Министерство образования Республики Беларусь

Белорусский государственный университет информатики и

радиоэлектроники

**кафедра РЭС**

**РЕФЕРАТ**

**на тему:**

**«Методы, подходы, содержания и требования к испытаниям РЭСИ»**

**МИНСК 2008**

**Методы проведения испытаний РЭСИ**

В настоящее время применяют следующие способы проведения лабораторных и стендовых испытаний:

* последовательный;
* параллельный;
* последовательно-параллельный;
* комбинированный.

При *последовательном способе* одно и то же РЭСИ последовательно подвергают всем предусмотренным программой видам испытаний. Исключение составляют испытания, проводимые при воздействии большинства химических и биологических внешних факторов, которые, как правило, осуществляют на различных выборках. Последовательность испытаний предусматривает обычно первоочередное выявление наиболее грубых дефектов изделий, например ошибок маркировки, коротких замыканий и обрывов при приемосдаточных испытаниях.

Недостатком последовательного способа проведения испытаний является накопление деградационных изменений в физической структуре объекта испытаний по мере перехода от одного ВВФ к другому. В результате каждое воздействие предыдущего фактора оказывает влияние на результаты испытаний при воздействии последующего, что усложняет интерпретацию результатов испытаний и ускоряет износ РЭСИ.

При *параллельном способе* проведения испытаний изделия подвергают воздействию различных ВВФ одновременно (параллельно) на нескольких выборках. Такой способ позволяет получить большой объем информации за значительно более короткий промежуток времени, чем последовательный способ, при минимальном износе испытываемых образцов. Однако параллельный способ требует существенно большего числа испытываемых изделий, чем последовательный.

Компромиссным является *последовательно-параллельный* способ испытаний, позволяющий в каждом конкретном случае более эффективно использовать преимущества того или иного способа и находить оптимальные варианты их сочетания. При последовательно-параллельном способе все изделия, отобранные для испытаний, разбивают на несколько групп, которые испытывают параллельно. В каждой группе испытания проводятся последовательным способом.

С целью приближения лабораторных условий испытаний РЭСИ к реальным условиям эксплуатации все большее распространение находит *комбинированный способ* испытаний, при котором на РЭСИ одновременно воздействуют несколько внешних факторов. Основное ограничение широкого применения комбинированного воздействия при лабораторных и стендовых испытаниях связано с отсутствием необходимого оборудования, а также со сложностью и высокой стоимостью проведения таких испытаний. Алгоритм испытаний всегда должен выбираться исходя из результатов воздействий того или иного фактора на конкретный объект испытаний и условий его последующей эксплуатации. При этом следует обращать внимание на то, что в процессе испытаний механизм отказов РЭСИ усиливался и все потенциально ненадежные образцы были обязательно выявлены.

**Общий подход к планированию испытаний**

Высокие требования, предъявляемые к качеству современных РЭА, приводят к необходимости проведения испытаний, позволяющих определить значения параметров надежности по установленной методике с целью оценки их соответствия требованиям ТУ. Одним из источников информации о работоспособности и надежности РЭА являются лабораторные испытания, имитирующие внешние воздействия, соответствующие реальным условиям эксплуатации. Поэтому разработка программы испытаний (ПИ) на надежность и методики их проведения являются ответственным мероприятием.

Основной целью программы испытаний является получение данных для введения необходимых, изменений в конструкцию, обеспечивающих повышение качества аппаратуры, а также получение оценки фактической надежности РЭА.

Когда необходимо получить справочные данные о количественных показателях надежности и об их зависимости от времени и степени жесткости воздействующих факторов, производят специальные испытания на надежность, называемые *определительными.* Точность оценки показателей надежности зависит от количества испытываемых образцов и продолжительности испытаний.

При разработке программы испытаний необходимо учитывать, в каком виде желательно получить результат испытаний: либо в виде случайного события — положительный исход или отказ, либо в виде количественной величины, характеризующей определенные электрические параметры РЭА. Также необходимо учитывать, является ли испытываемая аппаратура однократного или многократного действия.

В основу разработки программы испытаний должны быть положены вероятностные и статистические методы, позволяющие обеспечить научно обоснованное планирование испытаний и оценку их результатов. Для опреде­ления количества испытываемых образцов и продолжительности испытаний необходимо знание законов распределения отказов. Принято считать, что для сложной аппаратуры многократного действия внезапные и постепенные отказы следуют экспоненциальному закону распределения, а для аппаратуры однократного действия биноминальному закону.

