ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56528— 2015

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ ПОЛЕТА

Требования к процессам создания и эксплуатации

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2019

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (ФГУП «ЦНИИмаш»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 321 «Ракетно-космическая техника»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 24 июля 2015 г. № 973-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Октябрь 2019 г.

Правила применения настоящего стандарта установлены в статье 26 Федерального закона от 29 июня 2015 г. № 162-ФЗ «О стандартизации в Российской Федерации». Информация об изменениях к настоящему стандарту публикуется в ежегодном (по состоянию на 1 января текущего года) информационном указателе «Национальные стандарты», а официальный текст изменений и поправок — в ежемесячном информационном указателе «Национальные стандарты». В случае пересмотра (замены) или отмены настоящего стандарта соответствующее уведомление будет опубликовано в ближайшем выпуске ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты». Соответствующая информация, уведомление и тексты размещаются также в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.ru)

© Стандартинформ, оформление, 2016, 2019

Настоящий стандарт не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии

Содержание

1 Область применения . . . 1
2 Нормативные ссылки . . . 1
3 Термины и определения . . . 2
4 Сокращения и обозначения . . . 3
5 Общие положения . . . 3
6 Модель организации разработки антистатической защиты изделия . . . 5
Приложение А (обязательное) Контрольные формы документов . . . 8
Приложение Б (рекомендуемое) Структура каталогов модулей технологий . . . 9
Приложение В (справочное) Сведения по электростатической защите (пример анализа орбитальных условий) . . . 11
Библиография . . . 19

Введение

Разработчик системы защиты ракетной и ракетно-космической техники от статического электричества должен по ГОСТ 19005—81 (пункты 1.1.2, 1.5.11) проводить оценку условий, способствующих возникновению электростатических полей, определять требования и принимать меры надежной защиты чувствительных к электростатическому разряду устройств, элементов и систем изделия, разрабатывать проектную документацию на расположение мест металлизации и заземления. Однако в названном и других национальных стандартах по электростатике не определен порядок оценки опасности электростатических разрядов на изделии в полете и обоснования защиты с использованием научно-методического задела, в т. ч. по принципиально новым направлениям в технологии [1] — средствам контроля электризации и методам активной защиты аппаратуры от статических разрядов. В этой связи стандарт назначает требования к разработке новых систем защиты и к мониторингу соответствия требованиям качества на всем жизненном цикле.

В настоящем стандарте вводится порядок систематизации процессов обоснования требований к названной системе защиты изделия, регулирования процесса ее создания и ввода в эксплуатацию, мониторинга показателей, влияющих на надежность, безопасность и устойчивость функционирования.

Актуализация стандарта по применению его положений обеспечивается:

- расширением структуры требований ГОСТ 19005 (в части металлизации и заземления) до системы защиты изделий в целом от разрядов статического электричества;
- гармонизацией с требованиями Федерального закона [2] в части условия обязательного исполнения регламентов безопасности и добровольной основы применения системы требований стандартов к качеству продукции и услуг;
- увязкой требований к системе защиты в порядке процедур подтверждения их достаточности по этапам работ, предлагаемым по ГОСТ 2.103—68 (раздел 1);
- проверкой совместимости с положениями стандарта частных применений по ГОСТ Р 1.4 и требований к испытаниям на устойчивость к разрядам;
- применением ссылок на положения настоящего стандарта в программах повышения качества, надежности и устойчивости функционирования изделий.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЗАЩИТЫ ИЗДЕЛИЙ РАКЕТНО-КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ ОТ СТАТИЧЕСКОГО ЭЛЕКТРИЧЕСТВА В УСЛОВИЯХ ПОЛЕТА

Требования к процессам создания и эксплуатации

Methods and means of maintenance of protection of products of rocket and space-rocket technics from a static electricity in the flight conditions. Requirements for creation and operation processes

Дата введения — 2016—01—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает систему требований к процессам создания и эксплуатации методов и средств обеспечения защиты от статического электричества изделий ракетно-космической техники в условиях полета, а также распространяется на процессы разработки и организации процедур мониторинга и экспертизы по стадиям разработки проекта и ввода изделия в эксплуатацию.

Настоящий стандарт не ограничивает действие других стандартов, изданных ранее, а регулирует порядок обоснования применения их требований и подтверждения реализации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.103—68 Единая система конструкторской документации. Стадии разработки[1)]

ГОСТ 2.711—82 Единая система конструкторской документации. Схема деления изделия на составные части[2)]

ГОСТ 19005—81 Средства обеспечения защиты изделий ракетной и ракетно-космической техники от статического электричества. Общие требования к металлизации и заземлению

ГОСТ Р 1.4 Стандартизация в Российской Федерации. Стандарты организаций. Общие положения

ГОСТ Р 15.000—94 Система разработки и постановки продукции на производство. Основные положения[3)]

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов в информационной системе общего пользования — на официальном сайте Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет или по ежегодному информационному указателю «Национальные стандарты», который опубликован по состоянию на 1 января текущего года, и по выпускам ежемесячного информационного указателя «Национальные стандарты» за текущий год. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана недатированная ссылка, то рекомендуется использовать действующую версию этого стандарта с учетом всех внесенных в данную версию изменений. Если заменен ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, то рекомендуется использовать версию этого стандарта с указанным выше годом утверждения (принятия). Если после утверждения настоящего стандарта в ссылочный стандарт, на который дана датированная ссылка, внесено изменение, затрагивающее положение, на которое дана ссылка, то это положение рекомендуется применять без учета данного изменения. Если ссылочный стандарт отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, рекомендуется применять в части, не затрагивающей эту ссылку.

[1)] Действует ГОСТ 2.103—2013.

[2)] Действует ГОСТ Р 2.711—2019.

[3)] Действует ГОСТ Р 15.000—2016.

Издание официальное

3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **модульный принцип организации;** МПО: Способ задания типовых процедур и порядка их связей, действующих в структуре организационно-технического механизма на стадиях обоснования требований и их реализации в процессе создания и ввода в эксплуатацию системы защиты на изделии, путем унификации типов работ и правил исполнения участниками проекта операций технологии в виде типовых процедур применения стандартных целевых модулей по модели организации выполнения программы мероприятий защиты.

3.2 **модель организации процесса (модель):** Набор целевых модулей и схема организации их исполнения в порядке применения модулей по правилам сопряжения процедур при выполнении плана-графика программы мероприятий по защите изделия в технологическом цикле от разработки до эксплуатации.

3.3 **модуль организации процедур (модуль):** Системно упорядоченный организационно-технический механизм типовых операций, характеризуемый определенной целевой направленностью, организационной законченностью и установленным для него порядком планирования и обеспечения выполнения типовых процедур, связанных, соответственно, с группой целевых функций для применения организационно-технического механизма по модульному принципу организации выполнения программных мероприятий по защите изделия.

Примечание — В настоящем стандарте за основу взяты термины по пунктам 3.1—3.3 ГОСТ Р 15.000—94 с их уточнением по настоящему назначению в более узком смысле.

3.4 **процедура:** Совокупность операций в порядке их исполнения по схеме и условиям связей соответственно целевой функции конечного результата.

3.5 **операция:** Совокупность типовых действий и средств обеспечения их выполнения, определяющая конкретный результат цели применения к объекту.

3.6 **модель требований защиты;** МТЗ: Состав элементов конструкции, способных к электризации, карта возможных мест разрядов на изделии и путей передачи импульсов помех, влияющих на работу служебных и целевых систем, определяющие состав общих требований к разработке мероприятий по их защите.

3.7 **модель системы защиты;** МСЗ: Совокупность средств и методов для парирования и/или снижения эффектов электризации в местах и/или элементах изделия, выбранных по МТЗ для разработки системы защиты от разрядов.

3.8 **нормативно-ресурсное обеспечение;** НРО: Совокупность рамочных и процедурных требований, назначаемых по МТЗ для обоснования состава МТЗ, и модель организации разработки с помощью модульного принципа реализации требований к системе электростатической защиты, определяющих систему НРО как инструмент общего регулирования процессами разработки системы электростатической защиты с помощью информационно-справочной системы каталога базы данных результатов выполнения этапов проекта и мониторинга целевых показателей при экспертном подтверждении соответствия заданным контрольным индикаторам.

