ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 58628— 2019

Системы и комплексы космические

АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ

Общие требования

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения» (АО «ЦНИИмаш»)

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

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 19 декабря 2019 г. № 1419-ст

4 ВВЕДЕН ВПЕРВЫЕ

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

© Стандартинформ, оформление, 2020

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

Содержание

1 Область применения 1
2 Нормативные ссылки 1
3 Термины и определения 2
4 Сокращения 4
5 Общие положения 4
6 Требования к готовности (восстанавливаемости) изделия 5
6.1 Структура и порядок выбора требований к готовности (восстанавливаемости) изделия 5
6.2 Показатели готовности (восстанавливаемости) изделия 6
6.3 Качественные характеристики конструкции изделия 6
7 Порядок и методы проведения анализа готовности изделия 7
7.1 Общие требования 7
7.2 Анализ готовности изделия при разработке эскизного проекта 7
7.3 Анализ готовности изделия при разработке рабочей документации 8
7.4 Анализ готовности изделия по результатам наземной экспериментальной отработки и летных испытаний 9
Приложение А (справочное) Показатели готовности (восстанавливаемости) изделия 10

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Системы и комплексы космические

АНАЛИЗ ГОТОВНОСТИ

Общие требования

Space systems and complexes. Availability analysis. General requirements

Дата введения — 2020—08—01

1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает общие требования к порядку и методам проведения анализа готовности или восстанавливаемости изделий космических систем (комплексов) при их создании (модернизации или модификации).

Положения настоящего стандарта применяются всеми организациями Российской Федерации, юридическими и физическими лицами, участвующими в создании (модернизации или модификации), производстве и эксплуатации изделий космических систем (комплексов) научного и социально-экономического назначения.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 2.104 Единая система конструкторской документации. Основные надписи

ГОСТ 27.002 Надежность в технике. Термины и определения

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

ГОСТ 27.301 Надежность в технике. Расчет надежности. Основные положения

ГОСТ 21623 Система технического обслуживания и ремонта техники. Показатели для оценки ремонтопригодности. Термины и определения

ГОСТ Р 51901.14 Менеджмент риска. Структурная схема надежности и булевы методы

ГОСТ Р 51901.15 Менеджмент риска. Применение марковских методов

ГОСТ Р 58625 Системы и комплексы космические. Анализ ремонтопригодности. Общие требования

ГОСТ Р 58627 Системы и комплексы космические. Анализ нештатных и аварийных ситуаций. Общие требования

ГОСТ Р 58629 Системы и комплексы космические. Анализ видов, последствий и критичности отказов изделий и процессов. Общие требования

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

Издание официальное

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, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 **алгоритмическое резервирование:** Способ обеспечения надежности изделия за счет введения в состав программного обеспечения дополнительных, параллельно работающих ветвей алгоритмов минимально возможной сложности.

3.2 **анализ готовности:** Формализованная процедура анализа конструкции изделия, включающая в себя качественную и количественную оценку принятых конструктивных решений на предмет соответствия их установленным требованиям к готовности или восстанавливаемости.

3.3 **временное резервирование:** Способ обеспечения надежности изделия за счет создания временных перерывов в работе отдельных составных частей изделия, которые при их отказе могут быть использованы для восстановления, без нарушений выполнения целевых задач изделием.

3.4

изделие: Предмет или набор предметов производства, подлежащих изготовлению в организации (на предприятии) по конструкторской документации.

Примечания

1 Изделиями могут быть: устройства, средства, машины, агрегаты, аппараты, приспособления, оборудование, установки, инструменты, механизмы, системы и др.

2 Число изделий может измеряться в штуках (экземплярах).

3 К изделиям допускается относить завершенные и незавершенные предметы производства, в том числе заготовки.

[ГОСТ 2.101—2016, статья 3.1]

3.5 **информационное резервирование:** Способ обеспечения надежности изделия за счет создания избыточных семантически адекватных источников информации или копий массивов информации, а также введения дополнительной информации, предназначенной для восстановления основной информации в случае ее искажения.

3.6

космическая система; КС: Совокупность одного или нескольких космических комплексов и специальных комплексов, предназначенных для решения целевых задач.

[ГОСТ Р 53802—2010, статья 1]

3.7 **космический комплекс (комплекс):** Совокупность составных частей и входящих в их состав систем, агрегатов, приборов, обеспечивающих функционирование и выполнение целевых задач по использованию космического пространства в соответствии с тактико-техническим заданием (техническим заданием) на комплекс.

Примечания

1 В качестве составной части комплекса могут быть: ракета, ракета-носитель, разгонный блок (блок выведения), космический аппарат, космическая головная часть, орбитальный самолет, стартовый комплекс, технический комплекс, система дистанционного управления и контроля, средства наземного автоматизированного комплекса управления, наземного комплекса управления, наземного специального комплекса, полигонного измерительного комплекса, измерительного комплекса космодрома, корабельного командно-измерительного комплекса и поисково-спасательного комплекса для данного комплекса, командный пункт, автоматизированная система охраны, комплекс наземного технологического оборудования, система электроснабжения объектов, автономные технические системы объектов, учебно-тренировочные средства, специализированные средства подготовки космонавтов в объеме согласованных тактико-технических заданий на пилотируемые космические комплексы и т. п.

2 В качестве системы могут быть: двигательная установка, бортовая система управления, бортовая система энергоснабжения, система навигации, система заправки ракеты-носителя, пусковая система и т. п., которые входят в состав комплекса и (или) его составных частей.

3 В качестве агрегата (прибора) комплекса могут быть: двигатель, автомат стабилизации, рулевая машинка и т. п., которые входят в состав составных частей и (или) систем.

3.8 **локализация отказа:** Процесс поиска отказавшей составной части или нескольких составных частей на соответствующем уровне разукрупнения и предотвращение распространения последствий отказа.

3.9 **мгновенный нестационарный коэффициент внутренней готовности:** Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени, без учета логистических условий эксплуатации (для идеальных условий эксплуатации).

3.10 **мгновенный нестационарный коэффициент эксплуатационной готовности:** Вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени, с учетом логистических условий эксплуатации (для реальных условий эксплуатации).

3.11 **нестационарный коэффициент оперативной готовности:** Вероятность того, что изделие окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

3.12 **обнаружение отказа:** Событие, при котором, исходя из критерия отказа, методами технического диагностирования по прямым или косвенным признакам установлен факт наличия отказа.

3.13 **средний нестационарный коэффициент внутренней готовности:** Математическое ожидание отношения времени, в течение которого изделие находится в работоспособном состоянии, ко всей длительности рассматриваемого временного интервала, без учета логистических условий эксплуатации (для идеальных условий эксплуатации).

3.14 **средний нестационарный коэффициент эксплуатационной готовности:** Математическое ожидание отношения времени, в течении которого изделие находится в работоспособном состоянии, ко всей длительности рассматриваемого временного интервала, с учетом логистических условий эксплуатации (для реальных условий эксплуатации).

3.15

составная часть изделия (СЧ): Изделие, выполняющее определенные функции в составе другого изделия.

Примечание — Понятие «Составная часть изделия» следует применять в отношении конкретного изделия, в состав которого она входит. СЧ может быть любым видом изделия по конструкторско-функциональным характеристикам (деталь, сборочная единица, комплекс и комплект).

[ГОСТ 2.101—2016, статья 3.2]

3.16 **стационарный коэффициент внутренней готовности:** Математическое ожидание отношения времени (для стационарного случайного процесса), в течение которого изделие находится в работоспособном состоянии, ко всей длительности рассматриваемого временного интервала, без учета логистических условий эксплуатации (для идеальных условий эксплуатации).

3.17 **стационарный коэффициент оперативной готовности:** Вероятность того, что изделие окажется в работоспособном состоянии в данный достаточно удаленный момент времени и, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени.

3.18 **стационарный коэффициент эксплуатационной готовности:** Математическое ожидание отношения времени (для стационарного случайного процесса), в течение которого изделие находится в работоспособном состоянии, ко всей длительности рассматриваемого временного интервала, с учетом логистических условий эксплуатации (для реальных условий эксплуатации).

3.19 **структурное резервирование:** Способ обеспечения надежности изделия за счет введения в состав конструкции изделия дополнительных (резервных) составных частей, способных выполнять функции основных составных частей при их отказе.

3.20 **функциональное резервирование:** Способ обеспечения надежности изделия за счет использования многофункциональности отдельных составных частей изделия, способных выполнять функции других отказавших составных частей, без существенного ухудшения функциональных характеристик изделия.

3.21 **экспериментальная отработка космического комплекса (изделия):** Совокупность работ по подготовке и проведению испытаний в условиях, близких к реальным, на моделях, макетах, опытных образцах с целью достижения и подтверждения (проверки) соответствия характеристик комплекса (из-

делий) требованиям, заданным в тактико-техническом задании (техническом задании), обеспечения работоспособности изделий, определения запасов их ресурса.

Примечание — В эту совокупность входят работы по имитационному моделированию, математическому и программному обеспечению, баллистическому обоснованию, по отработке технологических процессов, а также работы, проводимые на основе опытно-теоретических методов.

4 Сокращения

В настоящем стандарте применены следующие сокращения:

АВПКО — анализ видов, последствий и критичности отказов;

АВПО — анализ видов, последствий отказов;

АГ — анализ готовности;

ЕСКД — единая система конструкторской документации;

КД — конструкторская документация;

РД — рабочая документация;

ТЗ — техническое задание;

ТТЗ — тактико-техническое задание.

5 Общие положения

5.1 Проведение АГ для восстанавливаемых изделий космических систем (комплексов) и их составных частей (далее по тексту — изделий) является составной частью процесса обеспечения надежности и безопасности эксплуатации при их создании (модернизации или модификации). Данные работы должны быть запланированы и включены в состав программ обеспечения надежности и документов сквозного планирования, выпускаемых для конкретных изделий при их создании.

5.2 Требования настоящего стандарта относятся к изделиям, восстановление работоспособности которых может осуществляться как посредством ремонта (замены) отказавших составных частей, так и с использованием средств структурного, временного, функционального, информационного и алгоритмического резервирования, являющихся ненагруженными резервами.

5.3 АГ изделия является развитием АВПКО (АВПО), выполняемого в соответствии с ГОСТ Р 58629 в части детализации анализа критичных элементов конструкции изделия, на предмет оценки возможностей выявления, локализации и устранения их отказов.

Для ремонтопригодных изделий проведение АГ должно производиться с учетом данных, полученных по результатам проведения анализа ремонтопригодности согласно ГОСТ Р 58625.

5.4 Необходимость проведения АГ изделия устанавливает заказчик в ТТЗ (ТЗ) при наличии максимальной, связанной с надежностью и безопасностью, тяжести последствий возможных критичных отказов изделия, определяемой согласно ГОСТ Р 58629 и наличии, в составе требований к надежности изделия (составной части изделия), требований к его готовности или восстанавливаемости.

5.5 Основной целью проведения АГ является подтверждение выполнения установленных в ТТЗ (ТЗ) требований к готовности или восстанавливаемости, при создании (модернизации или модификации) изделия (далее по тексту — создания изделия).

В процессе проведения АГ изделия должны быть решены следующие задачи:

- проведена качественная оценка принятых конструктивных решений на предмет оценки возможностей полного или частичного восстановления работоспособности изделия при критических отказах;
- проведена предварительная оценка показателей готовности или восстанавливаемости на предмет соответствия их значений требованиям, установленным в ТТЗ (ТЗ), по результатам разработки проектной и рабочей КД;
- проведена оценка показателей готовности или восстанавливаемости на предмет соответствия их значений требованиям, установленным в ТТЗ (ТЗ), по результатам проведения испытаний на надежность и безопасность эксплуатации в рамках проведения наземной экспериментальной отработки и/или летных испытаний.

5.6 Проведение АГ изделия начинается с проведения АГ для составных частей изделия, на которые выпущены отдельные ТЗ, и заканчивается проведением АГ для изделия в целом.

Результаты проведения АГ для составных частей изделия и для изделия в целом должны быть включены в состав отчетных документов, указанных в разделе 7.

Оформленные отчетные документы по проведению АГ для составной части изделия должны быть согласованы с головной организацией-разработчиком, составившей ТЗ на разработку указанной составной части, и переданы ей для использования в качестве исходных данных при проведении АГ изделия более высокого структурного уровня.

При разработке изделия и его составных частей одной организацией-разработчиком, отдельно оформленные для составных частей отчетные документы допускается не составлять.

5.7 Допускается проведение АГ изделия выполнять в составе анализа нештатных и аварийных ситуаций, проводимого в соответствии с ГОСТ Р 58627 в части определения защитных мер, связанных с конструктивными решениями, направленными на снижение критичности сценариев развития нештатных и аварийных ситуаций.

5.8 АГ изделия должно проводиться подразделениями организации, ответственными за разработку КД с привлечением других необходимых специалистов под методическим руководством служб надежности.

5.9 Результаты проведения АГ изделия, оформленные в виде отчетных документов, подлежат экспертизе и рассмотрению в установленном заказчиком порядке, совместно с другими материалами по обеспечению надежности.

6 Требования к готовности (восстанавливаемости) изделия

6.1 Структура и порядок выбора требований к готовности (восстанавливаемости) изделия

6.1.1 Требования к готовности (восстанавливаемости) изделия должны быть установлены заказчиком в ТТЗ (ТЗ) в подразделе «Требования надежности».

6.1.2 Требования к готовности (восстанавливаемости) изделия задают в виде количественных показателей готовности, а также в виде требований к качественным характеристикам конструкции изделия, обеспечивающих его восстанавливаемость и/или ремонтопригодность.

6.1.3 При назначении требований к готовности (восстанавливаемости) изделия необходимо учитывать:

- предполагаемую последовательность (циклограмму) этапов, видов и режимов эксплуатации;
- условия хранения, транспортирования, развертывания, ожидания применения по назначению, применения по назначению, включая уровни внешних воздействующих факторов и нагрузок для каждого этапа (вида, режима) эксплуатации;
- наличие и характеристики свойства ремонтопригодности;
- требования безопасности эксплуатации при проведении технического обслуживания и ремонта;
- ограничения, обусловленные требованиями к другим техническим характеристикам (габариты, вес, энергопотребление, эксплуатационные расходы, обслуживающие подсистемы);
- допустимый уровень ухудшения качества функционирования и возможное сокращение объема выполняемых функций изделия;
- возможность установки переключателей резерва, удовлетворяющих определенным требованиям по времени срабатывания и надежности;
- возможность динамического перераспределения функциональной нагрузки элементов при изменении функциональной структуры изделия;
- возможность распараллеливания работ, связанных с функционированием изделия;
- возможность включения в состав систем управления алгоритмов и средств реконфигурации (перестройки структуры), позволяющих организовать работоспособные ресурсы для выполнения задания;
- возможность подтверждения статистическими методами установленных требований к показателям готовности.

6.1.4 Конструкция изделия и его составных частей в общем случае должна обеспечивать:

- соответствие установленным в ТТЗ (ТЗ) требованиям надежности;
- максимально возможную способность к восстановлению работоспособности в процессе функционирования изделия;
- минимально возможное ухудшение других технических характеристик, являющееся следствием введения избыточности;
- безопасность эксплуатации изделия.

6.2 Показатели готовности (восстанавливаемости) изделия

6.2.1 Количественные значения показателей готовности (восстанавливаемости) изделия устанавливаются в ТТЗ (ТЗ) в зависимости от целевого назначения изделия, состава и последовательности решаемых задач в ходе его эксплуатации. В общем случае совокупность показателей готовности (восстанавливаемости) устанавливается в следующих двух вариантах:

- готовность в течении всего цикла эксплуатации изделия;
- готовность на определенных этапах эксплуатации изделия.

6.2.2 Готовность изделия в течении всего цикла его эксплуатации может быть задана следующими показателями готовности:

- средний нестационарный коэффициент внутренней готовности;
- средний нестационарный коэффициент эксплуатационной готовности;
- стационарный коэффициент внутренней готовности (коэффициент готовности);
- стационарный коэффициент эксплуатационной готовности;
- вероятность восстановления;
- среднее время восстановления;
- среднее время до восстановления.

6.2.3 Готовность изделия на определенных этапах эксплуатации изделия может быть задана следующими показателями готовности:

- нестационарный коэффициент оперативной готовности;
- стационарный коэффициент оперативной готовности (коэффициент оперативной готовности);
- средний нестационарный коэффициент внутренней готовности;
- средний нестационарный коэффициент эксплуатационной готовности;
- мгновенный (нестационарный) коэффициент внутренней готовности;
- мгновенный (нестационарный) коэффициент эксплуатационной готовности;
- вероятность восстановления;
- среднее время восстановления;
- среднее время до восстановления.

6.2.4 Назначение в ТТЗ (ТЗ) конкретных показателей готовности (восстанавливаемости) изделия и их количественных значений должно производиться с учетом положений ГОСТ 27.003 и других нормативных документов, определенных заказчиком, при этом методику их оценки устанавливает организация-разработчик при разработке эскизного проекта для конкретного изделия, с учетом положений настоящего стандарта и по согласованию с заказчиком.

Математическое определение вышеперечисленных показателей готовности изделия приведено в приложении А.

6.3 Качественные характеристики конструкции изделия

6.3.1 Качественные характеристики конструкции изделия должны обеспечивать требуемые показатели его готовности (восстанавливаемости).

6.3.2 В зависимости от вида и типа изделия и с учетом 6.1.3, конструкция изделия в общем случае должна обеспечивать:

- ремонтопригодность, при возможности проведения технического обслуживания и ремонта, в соответствии с ГОСТ Р 58627;
- возможность использования скользящих методов структурного резервирования;
- возможность использования дробной кратности структурного резервирования;
- возможность использования схем резервирования, позволяющих производить техническое обслуживание (ремонт) без прекращения работы изделия;
- возможность использования таких схем структурного резервирования, при которых отказ основного или резервных элементов не нарушает допустимые значения ключевых характеристик изделия,
- непрерывное диагностирование технического состояния критичных составных частей изделия с целью своевременного обнаружения отказа, его локализации и восстановления работоспособного состояния;
- повышенную производительность, многоканальность выполнения целевого задания, возможность создания наколительных запасов, функциональную инерционность, создающих резерв оперативного времени работы изделия;

- использование периодов незанятости изделия и его отдельных составных частей для восстановления технических характеристик;
- многофункциональность составных частей изделия, позволяющая им реализовывать функции отказавших элементов;
- информационную избыточность, реализуемую в виде многократной и/или параллельной передачи информации, с кодировкой, обнаруживающей и исправляющей ошибки передачи;
- наличие дополнительных ветвей алгоритмов программного обеспечения и связей между ними, направленных на выявление и локализацию ошибок программного обеспечения;
- оптимальное сочетание методов структурного, временного, функционального, алгоритмического и информационного резервирования.

6.3.3 Требования к качественным характеристикам конструкции изделия, определяющим его ремонтопригодность согласно ГОСТ Р 58625.

7 Порядок и методы проведения анализа готовности изделия

7.1 Общие требования

7.1.1 Работы, связанные с проведением АГ изделия, проводят на следующих этапах создания изделия:
- разработка эскизного проекта;
- разработка РД на опытные изделия комплекса и макеты;
- наземная экспериментальная отработка и летные испытания.

7.1.2 Проведение АГ изделия должно осуществляться на основании:
- проектной и рабочей КД;
- определенного порядка эксплуатации (применения) изделия;
- результатов проведения АВПКО (АВПО), анализа ремонтопригодности изделия, включая перечень составных частей изделий и программного обеспечения, отнесенных к категории критичных, их состава, контролепригодности и допустимых значений ключевых характеристик;
- результатов проведения наземных и летных испытаний.

7.1.3 Результаты проведения АГ изделия должны быть оформлены в соответствии с установленными в настоящем стандарте требованиями.

7.1.4 Методика оценки показателей готовности (восстанавливаемости) изделий должна быть разработана с учетом требований настоящего стандарта и включена в состав методики оценки технического состояния космического комплекса (изделия космического комплекса) на стадиях создания, производства и эксплуатации, разрабатываемой в соответствии с установленным заказчиком порядком.

7.2 Анализ готовности изделия при разработке эскизного проекта

7.2.1 При разработке эскизного проекта изделия, в части проведения АГ, должны быть выполнены следующие работы:
- сравнительная оценка и обоснование возможности обеспечения требуемых значений показателей готовности (восстанавливаемости) для различных вариантов конструкции изделия и применения изделия;
- сравнительная качественная оценка различных вариантов конструкции изделия и его составных частей на предмет соответствия их требованиям восстанавливаемости и ремонтопригодности;
- определение критериев отказа изделия для окончательно принятого варианта конструкторского решения;
- предварительная количественная оценка основных показателей готовности (восстанавливаемости) для окончательно принятого конструкторского решения изделия.

7.2.2 Оценка показателей готовности (восстанавливаемости) как для различных вариантов конструкции изделия, так и для окончательно принятого конструктивного решения, должна проводиться с учетом положений ГОСТ 27.301 в рамках выполнения общего расчета надежности.

Оценку показателей проводят расчетным методом на основании справочных данных о надежности компонентов и комплектующих элементов изделия и его составных частей, режимов применения изделия, значений временных характеристик, связанных с его восстановлением, а также по данным, относящимся к характеристикам ранее разработанных изделий-аналогов.

Оценка показателей готовности изделий должна проводиться на основании методики, разработанной с учетом положений ГОСТ Р 51901.14 и ГОСТ Р 51901.15.

7.2.3 Сравнительная качественная оценка различных вариантов конструкции изделия и его составных частей включает в себя анализ компоновок и членения вариантов конструкции на предмет соответствия их требованиям восстанавливаемости и ремонтопригодности изделия и их сопоставление между собой.

Сопоставление вариантов конструкции изделия по их восстанавливаемости должно проводиться на предмет выбора лучшего варианта конструкции, с учетом реализованных в каждом варианте сочетаний методов структурного, временного, функционального, алгоритмического и информационного резервирования, направленных на достижение максимально возможных значений показателей готовности (восстанавливаемости) изделия при существующих ограничениях.

Сопоставление вариантов конструкции изделия по их ремонтопригодности следует проводить в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58625.

7.2.4 Определение критериев отказа изделия осуществляют как идентификацию одного или множества признаков, сгруппированных по отдельным целевым функциям изделия и его составных частей, значения которых должны быть установлены в ТТЗ (ТЗ), связанных с полнотой их реализации, при отказе основных элементов конструкции и задействовании структурных, временных, функциональных, алгоритмических и информационных резервов.

7.2.5 Результаты выполнения работ по 7.2.1, с указанием недостатков рассмотренных конструктивных решений и предложений по их улучшению, должны быть отражены в материалах эскизного проекта, относящихся к обеспечению надежности, разработанных, согласованных и утвержденных в соответствии с установленным заказчиком порядком.

7.3 Анализ готовности изделия при разработке рабочей документации

7.3.1 При разработке РД изделия в части проведения АГ должны быть выполнены следующие работы:

- проведена качественная оценка принятых конструктивных решений изделия;
- проведена предварительная количественная оценка основных показателей готовности изделия;
- проведена проверка полноты и достаточности содержания программ и методик проведения испытаний изделий на восстанавливаемость и ремонтопригодность.

7.3.2 Качественная оценка принятых конструктивных решений должна проводиться на предмет соответствия их требованиям 6.3.2.

Проведение качественной оценки должно осуществляться в процессе разработки РД, на основании анализа рабочей КД, разработанной для принятого по результатам разработки эскизного проекта окончательного варианта конструкции изделия.

Результаты оценки должны быть подтверждены подписями уполномоченных проверяющих лиц, в соответствии с ГОСТ 2.104 и порядком, установленным системой менеджмента качества организации-разработчика.

7.3.3 По результатам разработки РД должна быть проведена предварительная оценка показателей готовности (восстанавливаемости) изделий и их составных частей на предмет проверки их соответствия требованиям ТТЗ (ТЗ). Оценка должна проводиться с учетом требований 7.2.2 настоящего стандарта.

7.3.4 Для подтверждения требований готовности (восстанавливаемости) изделия и его составных частей при проведении наземной экспериментальной отработки и/или летных испытаний должны быть разработаны программы и методики испытаний изделия на восстанавливаемость.

Данные программы и методики должны включать в себя проверку функционирования изделия с моделированием возможных отказов и реализацию решений, направленных на выявление отказов, их локализацию и восстановление работоспособного состояния.

Примечание — Допускается включение данных проверок в состав других программ и методик испытаний, связанных с функциональными проверками работы изделия.

Для ремонтопригодных изделий, в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58625, должны быть выпущены программы и методики испытаний на ремонтопригодность.

В процессе проведения АГ изделия программы и методики испытаний на восстанавливаемость должны быть проверены на предмет:

- соответствия объема испытаний требуемым режимам эксплуатации (применения) изделия;

- соответствия состава запланированных проверок совокупности принятых конструктивных решений, направленных на выявление отказов, их локализацию и восстановление работоспособного состояния;

- соответствия состава временных характеристик, получаемых по установленным планам испытаний необходимой точности статистических оценок;

- полноты проверок оценки достаточности установленных в эксплуатационной и ремонтной документации числа и квалификации обслуживающего персонала, проводящего техническое обслуживание и ремонт изделия;

- наличия проверок, направленных на выявление конструктивных факторов, снижающих способность к восстанавливаемости изделия;

- наличия проверок, направленных на оценку достаточности и эффективности применения предусмотренных встроенных и внешних средств контроля технического состояния и технической диагностики изделия;

- наличия проверок, направленных на оценку полноты и качества эксплуатационной документации.

Результаты проверок программ и методик испытаний должны быть подтверждены подписями уполномоченных проверяющих лиц, в соответствии с ГОСТ 2.104 и порядком, установленным системой менеджмента качества организации-разработчика.

7.3.5 Результаты АГ на этапе разработки РД изделия должны быть включены в состав расчета надежности, оформленного в соответствии с ГОСТ 27.301, ГОСТ 2.105 и требованиями системы менеджмента качества организации-разработчика.

7.4 Анализ готовности изделия по результатам наземной экспериментальной отработки и летных испытаний

7.4.1 АГ изделия на этапах наземной экспериментальной отработки и летных испытаний должен включать в себя проведение следующих работ:

- оценку по результатам испытаний степени совершенства конструкции изделия и полноты отработки его на готовность (восстанавливаемость);

- оценку показателей готовности (восстанавливаемости);

- оценку результатов устранения замечаний, выявленных в процессе испытаний на готовность (восстанавливаемость).

7.4.2 Оценка степени совершенства конструкции изделия и полноты отработки его на готовность должна включать в себя анализ результатов проведения испытаний на ремонтопригодность в соответствии с требованиями ГОСТ Р 58627 и/или анализ результатов проведения испытаний на восстанавливаемость.

Анализ результатов проведения испытаний на восстанавливаемость должен включать в себя:

- оценку соответствия фактических режимов проведения испытаний режимам эксплуатации (применения) изделия, принятым допущениям и ограничениям;

- оценку полноты и качества реализованных в ходе испытаний процессов восстановления работоспособности изделия в части проверки их чувствительности, точности и адекватности, а также достоверности и степени повторяемости и воспроизводимости в различных условиях испытаний;

- оценку фактически полученных при реализации процессов восстановления работоспособности запасов по временным характеристикам.

7.4.3 Количественная оценка показателей готовности (восстанавливаемости) должна производиться с учетом положений ГОСТ 27.301 расчетно-экспериментальным или экспериментальным методами, на основании данных, полученных по фактическим результатам испытаний.

7.4.4 При наличии замечаний, выявленных в процессе проведения испытаний на готовность (восстанавливаемость), или несоответствии расчетных значений показателей готовности (восстанавливаемости) фактическим результатам испытаний, должны быть проведены работы по корректировке РД изделия, повторные испытания на готовность (восстанавливаемость) и последующая оценка результатов устранения замечаний, выявленных в процессе испытаний, в объеме, указанном в 7.4.2 и 7.4.3.

7.4.5 Результаты работ по оценке готовности изделия на этапах наземной экспериментальной отработки и летных испытаний должны быть включены соответственно в состав итогового технического отчета о готовности к летным испытаниям и технического отчета о результатах выполнения программы летных испытаний, оформленных, согласованных и утвержденных в установленном заказчиком порядке.

Приложение А
(справочное)

Показатели готовности (восстанавливаемости) изделия

А.1 Среднее время восстановления вычисляют по формулам:

- вероятностное определение

$$T_в = \int_0^\infty t \cdot f_в(t)\,dt, \qquad (А.1)$$

где $f_в(t)$ — плотность распределения времени восстановления;

- статистическое определение

$$\hat{T}_в = \sum_{i=1}^{M} t_i / M, \qquad (А.2)$$

где t_i — длительность восстановления изделия;

M — общее количество восстанавливаемых изделий.

А.2 Среднее время до восстановления вычисляется по формулам (А.1) и (А.2), при этом в качестве длительности восстановления дополнительно учитывается время от возникновения отказа до его обнаружения и время от его обнаружения до локализации отказа, а также значения вспомогательного, подготовительно-заключительного, дополнительного времени и времени ожидания, согласно ГОСТ 21623, для ремонтопригодных изделий.

А.3 Вероятность восстановления вычисляют по формулам:

- вероятностное определение

$$P_в(t) = \int_0^t f_в(t)\,dt, \qquad (А.3)$$

- статистическое определение

$$\hat{P}_в = 1 - \frac{m(t+\Delta t)}{M(t+\Delta t)}, \qquad (А.4)$$

где $m(t + \Delta t)$ — число изделий, не восстановленных за промежуток времени от t до $t + \Delta t$;

$M(t + \Delta t)$ — общее число изделий, подлежащих восстановлению за промежуток времени от t до $t + \Delta t$.

А.4 Мгновенный (нестационарный) коэффициент внутренней готовности вычисляют по формулам:

- вероятностное определение

$$K_Г(t) = \sum_{i=1}^{\infty} P\left\{\sum_{k=0}^{i}(\xi_k + \eta_k) < t < \sum_{k=0}^{i}(\xi_k + \eta_k) + \xi_{k+1}\right\}, \qquad (А.5)$$

где ξ_k — случайное время работы (случайная наработка) перед k-м отказом i-го изделия;

η_k — случайное время до восстановления (простоя) перед k-м отказом i-го изделия;

- статистическое определение

$$\hat{K}_Г(t) = 1 - \frac{n(t)}{N(0)}, \qquad (А.6)$$

где $n(t)$ — число изделий, находящихся в момент времени t в неработоспособном состоянии;

$N(0)$ — общее число изделий.

А.5 Мгновенный (нестационарный) коэффициент эксплуатационной готовности подсчитывают по формулам (А.5) и (А.6), в случае ремонтопригодности изделия, в качестве времени η_k должно дополнительно учитываться общее время технического обслуживания (ремонта), согласно ГОСТ 21623.

А.6 Средний нестационарный коэффициент внутренней готовности вычисляют по формулам:

- вероятностное определение

$$K_{\Gamma}^{*}(t) = \frac{1}{t} \cdot \int_{0}^{t} K_{\Gamma}(x)dx; \tag{А.7}$$

- статистическое определение

$$\tilde{K}_{\Gamma}^{*}(t) = \frac{1}{t\ N(0)} \cdot \sum_{i=1}^{N(0)} S_i(t), \tag{А.8}$$

где $S_i(t)$ — суммарная наработка i-го изделия за время t.

А.7 Средний нестационарный коэффициент эксплуатационной готовности подсчитывают по формулам (А.7) и (А.8), с учетом того, что в случае ремонтопригодности изделия, в состав времени простоев дополнительно входит общее время технического обслуживания (ремонта), согласно ГОСТ 21623.

А.8 Стационарный коэффициент внутренней готовности (коэффициент готовности) вычисляют по формуле

- вероятностное определение

$$K_{\Gamma} = \lim_{t \to \infty} K_{\Gamma}(t) = \lim_{t \to \infty} K_{\Gamma}^{*}(t). \tag{А.9}$$

Для любых распределений наработки между отказами и времени до восстановления, имеющих соответствующие конечные средние значения, коэффициент готовности подсчитывается по формуле

$$K_{\Gamma} = \frac{T_0}{T_0 + T_в}, \tag{А.10}$$

где T_0 — средняя наработка между отказами.

Статистическое определение

$$\tilde{K}_{\Gamma} = 1 - \frac{n(t_\infty)}{N(0)}, \tag{А.11}$$

где $n(t_\infty)$ — число изделий, находящихся в неработоспособном состоянии в произвольный, достаточно удаленный момент времени.

А.9 Стационарный коэффициент эксплуатационной готовности подсчитывают по формулам (А.9) — (А.11), с учетом общего времени технического обслуживания (ремонта) для ремонтопригодных изделий, согласно ГОСТ 21623.

А.10 Нестационарный коэффициент оперативной готовности подсчитывают по формулам

- вероятностное определение

$$K_{\text{ОГ}}(t, t+\Delta t) = \sum_{i=1}^{\infty} P\left\{\sum_{k=0}^{i} (\xi_k + \eta_k) < t < t+\Delta t \le \sum_{k=0}^{i} (\xi_k + \eta_k) + \xi_{k+1}\right\}; \tag{А.12}$$

- статистическое определение

$$\tilde{K}_{\text{ОГ}}(t, t+\Delta t) = \frac{N(t, t+\Delta t)}{N(0)}, \tag{А.13}$$

где $N(t, t + \Delta t)$ — число изделий, работоспособных в момент времени t и проработавших безотказно в период времени Δt.

А.11 Стационарный коэффициент оперативной готовности (коэффициент оперативной готовности) подсчитывают по формуле

- вероятностное определение

$$K_{ог} = \lim_{t \to \infty} K_{ог}(t, t + \Delta t). \quad (А.14)$$

Если вероятность безотказной работы изделия в течение времени Δt не зависит от момента начала работы, то коэффициент оперативной готовности может быть вычислен по формуле

$$K_{ог} = K_г \cdot P(\Delta t), \quad (А.15)$$

где $P(\Delta t)$ — вероятность безотказной работы изделия в период времени Δt;

- статистическое определение

$$\tilde{K}_{ог} = \frac{N(t_\infty, t_\infty + \Delta t)}{N(0)}, \quad (А.16)$$

где $N(t_\infty, t_\infty + \Delta t)$ — число изделий, работоспособных в произвольный, достаточно удаленный момент времени t_∞, и проработавших безотказно в период времени Δt.

УДК 658.382.3:001.4:623:006.354 ОКС 49.020

Ключевые слова: надежность, космические системы, комплексы, готовность, восстанавливаемость, ремонтопригодность

БЗ 12—2019/28

Редактор *П.К. Одинцов*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *Е.А. Кондрашовой*

Сдано в набор 20.12.2019. Подписано в печать 09.01.2020. Формат 60×84⅛. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 1,86. Уч.-изд. л. 1,68.

Подготовлено на основе электронной версии, предоставленной разработчиком стандарта

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

gost.e-ecolog.ru