При разработке программы испытаний необходимо исходить из классификации изделий по функционально-конструктивному признаку, в соответствии с которым все изделия делятся на классы деталей, узлов, приборов, комплектов и систем. С точки зрения испытаний указанные классы изделий можно объединить в две группы: I или низшая группа, объединяющая изделия, не имеющие самостоятельного эксплуатационного назначения (детали, узлы, блоки), и II или высшая, группа, объединяющая изделия, имеющие самостоятельное эксплуатационное назначение — это приборы (радиоприемники, телевизоры и т. п.) и системы (установки, станции и т. д.).

Решение вопроса о том, подвергать ли испытаниям изделия низшей или высшей группы, принимается конкретно для каждого случая.

Испытания изделий низшей группы требуют применения более простой, дешевой и менее габаритной испытательной аппаратуры, а также позволяют более быстро обнаружить слабые места изделий, так как на результаты испытаний не оказывают влияния другие взаимодействующие с ним элементы РЭА. При этом возможно более быстрое принятие необходимых мер по усовершенствованию этих изделий и устранению обнаруженных неисправностей до момента окончания проектирования и изготовления всей системы.

В ряде случаев возможно использование для испытаний уже имеющейся контрольно-измерительной аппаратуры, предназначенной для испытаний идентичных изделий.

Испытания высшей группы изделий обеспечивают получение результатов учитывающих возможные взаимодействия различных блоков и частей РЭА при меньшем объеме работ, так как для испытаний требуется меньшее время и число образцов. Однако при выборе группы изделий для испытаний следует учитывать, что вероятность безотказной работы сложной системы равна произведению вероятностей безотказной работы ее элементов.

Отсюда следует, что для получения большого значения вероятности безотказной работы системы необходимо, чтобы входящие в нее элементы имели значительно более высокую вероятность безотказной работы. Т.о., получение при испытаниях устойчивых значений изделий низшей группы приводит к необходимости увеличения числа испытуемых изделий, а также продолжительности испытаний.

Решив вопрос об объекте испытаний, разрабатывают программу испытаний, которая должна предусматривать:

* количество испытываемых изделий;
* общую продолжительность испытаний и продолжительность испытаний при различных внешних воздействиях;
* периодичность проведения испытаний;
* состав и последовательность испытаний на внешние воздействия;
* параметры испытательных режимов;
* пределы изменения питающих напряжений и продолжительность работы и изделий при этих напряжениях.

Периодичность проведения испытаний изделий зависит от того, к какой группе оно принадлежит. Периодичность проведения испытаний низшей групппы обычно меньше, чем у высшей группы, но в обоих случаях она зависит от вида производства и количества изделий, выпускаемых за контролируемый период. Периодичность испытаний следует указывать в ТУ на изделие. К примеру, периодичность испытаний радиоизмерительных приборов определяется при серийном производстве 3-5 годами, а для вновь внедряемых — 1-2 годами. Отбор изделий для испытаний производится в порядке, предусмотренном ТУ из числа прошедших приемосдаточные испытания.

Состав и последовательность испытаний на внешние воздействия находятся в зависимости от условий эксплуатации и хранения. Очевидно, что не все внешние воздействия возможно имитировать и они не всегда могут быть приложены совместно, как это бывает в реальных условиях. Поэтому необходимо установить, каким внешним воздействиям, и в каких комбинациях должна подвергаться аппаратура, каков уровень их воздействия (целесообразно, чтобы он несколько превышал реальные воздействия), периодичность и последовательность смены указанных воздействий, продолжительность работы аппаратуры в различных режимах.

При определении последовательности испытаний следует исключать случаи, когда одни и те же изделия будут последовательно подвергаться различным уровням внешних воздействий, вызывающим необратимые ухудшения параметров, что затрудняет определение причины возникновения отказа. В ряде случаев может предусматриваться проведение на некоторых изделиях ускоренных или граничных испытаний, а иногда проведение испытаний в эксплуатационных условиях.

При определении состава испытаний необходимо учитывать возможности моделирования условий испытаний: наличие испытательных средств, расходы, связанные с проведением испытаний, наличие квалифицированного состава испытателей и т. д.