3.9 **рамочные требования:** Перечень ограничений на размещение средств и методов защиты по карте опасных мест на изделии и на варианты реализации по МТЗ в рамках достижимого уровня проектных параметров МСЗ для имеющихся возможностей технологии создания электростатической защиты и способов применения при эксплуатации на изделии.

3.10 **процедурные требования:** Комплекс условий выполнения рамочных технических требований в процессе создания и применения электростатической защиты изделия, порядок проведения процедур прозрачного мониторинга и метод экспертизы качества разработки проекта с помощью индикаторных показателей для подтверждения достаточности принятых мер по программе защиты изделия.

3.11 **программа мероприятий;** ПМ: Процедурный регламент-регулятор, задающий этапный план-график мероприятий, охватывающих процессы создания и ввода в эксплуатацию системы защиты изделия, с регулирующим модульным организационно-техническим механизмом НРО процедур технологии реализации плана работ и сопровождения с помощью целевых модулей мониторинга полноты и экспертизы достаточности реализации ПМ при разработке системы защиты.

3.12 **базовая система защиты;** БСЗ: Совокупность методов и средств электростатической защиты, присутствующая в изделии, или в виде ее проекта, достаточного для реализации, принятая за прототип при доработке компонентов электростатической защиты для нового изделия.

3.13 **рабочий проект;** РП: Комплект рабочей документации с литерой «И».

Примечание — Связь рамочно-процедурных требований задает область технологических возможностей проектной разработки этапных задач для согласования отношений в электронной среде каталога структуры модулей процедур по этапам разработки компонентов изделия.

4 Сокращения и обозначения

4.1 В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АП — аванпроект (на новую разработку);
БА — бортовая аппаратура;
БД — база данных;
ИСС — информационно-справочная система;
КА — космический аппарат;
КОМ — карта опасных мест;
КПМ — карта пассивных мер (применения);
ЛКИ — летно-конструкторские испытания;
НД — нормативный документ;
ОКР — опытно-конструкторская разработка;
СЧ — составная часть (изделия, проекта и т. д.);
СКС — структурно-компоновочная схема;
СФС — структурно-функциональная схема;
ТЗ — техническое задание;
ТП — техническое предложение (по модернизации базовой разработки);
ТР — техническое решение;
ТУ — технические условия;
УСК — унифицированная структура каталога;
ЧТЗ — частное техническое задание;
ЭВТИ — экранно-вакуумная тепловая изоляция;
ЭП — эскизный проект;
ЭСЗ — электростатическая защита;
ЭСР — электростатический разряд.

4.2 В настоящем стандарте приняты следующие обозначения:

Al — алюминий;
δ — толщина слоя материала;
E — энергия космических частиц;
H — высота орбиты;
J — суммарный ток зарядов частиц;
R — сопротивление заземления;
T — время процесса;
U — электрический потенциал зарядки элемента;
V — скорость потока, набегающего на КА.

5 Общие положения

5.1 Настоящий стандарт определяет процедурный порядок нормативно-технического регулирования требованиями [2] к процессам создания и эксплуатации системы защиты изделий с использованием модульного принципа организации работ.

Стандарт использует процессный подход по ГОСТ Р 15.000 для описания программы процедурного обоснования требований к проектным и экспертным операциям при разработке системы защиты изделия от электризации в условиях полета. Требования по защите изделия от ЭСР в полете указываются ссылками на стандарт в программе обеспечения качества и надежности функционирования.

Настоящий стандарт создает основу применения технических стандартов, в частности положений ГОСТ 19005, при гармонизации их требований по этапам жизненного цикла изделия с процедурами подтверждения выполнения ТЗ на ЭСЗ изделия и стимулирует разработку стандартов предприятий и ТУ на инновационные ТР путем их включения, по согласованию с заказчиком, в ТЗ на ОКР опытного изделия и в этап ЛКИ для отработки экспериментальных образцов ЭСЗ по РП с литерой «И».

5.1.1 Целевое назначение стандарта

Цель настоящего стандарта — модульная унификация требований к ЭСЗ и техническому регулированию разработки по СФС в ПМ подтверждения качества [2] за счет:

- единства принципов определения требований к изделиям и процессам их жизненного цикла при выполнении работ и оказании обеспечивающих услуг;
- единства правил и методов разработки (испытаний) и процедур экспертизы путем проведения обязательной оценки степени соответствия требованиям ТЗ;
- единства способов применения технических регламентов и стандартов в программе организационных мероприятий обеспечения качества работ и услуг.

5.1.2 Метод реализации положений стандарта

В настоящем стандарте в соответствии с приложением А применен модульный принцип регулирования процессами обоснования требований к ЭСЗ и порядок их выполнения с помощью инструмента единого НРО в составе:

- нормативного обеспечения проектно-технологических процессов на всех этапах создания изделия, принятых разработчиком по ГОСТ 2.103—68 (раздел 1) на основе рамочно-процедурных требований настоящего стандарта;
- технологии УСК по 6.2 с описанием в БД МТЗ и ТР по мероприятиям МСЗ, разработанных в КОМ в СКС деления изделия на части по ГОСТ 2.711;
- процедур ПМ с описанием технологических модулей согласно 3.1—3.3 при создании ЭСЗ изделия согласно таблице А.1 (приложение А) и мониторинга с помощью ведомости подтверждения исполнения в таблице А.2 (приложение А);
- электронной технологии создания компьютерных моделей ЭСЗ изделия в виде описания модулей организации ПМ с этапным процессом разработки и ввода в эксплуатацию ЭСЗ на изделии с помощью СФС соединения технологических модулей для описания этапных операций и мониторинга проектных процессов.

5.2 Отношения между изготовителем и потребителем [2] регулирует принцип: потребитель вправе выбирать продукт с гарантиями качества его характеристик, а изготовитель обязан их подтверждать путем мониторинга качества на всех этапах жизненного цикла продукта, что гармонически соответствует сущности принципа выполнения требований и условий в рамочно-процедурной технологии настоящего стандарта.

5.2.1 Группы требований настоящего стандарта в технологии общего согласованного их применения должны соответствовать двум взаимосвязанным категориям.

- рамочным требованиям к показателям качества разработки изделия по определимым характеристикам в паспорте изделия, сертификате или в иных документах, подтверждающих заявленные характеристики;
- требованиям к процедурным правилам подтверждения характеристик продукта путем проверки соответствия требованиям настоящего стандарта или иного документа-аналога и контроля свойства продукции процедурными способами мониторинга качества.

5.2.2 Структура этапной рабочей документации должна быть разработана по МПО работ (см. 3.1) для целевых модулей обоснования МТЗ изделия по 3.6 и БД модели технологии НРО для разработки МСЗ по 3.7, согласованных в УСК.

5.2.3 Модель организации разработки системы ЭСЗ должна включать группу целевых модулей МСЗ и технологию их применения на всех этапах разработки.

5.3 Качество ЭСЗ изделия задается системой условий выполнения процедурной модульной технологии для реализации ПМ в соответствии с приложением А.

5.3.1 Состав ПМ по стадиям проекта создания ЭСЗ изделия разрабатывают с применением технологических модулей обеспечения работ в соответствии с формой 1, приведенной в таблице А.1 (приложение А), и должен документироваться в системном каталоге ИСС электронного проекта изделия.

5.3.2 Технология обеспечения качества работ должна включать в себя системный модуль процесса мониторинга полноты выполнения этапов ПМ и достаточности полученных результатов по форме 2, приведенной в таблице А.2 (приложение А).

Для мониторинга этапов создания и эксплуатации изделий необходимы:

- индикаторные критерии, определяющие достаточный уровень показателей качества, заданных на выполнение операций в рамках этапных мероприятий;
- методика увязки группы этапных показателей качества в процедурном модуле экспертного сопровождения программы достижения заданных требований;

- логистика формирования требований к системе этапных мероприятий по обеспечению качества проекта с методическим инструментарием анализа полноты и достаточности данных при мониторинге и экспертизе выполнения работ по ПМ.

