

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра радиоэлектронных средств

М. С. ГУРСКИЙ

**ИСПЫТАНИЯ, КОНТРОЛЬ
И СЕРТИФИКАЦИЯ
РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ**

МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
для студентов специальностей
I-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС»
и I-39 02 02 «Проектирование и производство РЭС»
заочной формы обучения

Минск 2007

УДК 621.396.6 (075.8)
ББК 32.844 я 73
Г 95

Гурский, М. С.

Г 95 Испытания, контроль и сертификация радиоэлектронных средств : метод. пособие для студ. спец. I-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и I-39 02 02 «Проектирование и производство РЭС» заоч. формы обуч. / М. С. Гурский. – Минск : БГУИР, 2007. – 32 с. : ил.
ISBN 978-985-488-152-2

Приводится программа дисциплины «Испытания, контроль и сертификация радиоэлектронных средств», даются методические указания к изучению учебного материала, перечень основных контрольных вопросов к каждому разделу учебной дисциплины и тематика лабораторных работ.

УДК 621.396.6 (075.8)
ББК 32.844 я 73

ISBN 978-985-488-152-2

© Гурский М. С., 2007
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

1 ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1 Цель учебной дисциплины

Учебная дисциплина «**Испытания, контроль и сертификация РЭС**» изучается студентами специальностей «Моделирование и компьютерное проектирование радиоэлектронных средств» и «Проектирование и производство радиоэлектронных средств» высших учебных заведений и является одной из дисциплин, завершающих подготовку инженера по радиоэлектронике в области разработки и производства РЭС различного назначения. Целью преподавания дисциплины является изучение основ теории испытаний, основных видов и методов испытаний РЭС, разработки программ и методик различных видов испытаний, контроля качества и методов управления качеством продукции, а также вопросов сертификации продукции. Предусматривается наряду с методами испытаний изучение испытательного оборудования, применяемого для имитации условий окружающей среды и средств измерений для контроля режимов работы РЭС.

1.2 Задачи изучения дисциплины

В результате освоения курса «**Испытания, контроль и сертификация РЭС**» студент должен:

знать:

- характеристики внешних факторов, воздействующих на РЭС;
- методы и методики испытаний и контроля РЭС;
- методы контроля и управления качеством продукции;
- принципы организации работ по сертификации продукции;
- характеристики и принципы действия испытательного оборудования и средств измерений параметров РЭС.

уметь характеризовать:

- внешние воздействия и виды испытаний;
- методы статистического приемочного контроля и управления качеством продукции.

уметь анализировать:

- результаты испытаний РЭС;
- основные направления и тенденции развития методов и средств испытаний и контроля РЭС.

приобрести навыки:

- формирования требований к методам и средствам испытаний и к контролю качества РЭС;
- разработки программ и методик испытаний РЭС;

- проведения типовых испытаний РЭС, испытаний на надежность, организации технического и статистического контроля РЭС;
- использования статистических методов контроля и управления качеством продукции;
- обработки результатов испытаний с использованием аппарата теории вероятностей и математической статистики;
- обоснования выбора испытательного оборудования и средств измерения режимов работы РЭС;
- организации работ по сертификации РЭС.

1.3 Рекомендации по изучению дисциплины

Учебная дисциплина содержит следующие разделы:

Раздел 1 Организация испытаний РЭС и основы теории испытаний.

Раздел 2 Организация испытаний РЭС на надежность.

Раздел 3 Технический контроль РЭС. Автоматизация и метрологическое обеспечение испытаний и контроля.

Раздел 4 Качество продукции. Статистические методы контроля и управления качеством продукции.

Дисциплина «**Испытания, контроль и сертификация РЭС**» (ИКиСРЭС) базируется на физико-математической подготовке студентов, которую они получили при изучении дисциплин «Физика», «Высшая математика», «Теория вероятностей и математическая статистика», а также при изучении специальных дисциплин, таких как «Теоретические основы конструирования, технологии и надежности», «Инженерное обеспечение надежности РЭС», «Конструирование радиоэлектронных устройств», «Технология РЭУ и автоматизация производства».

Данная дисциплина читается в 11 семестре. Учебным планом специальности предусмотрено **64** аудиторных часа занятий, в том числе аудиторные занятия в виде лекций (установочная лекция 2 ч, обзорные лекции 4 ч), лабораторных работ (8 ч), а также предусмотрено выполнение контрольной работы. Форма отчетности по учебной дисциплине – **экзамен**.

Изучение дисциплины предусматривает систематическую самостоятельную работу студентов над нормативной и специальной технической литературой, а также проработку стандартов по соответствующим видам испытаний и контроля РЭС.

2 ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ, МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ И КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

Раздел 1 Организация испытаний РЭС и основы теории испытаний

Тема 1.1 Ведение. Роль испытаний и контроля в повышении качества изделий РЭС. Сертификация – основа управления качеством РЭС

Повышение качества изделия – одна из важнейших задач народного хозяйства. Свойства, определяющие качество: конструктивные, технологические, экономические и др., группы показателей качества. Роль и значение сертификации в повышении качества продукции.

Испытания – экспериментальное определение количественных и качественных свойств объектов испытаний. Задачи испытаний на стадиях исследования, проектирования и изготовления. Место и структура служб контроля и испытаний.

Сертификация – основа управления качеством РЭС.

Работа международных организаций (МЭК, ИСО, СЭВ и др.) по унификации методик в среде испытаний и сертификации.

[1, 3, 6].

Методические указания

При изучении данного раздела следует обратить особое внимание на основные понятия и определения, терминологию в области контроля и испытаний РЭС. Необходимо усвоить отличие испытаний и контроля, а также уделить внимание экономическому обоснованию процесса проведения испытаний и контроля. Обратит внимание на работу международных организаций в области испытаний и контроля РЭС.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определения: испытания, контроль, качество.
- 2 Задачи испытаний и контроля на этапах разработки, изготовления и эксплуатации РЭС?
- 3 Организация службы контроля и испытаний на промышленных предприятиях?
- 4 Какие международные организации работают в области испытаний и какова их роль?

Тема 1.2 Воздействующие факторы, виды и способы проведения испытаний

Внешние воздействующие факторы (ВВФ): климатические, механические, электрические, биологические, космические, специальные, технологические и др. Внутренние факторы – процессы старения и износа.

Климатические воздействующие факторы: радиационный баланс, циркуляция атмосферы, влагооборот, физико-географические условия земли. Климатические зоны. Основные параметры, характеризующие климат: атмосферное давление, температура, влажность, интенсивность дождя, солнечное излучение, скорость ветра и т. д.

Механические воздействующие факторы. Источники возникновения механических воздействий: вибраций (гармонической, периодической, случайной), ударов (многократных и одиночных), линейных ускорений, акустических шумов. Основные параметры, характеризующие механические воздействия. Значения механических воздействующих факторов для различных видов аппаратуры и условий ее эксплуатации.

Космические и радиационные воздействующие факторы. Воздействие невесомости, космического глубокого вакуума, криогенной температуры. Естественная и искусственная радиация.

Биологические воздействующие факторы. Воздействие плесневых грибов, микроорганизмов, насекомых, грызунов и птиц.

Классификация испытаний, проводимых на стадиях исследования, проектирования и производства: по назначению (цели), по условиям (месту) проведения, по продолжительности и величинам воздействующих нагрузок, по принципам осуществления, по степени (результатам) воздействия, по виду воздействия, по определенным характеристикам объекта, по стадиям жизненного цикла изделия.