Параметры испытательных режимов устанавливают в соответствии с действующими ГОСТ, нормалями и техническими условиями на испытываемое изделие. На практике пользуются тремя видами норм на параметры. Предельные нормы, на которые рассчитывают изделия, приводятся в техническом отчете и по ним испытания не производятся. Испытательные нормы, которые указывают в ТУ, отличаются от предельных на величину производственного допуска и по ним производят испытания в процессе про­изводства. Эксплуатационные нормы, ниже испытательных указываются в ТУ, и только в пределах этих норм разрешается эксплуатация изделий. По этим нормам производятся испытания в процессе эксплуатации.

К программе испытаний должна прилагаться методика их проведения. При разработке методик проведения испытаний необходимо указывать, как должны производиться измерения, чтобы результаты были наиболее надежны и показательны.

В процессе проведения испытаний нужно вести учет и анализ отказов. При этом необходимо выяснить, чем объясняются отступления экспериментальных данных и характеристик от ожидаемых на основании теоретических расчетов. По результатам испытаний определяют предусмотренные в ТУ параметры РЭА, количественные характеристики надежности, оценивают их соответствие заданным и разрабатывают рекомендации по их повышению. Все материалы по проведенным испытаниям оформляют в виде отчета, который должен содержать: программу и методику испытаний и протокол испытаний с приложением.

Примерная форма протокола испытаний с характеристикой содержания его разделов:

I. Объект испытаний:

Наименование объекта.

Чертежный номер (шифр).

Заводской номер.

Дата выпуска. Общая характеристика объекта.

П. Цель испытаний:

1. Определение соответствия РЭА установленным в ТУ требованиям.
2. Определение количественных характеристик надежности и установление их соответствия заданным нормам.
3. Выявление схемных, конструктивных и производственных дефектов, а также недостатков системы контроля качества.
4. Выявление ненадежных деталей, узлов, блоков и установление причин, вызывающих их неисправность и отказ.

III. Место и время испытаний.

Указывается наименование подразделения, проводившего испытания. Время и дата начала и конца испытаний.

IV. Условия испытаний.

Испытания проводятся в соответствии со специально разработанной методикой на основании действующих ГОСТ, нормалей или другой централизованной документации.

V. Результаты испытаний.

Приводятся ведомости неисправностей.

Дается количественная оценка надежности испытуемых изделий.

Анализируются результаты испытаний.

VI. Выводы и рекомендации по повышению надежности.

**Основные положения программы испытаний**

*Программа испытаний* (ПИ) — это обязательный для выполнения организационно-методический документ, оформляемый следующим образом. На титульном листе размещают:

* наименование программы;
* название темы, по которой ведется разработка изделия;
* согласующие и утверждающие программу подписи руководителей организации — разработчика РЭСИ и (при необходимости) представителя заказчика. Программа испытаний состоит из шести разделов:

Раздел I *«Объект испытаний»* включает наименование, чертежный и заводской номера, дату выпуска объекта испытаний.

В разделе 2 *«Цель испытаний»* ставится конкретная цель (или цели) испытаний.

В разделе 3 *«Обоснование необходимости проведения испытаний»* указы­ваются плановые документы, в которых регламентирована необходимость проведения испытаний (например, программа обеспечения качества).

Раздел 4 *«Место проведения и обеспечение испытаний»* содержит наименование подразделения, в котором проводятся испытания, а также план работ по их подготовке и проведению с указанием объема, срока исполнения и соответствующих исполнителей работ.

Раздел 5 *«Объем и методика испытаний»,* раскрывающий содержание испытаний, разбивается на два подраздела. В первом указываются условия испытаний (число образцов, распределение их на группы, последовательность прохождения испытаний различными группами по видам воздействий с регламентацией количественной оценки каждого воздействия) и номера чертежей оснастки, необходимой для их проведения. Второй подраздел включает сведения о контролируемых параметрах изделия с указанием документации, по которой требуется измерить или определить эти параметры.

В разделе 6 *«Оформление результатов испытаний»* регламентируется форма представления результатов испытаний: протокол, отчет, техническая справка.