Примечание — К объектам мониторинга и экспертизы деятельности относятся данные по номенклатуре показателей в программе создания системы ЭСЗ, согласуемой разработчиком с заказчиком (или его уполномоченным аудитором) по этапам жизненного цикла изделия.

5.3.3 Структура рамочно-процедурных требований должна быть основана на унификации требований к НРО разработки ЭСЗ изделия по минимально достаточному набору показателей МТЗ и МСЗ с привязкой их структуры к СКС конструкции изделия по ГОСТ 2.711—82 (подраздел 1.1) в результате выявления зон опасных эффектов электризации по КОМ и включать в базу данных УСК:

- состав требований к ЭСЗ в ТЗ на изделие с расширением в МТЗ группой рамочных базовых показателей согласно условиям их применения в МСЗ;
- требования к составу модулей — процедур подтверждения расчетных случаев реализации МСЗ и условия проверки на совместимость по этапам мероприятий;
- каталог структуры МТЗ и целевые показатели МСЗ в УСК, приведенные в приложении Б, для задания рамок групповой технологии разработки системы ЭСЗ для типовых изделий в автоматизированной среде УСК с экспертной системой;
- модуль обработки БД по ТР с поддержкой ИСС для реализации требований к технологическим модулям разработки ЭСЗ изделия в проектной среде УСК.

5.3.4 Технология разработки ЭСЗ изделия при формировании структуры каталогов МТЗ и МСЗ изделия должна включать следующие инструменты:

- нормативные ссылки на положения действующих стандартов и другие НД и РД, определяющие необходимые организационно-технические решения;
- программу разработки и применения технологических модулей на основе ТР для создания БД и подтверждения индикаторных показателей требований ЧТЗ;
- электронный каталог единой системы рамочно-процедурных требований и соответствующих модулей их подтверждения для обеспечения гармонизации процессов по стадиям разработки и прозрачности мониторинга этапов процессов.

Примечание — Идентификацию инновационных решений, не имеющих аналогов в базе стандартов, обоснование требований к МСЗ и подтверждение полноты их выполнения по заявленным характеристикам допускается проводить по частным стандартам организации, а по согласованию с заказчиком применять ТУ и НД на экспериментальные и опытные образцы.

6 Модель организации разработки антистатической защиты изделия

6.1 В программе комплекса мероприятий по обеспечению ЭСЗ изделия на первой стадии — разработки расширения состава ТЗ на изделие по МТЗ с обоснованием общего облика МСЗ — необходимо использовать технологические модули этапного анализа по примеру, приведенному в приложении В для орбитальных условий.

6.1.1 Модуль анализа опасных мест на изделии задает порядок следующих операций:

- выявления космических условий полета КА с возможным воздействием системы факторов, способствующих внешней и/или внутренней электризации;
- определения на изделии потенциально опасных зон возможных ЭСЗ;
- определения в опасных зонах конструкции изделия наличия элементов, способных электризоваться с эффектами развития электростатических разрядов;
- анализа возможных путей распространения импульсов помех ЭСР;
- оценки возможных уровней воздействия импульсами разрядов на все системы КА, доступные прямому и удаленному воздействию факторов ЭСР;
- определения мест на КА с локальным превышением уровня воздействий импульсов ЭСР, допустимых для приборов, и составления КОМ на изделии.

Примечание — КОМ разрядов можно построить по примеру схемы анализа в В.1—В.3 (приложение В), используя критерий превышения напряженности поля критического уровня [$E_{кр}$ ~ (10^{5}—10^{7}) В/см]. Искрящие элементы могут как индуцировать импульсы отклика в ближайших элементах, так и передавать их на значительные расстояния по кабелям и паразитным каналам (например, волновому каналу изолированного кабеля вдоль заземленной основы). В связи с этим потенциальная опасность локально искрящего элемента оценивается по сово-

купности его негативного влияния на все элементы, доступные для такого воздействия импульсов ЭСР согласно рисунку В.2 (приложение В).

6.1.2 Модуль оценки достаточности применения мер пассивной защиты

Для элементов конструкции и приборов в опасных зонах изделия с помощью операций модуля анализа опасных мест проводят проверку возможности:

- исключения ЭСР на элементах КА путем их экранирования от космического облучения и создания условий электростатической разрядки с плавным стеканием зарядов на металлический корпус по основному материалу или проводящему покрытию;
- применения дополнительных мер для сброса зарядов с элементов конструкции и приборов при помощи зондовых элементов — коллекторов стока зарядов с поверхностей и/или из подповерхностного толстого слоя материала;
- снижения мощности ЭСР в элементах конструкции и/или блокирования их импульсов в кабельных сборках, например, используя фильтры помех.

По результатам проверки составляют карту размещения элементов ЭСЗ на изделии с достаточным эффектом применения системы пассивных мер — КПМ.

6.1.3 Модуль оценки возможности применения мер активной защиты

При недостаточном результате оценки эффекта от применения пассивных мер защиты проводят оценку эффекта применения средств контроля опасности электризации и мер активной защиты от ЭСР в составе:

- датчиков оценки условий на КА, приведенных в В.4 (приложение В) для управления активными средствами защиты и/или применения иного резерва поддержки работоспособности БА изделия, например средств резервирования;
- активной (газоплазменной) системы для компенсации (рекомбинации) зарядов на внешней поверхности КА искусственной холодной плазмой и/или с помощью газов на его внутренних элементах [1].

По результатам оценки разрабатывают план применения и размещения системы контроля электризации и активных средств защиты.

6.1.4 Модуль комплексного анализа и расширения требований ТЗ на изделие

Путем увязки КПМ с планом применения и размещения системы контроля электризации и активных средств защиты составляют перечень расширения МТЗ к составу средств и методов защиты изделия от ЭСР, по которому задается проектный облик МСЗ для разработки ЧТЗ на АП или ТП по системе ЭСЗ.

6.2 Система каталогизации технологических модулей

6.2.1 Система поддержки УСК технологических модулей определена общими рекомендациями, как показано на рисунках Б.1 и Б.2 (приложение Б), и призвана обеспечить прозрачный мониторинг процесса создания и эксплуатации системы ЭСЗ для разработок в различных технологических средах унифицированных форм документов электронной модели сопровождения изделия, для чего необходимо:

- разрабатывать систему каталогизации в соответствии со схемой деления конструкции основного изделия в части базовых положений Б.1 (приложение Б);
- увязывать разработку мероприятий по ЭСЗ элементов конструкции и БА по модульным процедурам проектирования и испытаний в системном каталоге с общими работами в рамках генерального плана-графика по проекту изделия;
- расширять исходные данные ТЗ на изделие по условиям эксплуатации в требованиях к реализации мер ЭСЗ, начиная с разработки ЧТЗ на проект ЭСЗ и далее по этапам обоснования реализации плана-графика в основном проектном процессе изделия, для обеспечения системной увязки всех работ в проекте;
- проводить увязку требований к МСЗ с помощью ИСС и УСК по каталогу ТР с целевыми характеристиками методов и средств обеспечения защиты изделия.

6.2.2 Разработку методов и средств защиты элементов конструкции изделия и БА необходимо проводить в среде УСК базовых ТР по КПМ и схеме применения на КА активных средств защиты в МСЗ с использованием ИСС по БД частных и общих системных решений.

6.2.3 Системный каталог УСК обеспечения этапов разработки системы ЭСЗ изделия должен создаваться как СЧ проектной модели в электронной форме ИСС согласно Б.1 (приложение Б) по всем этапам плана-графика ПМ.

