиностроение, 2003 – 567 с
4. Национальная система сертификации Республики Беларусь. Мн.: Госстандарт, 2007
5. Федоров В., Сергеев Н., Кондрашин А. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств – Техносфера, 2005. – 504с.