**Содержание основных разделов программы испытаний и рекомендации по их выполнению**

При составлении раздела 1 следует учитывать, что по результатам испытаний объекта принимается то или иное решение по данному объекту — о его годности или забраковании, предъявлении на следующие испытания или возможности серийного выпуска и др. Объектами испытаний могут быть: макеты, модели, экспериментальные образцы изделия, изготовленные при выполнении научно-исследовательских работ (НИР) на этапах проектирования; опытные образцы изделия, изготовленные при выполнении опытно-конструкторских работ (ОКР); образцы, изготовленные при освоении изделия в производстве; образцы, изготовленные в ходе серийного производства.

При выборе *объекта испытаний* следует исходить из того, что в процессе испытаний должна быть подтверждена работоспособность изделия/изделий при указанных в НТД условиях эксплуатации, а также соответствие значений показателей надежности изделия/изделий требуемым НТД. При этом должно быть предусмотрено: наличие соответствующих устройств для проведения испытаний, минимальные стоимость (включая затраты на устройства для испытаний) и продолжительность испытаний, взаимозаменяемость испытываемых изделий или отдельных функциональных узлов и блоков (для ремонтопригодных изделий) в процессе испытаний. Для отдельных видов испытаний целесообразно выбрать типопредставитель из номенклатуры изделий, изготовляемых по близкому конструктивно-технологическому решению. Для этого разработана методика, направленная на то, чтобы результаты испытаний выбранного объекта можно было распространить на всю номенклатуру изделий данного конструктивно-технологического варианта. В соответствии с этой методикой в каждом изделии рассматриваемого варианта выявляют номенклатуру и число элементов, определяющих надежность изделия (например, переходов со слоя на слой в коммутационной плате, элементов критических размеров пленочных и полупроводниковых ИС и т. д.). Из сравниваемых изделий выбирают изделие, обладающее широкой номенклатурой и насыщенностью такими элементами. Это изделие и рекомендуется использовать в качестве типичного для рассматриваемого конструктивно-технологического варианта при проведении испытаний.

Цели испытаний, которые должны быть сформулированы в разделе 2, достаточно разнообразны. Они определяются как видом испытаний, так и этапом жизненного цикла изделий.

*Цели испытаний* раскрывают их назначение, которое должно быть отражено в названии. Поэтому, чтобы сформулировать название испытаний, необходимо установить их назначение, т. е. определить по цели проведения испытаний, к какой из четырех групп (исследовательские, контрольные, сравнительные, определительные) их можно отнести. Аналогично в названии испытаний должны быть учтены и другие признаки вида испытаний (стадия проведения испытаний, продолжительность, вид и результат воздействий и др.). Соответственно название испытаний может содержать два и более признаков из числа перечисленных, например межведомственные и периодические стендовые испытания на надежность.

*План проведения испытаний,* входящих в раздел 4 ПИ, содержит перечень работ, необходимых для проведения испытаний: изготовление образцов, приемка образцов ОТК, измерение и определение параметров образцов ис­пытаний, подготовка устройств для испытаний, проведение испытаний, оформление результатов испытаний, согласование и утверждение протокола испытаний и др.

Под *условиями испытаний,* входящих в раздел 5 ПИ, понимают совокупность воздействий на объект и режимов функционирования объекта. Как указывалось ранее, условия испытаний характеризуются воздействием на объект как объективных, так и субъективных факторов. Поскольку основная цель испытаний состоит в получении информации о потенциально ненадежных изделиях, выбору воздействующих факторов придают первостепенное значение. При этом учитывают: местоположение объекта, в составе которого используются РЭСИ (наземные, самолетные, корабельные и др.); уровень разукрупнения испытываемых РЭСИ (система, комплекс, устройство, функциональный узел), что определяет число выбранных для испытаний ВВФ; климатический район эксплуатации РЭСИ; условия эксплуатации, транспортировки и хранения. Однако основные принципы выбора воздействующих факторов следующие: адекватность условий испытаний условиям эксплуатации; учет механизма старения или развития отказа; учет потенциальной надежности всех элементов конструкции.