6.2.4 Состав модулей разработки мер антистатической защиты

Для подтверждения полноты и качества разработки ЭСЗ по программе мероприятий в соответствии с приложением А необходимо использовать модули:

- разработки КОМ возникновения ЭСР и возможных путей распространения импульсов помех с выявлением уязвимых для них элементов бортовых систем для расширения требований ТЗ к изделию обоснованием уровня защиты;
- проверки на соответствие требованиям обоснованности выбора системы защиты, полноты состава процедур ПМ, их разработки, изготовления, испытания и эксплуатации на изделии как приложение к основной документации на изделие;
- комплексной проверки достаточности и полноты результатов исполнения ПМ для подтверждения возможности допуска ЭСЗ в составе изделия на ЛКИ.

6.3 Технология применения экспертной системы

Автоматизированную экспертную ИСС поддержки ПМ следует использовать для обоснования инноваций в техническом облике АП и ТП системы ЭСЗ путем:

- оценки перспективности ТР на основе результатов научных исследований [1] и экспериментальных разработок при разработке ТЗ на АП;
- обоснования применения ТР из базы знаний ИСС в инновационном замысле АП или модернизации изделия по ТП;
- экспертизы прогнозного эффекта от реализации совокупности ТР в ЭП по опытно-конструкторской и технологической разработке для оценки актуальности создания экспериментального образца прототипа изделия;
- сравнения вариантов альтернативных решений по комплексным показателям с помощью методики интеллектуальной процедуры обработки мнений экспертов.

Приложение А
(обязательное)

Контрольные формы документов

Мониторинг, регулирование процессов при создании и подтверждении исполнения требований ТЗ к ЭСЗ изделия должны обеспечиваться контрольными формами документов:

- форма 1 — «Программа разработки системы защиты изделия от электризации» согласно этапам таблицы А.1, выбранным разработчиком по ГОСТ 2.103—68 (раздел 1);
- форма 2 — «Ведомость подтверждения исполнения требований» в соответствии с таблицей А.2 по этапам ПМ в ходе работ по проекту создания системы защиты изделия.

Таблица А.1 — Программа мероприятий по разработке системы защиты изделия от электризации

Стадия разработки	Состав этапов мероприятий в ходе работ по проекту
I — Техническое задание — разработка ЧТЗ на АП новой системы ЭСЗ или ТП по доработке базовой системы защиты изделия	Разработка расширенных требований к ЭСЗ путем анализа ТЗ на изделие и условий его эксплуатации (см. 6.1.1). Разработка МТЗ и состава МСЗ для ТЗ на ЭСЗ путем анализа КОМ на изделии и возможностей защиты (см. 6.1.4). Разработка ЧТЗ* на АП ЭСЗ или ТП по БСЗ (см. 5.2.3)
II — Аванпроект на новую разработку ЭСЗ или ТП по модернизации базовой	Обоснование в АП разработок инноваций ТР системы ЭСЗ на основе анализа МТЗ и состава МСЗ для КОМ электризации; или обоснование выбора ТР для ТП по доработке базовой ЭСЗ (имитационное моделирование или стендовый макет). Экспертиза и утверждение АП или ТП
III — Эскизный проект (экспериментальный образец) системы ЭСЗ	Разработка ЭП ЭСЗ изделия или доработка базовой системы (создание и испытание экспериментального образца**). Рассмотрение и утверждение ЭП
IV — Рабочий проект ЭСЗ (опытный образец ЭСЗ)	Разработка технологии рабочего проекта системы ЭСЗ (создание и испытание опытного образца ЭСЗ**). Рассмотрение и утверждение документации рабочего проекта
V — Ввод в эксплуатацию (образец ЭСЗ на ЛКИ)	Инструкции по техническому обслуживанию на изделии. Инструкция оператору по эксплуатации на изделии. Методика анализа результатов приемо-сдаточных ЛКИ. Приемка документации после корректировки проекта
* Состав требований в ЧТЗ на основе МСЗ разработчик согласует при необходимости с кооперацией. ** Условия допуска экспериментальных образцов ЭСЗ к ЛКИ для отработки на изделии и разработку опытного образца системы ЭСЗ с литерой «И» по ГОСТ 2.103—68 (раздел 1, примечание 2б, г и раздел 2) заказчик включает в состав требований ТЗ на конкретное изделие.	

Таблица А.2 — Ведомость подтверждения исполнения требований (типовая)

Рег. N БД	Содержание требования	ТР.N	Что сделано для исполнения	Рег. N БД
АП.ТЗ.N	1 Провести анализ ТЗ ...	АП.ТР.N	1 Уточнены требования ...	АП.ПЗ.N
Примечание — Таблица А.2 составляется с использованием ИСС мониторинга процессов создания и эксплуатации системы ЭСЗ изделия с адресной ссылкой на БД каталога МТЗ и исполнения их согласно МСЗ с использованием технических решений в системном каталоге проекта согласно 5.3.				

Приложение Б
(рекомендуемое)

Структура каталогов модулей технологий

Б.1 Организация УСК ИСС проекта ЭСЗ изделия создает основу для структуризации информационного состава НРО модулей разработки общих требований к процессам создания и эксплуатации системы ЭСЗ (см. 6.2.1), а также для поэтапной реализации модульной технологии согласно положениям настоящего стандарта в единой среде электронного проекта с помощью стандартных форм документов для формирования и регулирования применением:

- справочной методической документации при экспертизе данных и подтверждения их соответствия показателям качества разработки ЭСЗ по перечню требований ПМ;
- электронной системы автоматизированной обработки документации с использованием БД в каталогах ИСС в целях согласования процессов регулирования разработкой проекта;
- сводной БД для комплексной экспертизы инновационного уровня разработки ЭСЗ;
- депозитария инновационных разработок организаций для регистрации ТР по ЭСЗ.

Базовую документацию ПМ в соответствии с формой 1 (см. приложение А) рекомендуется структурировать в системном каталоге ИСС с индексацией, как показано на рисунке Б.1.

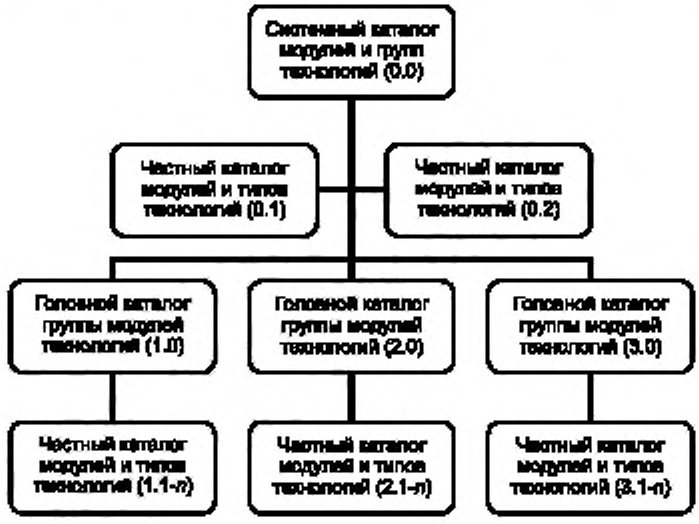


Рисунок Б.1

Схема информационного сопряжения МТЗ для элементов изделия, подлежащих защите, согласуется с МСЗ в компактной форме БД номерами регистрации ТР системы мониторинга индикаторной информации по стадиям разработки проекта согласно форме 2 (см. приложение А). Поэтому в электронном системном каталоге ИСС схема вхождения процедурных модулей, показанная на рисунке Б.1, должна быть согласована по схеме иерархии связей деления изделия на проблемные зоны КОМ и соответствовать адресной БД описания МТЗ и решений в МСЗ.

Б.2 Система кодификации проектно-конструкторской документации использует принцип СКС деления изделия на части соответственно иерархии групп сборочных единиц — от узлов из деталей до всего изделия из блоков. Для структурирования технологических схем процессов применяется СФС связи процедурно-функциональных форм параллельно-последовательных операций, образующих технологические модули с последовательной кодификацией процедур из входящих в них групп операций. Обе формы используются в современных компьютерных технологиях математического моделирования объектно-процедурного подхода и должны быть увязаны в ИСС при совместном применении в электронном проекте разработки системы ЭСЗ.