Способы проведения испытаний: последовательный, параллельный, последовательно-параллельный, комбинированный.

[1, 2, 3, 4].

Методические указания

При изучении внешних воздействующих факторов необходимо обратить внимание главным образом на характеристики воздействий. Для климатических зон Земли – температурный режим, суточные колебания температуры, относительная влажность воздуха, солнечная радиация, атмосферное давление и т.д. Для механических воздействий необходимо знать диапазон частот для различных объектов установки РЭС, характер воздействий (вибрация, удар, акустический шум, линейные ускорения), наибольшие значения ускорений или звукового давления, длительность воздействия.

Для специальных видов воздействий, например, космических, необходимо рассматривать условия космического пространства и других небесных тел, при

этом исходить из того, что воздействие факторов космического пространства на РЭС происходят на фоне определяющего фактора – глубокого космического вакуума. Обратите внимание на изменение условий космического пространства в зависимости от высоты (тропосфера, стратосфера, ионосфера).

Характеризуя биологические воздействующие факторы, обратите внимание на характер биоповреждений: механические разрушения при контакте, ухудшение эксплуатационных характеристик, биохимическое разрушение. Наиболее широко распространенным видом биоповреждений является биохимическое разрушение, которое вызывается различными микроорганизмами (бактерии, плесневые грибы). Обратите внимание на оптимальные условия развития для большинства видов плесневых грибов: повышенная влажность и температура, затемненность помещения, неподвижность воздуха.

В соответствии с разнообразием решаемых задач имеют место различные принципы классификации испытаний и различные виды испытаний. Необходимо знать назначение и особенности каждого из видов испытаний, уметь их характеризовать. Кроме того, необходимо уметь выбирать для заданных условий эксплуатации соответствующий способ проведения испытаний: последовательный, параллельный, последовательно-параллельный или комбинированный. Необходимо знать характеристики, преимущества и недостатки, область применения изучаемых способов проведения испытаний.

Контрольные вопросы

- 1 Какие вы знаете виды испытаний? Дайте им краткую характеристику.
- 2 Дайте характеристику внешним и внутренним воздействующим факторам на РЭС.
- 3 Климатические воздействующие факторы. Климатические зоны. Основные параметры, характеризующие климат.
- 4 Характеристика механических и акустических воздействующих факторов.
- 5 Космические и радиационные воздействующие факторы и их влияние на материалы и компоненты РЭС.
- 6 Биологические воздействующие факторы и их влияние на материалы и компоненты РЭС.
- 7 Какие вы знаете способы проведения испытаний, их характеристика и область применения?

Тема 1.3 Планирование испытаний. Разработка программы и методики испытаний

Назначение и содержание программы испытаний. Выбор способа и последовательности проведения испытаний, определение общей продолжительности испытаний и количества испытываемых изделий, установление периодичности

испытаний, выбор типов испытательного оборудования и средств измерения параметров, метрологическое обеспечение процесса испытаний.

Содержание методики испытаний. Алгоритм испытаний на любой вид воздействия. Техническая и технологическая документация, применяемая при испытаниях. Структура и организация службы испытаний. Оформление документации по результатам испытаний.

[1, 2, 3, 4].

Методические указания

Программа испытаний (ПИ) – это обязательный для выполнения организационно-методический документ, который имеет определенную форму оформления: титульный лист и обязательных 6 разделов. Обратит внимание на содержание основных разделов ПИ и рекомендации по их выполнению. Необходимо помнить, что объем испытаний равен

$$V = N \cdot t_u,$$

где N – объем партии,

t_u – продолжительность испытаний.

Поэтому, при организации испытаний следует руководствоваться производственной и экономической необходимостью, т.е. можно варьировать объем партии или продолжительность испытаний для получения заданного объема испытаний.

Воспроизводимость результатов испытаний определяется качеством методики испытаний (МИ) и свойствами объекта испытаний. Общие требования к МИ включают требования к методу испытаний, техническим средствам испытаний и условиям проведения испытаний.

При изучении раздела обратите внимание на общий алгоритм (последовательность) проведения испытаний на любой вид воздействия.

Контрольные вопросы

- 1 Назовите обязательные разделы программы испытаний и требования к их изложению.
- 2 Приведите пример составления программы испытаний, например, бытовой РЭС.
- 3 Приведите содержание методики испытаний.
- 4 Приведите алгоритм проведения испытаний для стационарной (возимой, переносной и др.) РЭС.
- 5 Что понимают под нормализованной последовательностью испытаний.

Тема 1.4 Испытания на климатические воздействия

Цель и условия проведения испытаний на воздействие повышенной температуры. Методы испытаний. Методология испытаний. Испытательное оборудование. Измерение и поддержание температуры в испытательных камерах.

Цель и условия проведения испытаний на воздействие пониженной температуры. Методы испытаний. Методология испытаний. Испытательное оборудование. Способы охлаждения камер. Датчики для измерения температуры. Условия проведения испытаний на воздействие циклического изменения температуры и термоудар. Особенности комбинированных камер.

Цель и условия проведения испытаний на воздействие повышенной влажности. Методы испытаний: длительные и ускоренные. Классификация и основные параметры камер. Способы получения повышенной влажности. Методы измерения влажности и средства измерений.

Цель и условия проведения испытаний на воздействие соляного (морского) тумана. Методы испытаний. Получение морского тумана. Назначение аэрозольного аппарата. Параметры соляного тумана. Испытательное оборудование.

Цель и условия проведения испытаний на воздействие пониженного и повышенного атмосферного давления. Методы испытаний. Барокамеры. Термобарокамеры. Средства измерений.

Цель и условия проведения испытаний на статистическое и динамическое воздействие пыли и песка. Методы испытаний. Камеры пыли и их основные параметры. Состав пылевой смеси.

Цель и условия проведения испытаний на водонепроницаемость, водозащищенность, на воздействие дождя и гидростатического давления. Методы испытаний. Оборудование для испытаний: ванны, баки, камеры дождя и др.

[1–4, 9–14].

Методические указания

При изучении данной темы необходимо использовать прежде всего стандарты, регламентирующие проведение соответствующих видов испытаний. Особенно необходимо обращать внимание на методы испытаний, режимы проведения испытаний, особенности различных видов испытаний. Студент должен представлять назначение и принцип работы испытательных установок, знать основные характеристики и назначение камер: тепла, холода, влажности, пыли, дождя, соляного тумана, давления, солнечной радиации, а также методы контроля параметров испытательных режимов.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте характеристику методам климатических испытаний в зависимости от характера воздействия окружающей среды.
- 2 Какие методы испытаний РЭС на воздействие повышенной температуры вам известны и в чем их особенность?
- 3 В чем отличие испытаний на воздействие циклического изменения температур от испытаний на термоудар?
- 4 В чем заключаются особенности циклического и непрерывного режимов испытаний на воздействие повышенной влажности?
- 5 Какова методика проведения испытаний на воздействие соляного (морского) тумана?
- 6 Каким образом осуществляется контроль основных параметров соляного тумана?
- 7 В чем заключаются отличия испытаний на динамическое и статическое воздействие пыли?
- 8 Какое вы знаете испытательное оборудование для климатических испытаний, принцип его действия?

Тема 1.5 Испытания на механические и акустические воздействия

Цель и условия проведения испытаний на воздействие вибрации. Методы испытаний. Организация испытаний на вибропрочность и виброустойчивость. Классификация и основные параметры испытательных установок. Средства измерений параметров вибрации, их классификация и основные параметры.