Для установления адекватности условий испытаний условиям эксплуатации необходим *физический подход к выбору воздействующих факторов,* который предполагает знание закономерностей возникновения и развития отказов и определение влияния различных факторов на скорость изменения запаса прочности изделия. Анализ диагностики отказов позволяет выявить физико-химические процессы, происходящие в физической структуре элементов и деталях конструкции РЭСИ. При этом очевидны причинно-следственные связи между указанными процессами и внешними и внутренними воздействиями. Целесообразно элементы физической структуры исследуемого изделия, изменение состояния которых вызывает его отказы, разделить в зависимости от их основных функций на следующие группы:

* конструктивные, обеспечивающие необходимую геометрию изделий, сочленение его с другими изделиями и соединение элементов друг с другом;
* активные (рабочие области), физические процессы в которых обеспечивают функционирование изделия;
* защитные, потеря свойств которых приводит к возникновению и усилению деградационных процессов в активных элементах.

Например, в ИС можно выделить кристалл, оксид, металлизацию, внутрисхемные контакты (термокомпрессионные или ультразвуковые), проводники для соединения металлизации с выводами корпуса, корпус. Указанные элементы физической структуры выполняют различные функции: кристалл — активные, конструктивные; оксид — защитные; проводники — активные, конструктивные и т. д.

Условное разделение физической структуры на элементы позволяет: установить основные характеристики РЭСИ и определить критичные для них виды воздействий, а, следовательно, и факторы, вызывающие появление деградационных процессов; выявить элементы с наименьшей потенциальной надежностью, что обеспечивает объективность выбора номенклатуры и уровней воздействующих факторов, которые приводят к наиболее быстрому изменению определенного вида прочности (механической, электрической, тепловой). При выборе ВВФ следует помнить, что результат их совместного действия не является результатом аддитивного действия отдельных факторов и что определенные виды отказов имеют место только при совместном действии факторов. Например, возникновение короткого замыкания между близлежащими на поверхности печатной платы проводниками наиболее вероятно при наличии повышенной влажности и электрического напряжения.

На основании приведенных соображений необходимо при определении условий испытаний выбирать номенклатуру ВВФ, характерную для условий эксплуатации, чтобы обеспечить адекватность условий испытаний условиям эксплуатации. В то же время при эксплуатации, как правило, имеет место более жесткое воздействие на РЭСИ по сравнению с лабораторными или стендовыми испытаниями. Поэтому для испытаний на надежность следует выбирать значения ВВФ, превышающие характерные для нормальных условий эксплуатации РЭСИ.

При физическом подходе к определению условий испытаний РЭСИ и воздействующих на них факторов необходимо учитывать все элементы физической структуры РЭСИ, принимая во внимание деградационные процессы в них и ускоряющие эти процессы объективные факторы.

По характеру воздействующих на РЭСИ факторов можно выделить испытания с парциальным и комплексным воздействием объективных факторов. В том случае, когда РЭСИ характеризуется существенно меньшим запасом прочности (механической, электрической, тепловой), для установления его надежности применяется парциальное воздействие того фактора, который приводит к значительному снижению прочности. Если же РЭСИ несущественно различаются по запасу прочности, а смена факторов во время эксплуатации не приводит к выделению доминирующего процесса деградации, целесообразно проводить комплексное воздействие нескольких факторов. Это необходимо также в тех случаях, когда воздействие определяющего фактора совместно с другими эффективнее его одиночного воздействия.

**Основные требования и содержания методики испытаний**

*Методика испытаний* — это организационно-методический док**у**мент, обязательный к выполнению. В нем сформулированы: метод испытаний, средства и условия испытаний; порядок отбора проб; алгоритмы выполнения операций по определению одной из нескольких взаимосвязанных характеристик испытываемого изделия; формы представления и оценки точности, достоверности результатов; требования техники безопасности и охраны окружающей среды. Методика испытаний определяет процесс их проведения. Она может быть изложена в самостоятельном документе или в ПИ. Методика является также составной частью НТД (стандарты, ТУ) на изготовляемые РЭСИ.

Воспроизводимость результатов испытаний определяется качеством методики испытаний и свойствами объекта испытаний. При оценке погрешностей результатов испытаний очень важно выделить погрешности, обусловленные методикой. Поэтому основное требование к методике обеспечение максимальной эффективности процесса испытаний и минимальных погрешностей результатов. Общие требования к методике испытаний включают требования к методу испытаний, техническим средствам и условиям проведения испытаний.

*Метод испытаний* — совокупность правил применения определенных принципов и средств для реализации испытаний, позволяющих обеспечить проверку изделий на соответствие требованиям НТД. При выборе метода учитывают конструктивно-технологические особенности изделий, нормы контролируемых параметров и заданной точности их измерения, требования безопасности проведения испытаний.