Задача прямого согласования в ИСС структуры иерархического каталога требований МСЗ с линейной цепью групп технологических модулей процедурных процессов разработки ЭСЗ изделия и мониторинга этапных результатов математически неразрешима в принципе. Поэтому в структуре проекта решением служат комплексные унитарные модули, в которых рамочные требования Т согласованы с процедурными решениями П согласно рисунку Б.2 при реализации в ходе выполнения программы мероприятий согласно таблице А.1 (см. приложение А).

Схема УСК ИСС, создаваемой для поддержки разработки электронного проекта системы ЭСЗ, задает структуру сопряжения рамочных требований и процедурных решений, как показано на рисунке Б.2, пакетом адресных каталогов увязки на листах К описаний состава МТЗ, МСЗ и ТР.

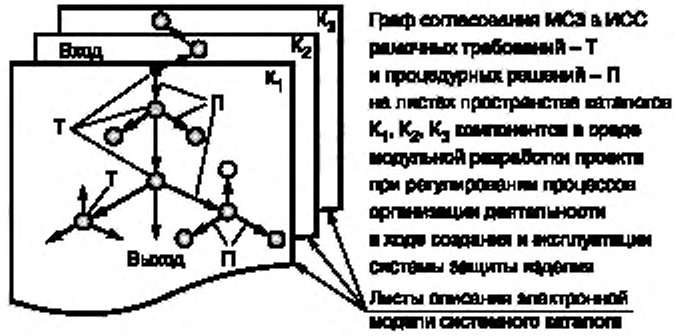


Рисунок Б.2

Для задания рамочных требований по 5.2, выбора процедурных решений и согласования по 6.2 служит каталог БД технологических модулей ТР. Задача сетевой организации структуры системного каталога состоит в создании условий информационного взаимодействия модулей путем обмена данными по этапам разработки, согласования и мониторинга результатов проекта по процессной формуле {[Требование] [Согласование] [Мероприятие]} ⇒ [Мониторинг].

Приложение В
(справочное)

Сведения по электростатической защите
(пример анализа орбитальных условий)

В.1 Орбитальные условия воздействия факторов электризации

Физические условия электризации [1] космических аппаратов во всем многообразии форм орбиты можно условно разделить по диапазонам высот, как показано на рисунке В.1:

- низкоорбитальные (H < 500 км) с воздействием электронов низкой энергии (E_e < 10 эВ) и потока ионов (T_i < 1 эВ) на КА при V ~ 7,5 км/с в разреженной космической плазме. При этом в активный период Солнца (геомагнитных суббурь [1]) в зонах сильных аномалий магнитного поля Земли возможно воздействие высыпающих из магнитосферы высокоэнергетических частиц в диапазоне энергий E ~ (0,1—2) МэВ, хотя их интенсивность сравнительно мала;
- полярные орбиты (500 < H < 2000 км) на широтах свыше 60°, где КА при циклическом проходе через полярный касп может испытывать воздействие частиц с энергией E ~ (0,1—3) МэВ, высыпающих из радиационных поясов Земли в период магнитных суббурь;
- средневысотные орбиты (2000 < H < 20 000 км) в естественных радиационных поясах Земли (ЕРПЗ), где в основном на КА воздействуют частицы с энергией E ~ (0,5—20) МэВ;
- высокие орбиты (2000 < H < 50 000 км) с потоками частиц плазмы магнитосферы при энергии E ~ (10—500) кэВ и частиц космических лучей с энергией E ~ (2,0—200) МэВ.

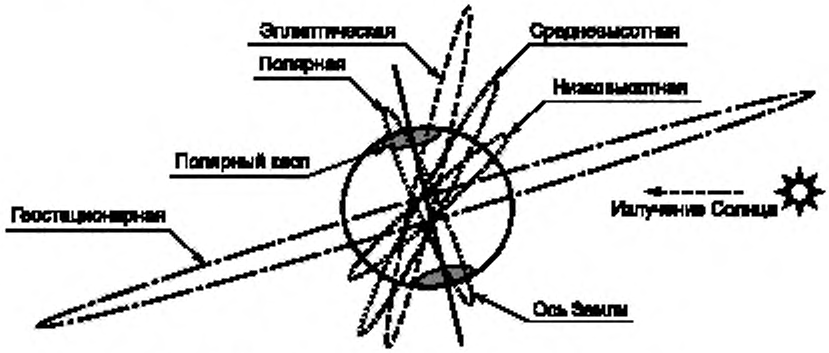


Рисунок В.1 — Типовые орбиты космических аппаратов

Для решения конкретных целевых задач рабочие орбиты КА группируются по диапазонам высот, поэтому для различных конструкций КА на орбитах каждого типа условия электризации приблизительно одинаковы, что позволяет объединить их в электронно-справочной системе.

Примечание — Указанное в скобках для высокоорбитальных условий максимальное значение высоты отвечает участку апогея эллиптических типов орбит, который составляет основную часть орбитального времени пребывания в «режиме Молния» — несколько часов. Поэтому эти условия сходны для всех высоких орбит.

В.2 Анализ комплекса факторов воздействия электризации на аппарат

Схема воздействия факторов внешней и внутренней электризации на систему вложенных модулей, агрегатов и других систем КА показана условно на рисунке В.2.

В.2.1 На поверхности, под слоем ЭВТИ или внутри корпуса КА, элементы приборов и кабели заряжаются по-разному. При внешней (поверхностной) электризации эффект зависит от энергии частиц, плотности потока и способности материалов электризоваться, которая может определяться в экспериментах (см. рисунок В.13). Разряды могут синхронно влиять на работу элементов аппаратуры КА через группу вторичных эффектов ЭСР, например излучение радиопомех и импульсы напряжения, транспортируемые по кабелям и кондуктивным связям.

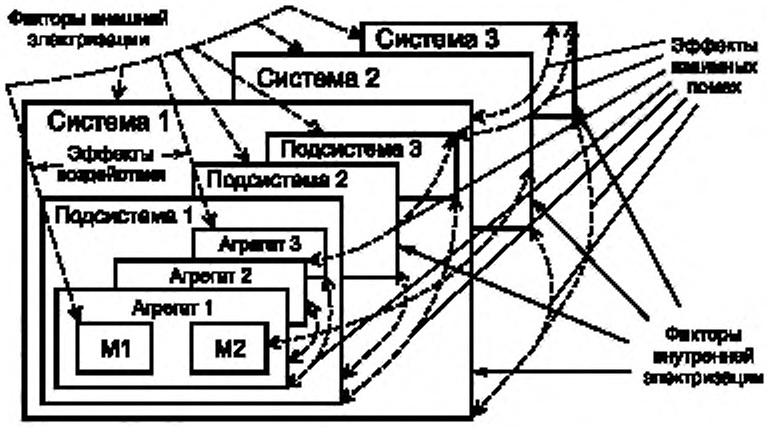


Рисунок В.2

В.2.2 Воздействие космической среды на элементы конструкции создает различные эффекты электризации, которые показаны на рисунке В.3, в виде накопления зарядов на поверхности металла и в диэлектрике, ударной вторичной эмиссии электронов и фотоэффекта облучения Солнцем, а также как проникание частиц высокой энергии сквозь слои преграды.

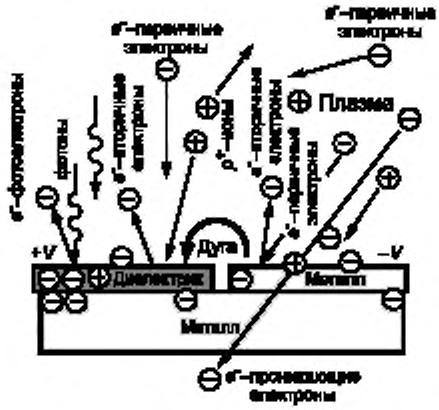


Рисунок В.3

В.2.3 Внутренняя электризация проявляется как накопленный объемный заряд в подслое толстого диэлектрика ($\delta > 0{,}5$ мм) внутри отсеков КА и корпусов БА с возможностью ЭСР на металлизованные элементы.