Цель и условия проведения испытаний на воздействие одиночных и многократных ударов. Методы испытаний. Классификация установок одиночных и многократных ударов, основные параметры. Средства измерений параметров ударов.

Цель и условия проведения испытаний на воздействие линейных ускорений. Методы испытаний на линейные ускорения. Основные параметры центрифуг.

Цель и условия проведения испытаний на воздействие акустического шума. Испытательное оборудование.

[1–4, 9–14].

Методические указания

При изучении данной темы необходимо обратить внимание на организацию следующих видов испытаний:

- на обнаружение резонансных частот;
- на проверку отсутствия резонансных частот в заданном диапазоне;
- на вибропрочность и виброустойчивость;
- на ударную прочность и ударную устойчивость;
- на воздействие одиночных ударов;

- на воздействие линейных ускорений;
- на воздействие акустического шума.

При изучении данной темы необходимо обратиться к ранее изучаемой теме «Механические воздействия и защита РЭС» и вспомнить понятие вибрации, формы вибрационных колебаний; понятие ударов, формы ударных импульсов и их свойства; понятие о линейных и акустических нагрузках, контролируемые параметры и характеристики. Кроме того необходимо хорошо представлять методы и методики соответствующих видов испытаний.

Для воспроизведения вибрационных, ударных, линейных перемещений и акустических воздействий применяют соответственно вибрационные стенды, ударные стенды, центрифуги и акустические камеры. Необходимо знать классификацию испытательного оборудования, принцип действия, особенности конструкции.

Для контроля и поддержания требуемых параметров испытательных режимов используется измерительная аппаратура, поэтому необходимо уметь обосновывать и выбирать аппаратуру для преобразования, анализа и записи параметров.

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды испытаний на механические воздействия вы знаете?
- 2 Приведите методику испытаний аппаратуры на вибропрочность и виброустойчивость. В чем отличие между данными видами испытаний?
- 3 Каким образом можно определить резонансные частоты конструкции, элементов конструкции?
- 4 Чем необходимо руководствоваться при выборе основных параметров ударного воздействия?
- 5 Как обеспечиваются заданные параметры ударного импульса при испытаниях РЭС на различных ударных стендах?
- 6 Каков принцип действия электродинамического вибростенда (ударного стенда)?
- 7 Какие методы испытаний на воздействие акустического шума вам известны? Методика проведения данного вида испытаний?
- 8 Какое испытательное оборудование используется для испытаний на воздействие линейных ускорений и на акустические воздействия? Особенности и принцип работы испытательных установок.

Тема 1.6 Испытания на биологические, химические и технологические воздействия

Цель и условия проведения испытаний на воздействие биологических факторов (грибковой плесени, микроорганизмов, насекомых, грызунов, птиц). Методы испытаний. Особенности испытательных камер. Методы оценки результатов испытаний.

Цель и условия проведения испытаний на коррозионно-активные воздействия. Методы испытаний. Принципы построения камер на совместное воздействие агрессивного газа, влажности, температуры. Средства измерений параметров агрессивных газов. Периодические и непрерывные воздействия.

Цель испытаний на технологические воздействия. Испытания на воздействие среды заполнения, на герметичность, на способность к пайке, на воздействие ряда технологических факторов на изделие, на безопасность работы оператора-испытателя и т.д. Принципы построения испытательного оборудования. Средства измерений.

[1–4, 10].

Методические указания

В настоящее время регламентируется учет следующих биофакторов: плесневых грибов, насекомых, грызунов, почвенных микроорганизмов. Наибольшие разрушения РЭС возникают под действием грибковой плесени, поэтому данному виду испытаний необходимо уделить особое внимание. Обратит внимание на отличительные особенности методов испытаний, на оптимальные условия жизнедеятельности микроорганизмов (бактерий, плесневых грибов), на особенности конструкций испытательных камер.

Испытания на коррозионно-активное воздействие проводят для оценки коррозионной стойкости металлов, сплавов и покрытий, применяемых в РЭС к воздействию рабочей среды, способной изменять свою коррозионную активность в зависимости от температуры и влажности. Под коррозионно-активным воздействием обычно понимают совместное воздействие агрессивного газа, влажности и температуры. В качестве агрессивного газа используют сероводород, сернистый газ или озон. Коррозионную стойкость прошедших испытание образцов можно оценить различными методами, из которых наиболее широко применяют визуальный и гравиметрический (по изменению массы) методы.

При изучении раздела технологических испытаний обратите внимание прежде всего на методы испытаний изделий на способность к пайке, при этом также необходимо ознакомиться с методами ускоренного старения изделий.

Контрольные вопросы

- 1 Какие методы испытаний на грибоустойчивость вы знаете?
- 2 Каким образом оценивают результаты испытаний на грибоустойчивость?
- 3 В чем заключается гравиметрический метод оценки коррозионной стойкости?
- 4 Какова методика проведения испытаний на коррозионную стойкость?
- 5 Перечислите методы испытаний на технологические воздействия.
- 6 Каким образом осуществляется ускоренное старение изделий?
- 7 Назовите наиболее информативный метод испытаний изделий на способность к пайке. В чем заключается его сущность?

Тема 1.7 Испытания на космические и радиационные воздействия

Цель и условия проведения испытаний на космические воздействия. Методы проведения испытаний. Оборудование и средства измерений. Специальные виды космических испытаний. Оборудование.

Цель и условия проведения испытаний на радиационные (ионизирующие) воздействия. Методы испытаний. Оборудование для воспроизведения излучений: реакторы, ускорители, изотопные источники, рентгеновские и лазерные установки, СВЧ-генераторы.

Средства измерений и регистрации параметров излучений. Обеспечение защиты от гамма-излучения и нейтронов.

[1, 3, 10].

Методические указания

Рассмотрение испытаний на космические воздействия следует начинать с термовакуумных испытаний, с условий воспроизведения основных физических явлений в космосе. Обратите внимание на воздействие криогенных температур, условия их получения, на условия моделирования тепловых режимов при установке имитаторов лучистых потоков Солнца, планет и орбиты космического аппарата.

В зависимости от вида и энергии излучения, процессы, приводящие к нарушениям работоспособности, могут происходить по всему объему применяемого в РЭС материала или только в приповерхностном слое. Нейтроны и гамма-кванты обладают высокой проникающей способностью, и поэтому вызываемые ими изменения, как правило, носят объемный характер. Альфа-частицы и осколки ядер, вследствие малой длины их пробега в веществе, воздействуют только на поверхность. Протоны и электроны (бета-излучение) могут приводить к дефектам как в приповерхностном слое, так и в объеме материала, поскольку глубина их проникновения зависит от энергии частиц и возникновения в материале вторичных ионизирующих излучений (нейтронов, гамма-квантов и т.д.).

При изучении темы необходимо ознакомиться с влиянием радиоактивных излучений на материалы и элементную базу РЭС, а также с источниками радиоактивного излучения, прежде всего, с ускорителями заряженных частиц (электростатические ускорители, циклические ускорители и др.) и ядерными реакторами.

Контрольные вопросы

- 1 Какие испытания относятся к специальным видам космических испытаний? Как они проводятся?
- 2 Какие приборы предназначены для измерения общего и парциального давлений?
- 3 Какие хладоагенты используют для получения сверхнизких температур и каковы способы их подачи в криогенные установки?
- 4 В чем заключаются обратимые и необратимые нарушения в материалах, вызванные воздействием радиоактивного излучения?
- 5 Какова методика и оборудование для проведения испытаний на радиоактивные воздействия?

Раздел 2 Организация испытаний РЭС на надежность

Тема 2.1 Планирование испытаний РЭС на надежность и планы испытаний

Особенности программ испытаний на надежность. Показатели надежности (безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, долговечность). Программа испытаний на надежность. Планирование испытаний. Оперативная характеристика. Понятие риска изготовителя и риска заказчика. Планирование испытаний по браковочному уровню, браковочному и приемочному уровням. Понятие плана испытаний. Характеристика планов испытаний на надежность. Определение оценок параметров при экспоненциальном законе распределения. Отказы аппаратуры при испытаниях на надежность. Классификация отказов.

[1, 3, 4, 15–18].

Методические указания

Изучение данного раздела следует начать с повторения ранее пройденного материала по другим учебным дисциплинам. Необходимо знать законы распределения случайной величины (прежде всего экспоненциального и нормального), способы аналитического описания законов распределения. Также необходимо уметь характеризовать основные показатели надежности: безотказность, ремонтпригодность, сохраняемость, долговечность.

По назначению испытания на надежность могут быть определительными и контрольными. Группа определительных испытаний подразделяется на испытания по определению запасов надежности: параметров безотказности, ремонтпригодности, сохраняемости и долговечности. Указанные характеристики, как правило, определяют уровень разработки. Задачей же контрольных испытаний является показ неизменности достигнутого уровня качества продукции, изготавливаемой на конкретном производстве.

Этапу проведения испытаний предшествует этап планирования испытаний. Выбор плана контрольных испытаний определяется:

- видом контролируемых показателей надежности: показателей типа **P** (вероятность безотказной работы, безотказного хранения, восстановления за заданное время); показателей типа **T** (наработка, ресурс, срок службы, срок хранения, время восстановления и т.д.);

- составом исходных данных (знание закона распределения, риска потребителя, риска изготовителя, нормы браковочного и приемочного значений показателя надежности и т.п.);

- принятым методом контроля (одноступенчатый, двухступенчатый, последовательный, при помощи доверительных границ).

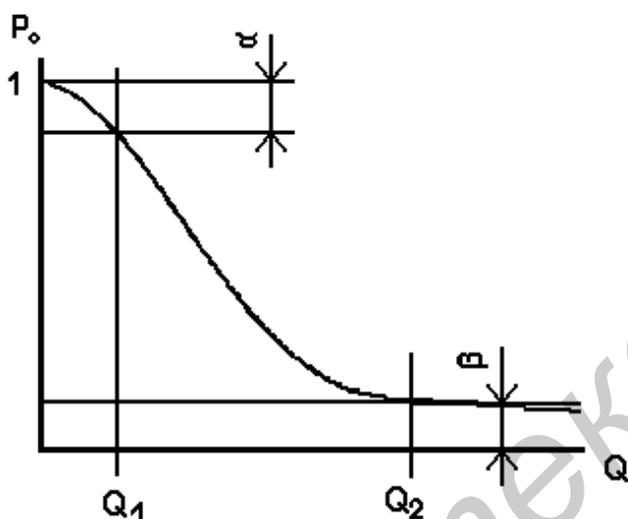


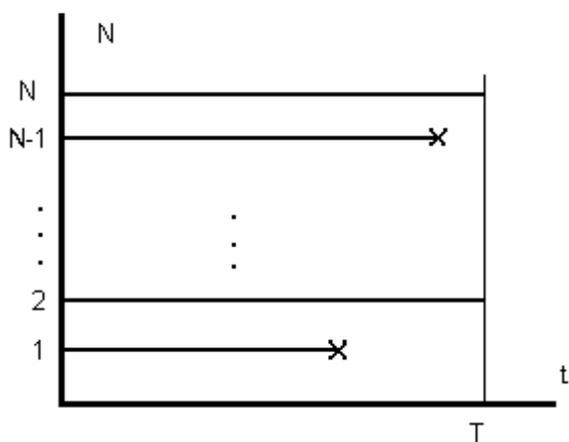
Рисунок 1 – Оперативная характеристика:
 α – риск изготовителя, β – риск заказчика

Основной характеристикой плана испытаний является оперативная характеристика, т.е. зависимость вероятности P_0 приемки партии по результатам испытаний выборки объемом n от заданной вероятности Q отказа изделий в партии, из которой взята выборка.

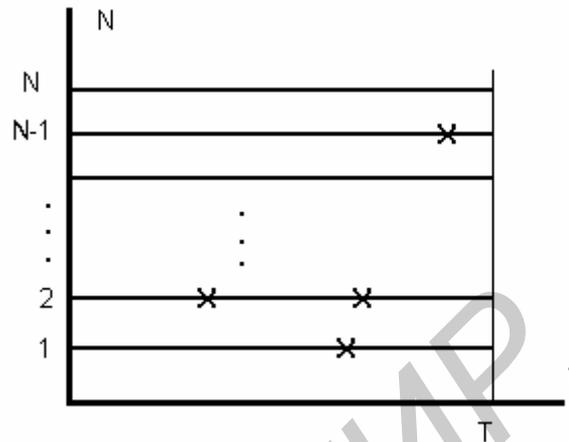
Обратите внимание на особенности планирования испытаний по браковочному уровню (с учетом интересов заказчика), а также по браковочному и приемочному уровням (с учетом ин-

тересов заказчика и изготовителя) при известном и неизвестном законах распределения контролируемого показателя надежности.

Необходимо также уметь давать характеристику используемых планов испытаний на надежность, а для экспоненциального распределения – и определять оценки параметров и доверительные границы. Кроме того, необходимо уметь представлять рассматриваемые планы в графическом виде (рисунок 2).



План **NRT**



План **NUT**

Рисунок 2 – Графическая интерпретация планов испытаний

При анализе, обработке и оценке результатов испытаний на надежность необходимо проводить классификацию отказов аппаратуры, при этом все отказы, зафиксированные при испытаниях аппаратуры, подлежат идентификации в соответствии с классификационными признаками видов отказов. Факты отказов устанавливают на основании критериев отказов и предельных состояний аппаратуры.

Контрольные вопросы

- 1 Содержание программы и методики испытаний на надежность.
- 2 Приведите численные показатели безотказности, ремонтпригодности, сохраняемости и долговечности.
- 3 Приведите оперативную характеристику плана испытаний на надежность. Понятие риска изготовителя и риска заказчика.
- 4 Методика планирования по браковочному уровню.
- 5 Приведите методику планирования по браковочному и приемочному уровням.
- 6 Особенности планирования для известного и неизвестного законов распределения контролируемого показателя надежности.
- 7 Какие планы испытаний на надежность вы знаете? Как они обозначаются?
- 8 Как определяются доверительные границы для экспоненциального закона распределения?
- 9 По каким классификационным признакам осуществляется идентификация отказов?
- 10 Какие виды отказов вы знаете?

Тема 2.2 Методы планирования и проведения испытаний на надежность

Методы планирования и проведения испытаний: одноступенчатый метод, двухступенчатый метод, метод последовательных испытаний, метод непрерывных испытаний, графический метод планирования испытаний.

Особенности организации определительных испытаний на надежность.

Контрольные испытания на безотказность. Испытания на ремонтпригодность, долговечность и сохраняемость. Ускоренные испытания, основанные на методах прогнозирования и применении форсированных режимов работы. Многофакторные испытания.

Статистическая обработка результатов испытаний. Влияние точности измерений на результаты испытаний. Критерии исключения выбросов при статистической обработке результатов.

[1, 3, 4, 7, 8, 24, 25].

Методические указания

Контрольные испытания на надежность подразделяются на:

- испытания на безотказность;
- испытания на ремонтпригодность;
- испытания на сохраняемость;
- испытания на долговечность.

Методика контрольных испытаний на надежность должна содержать перечень показателей надежности, подлежащих контролю, а также по каждому контролируемому показателю надежности следующие данные:

- приемочный и браковочный уровни;
- риск изготовителя и риск потребителя;
- метод проведения испытаний;
- план испытаний;
- перечень параметров, по которым определяют состояние (работоспособность, исправность и т.д.) изделия, периодичность их проверки в процессе испытания;
- условия испытаний (значения воздействующих факторов, их последовательность и т.д.), способы контроля работоспособности и восстановления изделий;
- решающее правило.

При изучении темы необходимо обратить внимание на вопросы планирования и проведения соответствующих испытаний, а именно: на выбор предельной продолжительности испытаний, определение приемочного и браковочного значений вероятностей безотказной работы (вероятностей восстановления, вероятности сохранения, вероятности ненаступления предельного состояния) за предельную продолжительность испытаний и определение объема выборки и приемочного числа отказов. Необходимо также знать условия применимости

различных методов испытаний на надежность, методики их проведения и представления результатов испытаний.

Ускоренные испытания РЭС основаны на прогнозировании их состояния и применении форсированных режимов. Наиболее распространенными методами прогнозирования являются математические методы (детерминированные и вероятностные), а также методы, основанные на применении аппарата теории распознавания образов.

Использование форсированных режимов позволяет ускорить протекание физико-химических процессов, протекающих в РЭС под влиянием дестабилизирующих факторов. Адекватность между режимами будет тогда, когда при испытании не возникает новых физико-химических процессов, приводящих к появлению отказов, не характерных для номинального режима, и не изменяется закон распределения отказов.

Наиболее изученной является модель старения изделий под воздействием термической нагрузки, которая достаточно точно описывается уравнением Аррениуса, характеризующим зависимость скорости химической реакции от температуры. Графическое изображение модели Аррениуса при неизменном механизме отказов может быть представлено в виде, представленном на рисунке 3.

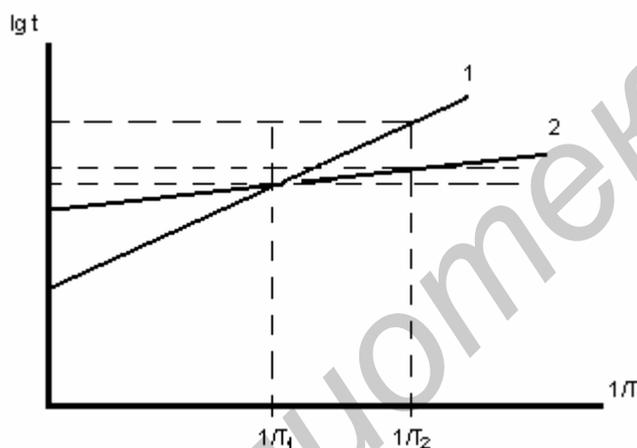


Рисунок 3 – Графическое изображение модели Аррениуса

При одном и том же приращении нагрузки ($1/T_2 - 1/T_1$) для отказа одного и того же процента изделий второго типа потребуется меньше времени, чем для изделий первого типа, т.е. изделия первого типа более надежны. Следовательно, по углу наклона прямой ϕ можно качественно судить о надежности изделий. Следует отметить, что прямая на графике будет только в том случае, когда механизм отказов во всем

рассматриваемом диапазоне нагрузок остается неизменным.

Для последующего анализа результатов испытаний необходимо провести статистическую обработку измеренных значений, при этом необходимо учитывать погрешность измерения контролируемых параметров, когда определенная часть годных изделий попадает в забракованные (риск поставщика) и часть негодных изделий принимается (риск заказчика). При изучении раздела необходимо научиться определять:

- при заданном гарантированном допуске на параметры изделия и с учетом конкретного значения точности измерительных средств определять риски поставщика и заказчика;

- при запланированном риске поставщика и заказчика и заданном гарантированном допуске определять точность измерительных средств и необходимый производственный допуск.

При статистической обработке результатов испытаний при наличии резко выделяющихся значений необходимо уметь правильно применять критерии (критерий Диксона или критерий Ирвина) для решения вопроса о закономерности или случайности полученных значений параметра. Кроме того, необходимо уметь представлять полученные значения в графической форме и обосновывать наиболее эффективный способ представления (полигон, гистограмма, кумулятива, огиба, поле корреляции).

Контрольные вопросы

- 1 Какие методы испытаний на надежность вы знаете?
- 2 В чем состоит метод последовательных испытаний?
- 3 В чем заключаются особенности планирования определительных испытаний на надежность?
- 4 Какова цель и особенности планирования и проведения испытаний на безотказность (ремонтпригодность, сохраняемость, долговечность)?
- 5 Какие существуют математические методы прогнозирования надежности и их особенности?
- 6 Как определить, сохраняется ли механизм отказов при увеличении нагрузки в процессе ускоренных испытаний?
- 7 Каким образом влияет точность измерения параметров на результаты испытаний?
- 8 Какие вы знаете критерии исключения выбросов при статистической обработке результатов испытаний?

Раздел 3 Технический контроль РЭС. Автоматизация и метрологическое обеспечение испытаний и контроля

Тема 3.1 Технический контроль РЭС

Организация и виды технического контроля. Классификация. Методы неразрушающего контроля в процессе изготовления РЭС: оптические, радиационные, тепловые, электрофизические и др. Методы разрушающего контроля, области их применения. Организация технического контроля при производстве печатных плат, микросхем, узлов и блоков РЭС.

[1, 3, 4, 20, 21].

Методические указания

Контроль на этапе производства складывается из входного, операционного и приемочного контроля, при этом контроль может быть разрушающий или неразрушающий. Особое внимание необходимо уделить методам неразрушающего контроля: оптическим, электрофизическим, радиационным, тепловым, растровой электронной микроскопии и др.

На примере типового технологического процесса, например, изготовления печатной платы, рассмотреть организацию операционного контроля (контроль внешнего вида, качества металлизации, качества совмещения слоев, качества отмывки и т.д.).

Контрольные вопросы

- 1 Какие виды ТК вы знаете?
- 2 Какие методы неразрушающего контроля вам известны? Дайте им краткую характеристику.
- 3 Каким образом организуют операционный контроль при изготовлении многослойных печатных плат?
- 4 В каких случаях целесообразно применять разрушающие методы контроля?

Тема 3.2 Автоматизация и метрологическое обеспечение испытаний и контроля

Автоматизация испытаний. Автоматизация поддержания заданных испытательных режимов. Автоматизация регистрации параметров испытываемых изделий. Применение ЭВМ при проведении испытаний.

Метрологическое обеспечение испытаний. Общие требования к обеспечению единства испытаний. Аттестация испытательного оборудования. Метрологическое обеспечение измерений. Эталонные средства измерений. Государственная система обеспечения единства измерений.

[1, 3, 4].

Методические указания

Автоматизированные системы испытаний (АСИ) создают в целях:

- повышения точности и достоверности результатов испытаний;
- обеспечения единства испытаний;
- сокращения сроков проведения испытаний;
- повышения эффективности используемых средств для испытаний;
- улучшения условий работы обслуживающего персонала.

При разработке АСИ следует руководствоваться принципом системного подхода, решения современных задач, непрерывности развития системы, типич-

зации и стандартизации аппаратно-программных средств, а также их тиражирования и иерархичности. Разработка основных подсистем АСИ включает техническое, информационное, организационное и экономическое обеспечение. Необходимо уметь давать характеристику составляющих подсистем АСИ, знать построение и структуру испытательных станций.

Контрольные вопросы

- 1 Какие критерии оценки АСИ вам известны?
- 2 Каковы цели и принципы создания АСИ?
- 3 Что представляет собой техническое обеспечение АСИ и какие требования к нему предъявляются?
- 4 Как вы понимаете принцип системного подхода при разработке АСИ?
- 5 Каким образом осуществляется и поддерживается единство измерений?

Раздел 4 Качество продукции. Статистические методы приемочного контроля и управления качеством продукции

Тема 4.1 Качество продукции. Статистические методы управления качеством продукции и регулирования технологических процессов

Основные определения в области качества продукции. Методы оценки уровня качества продукции. Стандарты ИСО по управлению качеством продукции.

Сущность, задачи и области применения статистических методов управления качеством продукции. Схема Исикава, диаграмма Парето, гистограмма, расслоение, контрольный листок, контрольная карта, диаграмма разброса. Характеристика, построение и области применения.

Способы предоставления продукции на контроль. Методы отбора единиц продукции. Классификация выборок. Статистические методы контроля и регулирования технологических процессов. Влияние отклонений параметров процесса на выход годной продукции. Виды контрольных карт. Правила построения контрольных карт средних арифметических значений и медиан, средних квадратических отклонений, числа дефектных единиц продукции.

[1, 3, 22, 23, 36–40, 50, 52].

Методические указания

Основной целью государственного управления качеством является повышение эффективности производства, повышение конкурентоспособности продукции. Данная концепция изложена в комплексной программе «Качество», ко-

торая является составной частью программы развития промышленного комплекса Республики Беларусь до 2015 года.

Свойства продукции могут быть охарактеризованы качественно и количественно. Показатели качества продукции могут быть единичными и комплексными. Кроме того, при оценке уровня качества продукции используются базовые и относительные показатели. Уровень качества продукции – относительная характеристика качества продукции, основанная на сравнении значений показателей качества оцениваемой продукции с базовыми показателями.

Для оценки уровня качества промышленной продукции применяют дифференциальный, комплексный или смешанный методы. Необходимо знать, каким образом выбирается метод оценки и осуществляется определение уровня качества продукции.

Из статистических методов управления качеством продукции необходимо рассмотреть следующие методы:

- схема Исикава (причинно-следственная диаграмма);
- диаграмма Парето;
- гистограмма;
- расслоение;
- диаграмма разброса;
- контрольный листок;
- контрольная (управляющая) карта.

Применение данных методов позволяет:

- наглядно представить информацию в удобном для анализа виде;
- корректно выявлять причины несоответствий;
- намечать реальные пути устранения причин несоответствий;
- снижать издержки трудовых, материальных, энергетических ресурсов, снижать себестоимость, увеличивать прибыли.

При статистическом регулировании технологических процессов рассматриваются две гипотезы:

- нулевая гипотеза – технологический процесс налажен;
- альтернативная гипотеза – технологический процесс разлажен.

При статистическом регулировании в качестве средних значений обычно используют выборочное среднее арифметическое \bar{x} или выборочную медиану \tilde{x} , а в качестве меры рассеяния – выборочное среднее квадратическое отклонение S , или выборочную дисперсию S^2 , или размах R .

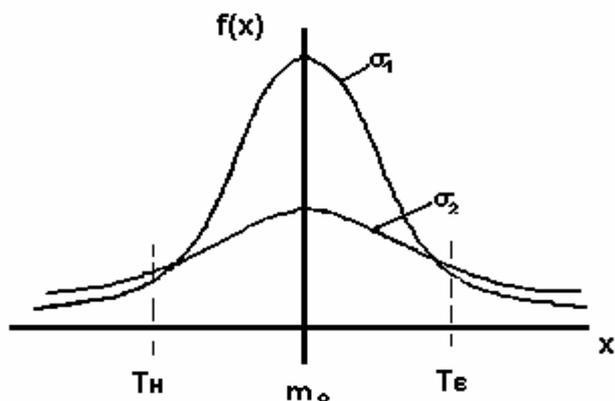


Рисунок 4 – Кривая плотности нормального распределения

Нормальный закон распределения характеризуется двумя параметрами – математическим ожиданием m и дисперсией σ^2 . При отклонении m от заданного (номинального) значения или изменении σ увеличивается доля дефектной продукции, что будет свидетельствовать о разладке технологического процесса. Необходимо уметь определять долю годной (дефектной) продукции при изменении допуска или значений m и σ .

Статистическое регулирование технологических процессов удобно осуществлять с помощью контрольных карт (КК), на которых откладывают значения определенной статистики, полученной по результатам выборочного контроля. По схеме построения КК можно разделить на три группы:

- простые КК;
- КК с предупреждающими границами;
- КК кумулятивных сумм.

Значение характеристики, при которой технологический процесс считается налаженным, должно быть оптимальным в смысле получения наилучшего показателя качества продукции. Этому значению на контрольной карте соответствует исходная (нулевая или средняя) линия. Значение статистической характеристики, при которой техпроцесс признается разлаженным, определяется исходя из влияния этого значения на долю дефектной продукции, которая не должна превышать значение допустимого уровня дефектности (рисунок 5).



Рисунок 5 – Вид простой КК

Основной задачей при построении любой КК является нахождение местоположения критических точек ($K_{кр}$, $-K_{кр}$), ограничивающих область регулирования и признания нулевой гипотезы. Необходимо уметь строить КК средних арифметических значений, средних квадратических отклонений, числа дефектных единиц продукции.

Контрольные вопросы

- 1 Дайте определения «единичный показатель качества», «комплексный показатель качества», «интегральный показатель качества», «обобщенный показатель качества». Приведите примеры.
- 2 Что вы понимаете под менеджментом качества? Каковы цели менеджмента качества?
- 3 Какие вы знаете методы оценки уровня качества промышленной продукции?
- 4 Каким образом определяется интегральный показатель качества продукции?
- 5 Каким образом строится причинно-следственная диаграмма (схема Исикава)? Приведите примеры.
- 6 Проведите анализ состояния технологического процесса изготовления детали, используя диаграмму Парето.
- 7 Какие вы знаете способы представления продукции на контроль?
- 8 Каким образом производится отбор единиц продукции в выборку?
- 9 Приведите классификацию выборок и дайте им характеристику.
- 10 В чем состоит задача статистического регулирования технологических процессов?
- 11 От каких параметров и в какой степени зависит доля годной продукции для нормального закона распределения?
- 12 Что вы понимаете под стабильностью технологического процесса?
- 13 Какие виды КК вы знаете?
- 14 Что такое чувствительность КК к разладке технологического процесса и чем она определяется?
- 15 Приведите общий вид простой КК.
- 16 Как определить границы регулирования для простой КК средних арифметических значений?
- 17 Каким образом осуществляется статистическое регулирование технологических процессов методом средних арифметических значений?
- 18 Какие виды КК используют при статистическом регулировании ТП методом учета дефектных единиц продукции?

Тема 4.2 Статистические методы приемочного контроля качества продукции

Сущность статистических методов приемочного контроля качества продукции. Понятие уровня дефектности. Оперативная характеристика плана выборочного контроля. Схемы и планы контроля. Усеченный контроль. Корректировка плана контроля.

Организация статистического приемочного контроля по количественному признаку. Организация статистического приемочного контроля по альтернативному признаку.

[41–44, 50, 52].

Методические указания

Статистические методы приемочного контроля качества продукции могут осуществляться по количественному, качественному и альтернативному признакам. Любая партия продукции, поступающая на контроль, может содержать некоторую долю дефектных единиц продукции. Эта доля дефектных единиц характеризуется уровнем дефектности.

Необходимо знать схему уровня дефектности, уметь характеризовать и выбирать значения основных параметров, уметь строить оперативные характеристики при различных значениях объема выборки и приемочного числа. Под планом контроля понимают совокупность требований и правил, которые следует соблюдать при контроле партии продукции. Различают следующие типы планов контроля: одноступенчатые, двухступенчатые, многоступенчатые и последовательные. Необходимо уметь приводить схемы организации контроля для соответствующих планов выборочного контроля (рисунок б).

При высокой стоимости контроля или при контроле, связанном с разрушением продукции, возникает необходимость в сокращении единиц продукции, подлежащих контролю, без снижения достоверности результатов контроля. Эта цель может быть достигнута путем замены планов выборочного контроля с фиксированным объемом выборки на соответствующие усеченные планы выборочного контроля.



Рисунок 6 – Схема одноступенчатого плана выборочного контроля

В зависимости от результатов приемки контролируемых партий имеется возможность корректировки планов контроля, т.е. ужесточение требований к контролю при ухудшении результатов приемки либо ослабление требований к контролю при существенном улучшении результатов приемки. При подготовке темы обратите внимание на условия корректировки планов выборочного контроля, на вид оперативных характеристик, на возможность определения риска изготовителя и риска заказчика при различном виде контроля.

Статистический приемочный контроль может осуществляться по количественному, качественному или альтернативному признакам. При рассмотрении темы необходимо четко представлять, какие параметры необходимо установить в качестве исходных данных и что должны определить в результате составления плана контроля.

Контрольные вопросы

- 1 Какие статистические методы приемочного контроля качества продукции вы знаете?
- 2 Что понимается под термином «приемочное число», «браковочное число»?
- 3 Приведите классификацию дефектов.
- 4 Что такое уровень дефектности? Как определить долю дефектных единиц продукции?
- 5 Что такое приемочный уровень дефектности и каким образом выбирается приемочный уровень дефектности?
- 6 Что вы понимаете под браковочным уровнем дефектности?
- 7 Приведите оперативную характеристику плана выборочного контроля?
- 8 Какие типы планов выборочного контроля вы знаете? Дайте им характеристику.
- 9 Приведите схему двухступенчатого плана выборочного контроля.
- 10 Поясните последовательность проведения усеченного контроля для двухступенчатого плана выборочного контроля.
- 11 Какие виды контроля вам известны?
- 12 Каким образом осуществляется корректировка плана выборочного контроля?

- 13 Какие исходные данные необходимо установить при организации статистического приемочного контроля по альтернативному признаку?
- 14 Приведите последовательность организации статистического приемочного контроля по альтернативному признаку.
- 15 Постройте оперативную характеристику плана контроля.
- 16 Каким образом осуществляется выбор плана выборочного статистического приемочного контроля по количественному признаку?
- 17 Какие методы оценки среднего квадратического отклонения вам известны?
- 18 Приведите порядок проведения контроля по количественному признаку.
- 19 Какие способы выбора плана выборочного контроля вы знаете?

Тема 4.3 Сертификация – основа управления качеством продукции

Сертификация, ее цели и задачи. Общие понятия в области сертификации. Основные правила системы сертификации продукции, процессов и услуг.

Международный опыт сертификации продукции. Роль и значение международных организаций. Международные стандарты в области сертификации продукции и систем обеспечения качества.

Организационная структура сертификации в РБ, основные цели и задачи. Аккредитация испытательных центров и испытательных лабораторий. Документация и порядок оценки соответствия однородной продукции и систем менеджмента качества.

[45–48, 49].

Методические указания

Сертификация – это средство предоставления потребителю определенных гарантий в том, что приобретенная им продукция, независимо от того, где и кем она изготовлена, соответствует требованиям стандартов. Сертификация служит важным дополнением к установившимся отношениям в сфере покупатель – продавец, способствует повышению конкурентоспособности продукции, гарантирует безопасность продукции при эксплуатации, соответствие свойств продукции заданным характеристикам. Выполнение указанных гарантий достигается проведением ряда контрольных процедур – это и объективный контроль качества продукции путем ее испытаний, и оценка системы обеспечения качества на предприятии-изготовителе, и последующий контроль продукции, отобранной как у производителя, так и в сфере торговли.

При изучении темы необходимо познакомиться с международным опытом в области сертификации, с работой международных организаций МЭК, ИСО и др. в области сертификации продукции и систем менеджмента качества. Обратите внимание на порядок проведения оценки соответствия, на выбор схемы оценки соответствия, на требования к оформлению результатов. Также изучите порядок проведения работ по оценке соответствия систем менеджмента качества.

Контрольные вопросы

- 1 Каковы функции органа по оценке соответствия?
- 2 Дайте характеристику стандартам ИСО 9000 версии 2000 года.
- 3 Какие схемы оценки соответствия вы знаете?
- 4 Каков порядок работ по оценке соответствия однородной продукции?
- 5 Порядок оценки соответствия систем менеджмента качества.

3 ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

- 3.1 Исследование методов и средств испытаний РЭС и ее элементов на воздействии тепла и холода.
- 3.2 Исследование методов и средств испытаний РЭС на воздействия ударных нагрузок.
- 3.3 Схемотехническая оптимизация проектируемых конструкций РЭС методами граничных и матричных испытаний.
- 3.4 Исследование методов и средств испытаний РЭС и ее элементов на воздействии вибрации.
- 3.5 Исследование методов и средств испытаний РЭС и ее элементов на воздействии влаги.
- 3.6 Организация и проведение испытаний РЭС на надежность.
- 3.7 Организация ускоренных испытаний РЭС на надежность.
- 3.8 Организация статистического приемочного контроля по альтернативному признаку.

Примечание: Выполняются две четырехчасовые лабораторные работы из приведенного перечня.

4 КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА И ЕЕ ХАРАКТЕРИСТИКА

В процессе изучения дисциплины ИКиСРЭС каждый студент выполняет одну контрольную работу, которая состоит из двух заданий. Первое задание содержит теоретические вопросы, посвященные изучению отдельных тем соответствующих разделов дисциплины. Второе задание посвящено закреплению полученных знаний и умению их применять при планировании испытаний и организации технического контроля.

Варианты заданий расположены по адресу C:\IKIS RES\variant.

Перечень нормативно-технической литературы – C:\IKIS RES\literatura.

Материалы по испытательному оборудованию – C:\IKIS RES\oborud.

5 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

5.1 Основная и дополнительная литература

ОСНОВНАЯ

- 1 Федоров, В. К. Контроль и испытания в проектировании и производстве радиоэлектронных средств / В. К. Федоров, Н. П. Сергеев, А. А. Кондрашин. – М. : Техносфера, 2005. – 502 с.
- 2 Млицкий, В. Д. Испытание аппаратуры и средства измерений на воздействие внешних факторов / В. Д. Млицкий, В. Х. Беглария, Л. Г. Дубицкий. – М. : Машиностроение, 1993. – 567 с.
- 3 Глудкин, О. П. Методы и устройства испытания РЭС и ЭВС / О. П. Глудкин. – М. : Высшая школа, 1991. – 335 с.
- 4 Испытания радиоэлектронной, электронно-вычислительной аппаратуры и испытательное оборудование / под ред. А. И. Коробова. – М. : Радио и связь, 1987. – 272 с.
- 5 Глудкин, О. П. Технология испытаний микроэлементов радиоэлектронной аппаратуры и интегральных микросхем / О. П. Глудкин, Черняев В. Н. – М. : Энергия, 1980. – 360 с.
- 6 Всеобщее управление качеством : учебник для вузов / под ред. О. П. Глудкина. – М. : Горячая линия – Телеком, 2001. – 600 с.
- 7 Заренин, Ю. Г., Определительные испытания на надежность / Ю. Г. Заренин, И. И. Стоянова. – М. : Издательство стандартов, 1978.
- 8 Острейковский, В. А. Многофакторные испытания на надежность / В. А. Острейковский. – М. : Энергия, 1978. – 150 с.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

- 9 Испытательная техника / под ред. В. В. Ключева. – М. : Машиностроение, 1982. Кн. 1, 2.
- 10 ГОСТ 20.57.406 – 81 Изделия электронной техники, квантовой электроники и электротехнические. Методы испытаний. – М. : Изд-во стандартов, 1991. – 217 с.
- 11 ГОСТ 15543–89 Изделия электротехнические. Общие требования в части стойкости к климатическим внешним воздействующим факторам.
- 12 ГОСТ 16962–71 Изделия электронной техники и электротехнические. Механические и климатические воздействия. Требования и методы испытаний.
- 13 ГОСТ 16962.1–89 Изделия электротехнические. Методы испытаний на устойчивость к климатическим внешним воздействующим факторам.
- 14 ГОСТ 16962.2–90 Изделия электротехнические. Методы испытаний на стойкость к механическим внешним воздействующим факторам.
- 15 ГОСТ 25359–82 Изделия электронной техники. Общие требования по надежности и методы испытаний.
- 16 ГОСТ 11478–88(МЭК 68-1-88) Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Нормы и методы испытаний на воздействие внешних климатических и механических факторов.

- 17 ГОСТ 21.317–87 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Методы испытаний на надежность.
- 18 ГОСТ 28.002–88 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Общие методы по защите от электростатических разрядов и методы испытаний.
- 19 ГОСТ 12.2.006 – 75 Аппаратура радиоэлектронная бытовая. Требования безопасности. Методы испытаний.
- 20 ГОСТ Р51780–2001 Контроль неразрушающий. Методы и средства испытаний на герметичность. Порядок и критерии выбора.
- 21 ГОСТ 16504 – 81 Система государственных испытаний продукции. Испытания и контроль качества продукции. Основные термины и определения.
- 22 ГОСТ 22732–77 Методы оценки уровня качества промышленной продукции. Основные положения.
- 23 ГОСТ 18231–73 Качество продукции. Статистические методы управления. Правила отбора единиц продукции в выборку.
- 24 ГОСТ 27.410 – 87 Методы контроля показателей надежности и планы контрольных испытаний на надежность.
- 25 ГОСТ 27.402–95 Надежность в технике. Планы испытаний для контроля средней наработки до отказа (на отказ). Часть 1. Экспоненциальное распределение.
- 26 ГОСТ Р50779.70–99(ИСО 2859.0-95) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 0. Введение в систему выборочного контроля по альтернативному признаку на основе приемлемого уровня качества AQL.
- 27 ГОСТ Р50779.71–99 (ИСО 2859.1-89) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 1. Планы выборочного контроля последовательных партий на основе приемлемого уровня качества AQL.
- 28 ГОСТ Р50779.72–99 (ИСО 2859-2-85) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 2. Планы выборочного контроля отдельных партий на основе предельного уровня качества LQ.
- 29 ГОСТ Р50779.73–99 (ИСО 2859-3-91) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля по альтернативному признаку. Часть 3. Планы выборочного контроля с пропуском партий.
- 30 ГОСТ Р50779.74–99 (ИСО 3951-89) Статистические методы. Процедуры выборочного контроля и карты контроля по количественному признаку для процента несоответствующих единиц продукции.
- 31 ГОСТ Р50779.75–99 (ИСО 8422-91) Статистические методы. Последовательные планы выборочного контроля по альтернативному признаку.
- 32 ГОСТ Р50779.76–99 (ИСО 8423-91) Статистические методы. Последовательные планы выборочного контроля по количественному признаку для процента несоответствующих единиц продукции (стандартное отклонение известно).
- 33 ГОСТ Р50779.77–99 Статистические методы. Планы и процедуры статистического приемочного контроля нештучной продукции.

- 34 ГОСТ Р50779.11–2000 Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения.
- 35 ГОСТ Р50779.21–96 Статистические методы. Правила определения и методы расчета статистических характеристик по выборочным данным. Часть 1. Нормальное распределение.
- 36 ГОСТ Р50779.30–95 Статистические методы. Приемочный контроль качества. Общие требования.
- 37 ГОСТ Р50779.40–96 (ИСО 7870-93) Статистические методы. Контрольные карты. Общее руководство и введение.
- 38 ГОСТ Р50779.41–96 (ИСО 7873-93) Статистические методы. Контрольные карты для арифметического среднего с предупреждающими границами.
- 39 ГОСТ Р50779.42–99 (ИСО 8258-91) Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.
- 40 ГОСТ Р50779.43–99 (ИСО 7966-93) Статистические методы. Приемочные контрольные карты.
- 41 ГОСТ Р50779.50–95 Статистические методы. Приемочный контроль качества по количественному признаку. Общие требования.
- 42 ГОСТ Р50779.51–95 Статистические методы. Непрерывный приемочный контроль качества по альтернативному признаку.
- 43 ГОСТ Р50779.52–95 Статистические методы. Приемочный контроль качества по альтернативному признаку.
- 44 ГОСТ Р50779.53–98 Статистические методы. Приемочный контроль качества по количественному признаку для нормального закона распределения.
- 45 ТКП 5.1.01 – 2004 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Основные положения.
- 46 ТКП 5.1.02 – 2004 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок сертификации продукции. Основные положения.
- 47 ТКП 5.1.03 – 2004 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок декларирования соответствия продукции. Основные положения.
- 48 ТКП 5.1.05 – 2004 Национальная система подтверждения соответствия Республики Беларусь. Порядок сертификации систем менеджмента качества. Основные положения.

5.2 Учебно-методическая литература

- 49 Гурский, М. С. Сертификация изделий радиоэлектронной техники : метод. пособие / М. С. Гурский, И. Ф. Гурская. – Минск : БГУИР, 1997.
- 50 Гурский, М. С. Статистические методы управления качеством продукции : учеб. Пособие / М. С. Гурский. – Минск : БГУИР, 1999.
- 51 Гурский, М. С. Лабораторный практикум по курсу «Испытания, контроль и сертификация радиоэлектронных средств». Ч. 1 / М. С. Гурский. – Минск : БГУИР, 2000.

52 Гурский, М. С. Лабораторный практикум по курсу «Испытания, контроль и сертификация радиоэлектронных средств». Ч. 2 / М. С. Гурский. – Минск : БГУИР, 2001.

Св. план 2006, поз. 1

Учебное издание

Гурский Михаил Семенович

ИСПЫТАНИЯ, КОНТРОЛЬ И СЕРТИФИКАЦИЯ РАДИОЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ

Методическое пособие

для студентов специальностей I-39 02 01 «Моделирование и компьютерное проектирование РЭС» и I-39 02 02 «Проектирование и производство РЭС»
заочной формы обучения

Ответственный за выпуск М. С. Гурский

Подписано в печать 5.12.2006.
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,5.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 125 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,98.
Заказ 20.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6