В методах испытаний конкретных РЭСИ должно быть предусмотрено воздействие на изделия объективных факторов (прямых и косвенных) по нормам, установленным НТД. Для большинства испытаний воздействующие факторы и их значения разбивают по степеням жесткости, соответствующим различным условиям эксплуатации РЭСИ. При этом учитывается возможность возникновения в элементах физической структуры деградационных процессов или известных механизмов отказов.

Все испытания должны обеспечивать минимальные затраты при максимальном техническом эффекте. Эффективность испытаний повышается при использовании методов, в которых автоматически поддерживаются испы­тательные режимы. Экономический анализ испытаний показал преимущество неразрушающих методов, особенно актуальных для невосстанавливаемых ЭС, функциональная сложность, а, следовательно, и стоимость которых значительны.

При выборе методов испытаний, применяемых на различных этапах создания ЭС, необходимо учитывать, что допустимые нормы на параметры отличаются на ранних и поздних периодах жизненного цикла изделий. При этом устройства для испытаний должны быть выполнены в полном соответствии с требованиями Единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и своевременно аттестованы. Аттестация их предусматривает определение нормированных точностных характеристик, проверку их соответствия НТД и установление пригодности к работе.

В методике испытаний предусмотрено описание следующих этапов процесса испытаний:

* проверка устройств для испытаний;
* подготовка изделий к испытаниям;
* совместная проверка устройств для испытаний и испытываемого изделия;
* регистрация результатов испытаний и данных об условиях их проведения.

*Проверка устройств для испытаний* и подготовка их к испытаниям имеют решающее значение для успешного проведения последних. По техническим возможностям устройства для испытаний должны соответствовать этапам жизненного цикла испытываемого изделия. При этом требования к характеристикам этих устройств повышаются по мере перехода от этапа проектирования ЭС к эксплуатации. Устройства, удовлетворительно обеспечивающие проведение испытаний на этапе проектирования, не могут быть применены на последующих этапах без учета требуемой точности измерений и заданной точности поддержания значений воздействующих факторов.

*Подготовка изделий к испытаниям* включает выбор параметров, характеризующих качество изделий, их внешний осмотр и измерение параметров качества. Изделия контролируют по функциональным и физическим параметрам, а также по внешним признакам. При выборе параметров, подлежащих измерениям и контролю в процессе испытаний, необходимо исходить из требований их максимальной информативности, чувствительности к воздействиям и объективной оценки качества испытываемых РЭСИ.

*Совместная проверка устройств для испытания и испытываемого изделия* должна показать, выполняют ли устройства свои функции при испытании изделия, не повреждаются ли устройства при возможных перегрузках в процессе испытаний, а испытываемые изделия — вследствие несогласованности их параметров с параметрами устройств для испытаний. Такая проверка имеет особенно важное значение, если устройства впервые применяют для испытания этих изделий.

При испытаниях с целью изучения деградационных процессов параметры образцов измеряют после выдержки в нормальных климатических условиях; время выдержки должно обеспечивать стабилизацию параметров. При изучении обратимых процессов выдержка образцов в нормальных условиях не рекомендуется. Измерение параметров должно производиться в одной и той же заранее установленной последовательности.

Для *регистрации результатов испытаний* следует вести записи в развернутой форме, давать подробное описание выполняемых регулировок, операций с переключениями, схем расположения приборов и монтажных схем. Такая запись, гарантирующая регистрацию всех входных и выходных данных с указанием единиц измерения, приведенных к одной системе, должна включать: перечень параметров, характеризующих окружающие условия (температура, влажность, запыленность); даты регистрации; сведения о лицах, проводящих испытания; описание точной конфигурации испытываемого изделия; сведения о критериях приемки или браковки в случае приемосдаточных испытаний.

Полученные в процессе испытаний закономерности изменения информативных параметров могут быть положены в основу методов прогнозирования состояния изделий в условиях эксплуатации.

Рациональный выбор ограниченного числа информативных параметров, критичных к воздействию объективных факторов, сокращает объем измерений при испытаниях, а, следовательно, и стоимость испытаний в целом. Критерием выбора информативного параметра является соответствие изменения его значений во время испытания основному процессу деградации, приводящему к отказу.

**ЛИТЕРАТУРА**

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