В.2.3.1 Объемные заряды индуцируются потоком проникающих частиц высоких энергий. Глубина проникновения δ электронов e^- и протонов p^+ в Al показана на рисунке В.4 в единицах *mil* ($2{,}54 \cdot 10^{-3}$ см), метрических единицах, а также для пересчета с Al на другие материалы в г/см^2 [1].

В.2.3.2 Различие электронов и протонов по массе объясняет разный путь их торможения с эффектом трансформации спектра энергии при взаимодействии с материалом. На рисунке В.5 показана схема преобразования энергетического спектра частиц при прохождении экрана.

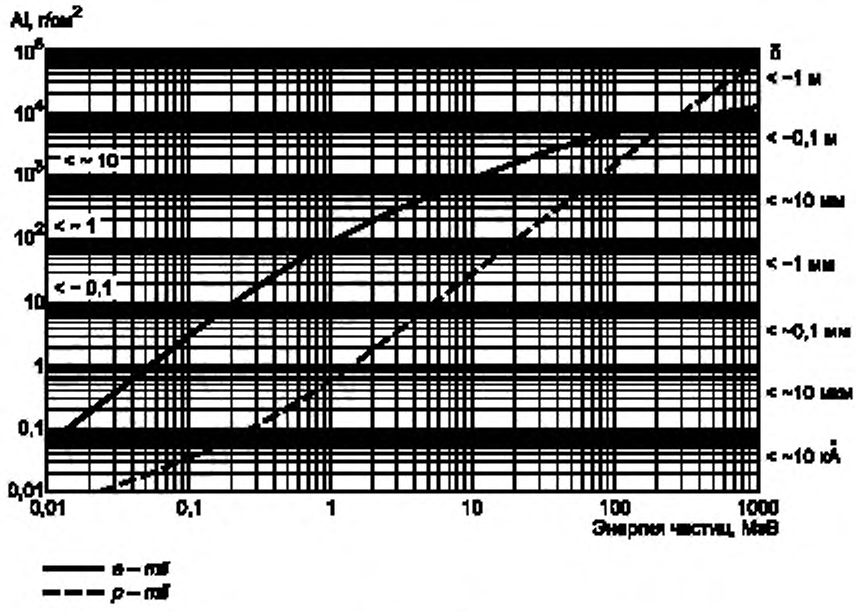


Рисунок В.4

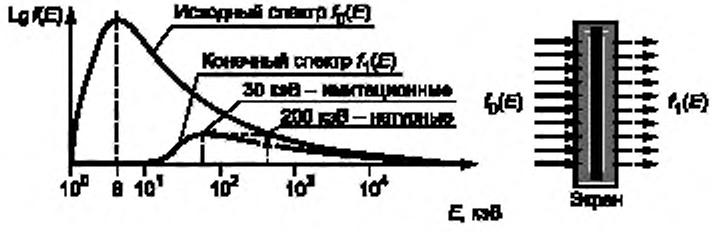
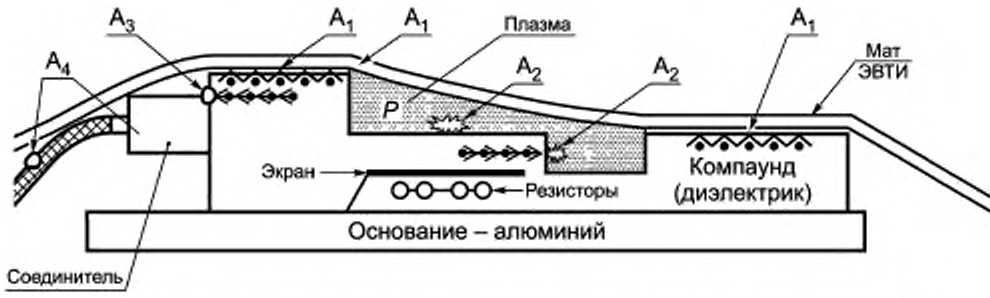


Рисунок В.5

В.2.3.3 Для многослойных экранов применяют методику парциальных вкладов потерь в каждом слое приведением к эквиваленту эталона Al для оценки прошедшего внутрь корпуса БА эффективного потока облучения, воздействующего на БА КА. При прохождении экрана $\max(f_0)$ исходный энергетический спектр частиц смещается соответственно части потерь низкоэнергетичных частиц и нормализуется столкновительной термализацией (см. рисунок В.5). Для анализа эффектов внутренней электризации элементов за экраном исходный спектр потока можно заменить моделью спектра частиц, прошедших экран.

В.2.4 Частицы высокой энергии могут проходить сквозь экран ЭВТИ (см. рисунки В.4, В.5), производя различные эффекты электризации. На рисунке В.6 показан пример внутренней электростатической зарядки толстого диэлектрика корпуса прибора БА, залитого компаундом, установленного снаружи корпуса КА и защищенного металлизированными матами ЭВТИ, с обозначением разрядоопасных мест на корпусе прибора БА (позиции A_1—A_4);

Пленка ЭВТИ может «прилипать» к заряженному диэлектрику, образуя электрический контакт (см. рисунок В.14, в) с частым слабым искрением с корпуса КА на пленку ЭВТИ, подобно пробоям с изоляции на оплетку кабеля. Для участков с пустотами возможны разряды с острых кромок на близкие металлизированные элементы, например на пленку ЭВТИ. После пробоя плазма, заполняя все вакуумное пространство под пленкой, обеспечивает возможность сброса зарядов на металлизацию ЭВТИ со всей поверхности диэлектрика. При этом импульс индукции может иметь уровень 15—50 В.



A_1 — пробои с поверхности на пленку ЭВТИ; A_2 — пробои объемного заряда на поверхность изолятора, A_3 — пробой объемного заряда на соединитель кабеля; A_4 — пробой заряда изоляции на оплетку кабеля

Рисунок В.6

Еще большую опасность создают объемные заряды, которые могут долго накапливаться частицами высокой энергии (E ~ 2—20 МэВ) в глубоких слоях диэлектрика (δ ~ 5—10 мм). При разряде на металлизированный соединитель или в контактную плазму накопленный объемный заряд из названного слоя мгновенно стекает, создавая импульс индукции 50—150 В. Для защиты от таких разрядов можно ввести в слой диэлектрика экран из фольги, металлизированной на корпус КА, который защитит БА от импульсов индукции разрядов и даст эффект коллектора беспробойного дрейфового стекания зарядов из окружающего экран диэлектрика.

В.3 Динамические эффекты электризации элементов конструкции

В.3.1 Различие скорости зарядки-разрядки поверхности диэлектриков и металлов в среде плазмы при быстрой смене условий электризации (например, при вращении КА) создает эффект дифференциальной зарядки-перезарядки корпуса КА, как показано на рисунке В.7.

В.3.2 Пример динамической зарядки зафиксирован экспериментально датчиком разрядов на КА как связь частоты искрения с дифференциальной зарядкой (см. рисунок В.8) для теневого и освещенного участков орбиты с различной концентрацией n электронов холодной плазмы.

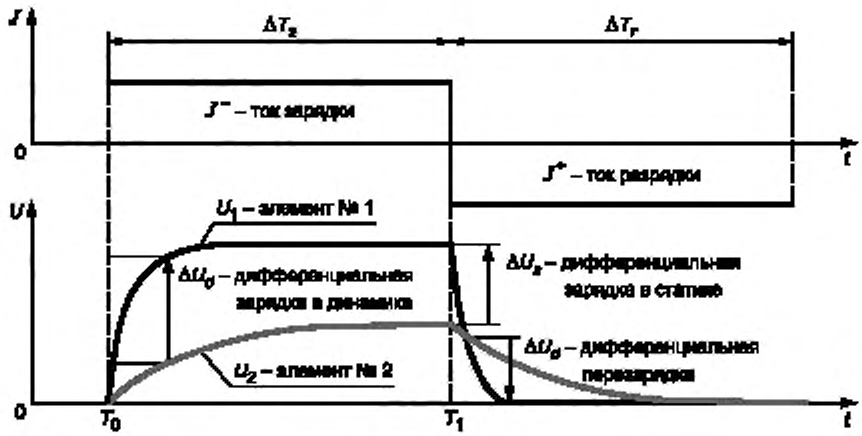
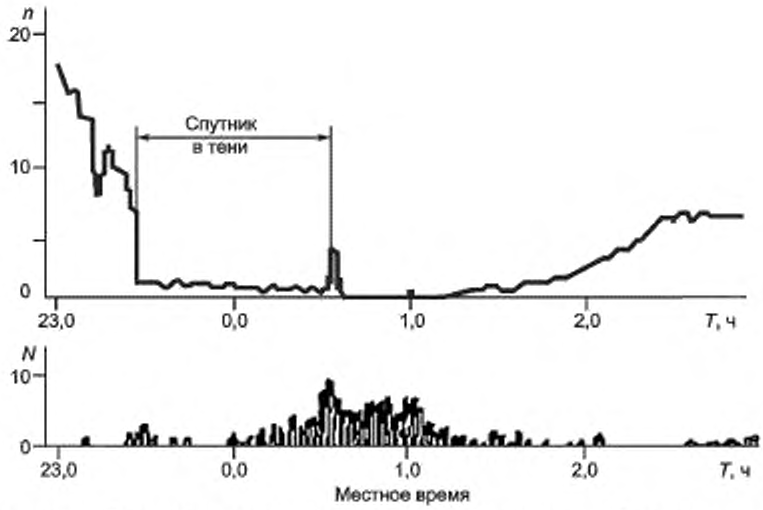


Рисунок В.7



Примечание — Концентрация холодных электронов n в плазме в тени Земли уменьшается из-за отсутствия фотоэффекта на корпусе КА и повышения концентрации горячих частиц [1].

Рисунок В.8 — Связь частоты искрения с дифференциальной зарядкой

В.4 Методы контроля электризации и оценки ее опасности для КА

В.4.1 Пример типовой аппаратуры контроля электризации с датчиком напряженности поля показан на рисунке В.9. Все другие разработки также используют вибрационные датчики поля.

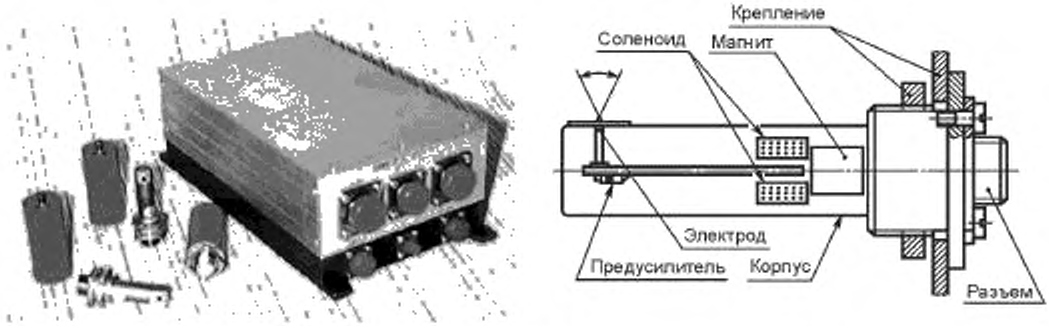


Рисунок В.9

Система контроля электризации может оснащаться датчиками напряженность поля и тока натекания заряженных частиц на КА в электростатически опасных зонах, и по их показаниям можно оперативно судить о степени опасности условий для аппаратуры. Для анализа результатов ЛКИ и отказов в БА необходимо исследовать влияния электризации на работу аппаратуры расширенным методом экспертизы согласно рисунку В.10.

Примечание — Методика первичной оценки степени опасности ЭСР по данным от датчиков аппаратуры контроля электризации разрабатывается конструктором системы ЭСЗ с участием операторов управления; методика экспертной оценки качества защиты изделия от ЭСР определяется расширенным составом специалистов экспертной комиссии для анализа результатов ЛКИ и причин сбоев и отказов.

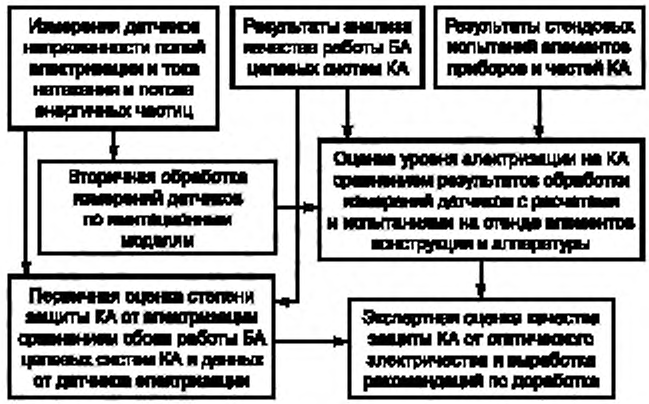


Рисунок В.10

В.4.2 Принцип индикаторной оценки степени опасности электризации использован в перспективной диагностической системе как альтернатива названному (см. В.4.1) путем прямой индикации степени опасности ЭСР с помощью специальных датчиков-индикаторов, которые по чувствительности к факторам электризации служат эквивалентами приборов и поэтому являются косвенными свидетелями процессов воздействия импульсов разрядов. Датчики-индикаторы можно устанавливать в проблемных зонах электризации на КА вблизи приборов, которые могут подвергаться воздействиям ЭСР. Индикация опасности разрядов датчиками ($Д_1$—$Д_6$), как показано на рисунке В.11, используется в мониторинге ситуации с квалификацией уровня опасности по данным от датчиков-индикаторов на табло рисунка В.12.

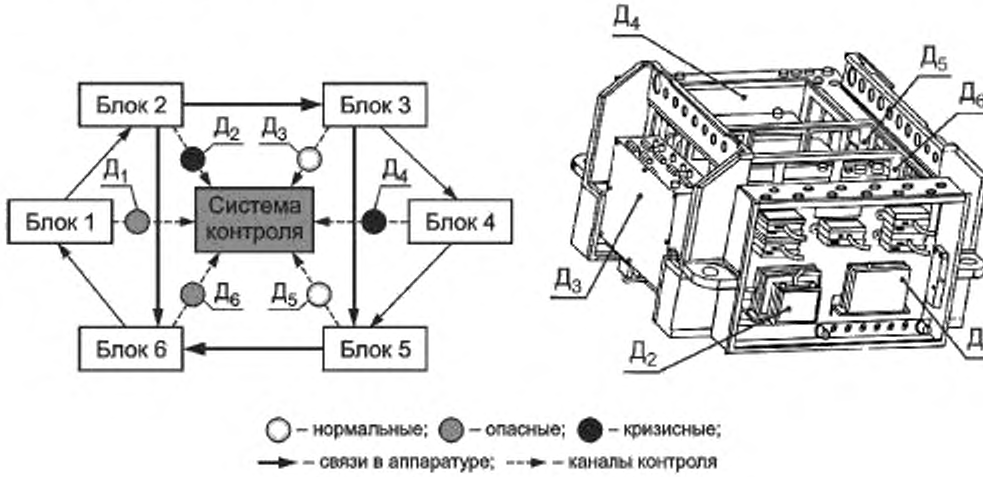


Рисунок В.11

Мнемосхема на рисунке В.11 разрабатывается по карте опасных мест (КОМ) на схеме деления изделия (см. 6.1) в модели ЭСЗ защиты. Квалификация опасности для приборов (см. 5.2.3) задается данными из системного каталога обеспечения системы ЭСЗ изделия.

Примечание — Метод индикаторной диагностики степени опасности разрядов при электризации по параметрам искрения в датчиках-индикаторах использует функцию начальной калибровки импульсами разрядов аппаратуры датчиков и макетов приборов в совместных автономных испытаниях и при имитации условий электризации путем облучения на экспериментальных стендах (см. рисунок В.13).

Индикаторное табло мониторинга электростатической обстановки на КА

Закон идентификации	Оценки уровней опасности ЭСР		
Параметры разрядов	Нормальные	Опасные	Кризисные
Период, с / Амплитуда, В	$T > 1000$ / $U < 1{,}0$	$10 < T < 100$ / $1 < U < 10$	$T < 10$ / $U > 10$
Прогноз ЭСР	Нет	5 – 20 мин	1 – 5 мин
Индикация			

Рисунок В.12

В.5 Пример оснащения стенда для исследования эффектов электризации

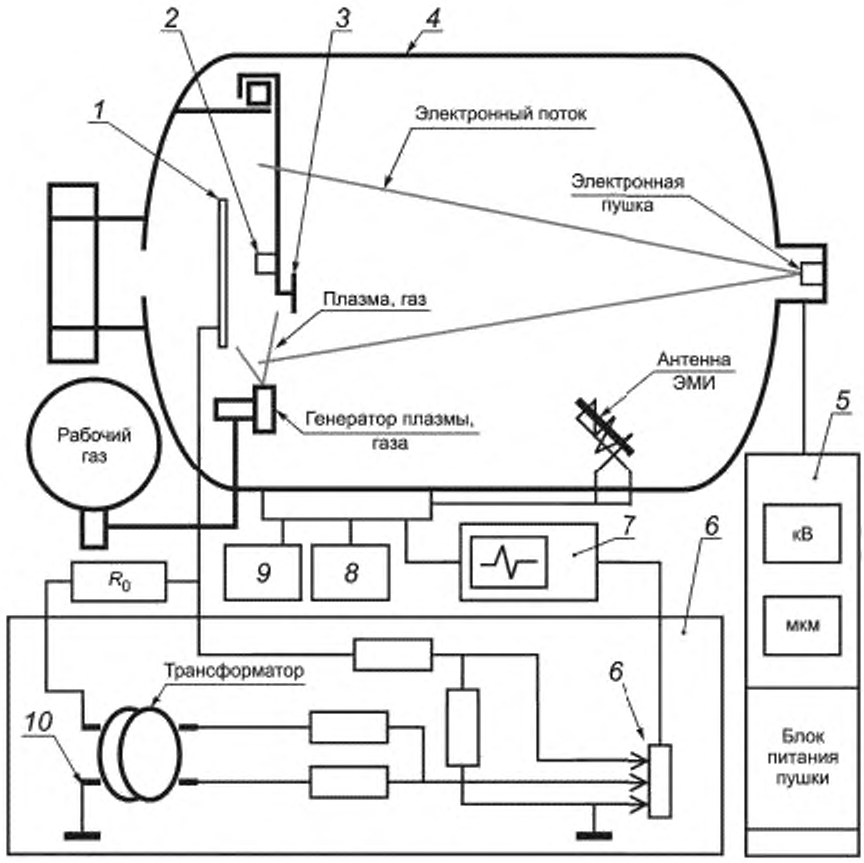
В.5.1 Экспериментальные исследования электризации проводят на макетах узлов КА.

На рисунке В.13 показана схема электровакуумного стенда (ЭВС) для имитации электризации с помощью электронной пушки с моноэнергетическим спектром и регулируемой энергией пучка в диапазоне $E \sim 10$—50 кэВ. Результаты этих испытаний имеют оценочный характер, но метод эквивалентных нагрузок (см. В.4) позволяет применять их для решения различных задач.

В.5.2 Эффекты электризации макета прибора (узла), закрытого матами ЭВТИ (см. рисунок В.6), можно исследовать на стенде методом эквивалентных нагрузок. Для этого макет облучают имитационным пучком частиц при снятом защитном слое ЭВТИ. При подготовке модели для облучения на ЭВС необходимо учесть также условия контакта металлизированных поверхностей матов с диэлектриками, которые могут существенно повлиять на конкретный характер искрения. Для имитации условий контактов можно использовать наклейки полосок из тонкой фольги ($\delta < 10$ мкм) и голый микропровод. Примеры эффектов электризации диэлектриков с металлизацией показаны на рисунке В.14.

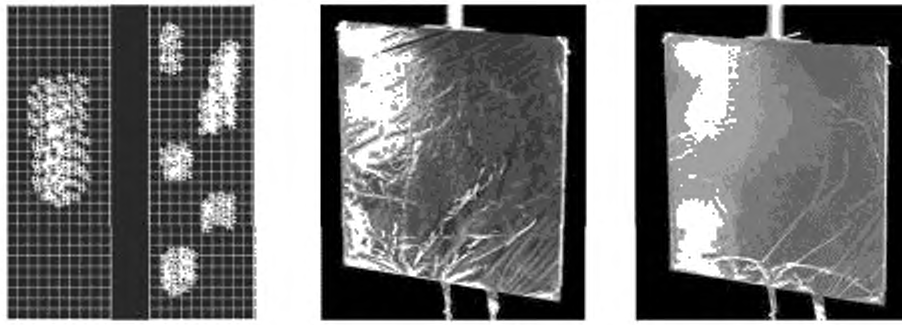
Слои кабельной изоляции (толщиной более 0,5 мм) с редкой сеткой экрана искрят на оплетку с откликом на центральную сигнальную жилу $U < 1$ В. Поэтому для диэлектриков типа пластин (1—5 мм и более), например электронагревателей, условия искрения диэлектрика под матами ЭВТИ можно имитировать с помощью металлизированной редкой сеткой ткани или тонкой металлизированной пленки.

Электроны с энергией $E \sim 20$—30 кэВ могут проникать сквозь редкую ткань с тонкой крупной сеткой и металлизацией или микронную пленку диэлектрика с металлизацией. Вспышки разрядов под тканью [см. рисунок В.14а)] и прилипание пленки к заряженному диэлектрику после облучения [см. рисунки В.14б, в)] также подтверждают возможность зарядки и искрения диэлектриков под ЭВТИ. Следует отметить, что вследствие вероятностного характера пути прохождения (торможения) зависимость проникающей способности частиц дается математическим ожиданием, т. е. задерживаются не все частицы, что характеризует слабую защитную способность экранов ЭВТИ от электронов такого типа, но при этом экраны практически полностью задерживают радиоизлучение от разрядов.



1 — исследуемый образец; *2* — датчик электрического поля на координатном устройстве; *3* — измеритель плотности потока электронов; *4* — вакуумная камера; *5* — блок контроля питания электронной пушки; *6* — электрическая схема измерения импульса тока; *7* — электронно-лучевой запоминающий осциллограф; *8* — осциллограф-регистратор; *9* — амперовольтметр; *10* — цепь заземления, R_0 = 50 Ом; ЭМИ — электромагнитный импульс электрического разряда

Рисунок В.13



а) Группы разрядов под тканью

б) Пленка ЭВТИ до облучения

в) Пленка ЭВТИ после облучения

Рисунок В.14

Библиография

[1] Модель Космоса. 8-е изд. М.: НИИЯФ МГУ, 2007, т. 1 под ред. М.И. Панасюка, разд. 3; т. 2 под ред. Л.С. Новикова, разд. 1 и 2

[2] Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании» (в ред. от 9 мая 2005 г. № 45-ФЗ с изменениями от 21 июля 2011 г. № 255-ФЗ)

УДК 621.629:006.354 ОКС 49.045

Ключевые слова: космическая среда, электростатическая защита аппаратов, регулирование требованиями, рамочные требования, процедурные требования, модульная организация, модель требований защиты от статического электричества, модель системы защиты

Редактор *Е.И. Мосур*
Технические редакторы *В.Н. Прусакова, И.Е. Черепкова*
Корректор *Е.Р. Ароян*
Компьютерная верстка *А.В. Софейчук*

Сдано в набор 07.10.2019. Подписано в печать 29.11.2019. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,40.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

ИД «Юриспруденция», 115419, Москва, ул. Орджоникидзе, 11.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

Создано в единичном исполнении во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»
для комплектования Федерального информационного фонда стандартов,
117418 Москва, Нахимовский пр-т, д. 31, к. 2.
gost.e-ecolog.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru