ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 56526— 2015

# ТРЕБОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ, КОМПЛЕКСОВ И АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЕДИНИЧНОГО (МЕЛКОСЕРИЙНОГО) ИЗГОТОВЛЕНИЯ С ДЛИТЕЛЬНЫМИ СРОКАМИ АКТИВНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2016

gost.e-ecolog.ru

## Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-производственное объединение им. С.А. Лавочкина» (ФГУП «НПО им. С.А. Лавочкина»)

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 июня 2015 г. № 971-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

5 ПЕРЕИЗДАНИЕ. Март 2016 г.

*Правила применения настоящего стандарта установлены в ГОСТ Р 1.0—2012 (раздел 8). 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 (*gost.e-ecolog.ru

© Стандартинформ, 2016

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 . . . . . 2
3 Термины и определения . . . . . 2
4 Обозначения и сокращения . . . . . 6
5 Общие положения . . . . . 9
6 Требования надежности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования . . . . . 9
6.1 Общие требования по выбору, обоснованию, классификации, структуре, нормированию показателей надежности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов и космических систем (космических комплексов) на их основе . . . . . 9
6.2 Правила установления критериев отказов и предельных состояний . . . . . 12
6.3 Требования надежности космических систем (космических комплексов) и автоматических космических аппаратов . . . . . 12
6.4 Построение и изложение подразделов «Требования надежности» в тактико-технических заданиях (технических заданиях), технических условиях . . . . . 13
6.5 Анализ и оценка соответствия требованиям надежности космических систем (космических комплексов), единичных автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования и их составных частей . . . . . 15
6.6 Основные положения по нормированию, расчету надежности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования . . . . . 17
6.7 Подтверждение надежности (безотказности) создаваемых единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования расчетно-экспериментальным методом в процессе проведения летных испытаний и эксплуатации . . . . . 18
7 Требования безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования . . . . . 18
7.1 Общие требования безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования . . . . . 18
7.2 Требования безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования . . . . . 21
7.3 Методология анализа безопасности, выявление критичных отказов космических систем, комплексов, автоматических космических аппаратов и их составных частей . . . . . 25
7.4 Методология подтверждения требований безопасности путем введения процедуры управления рисками . . . . . 26
7.5 Требования к организации работ по обеспечению безопасности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов и их составных частей . . . . . 27
7.6 Требования к документации в части обеспечения безопасности эксплуатации . . . . . 30
7.7 Оценка соответствия безопасности установленным требованиям . . . . . 32
Приложение А (справочное) Классификация космических систем и космических комплексов при задании требований, оценке и контроле надежности для автоматических космических аппаратов единичного мелкосерийного изготовления . . . . . 36
Приложение Б (справочное) Структура космических систем и космических комплексов . . . . . 38

Приложение В (справочное) Номенклатура показателей надежности автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования и их составных частей . . . . . 40

Приложение Г (справочное) Особенности создания автоматических космических аппаратов дальнего космоса, которые рекомендуется учитывать при выборе, обосновании и нормировании показателей надежности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования . . . . . 43

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

# ТРЕБОВАНИЯ НАДЕЖНОСТИ И БЕЗОПАСНОСТИ КОСМИЧЕСКИХ СИСТЕМ, КОМПЛЕКСОВ И АВТОМАТИЧЕСКИХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ЕДИНИЧНОГО (МЕЛКОСЕРИЙНОГО) ИЗГОТОВЛЕНИЯ С ДЛИТЕЛЬНЫМИ СРОКАМИ АКТИВНОГО СУЩЕСТВОВАНИЯ

Reliability and safety requirements for space systems, complexes and unmanned spacecrafts of unique (small series) production with long life of active operation

**Дата введения — 2016—04—01**

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает требования надежности и безопасности космических систем (КС), комплексов (КК), автоматических космических аппаратов (АКА) и их составных частей (бортовые системы, агрегаты и приборы) единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования.

Требования настоящего стандарта распространяются на автоматические космические аппараты единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования (САС), используемые в области решения научных и народно-хозяйственных задач, и на космические системы и комплексы, в состав которых они входят.

Настоящий стандарт применяется при создании, производстве и эксплуатации изделий космической техники по международным договорам и в ходе реализации международных проектов и программ по согласованию сторон, а также в случаях, когда его применение предписано требованиями технического задания на выполнение работ.

Стандарт устанавливает:

- основные понятия, определения и терминологию по надежности и безопасности космической техники;
- общий методический подход по нормированию показателей надежности (безотказности) составных частей и оборудования, входящих в единичные АКА, и АКА в целом;
- перечень работ по надежности и безопасности, проводимых на каждом из этапов жизненного цикла создания изделий космической техники с целью реализации уровня ее надежности не ниже требуемого;
- методический подход по оценке показателей надежности единичных (мелкосерийных) АКА с длительными сроками активного существования при проведении летных испытаний и эксплуатации для сравнения с требуемыми значениями, полученными расчетным путем на этапе нормирования;
- статистический подход к оценке надежности единичных (мелкосерийных) АКА, если в КС или КК входит более одного АКА;
- рекомендации и методический материал для оценки и контроля надежности и безопасности создаваемой единичной (мелкосерийной) автоматической космической техники.

Предполагаемый диапазон возможных технических характеристик единичных АКА с длительными сроками активного существования представлен в таблице 1.

**Издание официальное**

Таблица 1 — Технические характеристики единичных АКА

| Тип АКА | | Масса, кг | САС, лет |
|---|---|---|---|
| Крупногабаритные | | Более 1000 | 10—25 |
| Среднегабаритные | | 500—1000 | 7—10 |
| Малые | мини | 100—500 | 5—7 |
| | микро | 10—100 | 3—5 |
| | нано | 1—10 | 1—3 |
| | пико | Менее 1 | 0,5—1,0 |

Настоящий стандарт не распространяется на пилотируемые космические системы, комплексы и их составные части.

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002—89 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 27.003—90 Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности

ГОСТ 27.301—95 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения

ГОСТ 27.310—95 Надежность в технике. Анализ видов, последствий и критичности отказов. Основные положения

ГОСТ Р 51901.1—2002 Менеджмент риска. Анализ риска технологических систем

ГОСТ Р 51901.5—2005 Менеджмент риска. Руководство по применению методов анализа надежности

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.

## 3 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 27.002, ГОСТ 27.310, ГОСТ Р 51901.1, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **аварийная ситуация:** Нештатная ситуация, при которой возникает угроза потери работоспособности КС (КК, КА), их составных частей и привлекаемых средств, ухудшения здоровья или гибели хотя бы одного человека из обслуживающего персонала.

3.2 **авария:** Событие (происшествие), возникающее в результате развития аварийной ситуации, которое не повлекло за собой гибели людей, и заключается в утрате, выводе техники из строя или его повреждении, для устранения которого требуется провести восстановительные работы.

3.3 **автоматический КА единичного (мелкосерийного) изготовления:** АКА малой (ограниченной) серии космических аппаратов, предназначенных для решения однотипных задач конкретной миссии, программы, развертывания орбитальной группировки.

Примечания

1 Необходимое число АКА единичного (мелкосерийного) изготовления определяет Заказчик в ТТЗ (ТЗ) на КС, КК.

2 При необходимости, в число заказываемых бортовых агрегатов, приборов, систем могут входить изделия в штатном исполнении для проведения различных видов испытаний и укомплектования наземных стендов и КА для НЭО.

3.4 **автономные испытания;** АИ: Совокупность видов испытаний, определенных комплексной программой экспериментальной отработки и проводимых при экспериментальной отработке отдельного изделия без проверки его функционирования со смежными (сопряженными) изделиями комплекса.

3.5 **активное функционирование АКА:** Функционирование АКА в соответствии со своим целевым назначением.

3.6 **барьер безопасности**: Функция, изделие, материал, программное обеспечение, действие оператора и т. д., целью которого является остановить или замедлить развитие опасной ситуации.

3.7 **безопасность КС, КК, АКА и их составных частей:** Способность КС, КК, АКА и их составных частей не переходить во всех заданных режимах эксплуатации в состояние, угрожающее жизни эксплуатирующего обслуживающего персонала, сопрягаемым объектам и природной среде.

3.8 **безопасность эксплуатации КС, КК, АКА и их составных частей:** Проявляющаяся в процессе эксплуатации КС, КК, АКА и их составных частей совокупность их свойств, а также свойств эксплуатирующего обслуживающего персонала, внешней среды, препятствующих возникновению происшествий.

3.9 **восполнение орбитальной группировки КА:** Процесс замены в орбитальной группировке одного или нескольких космических аппаратов, прекративших активное существенное или снизивших уровень выходного эффекта ниже заданного значения.

3.10 **временная избыточность:** Процесс, использующий часть производительности ЭВМ для контроля исполнения и восстановления работоспособности системы после сбоя.

3.11 **выходной эффект:** Полезный результат, получаемый при решении КС (КК) или их изделиями целевых задач в определенном периоде функционирования. Выходной эффект — минимальный объем решаемых научных задач, объем полученной научной информации, количество сеансов связи с использованием научной аппаратуры, объем видеоинформации с заданным качеством за установленный период времени (для КА ДЗЗ) и др. — устанавливает Заказчик в ТТЗ на КС, КК.

3.12 **гамма-процентный технический ресурс КА:** Технический ресурс КА, в течение которого предельное состояние КА не достигается с вероятностью «гамма», выраженной в процентах.

3.13 **государственный заказчик:** Федеральный орган исполнительной власти по космической деятельности.

3.14 **готовность:** Способность изделия выполнить требуемую функцию при данных условиях в предположении, что внешние ресурсы обеспечены.

3.15 **дифференциальный выходной эффект:** Выходной эффект, характеризующий результаты решения поставленных задач КС (КК) или их изделиями в определенные моменты времени или в определенные интервалы времени (виток, цикл наблюдения, сутки и т. п.), значительно меньшие продолжительности периода функционирования.

3.16 **допустимый риск:** Риск, который в данной ситуации считается приемлемым при существующих общественных ценностях.

3.17 **единичное (мелкосерийное) производство АКА:** Форма организации опытного производства, при которой штатные АКА изготавливаются в одном или двух-трех экземплярах, каждый АКА уникален по конструкции, техническим характеристикам, выполняемым задачам и другим важным признакам, а процесс производства требует наличия специалистов наивысшей квалификации и применения, в основном, уникального оборудования и технологий.

3.18 **живучесть:** Способность технического устройства, сооружения, средства или системы выполнять основные свои функции, несмотря на полученные повреждения.

3.19 **заказчик:** Организация (министерство, ведомство, орган, фирма, ассоциация), в интересах которой создается КС, КК, АКА и которая подписала (или выдала — по комплексу или изделиям коммерческого назначения) совместно с государственным заказчиком ТТЗ (ТЗ) на создание КС, КК, АКА.

3.20 **изделие космической системы (космического комплекса) [изделие КС (КК)]:** Составная часть КС (КК), система, аппаратура, агрегат, прибор, блок, узел, изделие электронной компонентной базы, комплектующий элемент, программный продукт, бортовой инструмент, входящие в состав КС (КК) или любой их структуры.

3.21 **интегральный выходной эффект:** Выходной эффект, характеризующий общий результат решения поставленных задач КС (КК) или их изделиями в течение всего периода функционирования.

3.22 **источник опасности:** Источник (критичный элемент), создающий опасное воздействие на техническую систему, организм человека или природу, которое может привести к происшествию, значительному ущербу, потере материальной части, травме, смертельному исходу или нарушению экологии.

3.23 **источник повышенной опасности:** Источник, создающий опасное воздействие на организм человека или природу, которое может привести к смертельному исходу, травме или нарушению экологии.

3.24 **катастрофа:** Аварийная ситуация на космическом комплексе с гибелью хотя бы одного лица из состава обслуживающего персонала или нарушения здоровья, способного привести к смерти из-за последствий.

3.25 **комплексные испытания:** Совокупность видов испытаний, определенных комплексной программой экспериментальной отработки и проводимых при экспериментальной отработке и проверке двух и более функционально связанных изделий КС (КК) в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации.

Примечание — Испытания отдельного изделия комплекса в целом могут являться комплексными испытаниями по отношению к входящим в него изделиям и одновременно АИ по отношению к изделию КС (КК) более крупной структуры.

3.26 **комплектующие элементы:** Функционально завершенные элементы, обладающие конструктивной целостностью и функциональной завершенностью, не подлежащие восстановлению и ремонту, не подвергаемые изменениям в процессе применения и изготавливаемые по самостоятельным комплектам конструкторской и технологической документации.

3.27 **космический мусор:** Все находящиеся на околоземной орбите АКА и средства выведения (включая фрагменты или части таких объектов), которые закончили свое активное функционирование.

3.28 **космическая система;** КС: Совокупность одного или нескольких космических комплексов и специальных комплексов, предназначенных для решения различных задач на основе использования космического пространства.

3.29 **космический комплекс;** КК: Комплекс функционально взаимосвязанных орбитальных и наземных технических средств, обеспечивающий как самостоятельное решение задач на основе использования космического пространства, так и в составе космической системы.

3.30 **летные испытания:** Испытания КС (КК) в натурных условиях функционирования и выполнения целевых задач.

3.31 **модель надежности КС (КК, изделия):** Модель, устанавливающая связь между ПН КС (КК, изделия) и ПН элементов его структуры с учетом параметров и процесса функционирования КС (КК, изделия).

3.32 **модель функционирования КС (КК, изделия):** Модель, воспроизводящая реальные свойства, связи и взаимодействие изделий КС (КК) и внешние условия в процессе функционирования КС (КК, изделия) и позволяющая исследовать различные свойства КС (КК, изделия).

3.33 **наиболее сложная (ответственная) операция:** Операция технологического графика, ошибки иди задержки, при выполнении которой обуславливают задержку подготовки космического аппарата к пуску (срыв выполняемой задачи), поломки и аварии составных частей космических комплексов, создание угрозы здоровью и жизни обслуживающего персонала, а также сопряженным объектам.

Примечания

1 К наиболее сложным (ответственным) и опасным операциям относятся операции по стыковке (отстыковке) штепсельных разъемов, пневмогидравлических коммуникаций, операции монтажных, погрузочно-разгрузочных работ, транспортирование, заправка компонентами ракетного топлива, сжатыми газами, подача команд управления, закладка временных программ и т. д.

2 Наиболее сложные (ответственные) и опасные операции подлежат тройному контролю и выделяются в эксплуатационной документации особым шрифтом или цветом.

3.34 **надежность КС (КК):** Совокупность свойств, характеризующих способность КС (КК) обеспечивать в процессе функционирования получение заданного в тактико-техническом задании (техническом задании) выходного эффекта при заданных условиях и режимах эксплуатации.

3.35 **нештатная ситуация:** Состояние КС (КК, АКА), их составных частей и привлекаемых средств, характеризующееся любым отклонением от заданной (штатной) программы эксплуатации, вызванное ошибками и несанкционированными действиями обслуживающего персонала, повреждениями и отказами техники, отклонениями параметров внешней среды от расчетных значений, потенциально способными привести к возникновению опасной ситуации или АС.

Примечание — Если нештатная ситуация не будет своевременно устранена, то она приводит к возникновению либо АС, либо опасной ситуации.

3.36 **опасная операция:** Операция, выполнение которой обуславливает возможность возникновения опасной ситуации.

Примечание — Работа, в состав которой входит хотя бы одна опасная операция, называется опасной работой.

3.37 **опасная ситуация:** Состояние, возникающее в результате развития нештатной, аварийной ситуации или аварии и характеризующееся воздействием опасных или вредных факторов на обслуживающий персонал, то есть создание угрозы здоровью и жизни обслуживающего персонала, целостности объекта эксплуатации космических комплексов (их составных частей), сохранности природной среды.

3.38 **особо опасная операция:** Наиболее сложная и ответственная операция, ошибки или задержки при выполнении которой могут привести к срыву выполнения пуска, аварии, катастрофе, а также к крупному материальному ущербу.

Примечание — Особо опасные операции запрещается проводить в ночное время (за исключением работ с непрерывными процессами). Запрещается параллельно с особо опасными операциями проводить какие-либо другие работы.

3.39 **остаточный риск:** Риск, остающийся после предпринятых защитных мер.

3.40 **остаточный срок активного существования КА:** Календарный отрезок времени с момента контроля технического состояния КА в период орбитального полета до момента прекращения использования КА по целевому назначению из-за необратимого снижения выходного эффекта КА ниже допустимого уровня.

3.41 **период приработки:** Начальный период жизни изделия, в течение которого параметр потока отказов восстанавливаемого изделия или интенсивность отказов невосстанавливаемого изделия уменьшаются со временем до относительно постоянного значения.

3.42 **показатель безопасности средств защиты:** Вероятность того, что время (резерв времени), в течение которого средства защиты и спасения предотвращают пли уменьшают до допустимых пределов воздействия опасных и вредных факторов рассматриваемого происшествия в течение установленного периода времени на человека при возникновении опасности, будет не менее заданного, время действия средств защиты и спасения — время, в течение которого средства защиты и спасения предотвращают или уменьшают до допустимых пределов воздействие опасных и вредных факторов на человека при возникновении опасности.

3.43 **программа обеспечения безопасности:** Плановый организационно-методический документ, определяющий комплекс основных мероприятий по обеспечению безопасности АКА и их составных частей на всех этапах их жизненного цикла.

3.44 **происшествие:** Событие, заключающееся в нарушении установленных мер безопасности или правил эксплуатации, а также в нарушении работоспособности (отказе) космических средств, повлекшее за собой гибель или увечье людей, вывод космических средств из строя, его утрату или повреждение, для устранения которого требуются восстановительные работы, непредусмотренные эксплуатационной документацией.

3.45 **работа повышенной опасности:** Работа, нарушение технологии выполнения которой может привести к возникновению опасной ситуации.

Примечание — Перечень работ повышенной опасности и лица, которым разрешается выдавать наряды на производство этих работ, определяются руководителем работ.

3.46 **средний технический ресурс КА:** Математическое ожидание технического ресурса КА.

3.47 **средства обеспечения безопасности:** Совокупность средств, предназначенных для обеспечения прогнозирования, обнаружения, оповещения, ликвидации опасных ситуаций, защиты и спасения эксплуатирующего обслуживающего персонала (членов экипажей).

3.48 **срок активного существования КА:** Календарный отрезок времени с момента выведения до момента прекращения использования КА по целевому назначению из-за необратимого снижения выходного эффекта.

3.49 **техническая безопасность:** Способность КС, КК, АКА за счет своих конструктивных особенностей до определенного уровня парировать негативные предпосылки и воздействующие факторы различного характера с целью обеспечения заданного уровня работоспособности.

3.50 **технический ресурс КА:** Срок активного существования КА, при котором необратимое снижение выходного эффекта достигается из-за перехода в предельное состояние по причине наступления деградационных (ресурсных) отказов, включая исчерпание расходуемых компонентов (ресурсов) бортовых систем КА, ухудшение выходных характеристик систем энергопитания, оптических характеристик оптических приборов и терморегулирующих покрытий до недопустимого уровня и т. п.

3.51 **технологический прогон:** Дополнительная наработка в процессе производства составных частей АКА и АКА в целом с целью выявления скрытых производственных дефектов.

3.52 **точка единичного отказа:** Элемент, в конструкции которого не предусмотрено резервирование.

3.53 **тяжесть последствий отказа:** Качественная или количественная оценка вероятного (наблюдаемого) ущерба от отказа элемента и/или системы.

3.54 **функциональная инерционность:** Допустимый перерыв в работе без потери выходного эффекта.

3.55 **частичный отказ:** Отказ, характеризующийся потерей способности изделия выполнять некоторые, но не все требуемые функции.

3.56 **экологическая безопасность:** Совокупность конструктивных решений, методик и защитных мероприятий, позволяющих исключить или свести к минимуму возможное вредное воздействие КС, КК, АКА на окружающую природную среду (в том числе околоземное космическое пространство).

3.57 **экологический контроль:** Система мер, направленных на предотвращение, выявление и пресечение нарушения законодательства в области охраны окружающей среды, обеспечение соблюдения субъектами хозяйственной или иной деятельности требований (в том числе нормативов и НД) в области охраны окружающей среды.

3.58 **экологический мониторинг:** Комплексная система наблюдений за состоянием окружающей среды, оценки и прогноза изменений состояния окружающей среды под воздействием природных и антропогенных факторов.

3.59 **экспериментальная отработка:** Совокупность работ, определенных комплексной программой экспериментальной отработки и выполняемых при испытаниях на моделях, макетах, опытных образцах с целью проверки соответствия характеристик изделий требованиям тактико-технического задания (технического задания), обеспечения функционирования изделий, определения запасов их работоспособности в условиях, близких к реальным условиям эксплуатации.

3.60 **электронная компонентная база:** Изделия электронной техники, квантовой электроники и (или) электротехнические, представляющие собой деталь, сборочную единицу или их совокупность, обладающие конструктивной целостностью, принцип действия которых основан на электрофизических, электромеханических, фотоэлектронных и/или электронно-оптических процессах и явлениях, не подлежащие восстановлению и ремонту, изготавливаемые по самостоятельным комплектам документации, а также изделия, представляющие собой совокупность электрически соединенных электрорадиоизделий, образующих функционально и конструктивно законченные сборочные единицы, предназначенные для реализации функций приема, преобразования, хранения и/или передачи информации или формирования (преобразования) энергии, обладающие свойствами конструктивной и функциональной взаимозаменяемости.

3.61 **электрорадиоизделие** (ЭРИ): Функционально завершенное изделие электронной техники, радио- и электротехники (электровакуумные приборы, полупроводниковые приборы, интегральные микросхемы, микромодули, резисторы, конденсаторы, радиодетали, реле и т. п.).

## 4 Обозначения и сокращения

В настоящем стандарте применены следующие обозначения и сокращения:

АВПКО — анализ видов, последствий и критичности отказов;

АИ — автономные испытания;

АКА — автоматический космический аппарат;

АС — аварийная ситуация;

БКУ — бортовой комплекс управления;

ВБР — вероятность безотказной работы;

ВВФ — внешние воздействующие факторы;

ВК — входной контроль;

ВФ — вредный фактор;

ГПР — головное предприятие-разработчик;

ГНИИ — головной научно-исследовательский институт;

ГНИО РКП — головные научно-исследовательские организации ракетно-космической промышленности;

ДНК — диагностический неразрушающий контроль;

ДЗЗ — дистанционное зондирование Земли;

ЕСКД — единая система конструкторской документации;

ЗС — заправочная станция;

$К_г$ — коэффициент готовности;

$К_{о.г}$ — коэффициент оперативной готовности;

$К_{т.и}$ — коэффициент технического использования;

$К_{г.ож}$ — $К_г$ в режиме ожидания применения;

$К_{эф}$ — коэффициент сохранения эффективности;

КК — космический комплекс;

КС — космическая система;

КГЧ — космическая головная часть;

КД — конструкторская документация;

КИ — комплексные испытания;

КНА — комплекс научной аппаратуры;

КПЭО — комплексная программа экспериментальной отработки;

КРТ — компонент ракетного топлива;

КСИСО — комплекс средств измерений, сбора и обработки измерительной информации;

ЛИ — летные испытания;

МВИ — межведомственные испытания;

НИИ — научно-исследовательский институт;

НД — нормативные документы;

НКУ — наземный комплекс управления;

НШС — нештатная ситуация;

НЭО — наземная экспериментальная отработка;

ОГ — орбитальная группировка;

ПО — программное обеспечение;

ПОБ — программа обеспечения безопасности;

ПОН — программа обеспечения надежности;

ПН — показатель надежности;

ПСК — поисково-спасательный комплекс;

РБ — разгонный блок;

РКК — ракетно-космический комплекс;

РКН — ракета космического назначения;

РН — ракета-носитель;

РРД — разработка рабочей документации;

РЭА — радиоэлектронная аппаратура;

САС — срок активного существования;

СВ — средство выведения;

СВЧ — сверхвысокая частота;

СЗБ — сборочно-защитный блок;

СК — стартовый комплекс;

СпК — специальный комплекс;

ТЗ — техническое задание;

ТК — технический комплекс;

ТТЗ — тактико-техническое задание;

ТУ — технические условия;

ЦУП — центр управления полетом;

ЭД — эксплуатационная документация;

ЭКБ — электронная компонентная база;

ЭО — экспериментальная отработка;

$N_{н.п}$ — нормативное число пусков РКН с КА, которые могут быть использованы при выполнении программы применения КС (КК), АКА;

$N_{н.в}$ — нормативное число КА, которые должны выполнить задачи в процессе применения КС (КК), АКА;

$P(t_{хр})$ — вероятность безотказного хранения;

$P(t_{бр})$ — вероятность безотказной работы при наработке $t_{0.Р}$

$P(t_{тр})$ — вероятность безотказного транспортирования;

$P(t_{в})$ — вероятность восстановления (за заданное время $t$);

$P_{о(вкл)}$ — вероятность безотказного срабатывания (включения);

$T_{о.н}$ — время ожидания применения по назначению;

$T_{в}$ — среднее время восстановления;

$T_{в.ож}$ — среднее время восстановления в режиме ожидания;

$T_{о}$ — средняя наработка на отказ (наработка на отказ);

$T_{ср}$ — средняя наработка до отказа;

$\lambda$ — интенсивность отказов;

$T_{р.ср.сп}$ — средний ресурс до описания (полный);

$T_{р.ср\ к.р}$ — средний ресурс до капитального (среднего и т. п.) ремонта;

$T_{сл.ср.сп}$ — средний срок службы до списания (полный);

$T_{сл.ср.к.р}$ — средний срок службы до капитального (среднего и т. п.) ремонта;

$T_{р.сп}$ — гамма-процентный ресурс до списания (полный);

$T_{р.к.р}$ — гамма-процентный ресурс до капитального (среднего и т. п.) ремонта;

$T_{сл.сп}$ — гамма-процентный срок службы до списания (полный);

$T_{сл.к.р}$ — гамма-процентный срок службы до капитального (среднего и т. п. ремонта);

$T_{с.ср}$ — средний срок сохраняемости;

$T_{с}$ — гамма-процентный срок сохраняемости;

$T_{хр}$ — срок хранения;

$R_{\alpha}$ — приемочный уровень ПН;

$R_{\beta}$ — браковочный уровень ПН;

$\alpha$ — риск поставщика (изготовителя);

$\beta$ — риск потребителя (заказчика);

$\gamma$ — доверительная вероятность;

$R_{в}$ — верхняя доверительная граница ПН;

$R_{н}$ — нижняя доверительная граница ПН.

## 5 Общие положения

5.1 Требования надежности космических систем, комплексов и АКА единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования приведены в разделе 6.

5.2 Требования безопасности космических систем, комплексов и беспилотных АКА единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования приведены в разделе 7.

5.3 Для единичных АКА их изготовление проводят по конструкторской и технологической документации с литерой «О», откорректированной по результатам комплексных и МВИ.

При принятии Решения заказчиком об изготовлении мелкой серии единичных АКА допускается их изготовление по конструкторской и технологической документации с литерой «О».

## 6 Требования надежности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования

### 6.1 Общие требования по выбору, обоснованию, классификации, структуре, нормированию показателей надежности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов и космических систем (космических комплексов) на их основе

6.1.1 Выбор, обоснование, классификация и структура ПН и их нормирование должны включать в себя выбор номенклатуры вероятностных ПН, обоснование численных значений ПН АКА и его составных частей, формулирование критериев отказов и предельных состояний, задание требований к методам контроля надежности, выбору технических требований к конструкции АКА, техническому обслуживанию, действиям персонала, направленным на обеспечение надежности. В целях прогнозирования значения ПН на стадиях проектирования и конструирования должны использоваться характеристики вероятностных и полувероятностных математических моделей создаваемых изделий. На стадии ЭО, испытаний и эксплуатации роль ПН должны выполнять статистические оценки соответствующих вероятностных характеристик.

6.1.2 Разработку единичных (мелкосерийных) АКА следует проводить с учетом следующих определяющих факторов:

- быстрого накопления экстремальных условий при эксплуатации и обеспечения оптимальной защиты от них;
- минимального количества изделий электронной техники и только высокого качества (либо с приемкой «SPACE» с соответствующим сертификатом, либо с приемкой «ОС», прошедших обязательный 100 % ДНК и ВК);
- выбора радиационно-стойкой элементной базы с соответствующим сертификатом;
- все бортовые системы должны пройти АИ, КИ и предварительные испытания. До установки на летный АКА для выявления скрытых производственных дефектов должна быть проведена технологическая наработка (технологический прогон) РЭА на заводе — изготовителе РЭА в объеме, определенном документацией главного конструктора РЭА;
- обеспечения защиты от статического электричества;
- максимальной отработки логики полета и защиты от НШС, в т. ч. проверок АКА на живучесть.

6.1.3 Для обоснования значений ПН необходимо использовать расчетные, экспериментальные или расчетно-экспериментальные методы.

6.1.4 Расчетные методы используют для изделий, по которым отсутствуют статистические данные, полученные в ходе испытаний аналогов (прототипов).

6.1.5 Экспериментальные методы применяют для изделий, по которым возможно получение статистических данных в процессе испытаний или имеющих аналоги (прототипы), позволяющие оценить их ПН, а также тенденции изменения ПН от одного аналога к другому. Такие оценки ПН используют вместо расчетных ПН изделия и (или) его составных частей.

6.1.6 Расчетно-экспериментальные методы применяют в тех случаях, когда по отдельным составным частям имеются статистические данные о надежности, а по другим — результаты расчетов, или когда предварительные результаты испытаний изделий, полученные в ходе разработки, позволяют уточнить расчетные значения ПН.

6.1.7 Для поэтапного задания требований по надежности необходимо применять расчетно-экспериментальные методы, основанные на моделях роста надежности в процессе отработки изделий и освоения их в производстве.

Модели роста определяют по статистическим данным, полученным при создании и (или) эксплуатации изделий-аналогов.

6.1.8 Задание требований к надежности, оценку и контроль надежности КС (КК), АКА и их составных частей проводят с учетом вида КС (КК), структуры и процесса их функционирования.

6.1.9 Вид КС (КК) устанавливают в зависимости от классификации, приведенной в приложении А.

6.1.10 При установлении структуры КС (КК) используют уровни и составные части соответствующих КС (КК), приведенные в приложении Б.

6.1.11 В процессе функционирования конкретных КС (КК) выделяют периоды, которые различаются задачами и составом работающих изделий КС (КК), режимами и условиями их функционирования.

Результаты работы КС (КК) и их изделий в каждом периоде функционирования характеризуются выходным эффектом, который в зависимости от характера решаемых задач может быть дифференциальным или интегральным.

6.1.12 ПН КС (КК), АКА подразделяют на обобщенные, основные и дополнительные

Обобщенные ПН КС (КК), АКА характеризуют надежность на всех периодах эксплуатации при заданных способах и условиях применения.

Основные ПН характеризуют надежность КС (КК), АКА в отдельные периоды эксплуатации.

Дополнительные ПН КС (КК), АКА используют для решения частных задач обеспечения, оценки и контроля надежности.

6.1.12.1 Обобщенным ПН КС (КК), АКА является вероятность того, что выходной эффект, полученный за все периоды функционирования КС (КК), АКА (интегральный выходной эффект) будет не ниже заданного.

6.1.12.2 Основным ПН КС (КК), АКА является вероятность того, что выходной эффект, полученный в отдельно взятый период функционирования или в произвольный момент времени (дифференциальный выходной эффект) будет не ниже заданного.

6.1.12.3 Номенклатуру дополнительных ПН определяют, исходя из особенностей конкретных типов КС (КК), АКА и их изделий.

6.1.12.4 ПН АКА и их составных частей подразделяют также на единичные — характеризующие одно из свойств, составляющих надежность АКА, и комплексные — характеризующие несколько свойств, составляющих надежность АКА.

Рекомендуемая номенклатура ПН беспилотных АКА приведена в приложении В.

6.1.12.5 ПН многоцелевых КС (КК), АКА задаются или по каждой из решаемых задач, или в виде вероятности того, что выходной эффект будет не ниже заданного с учетом всех задач, решаемых КС (КК), АКА;

6.1.12.6 Особенности создания АКА дальнего космоса, которые рекомендуется учитывать при выборе, обосновании и нормировании ПН единичных (мелкосерийных) беспилотных АКА с длительными сроками активного существования приведены в приложении Г.

**6.1.13 Задание требований надежности КС (КК), АКА**

6.1.13.1 Состав и общие правила задания требований к надежности — по ГОСТ 27.003.

6.1.13.2 Требования надежности КС (КК), АКА задают в ТТЗ (ТЗ) в виде требований к ПН и качественных (организационно-технических) требований по обеспечению надежности.

6.1.13.3 При задании требований надежности КС (КК), АКА следует учитывать:

- назначение КС (КК), АКА;
- состав КС (КК), АКА;
- периоды функционирования КС (КК), АКА;
- состав средств КС (КК), АКА, задействованных в определенные периоды функционирования.

6.1.13.4 Задание требований к ПН КС (КК), АКА и их изделий в ТТЗ (ТЗ) включает:

- определение номенклатуры ПН;
- задание количественных значений ПН;
- задание значений контрольных уровней ПН и доверительных вероятностей, с которыми контрольные уровни ПН должны быть подтверждены к моменту завершения ЛИ;
- задание порядка и условий контроля и подтверждения требований к ПН.

Контрольные уровни ПН могут быть установлены отдельным техническим решением головного разработчика и заказчика, согласованным с ГНИИ генерального заказчика КС (КК), АКА и ГНИО РКП.

6.1.13.5 Требования к КС (КК), АКА в целом предъявляют в одном из следующих видов:

- обобщенного ПН КС (КК), АКА;
- обобщенного показателя и совокупности основных ПН для отдельных наиболее важных периодов функционирования;
- совокупности основных показателей для всех периодов функционирования КС (КК), АКА.

6.1.13.6 Требования к ПН КС (КК) АКА и их составных частей устанавливают в ТТЗ (ТЗ) в виде:

- нормативного значения ПН $R_н$;
- контрольного уровня ПН (нижней односторонней доверительной границы $R_н$, толерантного предела $R_н\gamma$, если улучшению надежности соответствует большее значение показателя, и верхней односторонней доверительной границы $R_н$, толерантного предела $R_н\gamma$, если улучшению надежности соответствует меньшее значение показателя);
- нормативного значения доверительной вероятности $\beta_н$, с которой должен быть подтвержден контрольный уровень ПН к моменту завершения ЛИ.

6.1.13.7 При нормировании контрольных уровней ПН и доверительных вероятностей необходимо учитывать:

- возможные потери, которые могут иметь место вследствие неточной оценки фактической надежности;
- планируемый объем НЭО;
- планируемый объем ЛИ.

6.1.13.8 Для задания требований к ПН КС (КК), АКА и их составных частей в общем случае проводят:

- выбор (обоснование) целевой функции;
- выбор (разработку) модели процесса создания, модели функционирования (модели надежности) и экономической модели обеспечения надежности;
- выбор (разработку) метода нормирования ПН изделий КС (КК), АКА;
- уточнение факторов, учитываемых при задании требований к надежности;
- подготовку исходных данных;
- исследования с использованием моделей для определения значений ПН.

6.1.13.9 В ТТЗ (ТЗ), наряду с номенклатурой и количественными значениями ПН, устанавливают:

- характер (содержание и единицы измерения) выходного эффекта КС (КК), АКА, выходных эффектов периодов функционирования, выходных эффектов изделий КС (КК), АКА;
- критерии отказов КС (КК), АКА и их изделий с указанием признаков нарушения их работоспособного состояния;
- критерии предельных состояний изделий КС (КК), АКА с указанием признаков невозможности или нецелесообразности использования изделий по целевому назначению.

6.1.13.10 С целью контроля надежности в процессе экспериментальной отработки головное предприятие — разработчик КС (КК), АКА по согласованию с заказчиком КС (КК), АКА и ГНИИ заказчика и ГНИО РКП может устанавливать промежуточные контрольные уровни ПН изделий или промежуточные значения доверительных вероятностей, с которыми контрольные уровни ПН должны быть подтверждены к началу ЛИ.

6.1.13.11 Для единичных (уникальных) КС (КК), и их изделий, в том числе для уникальных АКА длительного функционирования со сроком активного существования более пяти лет, в обоснованных случаях допускается использовать следующие варианты задания в ТТЗ (ТЗ) на КС (КК), АКА требований к ПН.

Первый вариант:

- задают количественные значения ПН без указания доверительных вероятностей, с которыми должны быть подтверждены заданные показатели.

Второй вариант:

- устанавливают нормативное число пусков РКН с КА $N_{н.п}$, которые могут быть использованы при выполнении программы применения КС (КК), АКА;
- устанавливают нормативное число КА $N_{н.в}$, которые должны выполнить задачи в процессе применения КС (КК), АКА.

Третий вариант:

- устанавливают нормативное число пусков РКН с КА $N_{н.п}$, которые могут быть использованы при выполнении программы применения КС (КК), АКА;

- устанавливают нормативное значение вероятности $P_н$ того, что число РКН с КА, фактически использованных при выполнении программы применения КС (КК), не превысит значения $N_{н.л}$.

При использовании каждого из указанных вариантов задания требований к надежности в ТТЗ должны быть установлены виды и объемы испытаний единичных (уникальных) изделий КС (КК), АКА при экспериментальной отработке (с последующим включением в КПЭО), объемы ЛИ КС (КК), АКА (с последующим включением в Программу ЛИ).

6.1.13.12 Качественные (организационно-технические) требования к обеспечению надежности устанавливают в ТТЗ (ТЗ) в виде требований:

- к проведению предупредительных, контрольных и защитных мероприятий по обеспечению надежности, которые должны быть в обязательном порядке выполнены на соответствующих этапах создания, производства и эксплуатации КС (КК), АКА и их изделий;
- к порядку контроля выполнения указанных требований и отчетности.

6.1.13.13 Методы задания и нормирования требований к надежности изделий КС (КК), АКА могут конкретизироваться в стандартах на соответствующие виды изделий.

### 6.2 Правила установления критериев отказов и предельных состояний

6.2.1 Категории отказов и предельных состояний устанавливают с целью однозначного понимания технического состояния изделий при задании требований по надежности, испытаниях и эксплуатации.

Определения критериев отказов и предельных состояний должны быть четкими, конкретными, не допускающими неоднозначного толкования. Критерии предельных состояний должны содержать указания на следствия, наступающие после их обнаружения (отправку изделий в ремонт определенного вида или списание).

6.2.2 Критерии отказов и предельных состояний должны обеспечивать простоту обнаружения факта отказа или перехода в предельное состояние визуальным путем или с помощью предусмотренных средств технического диагностирования (контроля технического состояния).

6.2.3 Критерии отказов и предельных состояний должны быть устанавлены в той документации, в которой приведены значения ПН.

6.2.4 Примерами критериев отказов и предельных состояний изделий могут быть:

а) критерии отказов:

- прекращение выполнения изделием заданных функций;
- снижение качества функционирования (производительности, мощности, точности, чувствительности и других параметров) за пределы допустимого уровня;
- искажения информации на выходе изделий, из-за сбоев (отказов сбойного характера), деградации оптических, механических, тепловых и др. характеристик бортовой аппаратуры;
- внешние проявления, свидетельствующие о наступлении или предпосылках наступления неработоспособного состояния при наземной эксплуатации (шум, стук в механических частях изделий, вибрация, перегрев, выделение химических веществ и т. п.);

б) типичные критерии предельных состояний изделий:

- отказ одной или нескольких составных частей, восстановление или замена которых на месте эксплуатации не предусмотрена эксплуатационной документацией;
- механический износ ответственных деталей (узлов) или снижение физических (в т. ч. оптических), химических, электрических характеристик изделий до предельно допустимого уровня;
- снижение наработки на отказ (повышение интенсивности отказов) изделий ниже (выше) допустимого уровня;
- превышение установленного уровня текущих (суммарных) затрат на эксплуатацию при снижении эффективности или другие признаки, определяющие экономическую нецелесообразность дальнейшей эксплуатации.

### 6.3 Требования надежности космических систем (космических комплексов) и автоматических космических аппаратов

#### 6.3.1 Требования надежности КС (КК)

Основными требованиями по надежности КС (КК) должны быть:

- получение выходного эффекта КС (КК) (дифференциального или интегрального) с вероятностью $P$, не менее заданной $\alpha$.

Примечание — Получение выходного эффекта КС (КК) равноценно выполнению оперативного коэффициента готовности всех входящих в нее составных частей, т. е.

$$P = \prod_{i=1}^{N} [K_{ri} \cdot P_i(t)], \quad (1)$$

где $K_{ri}$ — коэффициент готовности $i$-й составной части;

$P_i(t)$ — ВБР $i$-й составной части;

$i$ — составная часть КС;

$N$ — число составных частей в КС (КК);

- критерии отказа и предельных состояний КС (КК), т. е. при каком уровне $\alpha$ КС (КК) не подлежит дальнейшей эксплуатации, поскольку уровень выходного эффекта ниже установленного заказчиком, или дальнейшее поддержание работоспособности КС (КК) экономически нецелесообразно;
- срок службы (срок эксплуатации) КС (КК) с учетом необходимости восполнения орбитальной группировки;
- срок службы КС (КК), гарантийный и технический ресурс КС (КК), заложенные при проектировании и подтвержденные результатами НЭО и ЛИ на АКА-аналогах;
- вероятность восполнения ОГ за заданное время;
- вероятность выведения АКА на рабочую орбиту;
- время подготовки КС (КК) к началу штатной работы с АКА после выведения АКА на рабочую орбиту;
- указание о том, что ресурсных ограничений по любым составным частям КС (КК) в пределах срока службы КС (КК) быть не должно;
- указание о том, что после завершения АИ всех составных частей и ПО КС (КК) должны быть проведены их КИ, по результатам которых дается заключение о готовности КС (КК) и ее составных частей к ЛИ;
- указание об упреждающем создании полной и тщательной логики работы КС (КК) и АКА с отражением всех НШС на уровне КС (КК) и АКА и подтверждении полноты написания и отладки всех алгоритмов ПО с демонстрацией живучести КС (КК) и АКА, в том числе при возникновении НШС;
- указание о необходимости проведения регламентных проверок составных частей КС (КК) в процессе хранения или подготовки к применению.

**6.3.2 Требования надежности единичных (мелкосерийных) АКА с длительными САС**

Основными требованиями по надежности АКА должны быть:

- на уровне АКА в целом — получение выходного эффекта КА (дифференциального или интегрального) с вероятностью, не менее заданной $\alpha$;
- на уровне бортовых систем, устройств и агрегатов: выполнение требований по ВБР $[P_i(t)]$ за заданное время применения по назначению;
- срок службы АКА в целом и его составных частей гарантийный и технический ресурс АКА и его составных частей, заложенные при проектировании и подтвержденные результатами НЭО и ЛИ на АКА-аналогах;
- указание о том, что ресурсных ограничений по любым составным частям АКА в пределах срока службы быть не должно.

### 6.4 Построение и изложение подразделов «Требования надежности» в тактико-технических заданиях (технических заданиях), технических условиях

6.4.1 Требования надежности оформляют в виде подраздела «Требования надежности».

6.4.2 В первом пункте подраздела ТТЗ, ТЗ, ТУ приводят номенклатуру и значения ПН, которые указывают в следующей последовательности:

- комплексные показатели;
- единичные показатели безотказности и ремонтопригодности;
- показатели долговечности;
- показатели сохраняемости.

Рекомендуемая формулировка:

«Надежность _____ в условиях и режимах эксплуатации,
(наименование изделия)

установленных _____ настоящего ТТЗ (ТЗ), ТУ, должна
(номера пунктов)

характеризоваться следующими значениями ПН... (далее приводятся эти показатели)».

6.4.3 Во втором пункте подраздела ТТЗ, ТЗ, ТУ приводят определения (критерии) отказов и предельных состояний, а также понятия «выходной эффект» или «эффективность изделия», если в качестве основного ПН задан коэффициент сохранения эффективности $K_{эф}$.

Рекомендуемые формулировки:

«Предельным состоянием _____ считают ...»,
(наименование изделия)

«Отказом _____ считают ...»,
(наименование изделия)

«Выходной эффект _____ оценивают в ...»,
(наименование изделия)

«Эффективность _____ равна ...».
(наименование изделия)

6.4.4 В третьем пункте подраздела ТТЗ, ТЗ, ТУ приводят общие требования к методам оценки (контроля) соответствия изделия заданным требованиям надежности на различных этапах жизненного цикла.

Рекомендуемая формулировка:

«Соответствие _____ требованиям по надежности, установленным в п.п...,
(наименование изделия)

на этапе проектирования оценивают расчетным методом с использованием данных о надежности комплектующих изделий по _____; на этапе предварительных
(наименование НД)

испытаний — расчетно-экспериментальным методом по _____,
(наименование НД)

принимая значения доверительной вероятности не менее 0,8.

В отдельных случаях допускается использование других исходных данных в соответствии с действующей НД.

6.4.5 В четвертом пункте подраздела ТТЗ, ТЗ, ТУ приводят:

- требования к конструктивным, производственным и эксплуатационным способам обеспечения надежности в заданных условиях и режимах эксплуатации;
- требования к разработке, согласованию с заказчиком (представителем заказчика), ПОН создаваемого изделия;
- число изделий, выделяемых для испытаний на надежность, и указание о том, с какими испытаниями можно совмещать испытания на надежность.

Приводят при необходимости:

- требования и ограничения по способам обеспечения заданных значений ПН;
- количественные значения показателей назначенного ресурса, срока службы, срока хранения;
- требования надежности математического, программного и других видов обеспечения;
- требования по разработке методик ускоренных испытаний на надежность и требования к ним.

### 6.5 Анализ и оценка соответствия требованиям надежности космических систем (космических комплексов), единичных автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования и их составных частей

6.5.1 Анализ и оценку надежности конкретного вида КС (КК), АКА и их составных частей по результатам проектных работ, ЭО, ЛИ и эксплуатации проводят по методикам ГПР КС (КК), АКА, разрабатываемым на этапе разработки рабочей документации. Методики оценки надежности КС (КК), АКА должны быть согласованы с ГНИИ заказчика, с ГНИО РКП и с представителем заказчика в организации—разработчике методики (при его наличии). Методики оценки надежности составных частей КС (КК), АКА должны быть согласованы с организациями, выдавшими ТЗ на разработку изделий, соответствующими научно-исследовательскими организациями по направлениям деятельности и с представителем заказчика в организации—разработчике методики (при его наличии).

6.5.2 Для повышения качества и эффективности проектных и экспериментальных работ при создании КС, КК, АКА и их составных частей в ПО надежности предусматривают проведение АВПКО. По результатам АВПКО должен быть предусмотрен выпуск перечня критичных элементов и программы контроля критичных элементов, содержащей мероприятия по уменьшению их критичности. Отчет о выполнении программы контроля критичных элементов должен быть приведен отдельным разделом в итоговом отчете о технической готовности КС (КК), АКА к ЛИ.

6.5.3 Выполнение установленных в ТТЗ (ТЗ) требований к показателям надежности КС (КК), АКА и их составных частей при эскизном проектировании контролируют с использованием неравенств:

$$R_{пр} \geq R_{н},$$ если повышению надежности соответствуют большие значения ПН;

$$R_{пр} \leq R_{н},$$ если повышению надежности соответствуют меньшие значения ПН,

где $R_{пр}$ — значение показателя надежности, полученное по результатам проектной оценки надежности;

$R_{н}$ — нормативное значение показателя надежности.

6.5.4 Выполнение требований к показателям надежности КС, КК, АКА и их составных частей, установленных в соответствии с 6.3.8, при завершении экспериментальной отработки контролируют с использованием неравенств:

$$\underline{R_{\beta 1}} \geq \underline{R_{н}},$$

$$\overline{R_{\beta 1}} \leq \overline{R_{н}},$$

где $\underline{R_{\beta 1}}$, $\overline{R_{\beta 1}}$ — оценка контрольного уровня показателя надежности, определенная с промежуточной доверительной вероятностью $\beta 1$;

$\underline{R_{н}}$, $\overline{R_{н}}$ — контрольный уровень показателя надежности (нижняя или верхняя доверительная граница).

6.5.5 Для КС (КК), АКА и их составных частей после завершения ЭО выполнение требований к показателям надежности контролируют с использованием следующих неравенств:

- для первого варианта:

$$R_{эо} \geq R_{н},$$ если повышению надежности соответствуют большие значения ПН;

$$R_{эо} \leq R_{н},$$ если повышению надежности соответствуют меньшие значения ПН,

где $R_{эо}$ — значение показателя надежности, полученное расчетно-экспериментальным методом, с использованием результатов ЭО и предварительных (контрольных) испытаний изделий;

- для второго и третьего вариантов:

$$P\,(N_{\text{п}} \le N_{\text{н.п}}) \ge P_{\text{н}},$$

где $P\,(N_{\text{п}} < N_{\text{н.п}})$ — вероятность того, что число $N_{\text{п}}$ КА и РН, используемых при выполнении программы применения КС, КК, АКА, не превысит нормативного числа $N_{\text{н.п}}$;

$P_{\text{н}}$ — нормативное значение вероятности, установленной в ТТЗ на КС (КК), АКА.

Примечание — Для единичных испытаний при недостатке материальной части критерием для подтверждения расчетных показателей надежности испытываемого объекта являются положительные результаты испытаний по всем внешним и внутренним воздействующим факторам, включая их увеличение не менее чем на 10 % эксплуатационных значений, отраженное в программах испытаний и согласованное с заказчиком (представителем заказчика).

6.5.6 Выполнение требований к показателям надежности КС (КК), АКА и их составных частей при ЛИ и эксплуатации контролируют с использованием неравенств:

$$\underline{R_{\beta\text{н}}} \ge \underline{R_{\text{н}}},$$

$$\overline{R_{\beta\text{н}}} \le \overline{R_{\text{н}}},$$

где $\underline{R_{\beta\text{н}}}$, $\overline{R_{\beta\text{н}}}$ — оценка контрольного уровня показателя надежности, определенная с доверительной вероятностью $\beta_{\text{н}}$, установленной в ТТЗ (ТЗ).

6.5.7 Выполнение требований к показателям надежности КС (КК), АКА и их составных частей (первый вариант) при ЛИ и эксплуатации контролируют с использованием неравенств:

$$R_{\text{ли(э)}} \ge R_{\text{н}},$$

$$R_{\text{ли(э)}} \le R_{\text{н}},$$

где $R_{\text{ли(э)}}$ — значение показателя надежности, полученное расчетно-экспериментальным или экспериментальным методом с использованием результатов ЛИ и (или) эксплуатации КС (КК), АКА.

Контроль надежности по результатам применения уникальных КС (КК), АКА, на которые заданы требования к надежности (второй и третий варианты), проводят с использованием неравенств:

$$N_{\text{п}} \le N_{\text{н.п}},$$

$$N_{\text{в}} \ge N_{\text{н.в}},$$

где $N_{\text{п}}$ — число пусков РКН с КА, проведенных в процессе применения КС (КК), АКА;

$N_{\text{в}}$ — число КА, выполнивших задачи в процессе применения КС (КК), АКА.

6.5.8 Требования надежности считают выполненными при создании КС (КК), АКА и их составных частей, если:

- на этапе эскизного проектирования:

а) выполнены все мероприятия предварительной ПОН, предусмотренные к реализации при эскизном проектировании, в том числе соответствующие организационные и технические требования к обеспечению надежности;

б) проведено нормирование надежности и заданы требования к надежности изделий КС (КК), АКА и их составным частям;

в) проведена проектная оценка всех ПН, заданных в ТТЗ (ТЗ);

г) разработаны программы обеспечения надежности КС (КК) и их составных частей, разработаны пояснительные записки к эскизному проекту по вопросам надежности, включая предварительный АВПКО и разработку предварительных перечня и программы контроля критичных элементов;

д) разработана логика работы АКА и его бортовых систем;

е) составлен предварительный перечень ЭКБ как отечественного, так и иностранного производства и разработан план мероприятий по обеспечению повышенного качества элементной базы;

- при завершении ЭО:

а) выполнены все мероприятия ПОН, предусмотренные к реализации при ЭО, в том числе организационные и технические требования к обеспечению надежности;

б) проведены с положительными результатами автономные, комплексные и МВИ в объемах, установленных в соответствии с требованиями КПЭО, а также предварительные (контрольные) испытания;

в) выявлены причины всех отказов элементов изделий и ПО КС, КК, АКА, имевших место при ЭО и предварительных (контрольных) испытаниях, и приняты меры по их устранению, эффективность которых экспериментально подтверждена;

г) проведена оценка всех показателей надежности, заданных в ТТЗ (ТЗ), расчетно-экспериментальным методом и выполнены условия неравенств; см. также примечание к 6.5.5;

д) в составе итогового отчета о готовности к ЛИ разработан раздел по вопросам надежности, содержащий конкретные результаты выполнения ПОН и КПЭО, результаты работ с критичными элементами изделий КС (КК), АКА, программным обеспечением с анализом причин и принятием мер по устранению выявленных отказов, оценки всех показателей надежности, заданных в ТТЗ (ТЗ);

- при завершении ЛИ:

а) выполнены все мероприятия ПОН, предусмотренные к реализации при ЛИ, в том числе соответствующие организационные и технические требования к обеспечению надежности;

б) получены положительные результаты ЛИ, проведенных в объеме, установленном в соответствии с требованиями программы ЛИ;

в) проведена оценка всех показателей надежности КС (КК), АКА и их составных частей, заданных в ТТЗ (ТЗ), расчетно-экспериментальным или экспериментальным методом;

г) в составе итогового отчета по результатам ЛИ разработан раздел по вопросам надежности, содержащий результаты оценки всех показателей надежности, заданных в ТТЗ (ТЗ), и выводы о выполнении требований к надежности.

6.5.9 Обобщение результатов контроля выполнения требований надежности на стадии эксплуатации, а также на стадии ЛИ изделий КС (КК), АКА, если они продолжаются в течение длительного времени, должно проводиться по завершении очередного года эксплуатации КС, КК, АКА и их составных частей с выпуском отчета. Результаты контроля выполнения требований к надежности должны включать:

- анализ причин всех отказов, имевших место при приемо-сдаточных, приработочных, периодических, типовых испытаниях, испытаниях на ТК и СК, при использовании КС, КК, АКА и их составных частей по целевому назначению;

- разработку и внедрение мероприятий по устранению имевших место отказов с подтверждением их эффективности;

- оценку показателей надежности КС (КК) АКА и их составных частей, находящихся в эксплуатации, и проверку выполнения требований к надежности, установленных в ТТЗ (ТЗ) или в ТУ.

### 6.6 Основные положения по нормированию, расчету надежности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования

6.6.1 Нормирование ПН АКА и его составных частей включает в себя:

- выбор номенклатуры ПН;

- определение исходных данных, программы полета и принимаемых допущений;

- обоснование численных значений ПН от уровня АКА до законченных систем, узлов и блоков изделия;

- установление требуемых количественных значений ПН составных частей АКА.

6.6.2 Методология проведения необходимых расчетов и порядок проведения нормирования приведены в ГОСТ 27.003 (приложение 5).

6.6.3 Методы расчета надежности конкретных АКА выбирают согласно ГОСТ 27.301, ГОСТ Р 51901.5 в зависимости:

- от целей расчета;

- наличия и возможности получения исходных данных, необходимых для применения определенного метода расчета;

- уровня отработанности конструкции и технологии изготовления АКА, системы его технического обслуживания и ремонта, позволяющего применить соответствующие расчетные модели.

### 6.7 Подтверждение надежности (безотказности) создаваемых единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования расчетно-экспериментальным методом в процессе проведения летных испытаний и эксплуатации

6.7.1 Под подтверждением надежности единичного (мелкосерийного) АКА следует понимать оценку правильности функционирования структурных элементов АКА с обеспечением выполнения целевой задачи в течение времени от момента запуска до конца активного существования АКА. Оценкой успешности работы каждой бортовой системы, устройства, агрегата и АКА в целом является расчет надежности, подтверждающий расчетные показатели безотказности (ВБР) при функционировании АКА по заданной циклограмме и соответствие ВБР полученным ранее значениям при проведении расчета надежности АКА перед началом ЛИ.

6.7.2 Для проведения расчета надежности АКА в целом при ЛИ от момента запуска до конца активного существования АКА, необходимо провести анализ надежности каждой составной части АКА с учетом всех воздействующих факторов космического пространства на каждый из его компонентов, поскольку интенсивности отказов всех составных частей АКА и их блоков отражены в расчете надежности, выполненном перед началом ЛИ. При проведении расчета надежности определяется значение ВБР каждого элемента структурной схемы АКА и АКА в целом. Полученное значение ВБР соответствует надежности рассматриваемых элементов структурной схемы АКА и АКА в целом.

6.7.3 В процессе штатного функционирования единичного (мелкосерийного) АКА его техническое состояние оценивает предприятие—разработчик АКА с целью подтверждения рассчитанных параметров надежности АКА, которые были получены перед началом ЛИ.

6.7.4 Если в процессе полета или эксплуатации выявлена неисправность или отказ в каком-либо элементе структурной схемы АКА, то при анализе надежности определяют причину неисправности или отказа, уточняют логику и циклограмму работы (в т.ч. за счет использования резервирования), устраняют неисправность и вычисляют уточненное значение интенсивности отказов элемента, бортовой системы и АКА в целом. При этом АКА продолжает решать поставленную перед ним задачу, но с меньшим значением ВБР.

## 7 Требования безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования

### 7.1 Общие требования безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования

7.1.1 Под безопасностью КС (КК), АКА следует понимать способность не переходить во всех заданных режимах эксплуатации в состояние, угрожающее жизни эксплуатирующего персонала, сопрягаемым объектам и природной среде.

Безопасность должна быть реализована в процессе эксплуатации КС (КК), АКА. Обеспечение безопасности должно осуществляться за счет использования защитных мер различного характера, имеющих свою специфику для каждого из направлений.

7.1.2 Безопасность КС (КК), АКА включает в себя техническую безопасность, безопасность эксплуатации и экологическую безопасность.

7.1.3 Обеспечение безопасности должно быть осуществлено за счет использования защитных мероприятий по следующим направлениям:

а) методы обеспечения технической безопасности, закладываемые при проектировании и состоящие:

- в обеспечении достаточных конструкторских запасов по отношению к внешним и внутренним воздействующим факторам;
- проведении анализа рисков с целью определения неприемлемых рисков и мер по снижению их до приемлемого уровня;
- выявлении (путем проведения АВПКО) критичных элементов АКА и определении мероприятий по снижению их критичности;

б) методы обеспечения безопасности эксплуатации:

- разработка тщательно продуманных инструкций по эксплуатации, содержащих в том числе четкое описание действий обслуживающего персонала в случае возникновения НШС и АС;
- подготовка квалифицированных кадров, их обучение и аттестация;
- контроль технологического цикла работ с АКА;

в) методы обеспечения экологической безопасности:

- определение источников повышенной опасности;
- определение объектов контроля;
- разработка обязательных методик, инструкций по порядку действий, в том числе в условиях экстремальных ситуаций;
- определение действий по ликвидации последствий аварий;
- проведение экологической экспертизы.

**7.1.4 Классификация источников опасности**

7.1.4.1 С учетом особенностей АКА и их составных частей выделяют следующие группы источников опасности, приводящие к рискам.

Э — источники электрической опасности (потребляющие или преобразующие электроэнергию или сопрягаемые электрическим образом с другими объектами);

В — источники взрывоопасности (характеризуемые использованием (наличием) взрывоопасных веществ и/или энергии сжатых газов);

П — источники пожароопасности (характеризуемые использованием горючих и легковоспламеняющихся веществ);

И — источники опасности высоких энергий;

И1 — источники опасности, содержащие и/или использующие энергию лазерного и СВЧ-излучений;

И2 — источники ядерной опасности (создающие ядерную опасность или опасность радиационного облучения или функционирующие в условиях естественной или искусственной радиации);

Б — источники биологической опасности (характеризуемые опасностью воздействия на обслуживающий персонал и сопрягаемые объекты вредных микроорганизмов);

Я — источники токсической опасности;

М — источники механической опасности (характеризуемые опасностью механических (в том числе метеоритных) и вакуумных воздействий;

Т — источники тепловой (в том числе криогенной опасности);

О — источники, создающие опасность для сопрягаемых объектов и природной среды или подвергающиеся опасности со стороны сопрягаемых объектов и внешней среды);

Ф — источниками функциональной опасности.

**7.1.5 Классификация источников техногенного засорения околоземного космического пространства**

7.1.5.1 Основными источниками техногенного засорения околоземного космического пространства являются:

- несанкционированные взрывы АКА, последних ступеней РН и РБ;
- самоликвидация АКА (систем АКА) после окончания их активного функционирования или в результате возникновения АС;
- выброс в околоземное космическое пространство операционных элементов (пружины, толкатели, опасные фрагменты пироболтов и т. д.);
- АКА по завершении их активного функционирования;
- разрушения АКА вследствие их столкновений на орбите друг с другом или с частицами естественного и техногенного происхождения;
- выбросы продуктов работы двигательных установок, несгоревшего топлива, жидких и газообразных веществ из корпусов АКА;
- эрозия материалов с поверхности АКА.

### 7.1.6 Классификация опасностей, возникающих в процессе создания и эксплуатации КС (КК), АКА

7.1.6.1 Классификация степеней опасности (рисков), которые могут возникнуть в процессе создания и эксплуатации КС (КК), АКА и их составных частей, в зависимости от тяжести последствий их проявления (в зависимости от конкретного проекта возможно деление указанных категорий на подкатегории) представлена в таблице 2.

Таблица 2 — Классификация опасностей по степени тяжести

| Степень опасности (риска) | Определение угрожающего события | Обозначение |
|---|---|---|
| Катастрофическая | Гибель, опасная для жизни травма или травма, приводящая к постоянной потере трудоспособности (для обслуживающего персонала, населения в районе позиционирования космодрома старта АКА), значительный ущерб экологии | 0А |
| Серьезная | Травма, приводящая к временной потере нетрудоспособности; незначительные последствия вредных воздействий на окружающую среду; серьезное повреждение общественной или частной собственности; срыв целевой задачи; повреждение наземных установок (прекращение эксплуатации СК на несколько месяцев) | 0В |
| Мажорная | Повреждение РН и/или РБ; повреждение полезной нагрузки; полный или частичный срыв целевой задачи; перенос запуска более суток; разрушение полезной нагрузки | 1 |
| Минорная | Перенос запуска на одни сутки; задержка выполнения целевой задачи; снижение готовности и эффективности АКА | 2 |
| Незначительная | Без существенных последствий; незначительное снижение качества функционирования АКА | 3 |

### 7.1.7 Классификация отказов составных частей АКА

7.1.7.1 Классификация отказов со шкалой категорий тяжести последствий отказов составных частей АКА приведена в таблице 3.

Таблица 3

| Категория тяжести последствий отказов | Характеристики тяжести последствий отказов |
|---|---|
| IV | Отказ, могущий повлечь за собой значительный ущерб самому АКА и/или окружающей среде, гибель или тяжелые травмы людей, срыв выполнения поставленной задачи. |
| III | Отказ, могущий повлечь за собой значительный ущерб для самого АКА и/или окружающей среды, срыв выполняемой задачи, но создает пренебрежимо малую угрозу жизни и здоровью людей. |
| II | Отказ, могущий повлечь задержку выполнения целевой задачи, снижение готовности и эффективности АКА, но не представляет опасности для окружающей среды, самого АКА и здоровья людей. |
| I | Отказ, могущий повлечь снижение качества функционирования АКА, но не представляет опасности для окружающей среды, самого АКА и здоровья людей. |

7.1.7.2 Классификация отказов (шкала вероятностей) составных частей АКА по вероятности их возникновения приведена в таблице 4.

Таблица 4

| Шкала частоты возникновения отказов (качественная) | Шкала вероятности возникновения отказов |
|---|---|
| Практически невероятно | $P < 10^{-7}$ |
| Редко | $10^{-7} < P \le 10^{-5}$ |
| Возможно | $10^{-5} < P \le 10^{-3}$ |
| Вероятно | $10^{-3} < P \le 10^{-1}$ |
| Часто | $P > 10^{-1}$ |

7.1.7.3 Принятие решения о дальнейшем проведении анализа отказа с той или иной глубиной инженерного осмысления (варианты *A*, *B*, *C* и *D*), связанного с тяжестью и частотой возникновения исследуемого отказа, с целью разработки адекватных защитных мероприятий, производится при рассмотрении следующей матрицы ранжирования отказов, представленной в таблице 5, где приняты обозначения.

*A* — обязателен углубленный качественный анализ критичности отказа;

*B* — желателен количественный анализ критичности;

*C* — можно ограничиться качественным анализом;

*D* — анализ не требуется.

Таблица 5

| Частота возникновения отказа | Тяжесть последствий отказов | | | |
|---|---|---|---|---|
| | IV | III | II | I |
| Часто | *A* | *A* | *A* | *C* |
| Вероятно | *A* | *A* | *B* | *C* |
| Возможно | *A* | *B* | *B* | *D* |
| Редко | *A* | *B* | *C* | *D* |
| Практически невероятно | *B* | *C* | *C* | *D* |

### 7.2 Требования безопасности космических систем, комплексов и автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования

#### 7.2.1 Количественные показатели безопасности

7.2.1.1 Количественные показатели безопасности КС (КК), АКА подразделяются на основные (обобщенные) и частные.

7.2.1.2 В качестве основного (обобщенного) показателя безопасности КС (КК), АКА принимают вероятность отсутствия происшествий за заданное время (например, за один год эксплуатации).

7.2.1.3 В качестве частных показателей безопасности могут быть приняты:

- вероятности возникновения НШС, АС или опасной ситуации в течение заданного времени;
- интенсивности возникновения НШС, АС или опасной ситуации в течение заданного времени;
- вероятности обнаружения и ликвидации НШС, АС или опасной ситуации;
- количественные значение рисков по каждой степени тяжести последствий их проявления;
- числовые значения времени, характеризующего функциональную инерционность и временную избыточность АКА;
- числовые значения времени, характеризующего быстродействие системы эксплуатации АКА;

- предельно допустимые уровни и длительности воздействия на обслуживающий персонал опасных и ВФ, возникающих как в ходе штатной, так и нештатной эксплуатации АКА;

- числовые характеристики времени действия средств защиты и спасения.

**7.2.2 Требования к количественным показателям безопасности**

7.2.2.1 Основной (обобщенный) показатель безопасности АКА — вероятность отсутствия происшествий за заданное время при эксплуатации АКА в течение календарного года (структуры, конструкции и составные части АКА) должна иметь значение не менее 0,999.

7.2.2.2 Вероятность ликвидации НШС на КС (КК), АКА и их составных частях должна иметь значение не менее 0,99.

7.2.2.3 Вероятность ликвидации АС на КС (КК), АКА и их составных частях должна иметь значение не менее 0,99.

7.2.2.4 Вероятность ликвидации опасной ситуации на рабочих местах КС (КК), АКА и их составных частях должна иметь значение не менее 0,9.

7.2.2.5 Время, характеризующее функциональную инерционность АКА, должно превосходить время, характеризующее временную избыточность любой из составных частей АКА при возникновении опасности.

7.2.2.6 Время, характеризующее быстродействие системы эксплуатации АКА при обнаружении, локализации и ликвидации опасности или эвакуации обслуживающего персонала из опасных зон, не должно превышать времени, характеризующего функциональную инерционность АКА.

7.2.2.7 Допустимые по безопасности количественные нормы опасных воздействий должны соответствовать действующим национальным и отраслевым стандартам.

7.2.2.8 Методику расчета и оценки показателей выбирает и обосновывает разработчик.

7.2.2.9 Показатели безопасности должны использоваться не в качестве обособленных требований, а в сочетании с другими требованиями настоящего стандарта.

**7.2.3 Требования к критериям безопасности**

7.2.3.1 Вероятностные критерии безопасности должны быть установлены для опасных последствий на уровне АКА. Эти вероятностные критерии должны применяться в принятии решения о допустимой степени риска для каждого установленного источника опасности.

7.2.3.2 При определении вероятностных критериев безопасности должно быть обеспечено их соответствие требованиям НД.

7.2.3.3 Вероятность события с катастрофическими последствиями должна быть ограничена уровнем практически невероятных событий.

7.2.3.4 Вероятность причинения вреда жизни и здоровью населения должна быть ограничена уровнем, не превышающим уровень естественного природного фона.

7.2.3.5 Для обслуживающего персонала степень индивидуального риска должна быть сопоставима со степенью риска, принятой для специалистов других профессий, подвергающихся вредным и опасным производственным факторам.

7.2.3.6 Для гражданского населения степень коллективного риска должна быть сопоставима со степенью риска, вызываемого другими видами человеческой деятельности повышенной опасности (например, риск, вызываемый пролетом коммерческих самолетов, продукцией химических предприятий и т. п.).

7.2.3.7 Полный перечень требований безопасности АКА может быть дополнен требованиями, обусловленными особенностями его составных частей.

**7.2.4 Требования к качественным показателям безопасности**

7.2.4.1 Требования отказоустойчивости (живучести) являются одними из основных требований обеспечения безопасности и используются для контроля рисков.

7.2.4.2 АКА должен быть спроектирован с учетом выполнения следующих требований отказоустойчивости:

- единичный отказ любого комплектующего элемента не должен приводить к катастрофическим и серьезным последствиям;

- единичная ошибка оператора не должна приводить к катастрофическим и серьезным последствиям;

- комбинация двух отказов, комбинация двух ошибок оператора, комбинация одного отказа и одной ошибки оператора не должны приводить к катастрофическим последствиям;

- все опасные факторы, которые не контролируются принципами отказоустойчивости, должны контролироваться путем выполнения проектных требований по снижению риска или соответствия вероятностным критериям безопасности.

**7.2.5 Основные требования к источникам опасности на всех стадиях наземной подготовки АКА**

7.2.5.1 На всех стадиях наземной подготовки АКА должны быть обеспечены:

- установка и подключение приборов и систем контроля уровней опасных и ВФ;
- герметизация агрессивных, вредных и токсичных веществ (для опасностей типов В, Б, Т, О);
- максимально возможное применение негорючих, виброгасящих, звукопоглощающих, изоляционных, радиоэкранирующих и взрывобезопасных материалов (для опасностей типов В, П, И, И1, И2, О);
- преимущественное использование электрических цепей, источников и потребителей электроэнергии с пониженным напряжением, а пневмогидравлических коммуникаций и систем — с пониженным давлением (для опасностей типов Э, В);
- исключение пролива КРТ, горючесмазочных веществ, охлаждающих, криогенных, других агрессивных жидкостей и попадания их на рабочие места, а также на электро- и пневмогидрокоммуникации (для опасностей типов Э, В, П, Я, Ф, О);
- выполнение элементов, содержащих токсичные, вредные, агрессивные и радиоактивные вещества, съемными и/или легкоделящимися (для опасностей типов И2, Б, П, Я, Т), за исключением топливных баков и отсеков орбитальных средств;
- отсутствие в рабочей зоне опасности, создаваемой перемещающимися элементами конструкций, поверхностями, находящимися под воздействием высоких и криогенных температур, токоведущих элементов и частей (для опасностей типов Э, Т, М, П, О, Ф);
- исключение самопроизвольного или несанкционированного формирования команд и сигналов оповещения об опасности, включения аварийных средств защиты и спасения на всех режимах эксплуатации и применения (для опасностей типов Э, В, Ф);
- отсутствие опасности в результате прекращения подачи электроэнергии, охлаждающих жидкостей, топлива, воды (для опасностей типов Э, П, М, Т, О, Ф);
- исключение возможности распространения пожара по сооружениям, системам, боевым постам, самому АКА, а также попадания и воздействия на обслуживающий персонал средств тушения пожара, продуктов их распада и продуктов сгорания (для опасностей типов П, М, Т, О, Ф);
- наличие на рабочих местах аварийного освещения, аварийной связи и сигнализации, средств жизнеобеспечения и оказания первой помощи обслуживающему персоналу (для опасностей типов Э, В, Б, Я, М, Т).

7.2.5.2 Предельно допустимые концентрации вредных химических веществ, паров КРТ, газов и веществ, выделяемых АКА, в воздухе рабочей зоны должны соответствовать требованиям национальных и международных стандартов на конкретные виды опасностей.

7.2.5.3 Рабочие помещения должны быть оборудованы автоматической системой пожаровзрывопредупреждения и подавления пожара многократного применения.

7.2.5.4 Системы и оборудование, обеспечивающие ликвидацию аварийных ситуаций, аварий и их последствий, должны иметь дублированные системы подачи электроэнергии, а также дублирующие гарантированные системы снабжения и подачи необходимых рабочих жидкостей и газов.

7.2.5.5 Должно быть предусмотрено наличие средств предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций природного характера с учетом географического расположения районов подготовки и испытаний АКА.

7.2.5.6 Рабочие места должны удовлетворять эргономическим и санитарно-гигиеническим требованиям национальных стандартов, требованиям пожарной безопасности и правилам устройства электроустановок (для опасностей типов Э, И, И1, И2, Ф).

7.2.5.7 Управление технологическим процессом подготовки АКА к запуску должно вестись из защищенных сооружений, которые должны обеспечивать в автономном режиме жизнедеятельность персонала в течение времени, заданного соответствующими национальными стандартами.

7.2.5.8 На рабочих местах должны быть в наличии автоматизированные системы контроля наличия обслуживающего персонала.

7.2.5.9 Для обеспечения безопасности эксплуатации АКА и сопряженных объектов, сохранения природной среды при подготовке к запуску и приземлении (для возвращаемых АКА) должны быть предусмотрены зоны отчуждения с учетом господствующих направлений ветра, рельефа и характера местности.

Должна быть обеспечена посадка возвращаемых АКА или прочих АКА на аварийных режимах преимущественно на территории Российской Федерации.

7.2.5.10 Должна быть предусмотрена система аварийного подрыва АКА, защищенная от случайного срабатывания.

7.2.5.11 Должны быть предусмотрены средства защиты и спасения обслуживающего персонала с учетом назначения, конструктивных особенностей АКА и природы опасных и ВФ (для опасностей типов Э, В, П, И, И1, И2, Б, Я, М, Т, О, Ф).

Номенклатуру средств защиты устанавливают исходя из вида и уровня опасных и ВФ, условий эксплуатации, характера взаимодействия с природной средой и сопряженными объектами. Тип устройств и средств защиты определяется требованиями соответствующей НД.

Контроль исправности средств защиты, проведение и обработка измерений уровней опасных и ВФ следует проводить в соответствии с нормативной документацией по группам опасностей. Отказ отдельных элементов защиты не должен прекращать защитного действия других средств или создавать дополнительную опасность.

При возникновении неустранимых аварийных ситуаций средства защиты и спасения должны обеспечивать безопасность обслуживающего персонала в течение времени, необходимого для покидания опасной зоны. Эвакуация обслуживающего персонала должна обеспечиваться за время, не превышающее соответствующие значения национальных стандартов.

7.2.5.12 Предупреждающие надписи, таблички, маркировка, знаки и плакаты должны соответствовать требованиям НД.

7.2.5.13 Интенсивность воспринимаемого аварийного сигнала должна быть адекватна степени опасности, о которой он предупреждает.

7.2.5.14 Обычные операции или операции по аварийному прекращению запуска не должны приводить к загрязнению окружающей среды, представляющему опасность для человеческого здоровья, сельскохозяйственных культур или природных ресурсов, или превышающему допустимые пределы, установленные национальными или международными нормативно-правовыми актами.

**7.2.6 Требования безопасности АКА**

7.2.6.1 Конструкция АКА должна исключать возможность создания предпосылок к возникновению АС при проведении испытаний и подготовке к пуску. Для этого системы АКА должны быть оснащены системой блокировки и иметь соответствующую логику работы.

7.2.6.2 Конструкция АКА должна позволять осуществлять контроль загазованности в отсеках после проведения заправки, слива КРТ и рабочих жидкостей, после проведения испытаний АКА, а также нейтрализацию топливной арматуры после слива КРТ и вентиляцию отсеков в случае необходимости.

7.2.6.3 Все съемные приспособления АКА должны быть легко доступны, иметь яркую цветную маркировку и предупредительные надписи. Агрегаты и узлы массой более 50 кг должны иметь такелажные узлы для подъемных приспособлений.

7.2.6.4 Конструкция АКА, имеющих в своем составе ядерные энергетические установки, должна обеспечивать возможность демонтажа активной зоны или ее элементов и хранение их в специализированных хранилищах. Должна быть предусмотрена возможность проведения дозиметрического контроля в отдельных отсеках.

7.2.6.5 Бортовая кабельная сеть и бортовые системы должны быть устойчивы к статическому электричеству. Должны быть предусмотрены мероприятия по выравниванию разности потенциалов между элементами КА.

7.2.6.6 Конструкция спускаемых аппаратов (для возвращаемых АКА) должна обеспечивать:

- возможность аварийного спуска и посадки;
- плавучесть и устойчивость в случае посадки на воду;
- сохранение герметичности в случае посадки (в том числе аварийной).

7.2.6.7 Спускаемый аппарат должен быть оснащен средствами, обеспечивающими его поиск в течение времени, указанного в техническом задании.

7.2.6.8 Перед проведением послеполетного осмотра и извлечения приборных контейнеров, капсул и т. д. должна быть проведена нейтрализация, дезактивация и проверка на наличие опасных микробов, микроорганизмов. Вскрытие спускаемого аппарата следует проводить в специально оборудованной лаборатории, при этом должны быть приняты все необходимые меры для защиты персонала.

**7.2.7 Требования по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства**

7.2.7.1 После окончания срока активного существования АКА следует проводить пассивацию:

- удаление остатков топлива из баков АКА;

- удаление жидкостей и газов из емкостей, находящихся под давлением, если вследствие потери герметичности этих емкостей может образоваться космический мусор;
- ограничение возможности самопроизвольного срабатывания неиспользованных взрывных устройств;
- разрядку химических источников тока;
- разгрузку маховиков, гироскопов и других аналогичных устройств.

Примечание — Требования настоящего пункта не относятся к АКА, для которых предусмотрен контролируемый вход в атмосферу Земли с целью уничтожения по завершении срока их активного функционирования.

7.2.7.2 Для снижения выбросов операционных элементов должны быть предусмотрены:
- ограничение образования фрагментов после срабатывания пиро- и пневмозамков, отстрела предохранительных крышек приборов АКА и т. д.;
- сведение к минимуму количества сбрасываемых сопловых заглушек и сопловых крышек двигательных установок;
- исключение выброса операционных элементов в область геостационарных орбит.

7.2.7.3 По окончании срока активного функционирования АКА должны быть предусмотрены меры:
- по уводу АКА с орбиты (в том числе на отлетные траектории или орбиты хранения). Особенности увода АКА из области геостационарных орбит регулируются соответствующей эксплуатационной документацией;
- по снижению сроков орбитального существования АКА после прекращения ими активного функционирования;
- для АКА, предназначенных для исследования других планет, должны быть обеспечены условия существования на орбите планеты в течение времени и с вероятностью, определенной техническим заданием.

### 7.3 Методология анализа безопасности, выявление критичных отказов космических систем, комплексов, автоматических космических аппаратов и их составных частей

7.3.1 Работы по АВПКО КС, КК, АКА и их составных частей проводятся в соответствии с ГОСТ 27.310.

В процессе анализа должны решаться следующие задачи:
- выявление возможных видов отказов КС, КК, АКА и их составных частей,
- определение возможных причин, механизмов и условий возникновения и развития отказов,
- определение возможных неблагоприятных последствий возникновения выявленных отказов, проведение качественного анализа тяжести их последствий,
- составление перечня критичных элементов,
- составление перечня мероприятий, направленных на предупреждение или снижение тяжести последствий отказа.

7.3.2 АВПКО проводится ГПР с участием кооперации соисполнителей на этапе эскизного проекта и уточняется на последующих этапах.

7.3.3 По результатам проведения АВПКО выпускаются отчеты, разработанные в соответствии с ГОСТ 27.310. Отчет по АВПКО должен быть согласован с представителем заказчика.

7.3.4 Мероприятия и работы по отработке критичных элементов должны быть отражены в ПОН и КПЭО.

7.3.5 Порядок разработки, согласования, утверждения и внесения изменений в отчет должен соответствовать правилам, действующим в отношении КД.

7.3.6 Контроль за реализацией мероприятий по парированию критичных элементов осуществляют представители заказчика и разработчик на всех стадиях и этапах жизненного цикла КС, КК, АКА.

7.3.7 Выявление потенциальных отказов при эксплуатации проводят специалисты по эксплуатации с занесением в соответствующую документацию.

7.3.8 Выявление факторов негативного воздействия на экологию и окружающую среду регистрируют в соответствующей документации.

**7.3.9 Анализ рисков**

7.3.9.1 Анализ рисков проводят на этапе эскизного проектирования и уточняют на последующих этапах. Результаты анализа рисков КС, КК, АКА оформляют в виде отчетов. Отчет по анализу рисков КС, КК, АКА разрабатывается головной организацией-разработчиком с участием кооперации соиспол-

нителей и согласовывается с представителем заказчика. Указанный отчет может быть выпущен в качестве отдельного документа или в составе отчета по реализации ПОБ КС, КК, АКА.

7.3.9.2 Качественную и количественную оценку риска проводят по методикам, изложенным в национальных и международных стандартах. Разработчик вправе выбирать любую из методик, а также разработать свою собственную, обосновав при этом ее достаточность.

7.3.9.3 Отчет по анализу рисков должен содержать:

- качественные и количественные требования по рискам;
- выявленные риски и причины их возможного возникновения;
- перечень мероприятий по устранению или парированию выявленных рисков для каждой стадии жизненного цикла (установление барьеров безопасности);
- состав исполнителей по каждому мероприятию;
- отчетность по каждому мероприятию.

7.3.9.4 Порядок разработки, согласования, утверждения и внесения изменений в отчет по анализу рисков должен соответствовать правилам, действующим в отношении конструкторской документации.

7.3.9.5 Контроль за реализацией мероприятий, определенных в отчете по анализу рисков, осуществляют представители заказчика и разработчик.

**7.3.10 Анализ отказоустойчивости программного обеспечения**

7.3.10.1 Оценка отказоустойчивости бортового ПО проводится путем анализа качественных показателей, достигнутых в результате наземной отработки (отладки) и по отчетам об испытаниях ПО.

7.3.10.2 Анализ отказоустойчивости бортового ПО состоит в оценке результатов испытаний бортового ПО в составе бортовой аппаратуры.

В результате проведения анализа должны быть получены следующие материалы:

- таблица соответствия бортового ПО требованиям ТЗ;
- сведения об устойчивости бортового ПО к сбоям аппаратуры.

### 7.4 Методология подтверждения требований безопасности путем введения процедуры управления рисками

**7.4.1 Требования к барьерам безопасности**

7.4.1.1 Под барьером безопасности понимается функция, изделие, материал, программное обеспечение, действие оператора и т. д., целью которых является остановка или замедление развития опасной ситуации.

Барьером безопасности могут быть:

- физическое свойство,
- конструктивная характеристика;
- технологическое устройство.

Действенность барьера безопасности определяется его надежностью.

7.4.1.2 Барьеры, противостоящие одному и тому же событию, должны быть независимы друг от друга и при возможности отличаться по природе, т. е. это может быть механический, электрический, электронный, программный и др. барьер.

7.4.1.3 Барьеры безопасности должны быть эффективными, т. е.:

- учитывать специфику и причину существующих рисков;
- не терять своих защитных свойств при воздействии факторов риска и сохранять при этом свои характеристики во времени.

7.4.1.4 Барьеры безопасности должны быть:

- испытуемыми индивидуально;
- независимыми по отношению к любому общему режиму отказа;
- способными уменьшать имеющийся риск отказа с целью повышения безопасности системы по отношению к имеющимся опасностям.

7.4.1.5 Эффективность и надежность барьеров безопасности должны быть доказаны результатами анализа их режимов отказа или испытаний при необходимости.

7.4.1.6 Оценку риска с учетом имеющихся барьеров безопасности следует проводить по методикам, изложенным в НД. Разработчик вправе выбирать любую из методик, а также разработать свою собственную, обосновав при этом ее достаточность.

**7.4.2 Подтверждение требований безопасности**

Обеспечение требуемого уровня безопасности достигается путем последовательного выполнения следующих процедур:

а) формирование исходных данных:

1) представление тяжести последствий риска применительно к конкретному проекту с учетом требований 7.1.7.1,

2) представление количественных целей безопасности (величин приемлемых рисков);

б) проведение качественного анализа рисков;

в) распределение величин приемлемых рисков, предъявляемых к системе в целом, а также по ее составным частям, с учетом результатов качественного анализа;

г) проведение количественного анализа рисков с учетом введения барьеров безопасности;

д) оценка приемлемости риска;

е) управление остаточным риском.

**7.4.3 Подтверждение количественных требований безопасности с учетом введения барьеров безопасности**

При оценке рисков необходимо учитывать события, вызванные отказами, связанными с этими рисками. Параметром, определяющим количественный ПН таких событий, является вероятность безотказной работы $P_{вбр}$.

Так как риск является основным содержанием безопасности, то оптимальное распределение барьеров безопасности на протяжении всего жизненного цикла АКА должно служить инструментом защитного характера от возможных неблагоприятных случаев и обеспечивать выполнение заданных требований по безопасности.

Рекомендуется следующий порядок проведения работ по достижению приемлемого риска:

а) проведение расчета надежности АКА и определение вероятности безотказной работы за заданное в ТТЗ (ТЗ) время эксплуатации $P_{вбр}$, а также вероятности отказа АКА

$$Q = 1 - P_{вбр}, \tag{2}$$

б) проведение анализа рисков, выявление отказов, способных привести к опасным событиям, по результатам которого вырабатывают мероприятия конструктивного, технологического, испытательного и контрольного характера.

Каждому конкретному мероприятию на основе шкалы вероятностей путем экспертных оценок присваивают некоторое количественное значение $Q_b$;

в) определение итоговой вероятности наступления нежелательного события $D$, когда вероятность отказа барьера безопасности $Q_b$ добавляется в виде дополнительного сомножителя в зависимость для количественной оценки вероятности возможного отказа АКА.

Расчет проводят по следующей формуле:

$$D = Q \cdot Q_b. \tag{3}$$

Если используются несколько барьеров безопасности, то формула (3) примет следующий вид:

$$D = Q \cdot \prod_{b=1}^{n_b} Q_b, \tag{4}$$

где $b$ — порядковый номер барьера безопасности;

$n_b$ — число введенных барьеров безопасности;

г) сравнение полученного значения со значением, вычисленным по формуле (2).

В случае необходимости число барьеров безопасности наращивается до тех пор, пока значение $D$ не станет приемлемым.

**7.5 Требования к организации работ по обеспечению безопасности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов и их составных частей**

**7.5.1 Требования к работам, проводимым на всех этапах создания и эксплуатации АКА и его составных частей**

7.5.1.1 На всех этапах создания и эксплуатации АКА и его составных частей должны быть проведены следующие работы:

- сравнительный анализ альтернативных решений, способов и средств обеспечения безопасности;
- идентификация и анализ рисков, а также определение мероприятий по их парированию,
- уточнение технологии выполнения работ на всех режимах эксплуатации и применения;
- разработка и уточнение перечней возможных НШС, способов и средств выхода из них;
- разработка, планирование и уточнение комплекса организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности обслуживающего персонала, сопряженных объектов и окружающей природной среды.

7.5.1.2 Указанные мероприятия являются исходными данными для разработки программы обеспечения безопасности АКА. Требования к программе обеспечения безопасности АКА изложены в 7.6.2.

**7.5.2 Требования к организационно-техническим мероприятиям по обеспечению безопасности АКА и их составных частей**

7.5.2.1 Организационно-технические мероприятия должны разрабатываться и осуществляться с учетом реальных условий эксплуатации АКА на основе норм и правил, установленных настоящим стандартом и соответствующей НД.

7.5.2.2 Организационно-технические мероприятия должны предусматривать:

- планирование мероприятий по обеспечению безопасности всех видов работ с АКА и его составными частями;
- разработку инструкций, учебно-методической и эксплуатационной документации, содержащих правила безопасности и определяющих порядок действий обслуживающего персонала при возникновении НШС и АС;
- установление порядка проведения инструктажей по правилам и мерам безопасности;
- обучение и аттестацию обслуживающего персонала;
- организацию контроля за здоровьем обслуживающего персонала;
- проведение испытаний и проверку на функционирование технологического оборудования;
- организацию непрерывного и пооперационного контроля за технологическими операциями;
- обеспечение предупреждающими надписями, табличками, маркировкой, знаками и плакатами;
- обеспечение мер эвакуации обслуживающего персонала и ликвидации АС.

7.5.2.3 В эксплуатационной документации должны быть указаны мероприятия по экологическому мониторингу, в том числе защите окружающей среды в случае возникновения АС.

**7.5.3 Требования к организации работ по обеспечению безопасности АКА на этапах создания и эксплуатации**

7.5.3.1 В подразделе ТТЗ (ТЗ) «Требования безопасности» должны быть определены основные этапы обеспечения безопасности, а также:

- содержаться ссылки на НД, определяющие требования безопасности;
- содержаться количественные требования по группам опасностей и/или по рискам, а также к показателю безопасности в целом;
- содержаться требования:

а) на проведение анализа рисков для всех опасностей, свойственных данному АКА, причин их возникновения и разработки мероприятий по их парированию;

б) на проведение анализа видов, последствий и критичности отказов АКА и его составных частей с последующим формированием Перечня критичных элементов для их отработки;

в) на разработку ПОБ;

г) на включение требований и мер безопасности (в том числе определения порядка действия персонала в случае возникновения НШС и АС) в ЭД;

д) проведения оценки и контроля выполнения требований по безопасности, включая количественные показатели безопасности, с отражением полученных данных в «Отчетах по выполнению мероприятий ПОБ» (промежуточных по стадиям жизненного цикла или итоговом).

7.5.3.2 Разработчик АКА или его составных частей должен обеспечить соответствие технического предложения, эскизного проекта требованиям настоящего стандарта и ТТЗ (ТЗ) в части безопасности.

7.5.3.3 При проектировании АКА и его составных частей должны быть идентифицированы все опасности/риски на всех стадиях жизненного цикла, в том числе при нормальной эксплуатации, возможных НШС и АС, чрезвычайных ситуациях природного характера, предполагаемых ошибках персонала и недопустимом использовании.

7.5.3.4 Для всех идентифицированных опасностей риски должны быть оценены количественно или (при невозможности количественной оценки) качественно. Должна быть обеспечена возможность проверки выполненной оценки.

7.5.3.5 Информация об остаточных рисках и установленном комплексе организационных мер должна быть доведена до всех, от кого зависит его выполнение и кто несет за это ответственность. Должна быть обеспечена возможность контроля выполнения этих мер.

7.5.3.6 С учетом проведенной оценки рисков при проектировании должен быть определен весь комплекс мер для ликвидации или уменьшения (снижения) потенциального ущерба до приемлемого уровня на всех стадиях жизненного цикла.

7.5.3.7 Разработчик и изготовитель АКА должен обеспечить соответствие процессов изготовления опытных изделий, проведения автономных, комплексных и МВИ опытных изделий требованиям настоящего стандарта, а также требованиям стандартов по промышленной и экологической безопасности.

7.5.3.8 При изготовлении АКА и их составных частей изготовитель обязан выполнить весь комплекс мер по обеспечению безопасности, определенный технологической документацией. Должна быть обеспечена возможность контроля выполнения всех технологических операций, от которых зависит безопасность.

7.5.3.9 Если для обеспечения безопасности в процессе или после изготовления АКА и их составных частей требуется проведение испытаний, то они должны быть проведены в полном объеме с выполнением всех указанных выше требований.

Испытания на надежность функций, критичных для обеспечения безопасности, должны проводиться при необходимости, обусловленной анализом безопасности, для изучения последствий отказов и для проверки соответствия техническим требованиям отказоустойчивости.

7.5.3.10 Результаты наземных испытаний должны использоваться как для целей отработки и корректировки рабочей документации, так и для набора статистических данных с целью поэтапного подтверждения надежности и снижения риска.

7.5.3.11 В эксплуатационную документацию должны включаться меры по обеспечению безопасности, которые необходимо соблюдать при летных испытаниях, при вводе в эксплуатацию, использовании по целевому назначению, техническом обслуживании, транспортировании, упаковке, консервации, хранении, по выводу из эксплуатации и утилизации (при необходимости).

7.5.3.12 Летные испытания являются приемочными государственными испытаниями АКА. Общее руководство летными испытаниями осуществляет Государственная комиссия, назначаемая решением Правительства Российской Федерации по совместному представлению государственного заказчика, заинтересованных ведомств и головного разработчика комплекса. Ответственность за обеспечение безопасности при проведении летных испытаний лежит на Государственной комиссии.

7.5.3.13 При летных испытаниях должны быть решены задачи завершения отработки эксплуатационной документации, обучения персонала правилам штатной эксплуатации, а также действиям в случае возникновения НШС, и набора данных в реальных условиях эксплуатации для проверки эффективности мер обеспечения безопасности.

7.5.3.14 В случае аварийного пуска, пуска с отказами АКА в полете или невыполнения требований, содержащихся в техническом задании и влияющих на технические характеристики АКА, последующий пуск должен осуществляться только после устранения причин аварий или отказа, выполнения необходимых расчетных и экспериментальных работ для подтверждения эффективности и достаточности принятых мер или реализации мероприятий, исключающих повторение причин аварии или отказа изделия в полете.

Решение о продолжении летных испытаний после аварийного пуска принимает Государственная комиссия на основании представленных заключений аварийной комиссии, генерального (главного) конструктора АКА и заказчика (организации заказчика по его указанию).

7.5.3.15 Эксплуатирующая организация должна обеспечить соответствие эксплуатации АКА требованиям настоящего стандарта, а также требованиям эксплуатационной документации.

Главными задачами организации работ по обеспечению безопасности при штатной эксплуатации являются:

- поддержание профессиональной подготовки персонала;
- строгое соблюдение инструкций по эксплуатации;
- контроль параметров состояния КС, КК, АКА с целью принятия решений о продлении или прекращении этапа эксплуатации;
- обеспечение мер защиты от несанкционированного доступа и терроризма.

**7.5.4 Требования к организации работ по экологической безопасности**

7.5.4.1 Основные работы и мероприятия по обеспечению экологической безопасности проводятся согласно НД в рамках Программы обеспечения экологической безопасности АКА, которая выпускается отдельным документом или в составе ПОБ АКА.

7.5.4.2 При наземной эксплуатации АКА должны быть предусмотрены следующие мероприятия:

- по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности, в том числе по обеспечению тепловой (криогенной) безопасности;
- по обеспечению механической безопасности;
- по защите обслуживающего персонала и окружающей природной среды от шума и электромагнитного излучения;
- по инженерной защите территории, на которой размещены объекты наземной инфраструктуры АКА;
- по предотвращению постороннего вмешательства в деятельность объектов наземной инфраструктуры;
- по снижению последствий чрезвычайных природных ситуаций (заморозки, сильные ветры, засуха, резкие перепады температуры, гололед, метели, грозы, ураганы, град, туман, карстовые явления, сильные снегопады, землетрясения и т. д.);
- по сборке и нейтрализации проливов КРТ;
- по организации работы аварийно-спасательной (поисково-спасательной) службы, состоящей из специально подготовленного персонала, оснащенной специальным оборудованием, инструментом, индивидуальными средствами защиты, а также специальной автомобильной, авиационной и др. техникой.

**7.5.5 Требования к организации работ по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства**

7.5.5.1 Мероприятия по предотвращению техногенного засорения околоземного космического пространства проводятся всеми участниками создания и эксплуатации КС, КК, АКА на всех стадиях и этапах их жизненного цикла. Требования, направленные на ограничение техногенного засорения околоземного космического пространства, должны быть включены в ТТЗ (ТЗ) на разработку КС, КК, АКА и их составных частей.

7.5.5.2 Каждый случай несанкционированного взрыва на орбите или разрушения АКА вследствие его столкновения с естественными и техногенными частицами должен быть проанализирован. Работу по анализу причин возникновения таких ситуаций и выработке рекомендаций по их предотвращению организует Федеральное космическое агентство.

7.5.5.3 Материалы проектной документации на АКА должны содержать:

- перечень и описание штатных и возможных АС, дающих представление об источниках образования космического мусора;
- описание особенностей конструкции и функционирования АКА, дающих информацию о возможных источниках образования космического мусора (топлива, химических источников тока, емкостей под давлением, топливных баков, пиротехнических устройств, систем ликвидации, источников кинетической энергии, систем развертывания АКА, элементов защиты оптических и других устройств, покрытий и т. д.);
- данные об ожидаемом количестве, размерах, массе, материале опасных фрагментов;
- перечень организационных и технических мероприятий, направленных на ограничение техногенного засорения околоземного космического пространства.

7.5.5.4 При выполнении требований по ограничению техногенного засорения околоземного космического пространства должны учитываться стоимость и возможность реализации работ и мероприятий по снижению засоренности.

7.5.5.5 Контроль выполнения требований к КС, КК, АКА по обеспечению ограничения техногенного засорения околоземного космического пространства осуществляет государственный заказчик (представитель заказчика) КС, КК, АКА.

### 7.6 Требования к документации в части обеспечения безопасности эксплуатации

**7.6.1 Требования к содержанию подраздела безопасности в ТТЗ (ТЗ)**

В подразделе «Требования безопасности» устанавливают требования, характеризующие конструктивно-технические особенности создаваемого изделия, обеспечивающие безопасность обслуживающего персонала, местного населения, сопрягаемых и других близко расположенных объектов, а также окружающей среды на всех стадиях жизненного цикла изделия:

- безопасности личного состава и населения от воздействия электрического напряжения, движущихся частей, теплового (светового) воздействия, высокочастотных, радиационных, электромагнитных

полей, ядовитых паров и газов, вибраций, акустических шумов и др., а также специальные технические и медико-технические требования безопасности обслуживающего персонала;

- взрывобезопасности и пожаростойкости КС, КК, АКА и их составных частей, примененных покрытий и материалов;
- к входящим в состав КС, КК, АКА индивидуальным и коллективным средствам защиты обслуживающего персонала;
- радиационной, химической и биологической безопасности;
- к средствам блокировки и сигнализации;
- защиты составных частей КС, КК, АКА от самосрабатывания и повреждений при воздействии статического электричества и перегрузок (в заданных условиях);
- критерии опасного состояния КС, КК, АКА;
- безопасного удаления обслуживающего персонала при использовании КС, КК, АКА в процессе использования по целевому назначению (указывают при необходимости);
- требования по экологической безопасности;
- типовые организационно-технические мероприятия, направленные на выполнение требований по экологической безопасности КС, КК, АКА;
- количественные требования безопасности.

**7.6.2 Требования к ПОБ**

7.6.2.1 ПОБ КС, КК, АКА представляет собой организационно-методический документ, определяющий комплекс основных мероприятий по обеспечению безопасности на всех этапах жизненного цикла АКА, разрабатываемый на этапе эскизного проектирования. Необходимость разработки ПОБ КС, КК, АКА определяет заказчик в ТТЗ (ТЗ).

7.6.2.2 Программа обеспечения безопасности АКА разрабатывается головной организацией-разработчиком с участием кооперации соисполнителей и согласовывается с заказчиком (представителем заказчика).

7.6.2.3 Кроме ПОБ АКА в целом должны быть разработаны ПОБ на составные части АКА, содержащие хотя бы один из источников опасности.

7.6.2.4 ПОБ должна содержать:

- общую часть (требования по безопасности, задачи ПОБ, исходные данные для ее разработки, порядок разработки и коррекции);
- разделы программы по этапам жизненного цикла КС, КК, АКА и их составных частей;
- количественные требования безопасности;
- перечень основных мероприятий по обеспечению безопасности, производимых на каждом этапе жизненного цикла КС, КК, АКА и их составных частей, в том числе мероприятия экологического мониторинга;
- плановые сроки начала и окончания каждого мероприятия;
- состав исполнителей по каждому мероприятию, ответственных за выполнение каждого мероприятия и порядок взаимодействия исполнителей;
- отчетность по каждому мероприятию и порядок обмена информацией.

7.6.2.5 Порядок разработки, согласования, утверждения и внесения изменений в ПОБ должен соответствовать правилам, действующим в отношении конструкторской документации.

7.6.2.6 Контроль за реализацией мероприятий ПОБ осуществляют представитель заказчика и головной разработчик.

**7.6.3 Требования к отчету АВПКО**

Разработка отчета по анализу видов, последствий и критичности отказов проводится в соответствии с ГОСТ 27.310.

**7.6.4 Требования к Программе управления рисками**

7.6.4.1 Управление рисками должно осуществляться на всем протяжении жизненного цикла АКА путем инженерного анализа и систематического поиска:

- факторов риска (источники опасности, опасная ситуация, отказ элементов системы);
- возможных причин возникновения риска, что позволит моделировать опасные ситуации путем составления дерева отказов;
- мероприятий по парированию НШС и АС (барьеров безопасности).

Для подтверждения эффективности принятых мер по устранению/сокращению риска до допустимого уровня должны быть проведены следующие работы:

- повторная оценка остаточного риска;

- подробный обзор оценки риска на основе документации;
- выявление остаточных проблем/областей.

7.6.4.2 Программа управления рисками АКА представляет собой организационно-методический документ, определяющий комплекс основных мероприятий по идентификации и оценке рисков на всех этапах жизненного цикла АКА, и разрабатываемый на этапе эскизного проектирования.

7.6.4.3 Программа управления рисками АКА разрабатывается ГПР с участием кооперации соисполнителей и согласовывается с заказчиком (представительством заказчика).

7.6.4.4 Программа управления рисками АКА должна содержать:

- задачи, выполняемые Программой управления рисками (или перечень задач, относящихся к основным этапам жизненного цикла);
- качественные и количественные требования по рискам;
- предварительный перечень источников опасности и рисков;
- используемые методы качественного анализа;
- используемые методы количественного анализа;
- перечень мероприятий по идентификации, анализу и оценке рисков, а также по управлению остаточным риском;
- состав исполнителей по каждому мероприятию;
- отчетность по каждому мероприятию.

7.6.4.5 Разработку, согласование, утверждение и внесение изменений в Программу управления рисками проводят в соответствии с требованиями ЕСКД.

7.6.4.6 Контроль за реализацией мероприятий Программы управления рисками осуществляют разработчик и представительство заказчика.

### 7.7 Оценка соответствия безопасности установленным требованиям

7.7.1 Руководители организаций—разработчиков и изготовителей КС, КК, АКА, их составных частей и комплектующих несут ответственность за обеспечение соответствия этой продукции установленным требованиям по безопасности в соответствии с законодательством Российской Федерации.

7.7.2 КС (КК), АКА, оценка и подтверждение соответствия которых установленным требованиям не проведена, не могут быть допущены к использованию по назначению.

7.7.3 Оценка соответствия КС, КК, АКА установленным требованиям безопасности должна обеспечивать выполнение следующих задач:

- оценка соответствия КС, КК, АКА заданным в ТТЗ (ТЗ) требованиям по безопасности;
- оценка соответствия КС, КК, АКА конструкторской и технологической документации в части безопасности;
- подтверждение работоспособности и безопасности АКА и его составных частей в процессе проведения наземных испытаний, ЛИ и посадки (для возвращаемых АКА).

7.7.4 Объектами оценки соответствия являются:

- КС, КК, АКА и их составные части;
- программно-математическое обеспечение;
- комплектующие изделия и материалы.

7.7.5 Подтверждение соответствия АКА на территории Российской Федерации является обязательным.

7.7.6 Конкретные процедуры и методы оценки соответствия АКА научного и социально-экономического назначения с учетом их специфики утверждаются и вводятся в действие федеральным органом исполнительной власти по космической деятельности.

7.7.7 Проведение работ по оценке соответствия АКА предусматривается государственными заказчиками (заказчиками) АКА при выдаче ТТЗ (ТЗ) и в контрактах на создание АКА и их использование для оказания космических услуг.

7.7.8 Обоснование безопасности должно содержать перечень выявленных опасностей/рисков для всех стадий жизненного цикла АКА и его составных частей, оценки рисков, а также способы их устранения или снижения.

**7.7.9 Подтверждение соответствия требованиям безопасности на этапах создания единичных (мелкосерийных) АКА и их составных частей**

7.7.9.1 Подтверждение соответствия требованиям безопасности на этапах проектирования (аванпроекта/технического предложения, эскизного проекта) осуществляется путем проведения научно-технической экспертизы проекта с привлечением ГНИИ государственного заказчика (заказчика).

По результатам оценки соответствия выпускается и представляется заказчику заключение о соответствии проекта ТТЗ (ТЗ) на АКА, а также проводится согласование ПОН и ПОБ АКА.

7.7.9.2 Подтверждения соответствия требованиям безопасности на этапе разработки рабочей документации осуществляется путем проведения научно-технической экспертизы полноты и достаточности комплексной программы ЭО АКА и его составных частей, на которые выданы ТЗ, а также частные технические задания (ЧТЗ) ГПР.

Экспертизу проводят ГНИИ заказчика, а также независимые экспертные организации. Заключения по результатам экспертизы комплексной программы ЭО представляются ГПР АКА.

7.7.9.3 В целом на этапах проектирования и разработки рабочей документации должны быть проведены следующие работы:

а) анализ:

- ТТЗ (ТЗ) на АКА и ТЗ на его составные части;
- обоснования избыточности и резервов;
- планов по парированию предполагаемых НШС и АС;
- нерезервированных элементов;
- критичных отказов;
- надежности в целом и основных проблем надежности, требующих особого внимания при разработке и испытаниях;

б) оценка:

- технических решений и их обоснование с точки зрения заданных требований надежности и безопасности АКА и его составных частей;
- технической реализуемости заданных требований для АКА и его составных частей;
- опыта, полученного при разработке аналогичных изделий и прототипов (включая иностранные изделия);
- соответствия требованиям надежности и безопасности;
- выполнения рекомендаций, выданных на основании анализа видов, последствий и критичности отказов АКА и его составных частей;
- способа выполнения требований по гарантии надежности и качества в процессе производства (включая проблемы динамического режима, повышенных нагрузок и другие испытания, требующие дополнительных ресурсов);
- полноты и достаточности планов по обеспечению надежности, безопасности, проведения наземных испытаний.

7.7.9.4 Подтверждение соответствия требованиям безопасности на этапе наземной отработки осуществляется:

- проведением АИ, КИ и МВИ АКА с выпуском соответствующих отчетов, а также итоговых отчетов по результатам НЭО с заключениями разработчика о готовности к ЛИ,
- научно-технической экспертизой результатов НЭО ГНИИ заказчика с выпуском заключения о готовности АКА к ЛИ;
- выдачей заключения ГПР и заключения разработчиков составных частей о готовности АКА к ЛИ;
- сертификацией технической готовности АКА к ЛИ, которую проводит независимый аккредитованный орган системы обязательной сертификации космической техники научного и социально-экономического назначения;
- экспертизой и согласованием Программы ЛИ АКА ГНИИ заказчика;
- контролем государственным заказчиком (заказчиком) готовности АКА к ЛИ путем создания Государственной комиссии по ЛИ АКА, а также утверждения Программы ЛИ АКА.

В целом на этапе наземной отработки должны быть проведены следующие работы:

а) анализ:

- степени выполнения требований комплексной программы ЭО при испытаниях АКА и его составных частей (или при испытаниях аналога или прототипа);
- степени выполнения ПОН АКА и его составных частей;
- отчетов по окончанию испытаний составных частей АКА, представляемых разработчиками составных частей АКА;
- результатов приемо-сдаточных испытаний, проводимых на предприятии;
- отчетов разработчиков по устранению замечаний, неисправностей и отказов, обнаруженных во время испытаний;

б) оценка:

- результатов наземных испытаний;
- выполнения рекомендаций по устранению имевших место замечаний, неисправностей и отказов;
- соответствия технических характеристик требованиям, предусмотренным ТЗ, на основании результатов испытаний;
- приемо-сдаточных испытаний, режимов испытания АКА и его составных частей, подлежащих ЛИ.

7.7.9.5 Подтверждение соответствия на этапе ЛИ осуществляется:

- государственным контролем через Решение Государственной комиссии о начале ЛИ АКА по результатам рассмотрения письменных заключений о готовности к ЛИ ГПР АКА, разработчиков составных частей АКА, эксплуатирующих организаций и служб, обеспечивающих ЛИ, заключения ГНИИ государственного заказчика (заказчика), сертификата технической готовности АКА к ЛИ;
- анализом результатов ЛИ АКА с выпуском ГПР АКА итогового отчета о завершении ЛИ АКА в соответствии с Программой ЛИ АКА;
- принятием решения Государственной комиссии о завершении ЛИ АКА с анализом результатов его ЛИ и с оценкой выполнения Программы ЛИ, соответствия характеристик, заданных в ТТЗ, и выпуском соответствующего Акта Госкомиссии с заключением о возможности использования АКА для решения целевых задач, а также о возможности начала серийного производства (если оно предусмотрено);
- подтверждением соответствия АКА установленным требованиям по результатам проектирования, НЭО и ЛИ сертификатом соответствия в системе обязательной сертификации космической техники научного и социально-экономического назначения. Сертификат соответствия АКА выдается органом по сертификации, аккредитованным федеральным органом исполнительной власти по космической деятельности;
- представлением Государственной комиссией информации об основных результатах ЛИ АКА Правительству Российской Федерации, федеральному органу исполнительной власти по космической деятельности.

7.7.9.6 Подтверждение соответствия на этапе эксплуатации осуществляется в форме экспертизы результатов обработки информации, полученной при подготовке к пуску, при пуске и в процессе полета АКА с выпуском отчетов эксплуатирующей организацией.

**7.7.10 Экспертиза аварий и происшествий, связанных с нарушениями требований настоящего стандарта**

7.7.10.1 Экспертизу аварий и происшествий проводят с целью установления обстоятельств и причин аварии, размера причиненного вреда, разработки мер по устранению ее последствий и мероприятий для предупреждения аналогичных аварий.

7.7.10.2 Если авария произошла без нанесения ущерба жизни и здоровью людей, животных, окружающей среде и крупного ущерба имуществу физических и юридических лиц, государственному и муниципальному имуществу, то по случаю аварии (происшествия) эксплуатант проводит экспертизу, составляет акт и уведомляет соответствующий надзорный орган.

7.7.10.3 В случае возникновения происшествия, повлекшему за собой нанесение ущерба жизни и здоровью людей, животных, окружающей среде и ущербу, величина которого установлена федеральным органом исполнительной власти по космической деятельности, имуществу физических и юридических лиц, государственному и муниципальному имуществу, то экспертиза происшествия производится комиссией.

Комиссию образует и назначает председателя федеральный орган исполнительной власти по космической деятельности совместно с органами субъекта Российской Федерации или органом местного самоуправления, на территории которых произошло происшествие и которым в установленном порядке предоставлено право осуществлять отдельные функции нормативно-правового регулирования, специальные разрешительные функции или контрольные (надзорные) функции.

В состав комиссии включаются по согласованию представители эксплуатирующей организации; вышестоящего(щей) органа (организации); сертификационных органов; страховых компаний и других представителей в соответствии с действующим законодательством.

7.7.10.4 Комиссия по экспертизе аварии может привлекать к расследованию экспертные организации или их специалистов-экспертов (специалистов в области промышленной безопасности, проектировщиков и изготовителей космической техники, специалистов из других необходимых для расследования областей).

7.7.10.5 В ходе расследования комиссия:

- проводит осмотр, фотосъемку, в необходимых случаях видеосъемку; составляет схемы и эскизы места аварии (происшествия) и составляет протокол осмотра места происшествия;
- взаимодействует со спасательными подразделениями;
- опрашивает очевидцев происшествия, получает письменные объяснения от должностных лиц;
- выясняет обстоятельства, предшествующие аварии, устанавливает причины их возникновения;
- выясняет характер нарушения технологических процессов или условий эксплуатации;
- выявляет нарушения требований нормативной документации;
- проверяет соответствие объекта или технологического процесса проектным решениям,
- проверяет качество принятых проектных решений;
- проверяет наличие и исправность необходимых средств защиты;
- проверяет квалификацию обслуживающего персонала;
- устанавливает причины происшествия и сценарий его развития на основе опроса очевидцев, рассмотрения технической документации, экспертного заключения и результатов осмотра места происшествия и проведенной проверки;
- определяет допущенные нарушения требований безопасности и устанавливает лиц, допустивших эти нарушения;
- предлагает меры по устранению причин аварии, предупреждению возникновения подобных аварий;
- определяет размер причиненного вреда, включающего прямые потери, социально-экономические потери, потери из-за неиспользованных возможностей, а также вред, причиненный окружающей природной среде;
- проводит расчет экономического ущерба по методикам, утвержденным в установленном порядке.

7.7.10.6 Официальный документ о последствиях происшествия подписывается председателем комиссии, доводится до эксплуатирующей организации, до соответствующих надзорных органов и направляется в Федеральный орган исполнительной власти по космической деятельности.

7.7.10.7 Порядок финансирования расходов на техническое расследование причин происшествия и отнесение ущерба от него к определенному разряду устанавливает Правительство Российской Федерации.

7.7.10.8 Возмещение ущерба осуществляется в соответствии с законодательством Российской Федерации.

**Приложение А**
**(справочное)**

## Классификация космических систем и космических комплексов при задании требований, оценке и контроле надежности для автоматических космических аппаратов единичного мелкосерийного изготовления

Признаки, определяющие вид КС (КК), приведены в таблице А.1.

Таблица А.1 — Признаки, определяющие вид КС (КК)

| Вид КС (КК) | Признак, определяющий вид КС (КК) |
|---|---|
| КС (КК) постоянного функционирования | Вхождение в состав КС одного или нескольких КК с ОГ, состоящими из единичных (мелкосерийных) АКА, а также одного или нескольких наземных СпК КС |
| КС (КК) периодического функционирования | Вхождение в состав КС одного или нескольких КК с одиночными автоматическими околоземными КА, единичных, мелкосерийных АКА, а также одного или нескольких наземных СпК КС.<br>Использование в составе КК единичных , мелкосерийных АКА, восстанавливаемых (до исчерпания бортового резерва или устранения НШС), АКА кратковременного функционирования в течение заранее установленного периода времени или АКА длительного функционирования до момента их отказа (достижения предельного состояния) |
| КК дальнего космоса | Вхождение в состав КК единичных, мелкосерийных АКА, иногда — со спускаемыми (возвращаемыми) аппаратами.<br>Использование в составе КК неремонтируемых, но восстанавливаемых (до исчерпания бортового резерва или устранения НШС) АКА |

Признаки, используемые при определении вида КС (КК), приведены в таблице А.2.

Таблица А.2 — Признаки, используемые при определении вида КС (КК)

| Признак, используемый при определении вида КС (КК) | Характеристика признака |
|---|---|
| Массовость (число изготавливаемых АКА для выполнения космической программы):<br>единичные (уникальные) | КС (КК), у которых число требуемых АКА и СВ (РН, РБ) для выполнения поставленных задач составляет единицы образцов |
| Число задач, решаемых КС (КК):<br>одноцелевые<br>многоцелевые | <br>КС (КК), предназначенные для решения одной целевой задачи<br>КС, (КК), предназначенные для решения нескольких целевых задач |
| Количество АКА в комплексе:<br>одиночные<br>многоспутниковые | <br>КК, у которых решение задач обеспечивается при функционировании одного (или хотя бы одного) АКА<br>КК, у которых для решения задач необходимо одновременное функционирование нескольких АКА (ОГ КА) |
| Область функционирования КА:<br>околоземные<br>дальнего космоса | <br>КК с АКА — искусственными спутниками Земли<br>КК с АКА для исследования Луны, планет Солнечной системы, их спутников и межпланетного космического пространства |

*Окончание таблицы А.2*

| Признак, используемый при определении вида КС (КК) | Характеристика признака |
|---|---|
| Продолжительность функционирования: | |
| длительного функционирования | КК с АКА, для которых планируемый срок активного существования — см. таблицу 1 |
| Характер функционирования: | |
| постоянного функционирования | КС (КК), которые выполняют поставленные задачи непрерывно в течение длительного времени, превышающего САС отдельных АКА |
| периодического функционирования | КС (КК), которые выполняют поставленные задачи путем периодических запусков АКА |
| Восстанавливаемость: | |
| восстанавливаемые | Комплексы, у которых возможно восстановление работоспособности АКА и/или средств выведения в случае возникновения отказа при их применении |
| невосстанавливаемые | Комплексы, у которых работоспособность АКА и/или средств выведения в случае возникновения отказа при их применении восстановлению не подлежит |

**Приложение Б**
**(справочное)**

## Структура космических систем и космических комплексов

### Б.1 Космические системы постоянного функционирования

Первый уровень:

- составные части КС: КК постоянного функционирования, СпК КС.

Второй уровень:

- составные части КК: РКК, НКУ, ОГ АКА;
- составные части СпК КС: сеть пунктов приема и обработки целевой информации, центр сбора и обработки целевой информации, сеть платформ сбора данных, средства связи и передачи данных.

Третий уровень:

- составные части РКК: РКН, РФРН, ТК РБ, ТК АКА, ТК КГЧ, ТК РКН, СК РКН, ЗС, КСИСО РКН;
- составные части НКУ: система командно-программного обеспечения управления АКА, система информационно-телеметрического обеспечения управления АКА, система баллистического обеспечения, система навигационного обеспечения, система синхронизации и единого времени, система связи и передачи данных, ЦУП;
- составные части ОГ АКА: космические аппараты.

Четвертый уровень:

- составные части РКН: РН, РБ, АКА, СЗБ;
- составные части ТК: стационарные технические средства, подвижные технические средства, средства управления, сооружения;
- составные части СК: пусковые установки, технические средства командного пункта, сооружения с техническими системами и технологическим оборудованием.

Примечание — В составе АКА могут рассматриваться модуль целевой аппаратуры и модуль обеспечивающих (служебных) систем.

### Б.2 Космические системы периодического функционирования

Первый уровень:

- составные части КС: КК периодического функционирования, СпК КС.

Второй уровень:

- составные части КК: РКК, НКУ, ПСК;
- составные части СпК КС: сеть пунктов приема и обработки целевой информации, центр сбора, обработки и анализа целевой информации, центр планирования, средства связи и передачи данных.

Третий уровень:

- составные части РКК: РКН, ТК РН, ТК РБ, ТК АКА, ТК КГЧ, ТК РКН, СК РКК, КСИСО РКН;
- составные части НКУ: система командно-программного обеспечения управления АКА, система информационно-телеметрического обеспечения управления АКА, система баллистического обеспечения, система навигационного обеспечения, система синхронизации и единого времени, система связи и передачи данных, ЦУП;
- составные части ПСК: средства поиска возвращаемого аппарата (спускаемой капсулы), средства транспортировки возвращаемого аппарата (спускаемой капсулы).

Четвертый уровень:

- составные части РКН: РН, РБ, АКА;
- составные части ТК: стационарные технические средства, подвижные технические средства, средства управления, сооружения;
- составные части СК: пусковые установки, технические средства командного пункта, сооружения с техническими системами и технологическим оборудованием.

Примечание — В составе АКА могут рассматриваться орбитальный блок, возвращаемый аппарат, спускаемые капсулы.

### Б.3 Космические комплексы дальнего космоса

Первый уровень:

- составные части КК: РКК, НКУ, ПСК.

Второй уровень:

- составные части РКК: РКН, ТК РН, ТК РБ, ТК АКА, ТК РКН, СК РКК, КСИСО РКН;
- составные части НКУ: система командно-программного обеспечения управления АКА, система информационно-телеметрического обеспечения управления АКА, система баллистического обеспечения, система навигационного обеспечения, система синхронизации и единого времени, система связи и передачи данных, ЦУП;

- составные части ПСК: средства поиска возвращаемого аппарата (спускаемой капсулы), средства транспортировки возвращаемого аппарата (спускаемой капсулы).

Третий уровень:

- составные части РКН: РН, РБ, АКА;
- составные части ТК: стационарные технические средства, подвижные технические средства, средства управления, сооружения;
- составные части СК: пусковые установки, технические средства командного пункта, сооружения с техническими системами и технологическим оборудованием.

Примечание — В составе АКА могут рассматриваться орбитальный блок, посадочный блок, блок возвращаемого аппарата.

Приведенная структура КС (КК) является примерной и может быть уточнена с учетом особенностей конкретных КС (КК).

**Приложение В**
**(справочное)**

## Номенклатура показателей надежности автоматических космических аппаратов единичного (мелкосерийного) изготовления с длительными сроками активного существования и их составных частей

В.1 Рекомендуется задавать следующие единичные ПН АКА и их составных частей:

а) единичные показатели безотказности:

1) ВБР, как вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ АКА не возникнет.

Примечания

1 Предполагается, что в начальный момент времени (момент начала исчисления наработки) АКА находится в работоспособном состоянии и если $t$ — наработка, а $\tau$ — наработка АКА до первого отказа (величина случайная), то ВБР АКА за время $t$ определяют как

$$P(t) = P(\tau > t). \tag{В.1}$$

2 ВБР $P(t)$ связана с функцией распределения $F(t)$ и плотностью распределения $f(t)$ наработки до отказа:

$$F(t) = 1 - P(t); \tag{В.2}$$

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} = -\frac{dP(t)}{dt}. \tag{В.3}$$

3 Наряду с понятием ВБР, часто используют понятие «вероятность отказа», которое определяют по формуле:

$$Q(t) = 1 - P(t) = F(t). \tag{В.4}$$

4 Точечные статистические оценки для ВБР на отрезке времени от 0 до $t$ и для функции распределения наработки до отказа даются, соответственно, формулами:

$$\hat{P}(t) = 1 - \frac{n(t)}{N}; \tag{В.5}$$

$$\hat{F}(t) = \frac{n(t)}{N}, \tag{В.6}$$

где $N$ — число АКА, работоспособных в начальный момент времени;

$n(t)$ — число АКА, отказавших на отрезке времени от 0 до $t$;

2) гамма-процентная наработка до отказа, как наработка, в течение которой отказ не возникнет с вероятностью $\gamma$, выраженной в процентах.

Примечания

1 Данный показатель определяется как корень $t_\gamma$ уравнения

$$F(t_\gamma) = 1 - \frac{\gamma}{100}, \tag{В.7}$$

где $F(t)$ — функция распределения наработки до отказа (ресурса, срока службы).

2 Гамма-процентные показатели равны квантилям соответствующих распределений. Если вероятности, отвечающие этим квантилям выражают в процентах, то для показателей безотказности задают значения 90 %; 95 %; 99 %; 99,5 % и т. д. Тогда вероятность возникновения отказов на отрезке (0; $t$) будет составлять 0,1; 0,05; 0,01; 0,005 и т. д. Задаваемые значения γ для критических отказов должны быть близки к 100 %, чтобы сделать критические отказы практически невозможными событиями;

3) средняя наработка до отказа как математическое ожидание наработки АКА до первого отказа.

Примечания

1 Среднюю наработку до отказа вычисляют по формуле

$$T_1 = \int_0^\infty t f(t) dt = \int_0^\infty [1 - F(t)] dt, \quad (B.8)$$

где $F(t)$ — функция распределения наработки до отказа;

$f(t)$ — плотность распределения наработки до отказа.

2 $T_1$ выражается через ВБР:

$$T_1 = \int_0^\infty P(t) dt. \quad (B.9)$$

3 Статистическую оценку проводят по формуле

$$\hat{T}_1 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^{N} \tau_j, \quad (B.10)$$

где $N$ — число работоспособных АКА при $t = 0$;

$\tau_j$ — наработка до первого отказа каждого из $N$ АКА.

4) средняя наработка на отказ как отношение суммарной наработки восстанавливаемого АКА к математическому ожиданию числа его отказов в течение этой наработки

$$T = \frac{t}{M(r(t))}, \quad (B.11)$$

где $t$ — суммарная наработка;

$M(r(t))$ — число отказов за время всей наработки.

Статистическую оценку проводят по формуле

$$\hat{T} = \frac{t}{r(t)}, \quad (B.12)$$

5) интенсивность отказов как условная плотность вероятности возникновения отказа, определяемая при условии, что до рассматриваемого времени отказ не возник.

Интенсивность отказов определяют по формуле

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{1 - F(t)} = -\frac{1}{P(t)} \frac{dP(t)}{dt}, \quad (B.13)$$

Статистическая оценка для интенсивности отказов имеет вид:

$$\hat{\lambda}(t) = \frac{n(t + \Delta t) - n(t)}{N \Delta t}, \quad (B.14)$$

где $N$ — число работоспособных АКА при $t = 0$;

$n(t)$ — число объектов, отказавших на отрезке времени от 0 до $t$,

6) параметр потока отказов как математическое ожидание числа отказов восстанавливаемого АКА за достаточно малую его наработку к значению этой наработки.

$$\mu(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \frac{M(r(t+\Delta t) - r(t))}{\Delta t}, \qquad (B.15)$$

где $\Delta t$ — малый отрезок наработки;

$r(t)$ — число отказов за данную наработку $t$.

б) единичные показатели долговечности:

1) гамма-процентный ресурс как суммарная наработка, в течение которой АКА не достигнет предельного состояния с вероятностью $\gamma$, выраженной в процентах;

2) средний ресурс как математическое ожидание ресурса;

3) гамма-процентный срок службы как календарная продолжительность эксплуатации, в течение которой АКА не достигнет предельного состояния с вероятностью $\gamma$, выраженной в процентах;

4) средний срок службы как математическое ожидание срока службы;

в) единичные показатели ремонтопригодности:

1) вероятность восстановления как вероятность того, что время восстановления работоспособного состояния АКА не превысит заданное значение;

2) гамма-процентное время восстановления как время в течение которого восстановление работоспособности объекта будет осуществлено с вероятностью $\gamma$, выраженной в процентах;

3) среднее время восстановления как математическое ожидание времени восстановления работоспособного состояния АКА после отказа;

4) интенсивность восстановления как условная плотность вероятности восстановления работоспособного состояния АКА, определяемая при условии, что до рассматриваемого времени восстановление не было завершено.

г) единичные показатели сохраняемости:

1) гамма-процентный срок сохраняемости как срок сохраняемости, достигаемый АКА с заданной вероятностью $\gamma$, выраженной в процентах.

2) средний срок сохраняемости как математическое ожидание срока сохраняемости.

В.2 Рекомендуется задавать следующие комплексные ПН АКА:

а) коэффициент готовности как вероятность того, что АКА окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение АКА по назначению не предусматривается.

Примечание — Коэффициент готовности характеризует готовность АКА к применению по назначению только в отношении его работоспособности в произвольный момент времени;

б) коэффициент оперативной готовности как вероятность того, что АКА окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение АКА по назначению не предусматривается, и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

Примечание — Коэффициент оперативной готовности характеризует надежность АКА, необходимость применения которого возникает в произвольный момент времени, после которого требуется безотказная работа в течение заданного интервала времени;

в) коэффициент технического использования как отношение математического ожидания суммарного времени пребывания АКА в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуатации к математическому ожиданию суммарного времени пребывания АКА в работоспособном состоянии и простоев, обусловленных техническим обслуживанием и ремонтом за тот же период.

Примечание — Коэффициент технического использования характеризует долю времени нахождения АКА в работоспособном состоянии относительно общей продолжительности эксплуатации.

**Приложение Г**
**(справочное)**

## Особенности создания автоматических космических аппаратов дальнего космоса, которые рекомендуется учитывать при выборе, обосновании и нормировании показателей надежности единичных (мелкосерийных) автоматических космических аппаратов с длительными сроками активного существования

Г.1 Автоматический космический аппарат разрабатывается как базовый аппарат для осуществления многоцелевых и разноплановых экспедиций с целью исследования планет и малых тел (комет, астероидов, спутников планет) Солнечной системы.

Г.2 Единичный (мелкосерийный) АКА, проектируется с учетом максимальной унификации конструкции и состава систем служебного модуля при смене объекта изучения (Марс, Венера, Луна или другие, в том числе малые, тела), что позволяет устанавливать на нем научную аппаратуру в различной комплектации.

Г.3 Переоснащения, связанные с изменением цели и научной программы экспедиции, касаются, в основном, запасов топлива и состава исследовательских средств, т. е. состава научной аппаратуры.

Г.4 Конструкция аппарата предусматривает возможность размещения на нем, одновременно или выборочно, технических средств дистанционного зондирования (радиолокаторы, телескопы и т. д.), а также десантируемых исследовательских зондов (спускаемых и возвращаемых аппаратов, малых станций, пенетраторов, аэростатных зондов и т. д.).

Г.5 Важнейшей особенностью АКА является способность его маневрирования в космическом пространстве на трассе перелета и в непосредственной близости от поверхности небесных тел, обладающих как слабым, так и сильным гравитационным полем.

Г.6 Реализация специальной компоновки АКА (принцип многоступенчатости), позволяющей добиться наименьшей массы конструкции аппарата и минимальных моментов инерции, от которых зависит его маневренность при решении целевой задачи и способность доставки на Землю возвращаемого аппарата (сброс отработавших элементов: сброс АДУ, посадочного модуля, стартового модуля и т. д.).

Г.7 Необходимость обеспечения высокой степени надежности функционирования служебных систем и КНА АКА, которая должна достигаться тщательной НЭО и высоким уровнем моделирования реальных условий эксплуатации.

Г.8 Формирование логики функционирования КА как совокупности закономерностей взаимодействия бортовых агрегатов, приборов, систем, причем как служебных, так и научных, для решения целевых задач миссии при управлении с Земли и в автономном полете с выполнением необходимых и разнообразных по сложности и характеру исполнения функциональных операций.

Разработка и отработка логики функционирования КА является самостоятельной задачей обеспечения качества и надежности в процессе его проектно-конструкторской разработки и заключается в преобразовании совокупности многочисленных и разнообразных технических, а затем и программных средств в единый многофункциональный комплекс.

Логика функционирования КА должна строиться и проверяться исходя из программы полета на основе типовых операций (сеансов) управления работой бортовой аппаратуры с учетом баллистических, временных, ресурсных, эксплуатационных, организационных и прочих ограничений.

Г.9 Значительный перечень целевых задач, решаемых как автономно, так и в совокупности следующими АКА, входящими в КС, КК:

- АКА, предназначенные для контактного и бесконтактного (дистанционного) зондирования космических объектов;
- астрофизические внеатмосферные непилотируемые обсерватории;
- патрульные АКА для изучения физики космической плазмы и солнечно-земных связей;
- десантируемые и возвращаемые исследовательские зонды (спускаемые аппараты, малые станции, пенетраторы, аэростатные зонды, планетоходы и т. д.);
- АКА для экспедиций на периферию Солнечной системы, к планетам-гигантам и их спутникам;
- АКА для забора и доставки на Землю образцов вещества астероида или ядра кометы;
- АКА для изучения Солнца;
- АКА для обеспечения связи различного типа;
- прецизионные АКА среднего и тяжелого класса для дистанционного зондирования Земли;
- АКА легкого класса для дистанционного зондирования Земли и др.

Г.10 Необходимость обеспечения высокой эффективности целевого использования АКА за счет оптимального соотношения времени научных наблюдений и общего времени сеансов связи.

Г.11 Необходимость решения в рамках одной экспедиции нескольких разноплановых задач на этапах перелета, десантирования, орбитального полета, возвращения на Землю и др.

Г.12 Проектирование КА по модульному принципу — модуль служебных систем и модуль полезной нагрузки (комплекс научной аппаратуры), который в свою очередь может включать в себя стационарно установленные приборы, системы, комплексы и отделяемые объекты.

Г.13 Разработка АКА как изделия повышенной заводской готовности, требующего минимального объема проверок на космодроме. При этом после сборки космического аппарата и проведения электрических испытаний на заводе-изготовителе он должен доставляться на космодром практически готовым к пуску.

Г.14 Разработка унифицированного ряда служебных модулей легкого, среднего и тяжелого класса, которые в свою очередь являются базовыми для создания малой (ограниченной) серии космических аппаратов (два-три АКА), предназначенных для решения задач конкретной миссии, программы, группировки.

Г.15 Обеспечение решения аппаратом основных задач:

- доставка полезной нагрузки в заданный район космического пространства;
- обеспечение необходимых условий для работы научных приборов (орбитальное построение, обеспечение мягкой посадки, своевременный ввод в действие различной аппаратуры, выполнение обратных стартов с площадок с неизвестными параметрами и др.);
- создание оптимальных условий для передачи научной информации на Землю;
- достижение требуемой автономии КА в ходе выполнения программы на различных этапах полета и т. д.

Г.16 Рекомендуемые подходы при формировании конструктивно-технического облика КА и, соответственно, при задании требований по надежности:

а) конструктивно-технический облик КА определяется составом комплекса бортовой научной аппаратуры, который в свою очередь определяется научными или целевыми задачами, решаемыми КА.

Научные или целевые задачи формируются в соответствии с разработанной программой научных исследований. Габаритно-массовые характеристики КА определяются исходя из габаритно-массовых характеристик комплекса научной аппаратуры, что в конечном итоге определяет тип используемой РН;

б) конструктивно-технический облик КА определяется типом используемой РН, под который из унифицированного ряда служебных модулей выбирается оптимальный по соотношению масса — стоимость. Указанный модуль становится базовым для создания космического аппарата, предназначенного для реализации миссии, конкретные задачи которой, а соответственно и состав комплекса научной аппаратуры, определяются исходя из технических возможностей базового модуля.

УДК 629.78:006.354 ОКС 49.140

Ключевые слова: надежность, безопасность, автоматический космический аппарат, космическая система, космический комплекс, нормирование надежности

Редактор *М.И. Максимова*
Технический редактор *В.Н. Прусакова*
Корректор *Ю.М. Прокофьева*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Подписано в печать 29.04.2016. Формат 60×84 1/8. Гарнитура Ариал. Усл. печ. л. 5,58.
Уч.-изд. л. 5,00. Тираж 20 экз. Зак. 1218.

Издано и отпечатано во ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 123995 Москва, Гранатный пер., 4
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru