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 накопительных 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

$$T_{в} = \int_{0}^{\infty} t \cdot f_{в}(t) dt, \quad (А.1)$$

где $f_{в}(t)$ — плотность распределения времени восстановления;

- статистическое определение

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

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

$$P_{в}(t) = \int_{0}^{t} f_{в}(t) dt, \quad (А.3)$$

- статистическое определение

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

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

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

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

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

- статистическое определение

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

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 $\eta_k$ 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

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

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

$$K_{\Gamma} = \frac{T_{\text{о}}}{T_{\text{о}} + T_{\text{в}}}, \tag{А.10}$$

где $T_{\text{о}}$ — средняя наработка между отказами.

Статистическое определение

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

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

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

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

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 $\Delta t$ 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 $\Delta t$;

- статистическое определение

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

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

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