
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО
ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ**



**НАЦИОНАЛЬНЫЙ
СТАНДАРТ
РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ**

ГОСТ Р

—

20

*(проект,
первая редакция)*

**Планирование технического обслуживания продукции
военного и продукции двойного назначения**

*Настоящий проект стандарта не подлежит
применению до его утверждения*

Предисловие

1 РАЗРАБОТАН Акционерным обществом «Летно-исследовательский институт имени М.М. Громова» (АО «ЛИИ им. М.М. Громова») и Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр «Прикладная Логистика» (АО НИЦ «Прикладная Логистика»)

2 ВНЕСЕН Техническим комитетом по стандартизации ТК 482 «Поддержка жизненного цикла экспортируемой продукции военного и продукции двойного назначения»

3 УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от _____ г. № _____ – ст

4 ВВОДИТСЯ ВПЕРВЫЕ

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 (www.gost.ru)

© Стандартиформ, 20

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	
2 Нормативные ссылки.....	
3 Термины, определения и сокращения	
3.1 Термины и определения	
3.2 Сокращения	
4 Принципы обеспечения заданной надежности обслуживаемого изделия	
5 Исходные данные для планирования технического обслуживания	
6 Процесс планирования технического обслуживания	
6.1 Общие положения	
6.2 Планирование технического обслуживания для функциональной системы	
6.3 Особенности планирования технического обслуживания для силовой конструкции.....	
7 Формирование плана технического обслуживания изделия	
Приложение А (рекомендуемое) Методические рекомендации по подготовке исходных данных для планирования технического обслуживания	
Приложение Б (справочное) Пример представления результатов планирования технического обслуживания	
Библиография	

Введение

Теория надежности предполагает, что уровень надежности (безотказности, долговечности, сохраняемости) изделия определяется конструктивно–схемными решениями, принятыми на стадии разработки этого изделия. Уровень надежности на стадии эксплуатации не может быть повышен без конструктивного улучшения изделия, но может поддерживаться путем проведения планового и непланового технического обслуживания (ТО) для предупреждения, своевременного выявления и устранения отказов и повреждений составных частей изделия.

Принятая в современной международной практике методология планирования ТО для поддержания надежности изделий различного назначения основана на концепции RCM [1] или «ТО, ориентированное на безотказность», которая предусматривает выбор работ по ТО изделия на основе целенаправленного формализованного и документируемого анализа прогнозируемых или имеющих место отказов и повреждений изделия и его составных частей с целью предупреждения, своевременного выявления и устранения конкретных анализируемых видов отказов и повреждений. Эта методология в самом общем виде стандартизована ГОСТ Р 27.606, который выпущен уже более пяти лет назад и распространяется на все виды техники, что не дало возможности отразить в стандарте специфику сложной продукции оборонно-промышленного комплекса, включая продукцию военного и двойного назначения. Особенности такой продукции проявляются в части организации и методов проведения большого комплекса работ в области интегрированной логистической поддержки (ИЛП), направленных на формирование эффективной системы технической эксплуатации сложного изделия, одним из основных элементов которой является план ТО изделия и его составных частей.

Основным недостатком ГОСТ Р 27.606 (в том числе его аналога [2]) является рассмотрение процесса RCM по существу как изолированного, хотя в стандарте упоминается его связь с другими элементами ИЛП. При этом в составе процедур RCM упоминаются построение анализируемой структуры изделия, анализ надежности и последствий отказов элементов указанной структуры, потом собственно выбор работ по ТО со сроками их выполнения и, наконец, процедуры обратной связи для сбора эксплуатационной информации об эффективности

сформированного плана ТО. Все это не эффективно для сложных изделий, в отношении которых принято осуществлять ИЛП по ГОСТ Р 53393 и ГОСТ Р 56114. Для этих изделий к этапу планирования ТО для поддержания их надежности уже сформирована логистическая структура изделия и проведен анализ возможных отказов изделия, его составных частей и последствий этих отказов. Кроме того, в рамках технологий ИЛП предусмотрен также и этап мониторинга процессов технической эксплуатации изделий для дополнения и корректировки базы данных анализа логистической поддержки по ГОСТ Р 57105 с более широким кругом задач по сравнению с предусмотренными ГОСТ Р 27.606.

Надо указать также, что указанный общетехнический стандарт не учитывает аспекты планирования ТО в рамках многоуровневых систем технической эксплуатации по ГОСТ Р 58297. Более того, в нем процесс выбора уровней ТО и ремонта указан как предшествующий процедурам RCM–анализа, что технически невозможно без знания существа необходимых работ по ТО (ремонту), выбираемых в процессе RCM–анализа. Имеют место и недостатки перевода [2] использованного при подготовке национального стандарта ГОСТ Р 27.606.

Настоящий стандарт призван устранить указанные недостатки общетехнического ГОСТ Р 27.606 и регламентировать основные положения методологии RCM применительно к сложным изделиям военного и двойного назначения. Стандарт учитывает положения широко применяемых международных документов по стандартизации в области планирования ТО для поддержания надежности сложных изделий различного назначения [3, 4, 5] и дополняет требования национальных стандартов в области ИЛП: ГОСТ Р 53392, ГОСТ Р 53393, ГОСТ Р 56114, ГОСТ Р 57105 и ГОСТ Р 58297.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**Планирование технического обслуживания продукции военного
и продукции двойного назначения**

Maintenance planning for military and dual-use products

Дата введения —

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на промышленные изделия военного и двойного назначения (далее – изделия) и устанавливает основные положения в области планирования технического обслуживания обслуживаемого изделия на основе методологии выбора работ по техническому обслуживанию с использованием критериев надежности изделия, а также определяет особенности применения указанной методологии при анализе логистической поддержки и формировании системы технической эксплуатации сложных изделий, включая их составные части.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002–2013 Надежность в технике. Основные понятия. Термины и определения

ГОСТ 25866 Эксплуатация техники. Термины и определения

ГОСТ Р 27.606 Надежность в технике. Управление надежностью. Техническое обслуживание, ориентированное на безотказность

ГОСТ Р 53392 Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Основные положения

ГОСТ Р 53393 Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения

ГОСТ Р 53394 Интегрированная логистическая поддержка. Термины и определения

ГОСТ Р 56112 Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Общие требования к комплексным программам обеспечения эксплуатационно-технических характеристик

ГОСТ Р 56114 Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Требования к проведению анализа логистической поддержки

ГОСТ Р 56136 Управление жизненным циклом продукции военного назначения. Термины и определения

ГОСТ Р 57105 Интегрированная логистическая поддержка. Анализ логистической поддержки. Требования к структуре и составу базы данных

ГОСТ Р 58297 Интегрированная логистическая поддержка. Многоуровневое техническое обслуживание и ремонт. Основные положения

Примечание — При пользовании настоящим стандартом целесообразно проверить действие ссылочных стандартов и классификаторов 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, определения и сокращения

3.1 Термины и определения

В настоящем стандарте применены термины по ГОСТ 27.002, ГОСТ 25866, ГОСТ Р 53394 и ГОСТ Р 56136, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 вид отказа: Конкретное нарушение работоспособности элемента изделия (системы или ее составной части, как объекта технического обслуживания), характеризующееся недопустимым снижением или полной потерей возможности выполнения одной или нескольких функций из числа выполняемых рассматриваемым элементом в составе финального изделия.

3.1.2 объект технического обслуживания: Изделие в целом или элемент его логической структуры любого уровня разукрупнения (система или ее составная часть), обладающий как индивидуальной потребностью в предупреждении, выявления и (или) устранения конкретных видов отказов и повреждений этого элемента, так и возможностью выполнения на нем указанных работ.

3.1.3 операция технического обслуживания: Часть работы по техническому обслуживанию, выполняемая непрерывно на одном рабочем месте применительно к одному или нескольким одновременно обслуживаемым объектам.

3.1.4 определяющий параметр: Параметр изделия, наиболее полно характеризующий соответствие технического состояния объекта технического обслуживания требованиям, установленным в эксплуатационной документации.

3.1.5 предотказное состояние: Работоспособное состояние объекта технического обслуживания, при котором его определяющий параметр (или совокупность таких параметров) имеет(ют) значение(я), попадающее(ие) в поле допуска, устанавливаемого в эксплуатационной документации.

Примечание — Для некоторых видов изделий в качестве критерия предотказного состояния используют контролируемый отказ допустимого числа резервированных элементов в составе изделия.

3.1.6 работа по техническому обслуживанию: Технологически завершённый комплекс операций по контролю, поддержанию и (или) восстановлению технического состояния объекта технического обслуживания на стадии его эксплуатации.

Примечание — Для целей анализа могут выделяться разные виды работ: контрольно-проверочные (контроль состояния, поиск места отказа), профилактические (очистка, мойка, смазка), восстановительные (замена, текущий ремонт). Кроме того, по мере необходимости используют и другие классификационные признаки видов работ, например: по потребности в их выполнении (плановые и неплановые), по характеру затрачиваемых ресурсов (подготовительные, основные, заключительные) и др.

3.1.7 средства технического обслуживания: Элементы технологического оснащения (машины, инструмент, оснастка и им подобные), необходимые для выполнения технического обслуживания и ремонта в соответствии с указаниями эксплуатационной, ремонтной или иной технической документации и не относящиеся к инфраструктуре системы технической эксплуатации.

3.1.8 структура технического обслуживания: Совокупность уровней технического обслуживания, видов и периодичности выполняемых на них работ, принятая для определенного типа финального изделия.

3.1.9 уровень технического обслуживания (ремонта): Организационно выделенная часть многоуровневой системы технической эксплуатации, состоящая из совокупности используемых на этом уровне: объектов инфраструктуры этой системы, средств технического обслуживания и ремонта, персонала определенных специальностей и квалификации, – которые совместно определяют технологические возможности и условия выполнения на этом уровне определенных видов работ по техническому обслуживанию или ремонту.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

АЛП — анализ логистической поддержки;

БД АЛП — база данных анализа логистической поддержки;

БСК — бортовые средства контроля;

ЗНР — зависит от наработки;

ЗП — задержка применения;

ИК — изменение конструкции;

ИЛП — интегрированная логистическая поддержка;

КИ — комплектующее изделие;

КВЭ — конструктивно-важный элемент;

КМВ — крайне маловероятный;

ЛСИ — логистическая структура изделия;

МВ — маловероятный;

НЗНР — не зависит от наработки;

НЗП — нет задержки применения;

ПКУК — программа контроля уровня коррозии;

- ПНВ — практически невероятный;
ПС — повреждение от влияния среды;
СП — случайное повреждение;
СТЭ — система технической эксплуатации;
СЧ — составная часть;
ТО — техническое обслуживание;
ТОиР — техническое обслуживание и ремонт;
ТЭ — техническая эксплуатация;
УВ — умеренно вероятный;
УП — усталостное повреждение;
ФИ — финальное изделие;
ФС — функциональная система;
ЭД — эксплуатационная документация;
ЭТХ — эксплуатационно-технические характеристики.

4 Принципы обеспечения заданной надежности обслуживаемого изделия

4.1 Изделия, подлежащие обслуживанию на стадии эксплуатации, начиная с этапов их разработки нуждаются в планировании состава работ по ТО, необходимого и достаточного для поддержания заданной надежности ФИ и его СЧ. Эти работы, определяемые в плане ТО, необходимы для:

- поддержания заданных требованиями и заложенных в типовую конструкцию ФИ уровней надежности (безотказности, долговечности) и обеспечения необходимой готовности ФИ к применению по назначению и безопасности его применения;
- восстановления надежности ФИ до заложенных при проектировании уровней в случае их понижения;
- получения информации, обеспечивающей принятие решений по улучшению конструкции с низкой надежностью;
- минимизации суммарных затрат на ТОиР, включая затраты на плановые работы и неплановые затраты, вызванные отказами.

последствий возможных отказов элементов ЛСИ с установлением количественных и (или) качественных оценок вероятностей каждого из видов возможных видов отказов элементов ЛСИ, а также вероятностей рассматриваемых видов отказов и их последствий для готовности и безопасности применения изделия.

Планирование ТО для поддержания надежности изделий предусматривает включение в план ТО только эффективных работ планового ТО, методов восстановления при отказах, а также требований к периодичности и условиям выполнения указанных работ. В дополнение к сформированному составу и периодичности работ разрабатывается технология выполнения каждой из работ планового и непланового ТО с оценкой необходимых материальных, трудовых и финансовых ресурсов (потребности в запасных частях и расходных материалах на заданные периоды эксплуатации, в средствах ТО, инструментах и принадлежностях).

4.6 Планирование ТО для поддержания надежности непосредственно связано с обоснованием уровней ТОиР в рамках многоуровневой СТЭ изделий по ГОСТ Р 58297. При выборе уровней ТОиР решают задачи отнесения каждой из рассматриваемых работ по ТОиР к тому уровню многоуровневой СТЭ, на котором выполнение работы (или комплекса из нескольких работ) будет наиболее рациональным по экономическим критериям при соблюдении ограничений по надежности, безопасности, готовности и т. п.

Примечание — Использование результатов планирования ТО для обоснованного выбора уровней ТО (ремонта) для конкретных работ по ТОиР позволяет обеспечить высокую эффективность СТЭ путем снижения эксплуатационных затрат за счет уменьшения объемов транспортирования ФИ в целом к месту выполнения работ, демонтажа и транспортирования его СЧ, применения более достоверных и качественных методов контроля и восстановления технического состояния изделий разных уровней разукрупнения, оптимизации складских запасов для ТЭ.

4.7 Результатом планирования ТО для поддержания надежности изделий является план ТО, определяющий предельные состояния СЧ ФИ, входящих в состав ЛСИ, состав и периодичность работ по ТО ФС и СЧ ФИ в соответствии с принятой ЛСИ. В этом плане описывают параметры выбранных работ по ТО, включая:

- обозначение и наименование работы;
- целевую направленность работы: контроль работоспособности, контроль исправности, профилактика (плановая смазка, чистка, мойка и т. п.), восстановление,

вспомогательные работы (демонтаж для ТО, промывка, неплановая консервация и т. п.);

– идентификатор зоны выполнения работы, люка доступа и иные подобные сведения для организации выполнения работы.

5 Исходные данные для планирования технического обслуживания

5.1 На этапах АЛП, предшествующих планированию ТО, формируют эксплуатационную модель ФИ, которая включает:

– формализованное описание (в формате ЛСИ) конструктивно–схемных решений (включая программные средства) в составе ФИ, необходимых для реализации заданных функций, и их взаимосвязи;

– для каждой из ФС ее краткое техническое описание, включая укрупненную схему, принципы работы и формализованное описание функций, выполняемых ФС в составе ФИ и каждой из СЧ в составе ФС;

– формализованное описание ожидаемых видов отказов ФС ФИ и их последствий (критичности) для применения ФИ по назначению (модель отказов ФС ФИ);

– формализованное описание ожидаемых видов отказов элементов ЛСИ (ФС и их СЧ) и влияния этих отказов на работоспособность рассматриваемых ФС и на применение ФИ по назначению (модель отказов элементов ФС и ее взаимосвязь с моделью отказов ФС в целом);

– формализованное описание возможных повреждений ФИ и его СЧ на стадии эксплуатации от разных эксплуатационных факторов и воздействия окружающей среды;

– количественные (численные) или качественные (интервальные) оценки вероятностей рассматриваемых при анализе видов отказов и повреждений ФС и СЧ ФИ;

– оценки принципиальной возможности контроля и восстановления технического состояния СЧ, отказы и повреждения которых рассматриваются при анализе.

5.2 При формировании и применении указанной модели для целей планирования ТО в ЛСИ предусматривают, как правило, три уровня разукрупнения:

- ФИ в целом;
- ФС в составе ФИ – совокупность физических и (или) программных элементов, реализующих одну или несколько функций ФИ, необходимых для его применения по назначению;
- элемент ФС – физический (выполненный из конструкционных материалов) объект (агрегат, блок, модуль) или программное средство (приложение, устанавливаемое на одном из вычислителей в составе ФИ).

Все исходные данные о рассматриваемых при анализе отказах и повреждениях изделий формируют применительно к выбранным уровням разукрупнения типовой конструкции ФИ. Анализ видов, последствий и критичности отказов выполняют по ГОСТ 27.310 или с использованием принятых в соответствующей отрасли машиностроения методик.

5.3 Для планирования ТО необходимы также содержащиеся в БД АЛП:

- параметры типовых режимов применения ФИ, включая продолжительность типового цикла применения по назначению, число циклов применения, наработка и календарный срок службы конкретных ФИ парка в целом за определенный период оценки, факторы изменения интенсивности применения и нагрузений ФИ и т. д.;
- дополнительные сведения об ЛСИ применительно к элементам ЛСИ разного уровня разукрупнения (о ценах, принципах монтажа и демонтажа элементов, условиях доступа для ТОиР, принятые при анализе оценки продолжительности и трудоемкости возможных работ по ТОиР элементов и т. п.).

5.4 Методические рекомендации по подготовке и формам представления исходных данных для планирования ТО, направленного на поддержание надежности изделий, приведены в приложении А.

6 Процесс планирования технического обслуживания

6.1 Общие положения

6.1.1 При наличии в составе БД АЛП необходимых исходных данных анализ для выбора эффективных работ по ТО структурируют по ФС в составе ФИ.

в) мониторинга ЭТХ изделий на стадии эксплуатации.

При этом целью плановых работ является собственно поддержание заложенных в конструкцию уровней надежности, а неплановых работ – приведение ФИ в работоспособное состояние путем устранения обнаруженных отказов (повреждений) и (или) выполнения специальных видов работ после оговоренных в ЭД особых режимов использования ФИ.

Примечание — Примерами таких особых режимов являются: форсированный режим силовой установки сверх расчетного времени, удар молнии в оборудование или его перегрев, посадка корабля на мель, грубая посадка самолета и т. п.

6.1.4 При планировании ТО эффективными считаются только те работы, которые необходимы и достаточны для достижения указанных в 6.1.3 целей. План ТО не должен содержать избыточных работ, которые увеличивают трудоемкость и (или) стоимость ТО без позитивного влияния на уровни надежности и готовности ФИ, подтверждаемого рассмотрением конкретных видов отказов (повреждений), с которыми связан выбор конкретной работы по ТО.

6.1.5 Обоснование эффективного состава работ по ТО основано на оценке частоты и последствий (критичности) возможных видов отказов как ФС в целом, так и их причин – возможных видов отказов элементов ФС. При этом имеют место методические особенности планирования ТО для ФС (электрических, гидромеханических, пневматических, радиоэлектронных и т.п.) и силовой конструкции ФИ (корпуса корабля, танка, автомобиля, планера самолета или вертолета и т. п.)

6.2 Планирование технического обслуживания для функциональной системы

6.2.1 На первом этапе анализа рассматривают возможные виды отказов ФС в целом, оцениваются категории последствий (критичность) каждого из рассматриваемых отказов и устанавливают необходимость планового контроля работоспособности ФС в целом при ТО. Такой контроль может потребоваться именно для системы в целом (еще до рассмотрения возможных отказов ее элементов), поскольку часть отказов ФС может иметь скрытый характер и выявляться только при плановых проверках в ходе ТО ФИ.

При осуществлении этого этапа анализа используют логику принятия решений, проиллюстрированную в таблице 6.1. Категории последствий $K_{\text{пос}}$ назначают в порядке убывания тяжести последствий и кодируют (например, римскими цифрами от I до IV). Эти категории используются на следующем этапе при анализе критичности видов отказов элементов ФС для выбора категорий их важности.

Таблица 6.1 — Логика анализа видов отказов ФС для установления категорий последствий и выбора работ по контролю работоспособности ФС в целом

Вид отказа ФС		Явный для экипажа (расчета)	Скрытый от экипажа (расчета)
Приводит к аварии в процессе применения ФИ		$K_{\text{пос}} \text{ I}$	Не применимо
Приводит к отклонению от задания на применение ФИ		$K_{\text{пос}} \text{ II}$	Не применимо
Приводит к отмене или прекращению применения ФИ		$K_{\text{пос}} \text{ III}$	Не применимо
Без последствий		$K_{\text{пос}} \text{ IV}$	$K_{\text{пос}} \text{ IV}$
Предусмотрена ли регистрации БСК информации об отказе	Да	Учет в плане ТО не требуется	Необходимо включить в план ТО работу по съему и анализу данных БСК
	Нет	Учет в плане ТО не требуется	Необходим контроль работоспособности ФС в целом при ТО
Возможен ли контроль работоспособности ФС в целом при ТО?	Да	Учет в плане ТО не требуется	Необходимо включить в план ТО работу по плановому контролю работоспособности ФС в целом
	Нет	Учет в плане ТО не требуется	Необходимо обеспечить плановый контроль работоспособности ФС в целом при ТО

6.2.2 На втором этапе анализируют причины отказов ФС – возможные виды отказов элементов (СЧ) ФС и в зависимости от характеристик надежности каждого из элементов и последствий возможных видов их отказов устанавливают виды предельных состояний, эффективные для каждого из элементов ФС с учетом ее конструктивно-схемного исполнения.

6.2.3 Установление вида предельного состояния для стадии эксплуатации элемента (выработка ресурса, отказ или предотказное состояние) необходимо для

более точного последующего выбора работ по его ТО. Кроме того, установление приемлемого вида предельного состояния элемента при его использовании в конкретной конструкции ФС позволяет более четко формировать требования разработчика ФИ (или ФС) к поставщикам покупных КИ (включая гарантийные и иные обязательства).

6.2.4 Эксплуатация элемента до выработки назначенного ресурса (срока службы) является наиболее консервативным методом, который может способствовать сохранению заданного уровня надежности стареющих изделий, но при возможных ошибках в его выборе ведет к росту стоимости ТЭ изделий. Эксплуатацию элемента до отказа или до предотказного состояния принято относить к эксплуатации по техническому состоянию без установления для элемента назначенных ресурсов и сроков службы (до первого ремонта, межремонтных и иных). В этом случае можно ожидать снижения стоимости ТЭ изделий.

Соответственно, при выборе предельных состояний элементов ФС в современной практике машиностроения приняты следующие допущения:

- наиболее предпочтительным из экономических соображений является эксплуатация до отказа, если это возможно по условиям безопасности применения ФИ;
- при наличии методов достоверного контроля и прогнозирования изменения параметров технического состояния элемента эксплуатация до предотказного состояния более экономична, чем эксплуатация по ресурсу;
- при условии существенного возрастания частоты отказов элемента с увеличением его наработки даже при проведении необходимых профилактических работ эксплуатация по ресурсу обеспечивает более высокий уровень надежности элемента и безопасности применения ФИ, чем эксплуатация по техническому состоянию.

При возможности назначения элементу ФС различных предельных состояний, их выбор производится с учетом указанных приоритетов с привлечением дополнительных оценок, в том числе экономических.

6.2.5 На третьем этапе анализируют возможные виды отказов элементов (СЧ) ФС и с учетом характеристик надежности и выбранных предельных состояний каждого из элементов, а также последствий возможных видов их отказов, устанавливают категории важности (критичность) возможных видов отказов

элементов ФС. Категории важности характеризуют значимость рассматриваемых отказов и их последствий для работоспособности ФС целом. После чего выбираются работы по ТО элементов ФС.

6.2.6 В процессе указанного анализа важную роль играет степень резервирования элементов в конструктивно-схемном исполнении конкретной ФС. Эту степень для каждого β -го вида отказа характеризует параметр m_β . Величина этого параметра определяется минимальным количеством отказов элементов ФС, включая рассматриваемый вид отказа, совместное возникновение которых приводит к определенному виду отказа ФС в целом. Величина m_β определяется из ранее составленной функции отказности для данного вида отказа ФС:

- $m_\beta = 1$, если β -й вид отказа элемента сразу приводит к отказу ФС;
- $m_\beta = 2$, если β -й вид отказа элемента приводит к отказу ФС только в сочетании с отказом другого элемента ФС;
- $m_\beta = 3$, если β -й вид отказа элемента приводит к отказу ФС только в сочетании с отказами двух других элементов ФС;
- $m_\beta = 4$, если β -й вид отказа элемента приводит к отказу ФС только в сочетании с отказами трех других элементов ФС.

При определении m_β для элементов ФС, находящихся в «холодном» резерве следует учитывать не только конкретные виды отказов элементов ФС, но и события (пожар, разгерметизация, опасное сближение с препятствием и т. п.), приводящие к включению в работу рассматриваемого элемента ФС.

Примечание — В качестве примера учета указанных событий можно привести следующую ситуацию в процессе анализа: отказ блока противопожарной системы, приводящий к потере ее работоспособности, является единичным ($m_\beta = 1$), если рассматривается в нормальном цикле применения, и двойным ($m_\beta = 2$), если отказ рассматривается при условии пожара ФИ. Однако в первом случае отказ не имеет последствий и скрытый от экипажа (расчета), а во втором – явный и приводит к аварийной ситуации в процессе применения ФИ. Принятое решение в отношении величины параметра m_β должно соответствовать формулировке рассматриваемого вида отказа ФС.

6.2.7 При анализе учитывается определенная на первом уровне анализа категория последствий вида отказа ФС, к которому самостоятельно или в сочетании с другими событиями приводит рассматриваемый вид отказа элемента данной ФС. Поскольку определенный вид отказа элемента может являться причиной разных видов отказов одной ФС (то есть входить в разные функции отказности или в разные

сочетания отказов элементов в пределах одной функции отказности), то анализу подлежат только наиболее неблагоприятные (в смысле влияния на готовность и безопасность применения ФИ) сочетания категорий последствий отказов ФС и параметров m_{β} для рассматриваемого вида отказа элемента ФС. Применительно к одному и тому же виду отказа элемента ФС такие сочетания выбираются путем отбора наиболее тяжелых последствий $K_{\text{ПОС}}$ для каждого m_{β} . При этом отсеиваются сочетания, которые включают либо большее значение m_{β} (по сравнению с не исключенными до этого сочетаниями) при одинаковых $K_{\text{ПОС}}$, либо более низкую (с большим кодовым номером) $K_{\text{ПОС}}$ при одном и том же m_{β} .

Примечание — Пример выбора указанных сочетаний можно проиллюстрировать следующим образом. Пусть виды отказов элементов ФС, имеющие вероятности $q_{2,1}$ и $q_{3,1}$ являются причинами разных видов отказов ФС с вероятностями Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 и $K_{\text{ПОС}}$, соответственно, IV, I, I и II. При этом функции отказности и принятые для анализа значения m_{β} будут следующими:

$$\begin{array}{llll} Q_1 = q_{1,1} \times q_{2,1} + q_{3,1} \times q_{5,1}; & K_{\text{ПОС}1} = \text{IV} & m_{\beta} = 2 & \Rightarrow \text{рассматривается для отказа } q_{3,1}; \\ Q_2 = q_{4,2} + q_{2,1} \times q_{8,1}; & K_{\text{ПОС}2} = \text{I} & m_{\beta} = 2 & \Rightarrow \text{рассматривается для отказа} \\ Q_3 = q_{2,1} \times q_{3,1} \times q_{4,1}; & K_{\text{ПОС}3} = \text{I} & q_{2,1}; & \\ Q_4 = q_{2,1} + q_{4,1}; & K_{\text{ПОС}4} = \text{II} & m_{\beta} = 3 & \Rightarrow \text{рассматривается для отказа} \\ & & q_{3,1}; & \\ & & m_{\beta} = 1 & \Rightarrow \text{рассматривается для отказа } q_{2,1}. \end{array}$$

В результате такого отбора для каждого вида отказа каждого вида отказа элемента ФС определяют множества наиболее неблагоприятных сочетаний $K_{\text{ПОС}}$ и m_{β} , с которыми осуществляется вход в логическую схему выбора категорий важности видов отказов и предельных состояний элементов в составе ФС. Если для одного вида отказа существуют два или более сочетаний, в которых разные между собой и $K_{\text{ПОС}}$ и m_{β} , то при анализе рассматриваются все эти сочетания.

6.2.8 Установление категорий важности видов отказов элементов ФС необходимо для оценки их критичности, выбора предельных состояний элементов и последующего формирования состава работ по ТО, поскольку чем выше категория важности, тем выше должны быть требования к эффективности выбираемых работ. На практике число категорий важности равно числу возможных предельных состояний элементов и каждая из них кодируется числом от 1 до 3 в порядке снижения критичности (понижения категории) отказов элемента ФС.

Категории важности назначают в зависимости от вероятности отказа, его

последствий и степени резервирования, а также принятых норм в области безопасности применения ФИ, определяющих допустимые уровни вероятности возникновения тех или иных ситуаций (расчетных случаев) в процессе применения по назначению. Указанные вероятности оценивают количественными значениями или, при отсутствии точных данных, качественными диапазонами.

Примечание — Примером диапазонов вероятностей являются принятые в нормах летной годности воздушных судов транспортной категории: УВ – событие с вероятностью $1 \cdot 10^{-4} \dots 1 \cdot 10^{-2}$ на один час полета, МВ – с вероятностью $1 \cdot 10^{-7} \dots 1 \cdot 10^{-5}$, КМВ – с вероятностью $1 \cdot 10^{-9} \dots 1 \cdot 10^{-7}$, а ПНВ – с вероятностью не более $1 \cdot 10^{-9}$ на один час полета.

6.2.9 При осуществлении этого этапа анализа используют логику принятия решений, проиллюстрированную в таблицах 6.2 и 6.3 на примере анализа возможных отказов авиационных систем.

Таблица 6.2 — Логика анализа видов отказов элементов ФС для установления предельных состояний и категорий важности отказов механической природы (с априорной зависимостью частоты отказов от наработки конструктивного элемента)

Частота отказов и их сочетаний	Виды отказов ФС I категории последствий				Виды отказов ФС II категории последствий		Виды отказов ФС III категории последствий		Виды отказов ФС IV категории последствий	
	$m_{\beta}=1$	$m_{\beta}=2^{\text{ПНВ}+}$	$m_{\beta}=2^{\text{ПНВ}}$	$m_{\beta} \geq 3$	$m_{\beta}=1$	$m_{\beta} \geq 2$	$m_{\beta}=1$	$m_{\beta} \geq 2$	$m_{\beta}=1$	$m_{\beta} \geq 2$
ПНВ	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3
КМВ	ИК	1	3	3	3	3	3	3	3	3
МВ	ИК	1	3	3	2	3	3	3	3	3
УВ	ИК	1	3	3	2	3	2	3	3	3
Частое событие	ИК	1	3	3	2	3	2	3	3	3

Примечания:

1 При анализе каждого вида отказа элемента для двойных отказов, приводящих к отказу ФС с I категорией последствий рассматривают два случая: 1) когда сочетание отказов является ПНВ (обозначено $2^{\text{ПНВ}}$) и 2) когда оно более вероятно, чем ПНВ (обозначено $2^{\text{ПНВ}+}$).

2 Решение о необходимости изменения конструкции принимается в случае выявления несоответствия характеристик рассматриваемого вида отказа элемента ФС принятым требованиям по готовности и безопасности применения.

Таблица 6.3 — Логика анализа видов отказов элементов ФС для установления предельных состояний и категорий важности отказов, не относящихся к механическим (электрические, гидравлических, радиоэлектронные элементы и т. п.)

Частота отказов и их сочетаний		Виды отказов ФС I категории последствий			Виды отказов ФС II категории последствий		Виды отказов ФС III категории последствий			Виды отказов ФС IV категории последствий	
		$m_{\beta=1}$	$m_{\beta=2}^{\text{ПНВ}^+}$	$m_{\beta=2}^{\text{ПНВ}}$	$m_{\beta \geq 3}$	$m_{\beta=1}$	$m_{\beta \geq 2}$	$m_{\beta=1}$	$m_{\beta \geq 2}$	$m_{\beta=1}$	$m_{\beta \geq 2}$
Не выше КМВ	ЗНР	ИК	1	3	3	3	3	3	3	3	3
	НЗНР	ИК	РМБП	3	3	3	3	3	3	3	3
МВ	ЗНР	ИК	1	3	3	2	3	3	3	3	3
	НЗНР	ИК	1	3	3	ИК	3	3	3	3	3
УВ	ЗНР	ИК	1	3	3	2	3	3	3	3	3
	НЗНР	ИК	1	3	3	ИК	3	3	3	3	3
Частое событие	ЗНР	ИК	1	3	3	2	3	3	3	3	3
	НЗНР	НЗП*	ИК	ИК	3	3	ИК	3	ИК	3	3
		ЗП	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК

Примечания:

1 При анализе каждого вида отказа элемента для каждой категории последствий (I, II, III и IV) рассматривают возможные m_{β} (1, 2 и более, 3 и более).

2 Для двойных отказов, приводящих к отказу ФС с I категорией последствий рассматривают два случая: 1) когда сочетание отказов является ПНВ (обозначено $2^{\text{ПНВ}}$) и 2) когда оно более вероятно, чем ПНВ (обозначено $2^{\text{ПНВ}^+}$).

3 Решение о необходимости изменения конструкции принимается в случае выявления несоответствия характеристик рассматриваемого вида отказа элемента ФС принятым требованиям по готовности и безопасности применения.

Выбираемые категории важности видов отказов показаны цифрами на пересечении строк и столбцов таблиц. Для каждой категории важности могут быть приняты один или два вида предельных состояний:

6.2.13 Окончательный выбор для рассматриваемого вида отказ предельного состояния элемента зависит от возможностей контроля предотказного состояния этого элемента ФС.

Эксплуатация до предотказного состояния возможна только при следующих условиях:

- наличие параметров, достоверно характеризующих предотказное состояние элемента ФС;
- наличие технического и методического обеспечения для контроля технического состояния элемента ФС по указанным характерным параметрам и возможности восстановления (или замены) элемента при достижении предотказного состояния.

При этом устанавливают признаки, определяющие ранние стадии развития отказа, и нормы технических параметров, позволяющие выявлять и контролировать эти ранние признаки для своевременного предупреждения недопустимого дальнейшего развития отказа при достижении предотказного состояния элемента ФС.

Эксплуатация по ресурсу однозначно назначается для тех элементов ФС, у которых хотя бы один из возможных видов единичных отказов отнесен к 1 категории важности. При этом величина ресурса такого элемента ФС должна обеспечивать крайне малую вероятность или практическую невероятность указанного вида отказа в пределах назначаемого ресурса (срока службы) элемента.

6.2.14 Изменение конструкции элемента требуется в случае выявления при анализе возможного отказа элемента ФС несоответствий выбранным при логическом анализе критериям или требованиям к конструкции изделия.

Принятие решения об изменении конструкции необходимо в том случае, когда уровень надежности элемента не позволяет эксплуатировать его до безопасного отказа, и при этом надежность элемента ФС не снижается по мере увеличения наработки, то есть нет возможности для сохранения заданного уровня надежности выбрать соответствующую величину ресурса или периодичность контроля предотказного состояния элемента, которые в таком случае являются единственной мерой обеспечения готовности и безопасности применения изделия.

Меры, направленные на уменьшение влияния отказов элемента ФС на готовность и безопасность применения, включают две группы мер:

6.2.18 Все виды отказов элементов ФС к этому этапу разделены на три группы:

- 1) отказы, влияющие на безопасность – первая категория важности;
- 2) отказы, влияющие на прерывание или изменение плана применения ФИ по назначению – вторая категории важности;
- 3) отказы, влияющие на задержки начала применения ФИ по назначению и приводящие к иным экономическим последствиям – третья категории важности.

С учетом этого деления при выборе работ по ТО анализ отказов элементов из разных групп имеет свои особенности, но содержит и общие вопросы для всех трех групп отказов. Логическая последовательность анализа проиллюстрирована в таблице 6.4 и предусматривает рассмотрение следующих видов работ по ТО:

- профилактические работы (смазка, зарядка, заправка, мойка и другое технологическое обслуживание);
- плановые работы по контролю работоспособности, которые предусматривают только установление факта наличия или отсутствия отказа;
- плановые работы по контролю исправности, которые предусматривают выявление не только отказов (повреждений), но и предотказных состояний еще работоспособных элементов ФС;
- восстановительные работы при достижении элементом одного из видов предельного состояния (выработки ресурса, отказа, предотказного состояния).

При выборе работ оценивают их необходимость, возможность выполнения и эффективность. Кроме того, дополнительно оценивают возможность выполнения неплановых восстановительных работ: текущего ремонта элемента непосредственно в составе ФИ или замены этого элемента.

Т а б л и ц а 6.4 — Логика анализа видов отказов элементов ФС для выбора работ по ТО, обеспечивающих поддержание надежности ФС

Вопросы для логического анализа	Виды отказов элементов ФС:		
	1 категории важности	2 категории важности	3 категории важности
1 Нужны ли профилактические работы по поддержанию характеристик и (или) условий функционирования элемента?	При ответе "ДА" в план ТО включают профилактические работы и оценивают приспособленность конструкции к их выполнению, в противном случае профилактика не предусматривается	При ответе "ДА" в план ТО включают профилактические работы и оценивают приспособленность конструкции к их выполнению, в противном случае профилактика не предусматривается	При ответе "ДА" в план ТО включают профилактические работы и оценивают приспособленность конструкции к их выполнению, в противном случае профилактика не предусматривается
2 Обеспечен ли контроль экипажа (расчета) и (или) БСК данного вида отказа или предотказного состояния элемента?	При ответе "ДА" в план ТО включают обработку данных о применении ФИ (замечания экипажа, зарегистрированные БСК сведения), в противном случае планируют контроль исправности элемента и оценивают приспособленность конструкции к его выполнению. При негативной оценке требуется изменение конструкции	При ответе "ДА" в план ТО включают обработку данных о применении ФИ (замечания экипажа, зарегистрированные БСК сведения), в противном случае планируют контроль исправности или работоспособности элемента и оценивают приспособленность конструкции к его выполнению. При негативной оценке требуется изменение конструкции	При ответе "ДА" в план ТО включают обработку данных о применении ФИ (замечания экипажа, зарегистрированные БСК сведения), в противном случае планируют контроль работоспособности элемента и оценивают приспособленность конструкции к его выполнению. При негативной оценке требуется изменение конструкции

Окончание таблицы 6.4

Вопросы для логического анализа	Виды отказов элементов ФС:		
	1 категории важности	2 категории важности	3 категории важности
3 Обеспечено ли восстановление элемента при ТО по достижении назначенного предельного состояния (отказ, предотказное состояние или выработка ресурса)?	При ответе "ДА" в план ТО включают необходимые восстановительные работы и оценивают приспособленность конструкции к их выполнению, в противном случае требуется изменение конструкции	При ответе "ДА" в план ТО включают необходимые восстановительные работы и оценивают приспособленность конструкции к их выполнению, в противном случае требуется изменение конструкции	При ответе "ДА" в план ТО включают необходимые восстановительные работы и оценивают приспособленность конструкции к их выполнению, в противном случае требуется изменение конструкции

6.2.19 Необходимость выполнения плановых работ по ТО определяется схемным построением ФС, возможностями БСК, характеристиками надежности и конструкцией элемента ФС как объекта ТО. При этом выбор профилактических работ по поддержанию характеристик и (или) условий функционирования элемента ФС и плановых восстановительных работ обусловлен конструкцией элемента ФС, характеристиками его надежности и установленным видом предельного состояния.

В процессе планирования ТО учитывают следующие факторы:

- категория важности вида отказа элемента;
- особенности и признаки проявления рассматриваемого вида отказа, обуславливающие возможность его обнаружения;
- возможности контроля ранних признаков (предотказного состояния) наиболее критичного вида отказа (первой категории важности).

Если обеспечено достоверное обнаружение отказа в процессе применения ФИ по назначению, а своевременное его устранение при ТО гарантирует, что уровень надежности будет соответствовать нормам, то элемент ФС в плановых работах по контролю его работоспособности и (или) исправности не нуждается.

6.2.20 Выбор эффективных работ по ТО определенного вида, необходимость выполнения которых установлена в процессе анализа, проводится с учетом места выполнения (в составе ФИ, в лаборатории), состава планируемых к применению

средств ТО и материалов, и других особенностей, определяющих качество работ и затраты на их выполнение.

Примечание — Под эффективными понимаются работы, которые требуют меньших затрат, при условии, что качество выполнения работ удовлетворяет требованиям безопасности. Затраты на выполнение работы определяются прежде всего ее трудоемкостью и затратами на использование при выполнении работы специальных средств и материалов. Качество в зависимости от вида работ определяется достоверностью контроля, степенью восстановления номинального технического состояния элемента и другими требованиями конструкторской документации.

6.2.20 Согласно 6.2.1 выбору работ по ТО элементов ФС предшествует выбор эффективных плановых работ по контролю работоспособности ФС в целом, который завершается формированием перечня плановых проверок работоспособности ФС, направленных на выявление видов отказов ФС, скрытых от экипажа (расчета) и БСК ФИ. Работы из этого перечня учитывают при формировании состава работ по контролю работоспособности элементов данной ФС. Для этого выполняют объединение ряда выбранных плановых работ по ТО на основе целевого назначения каждой работы и формируют комплексные проверки работоспособности ФС, которые будут обеспечивать контроль не только ФС в целом, но и выявления ряда видов отказов элементов этой ФС.

Примечание — Примером является поканальная проверка работоспособности резервированной ФС, при выполнении которой можно выявить не только отказ резервного канала, но некоторые виды отказов отдельных элементов этой ФС.

6.2.21 В случае принятия решения о необходимости изменения конструкции в документации по результатам анализа фиксируются направленность доработок. После внесения указанных изменений все виды отказов элементов, обусловившие назначение доработок, вновь анализируются по логической схеме, вновь оценивается необходимость и возможность выполнения работ по ТО и формируется состав эффективных контрольно-профилактических работ.

6.2.22 На четвертом этапе анализа определяют периодичность выполнения выбранных работ по ТО. Значения периодичности работ устанавливают так, чтобы минимизировать естественное ухудшение заложенного в конструкцию уровня надежности, не допуская выхода этого уровня за пределы, установленные принятыми требованиями к ФИ.

При определении периодичности работ по ТО учитывают типовые режимы применения ФИ (средняя продолжительность типового цикла применения по назначению, среднегодовая наработка или пробег и т. п.). Соответственно, периодичность планового ТО устанавливается в тех единицах наработки (км пробега, ч налета, циклах, календарном периоде), которые наилучшим образом определяют физическую природу воздействия режимов применения ФИ на техническое состояние его ФС и их элементов.

Для установления периодичности ТО элементов ФС используют результаты стендовых испытаний, инженерные оценки, а также опыт работы над другими подобными проектами и эксплуатационные данные.

6.2.23 При установлении периодичности работ по ТО рассматривают три их основные группы:

- целевые работы по контролю технического состояния;
- целевые профилактические работы (смазка, мойка и т. д.);
- вспомогательные работы по обеспечению доступа для ТО.

Периодичность работ по обеспечению доступа обусловлена периодичностью целевых работ по контролю технического состояния и профилактических работ.

Периодичность профилактических работ выбирают традиционным экспертным способом с учетом опыта применения аналогичных элементов ФС.

Для периодичности работ по контролю работоспособности, особенно резервированных элементов ФС, могут быть разработаны аналитические или иные модели, позволяющие оптимизировать значения периодичности работ с использованием численных и иных расчетных методов.

Дополнительные рекомендации по методам установления периодичности отдельных работ по ТО приведены в ГОСТ Р 27.606 (приложение Б).

6.2.24 При наличии требований к структуре ТОиР ФИ (номенклатуре и периодичности выполнения видов ТОиР, например, регламентных работ и т. п.) может решаться задача не выбора периодичности отдельных работ по ТО, а отнесения выбранных работ к подходящим по периодичности выполнения плановым видам (формам) ТОиР. Это имеет место при использовании так называемой пирамидальной структуры ТОиР в виде пакетов плановых работ по ТОиР с увеличивающейся периодичностью.

6.3 Особенности планирования технического обслуживания для силовой конструкции

6.3.1 Планирование ТО для силовой конструкции сложного изделия (корабля, самолета и т. п.) во многих отраслях машиностроения осложняется отсутствием методов вероятностной оценки возможных отказов и повреждений силовых элементов. Взамен применяются нормы прочности и коэффициенты безопасности без проведения анализа надежности и последствий отказов, как это предусмотрено ГОСТ 27.310. Это требует иной логики принятия решений, чем принята для ФС (6.2).

6.3.2 Формирование состава плановых работ по ТО для силовой конструкции ФИ предусматривает выбор работ на основе анализа возможных повреждений элементов силовой конструкции, которые не могут быть выявлены экипажем (расчетом) и (или) БСК ФИ в процессе применения по назначению.

Силовая конструкция включает все несущие нагрузки части, такие как корпус (фюзеляж), внешние конструкции (поверхности управления и элементы крепления внешних блоков ФИ, оперение самолета и т. п.), узлы подвески двигателей, поверхности управления и узлы их навески и т. п.

6.3.3 При планировании ТО силовой конструкции рассматривают следующие особенности каждого конструктивного элемента:

- значимость элемента для безопасности применения ФИ;
- влияние повреждений элемента на эксплуатационную готовность ФИ;
- подверженность элемента каждому из рассматриваемых видов повреждений;
- степень сложности выявления каждого из рассматриваемых видов повреждений.

В числе рассматриваемых повреждений:

- усталостные повреждения вследствие циклических нагружений элемента при использовании ФИ;
- повреждения вследствие воздействия окружающей среды (коррозия, старение, биоповреждение, воздействие солнечной и иной радиации);
- случайные повреждения (от столкновений с препятствиями, падений предметов на обшивку ФИ и т. п.).

Примечание — В числе повреждений силовой конструкции могут рассматриваться и боевые повреждения, но они являются особой категорией и обычно не рассматриваются при формировании плана ТО типовой конструкции ФИ.

6.3.4 При планировании ТО силовой конструкции ФИ также определяют необходимые виды предельных состояний конструктивных элементов, каждый из которых может эксплуатироваться:

- по ресурсу с выполнением обязательной плановой замены элемента по выработке им ресурса или срока службы;
- до предотказного состояния с выполнением плановых осмотров и (или) инструментальных проверок и проведением восстановительных работ при выявлении признаков недопустимых повреждений элемента;
- до безопасного разрушения с восстановлением или заменой элемента после его разрушения.

6.3.5 Основу плана ТО силовой конструкции составляют требования к работам по ТО, направленным на своевременное обнаружение СП, ПС и УП, которые устанавливают применительно к заданным (ожидаемым) условиям эксплуатации ФИ. Для использования ФИ в условиях применения, отличных от заданных, потребуется адаптировать выбор требующих ТО элементов силовой конструкции ФИ и используемых процедур анализа, которые могут различаться для разных видов повреждений в зависимости от конструктивных особенностей и назначения ФИ.

6.3.6 Для целей анализа в составе силовой конструкции выделяют две группы элементов в соответствии с последствиями их повреждений для готовности и безопасности применения ФИ: конструктивно-важные элементы и прочую конструкцию.

6.3.7 В числе КВЭ могут быть отдельные конструктивно-сменные СЧ или наиболее нагруженные участки (места) силовых агрегатов, от которых существенно зависит восприятие рабочих нагрузок ФИ, перепадов давления или управляющих нагрузок и которые при их повреждении могут повлиять на конструктивную целостность, необходимую для безопасного применения ФИ.

Для каждого КВЭ составляют его краткое описание (трехмерная модель чертеж, обозначение и т. п.). В случае необходимости анализа ограниченного участка конструкции в составе КВЭ его документируют с указанием на моделях (чертежах) соответствующего КВЭ по результатам усталостных испытаний,

моделирования и (или) исходя из опыта разработчика силовой конструкции. В зависимости от расположения КВЭ в составе силовой конструкции могут иметь место разные виды повреждений. Кроме того, формирование перечня КВЭ должно учитывать располагаемые технологии контроля силовых элементов.

6.3.8 К прочей конструкции относят конструктивные элементы, не отнесенные к КВЭ в силу их незначительного влияния (или отсутствия такого влияния) на целостность силовой конструкции ФИ. Если эти элементы частым повреждениям (отказам), то они также могут потребовать планирования их ТО, чаще всего в составе комплексных (зонных) осмотров.

6.3.9 Если элемент конструкции не отнесен ни к КВЭ, ни к прочей конструкции, требующей ТО, то он определяется как некритичная конструкция и рассмотрению не подлежит.

6.3.10 При планировании ТО силовой конструкции для поддержания заложенного в эту конструкцию уровня безопасности в течение всего срока службы ФИ наиболее экономичным образом, включаемые в план ТО проверки и осмотры должны обеспечивать выявление повреждений по каждой из вышеуказанных причин (СП, ПС и УП).

Металлическая конструкция подвержена как ПС (в части коррозии), так и УП. При этом работы по ТО в обоих случаях приемлемы начиная с некоторого порога наработки (срока службы), установленного в процессе создания ФИ. Принятие такого решения базируется на опыте использования подобных конструкций с учетом различий в принятых конструктивных решениях (выбор материала, процессов обработки и сборки, систем защиты от коррозии и т. п.).

Неметаллическая конструкция подвержена как СП, так и износу (расслаиванию, отклеиванию и т. п.).

КВЭ из разных материалов требуют контроля стыков этих материалов (разных металлов, металлов и неметаллов) в силу возможности электрохимического взаимодействия и (или) износа при контакте разнородных материалов.

Проверки и осмотры для выявления УП, выполняемые после достижения заданного порога наработки базируются на принятых разработчиком силовой конструкции результатах оценки ее допустимой повреждаемости, результатах моделирования процессов усталости и испытаний натуральных конструкций (включая испытания до разрушения). В случае использования неметаллических материалов

проверки и осмотры для выявления УП могут не потребоваться, если конструкция обеспечивает отсутствия роста размера повреждения при наработке после его возникновения и это подтверждено испытаниями.

6.3.11 Выбор приемлемых и эффективных работ по ТО для каждого из видов повреждений КВЭ должен осуществляться при формировании плана ТО силовой конструкции на основе стандартизованного описания разных видов работ, рассматриваемых разработчиком силовой конструкции. Стандартизованные формулировки методов проверок и осмотров устанавливает разработчик в своих процедурах до начала планирования ТО силовой конструкции.

6.3.12 Сроки (периодичность) выполнения плановых работ по ТО силовой конструкции зависят от ожидаемых условий эксплуатации, условий выполнения работ по ТО, характеристик усталостной прочности, конструктивно-схемного исполнения силовой конструкции, рекомендаций разработчиков (поставщиков) конструктивных элементов и опыте эксплуатации аналогичных конструкций. Периодичность работ по ТО определяют для каждой работы в единицах наработки, числе рабочих циклов и (или) календарным сроком. При назначении периодичности сразу в нескольких единицах, ограничением является тот срок, который истечет раньше.

При назначении исходных сроков (порогов) начала проверок и осмотров значения порогов начала выполнения каждого вида проверок и осмотров для каждого КВЭ зависят от причин повреждений:

- для СП первый осмотр обычно связан с периодом, равным установленному интервалу первого планового контроля (планового вида ТО), начиная с начала эксплуатации ФИ;
- для ПС порог начала осмотров для всех уровней контроля основан на существующем опыте эксплуатации и рекомендациях разработчика КВЭ;
- для УП порог начала осмотров для всех уровней контроля основан на результатах усталостных испытаний и рекомендациях разработчика КВЭ.

Пороги устанавливают как часть требований к допустимой повреждаемости и меняют по мере накопления опыта эксплуатации, получения результатов дополнительных испытаний, либо моделирования работы КВЭ.

После установления порога определяют периодичность (интервал) повторения проверки или осмотра силовой конструкции как период эксплуатации

При формировании ПКУК учитывают все прогнозируемые или известные из опыта эксплуатации повреждения категории ПС в предположении применения ФИ в типовых (ожидаемых) условиях внешней среды. При обнаружении впоследствии уровня коррозии, превышающего расчетный уровень, ПКУК для рассматриваемой зоны должна быть пересмотрена с целью обеспечения приемлемого коррозионного состояния силовой конструкции. ПКУК содержит необходимые периодические работы по ТО металлических КВЭ, подверженных коррозии. Эти работы увязывают с плановыми проверками и осмотрами, выбранными при анализе повреждений категорий СП и ПС, включая также и создание временных защитных покрытий.

К числу плановых работ по предупреждению коррозии относят следующие:

- плановая очистка КВЭ от загрязнений (в т. ч. агрессивных), которые могут способствовать коррозионным процессам;
- плановая консервация КВЭ с нанесением одного или более временных защитных покрытий для предохранения поверхности КВЭ от коррозии (указанные средства защиты не должны оказывать негативного влияния на материалы, ЛКП и не должны мешать нормальной работе КВЭ и его ТО);
- плановая замена используемых для защиты от коррозии ЛКП (если они применяются), включая внешнюю окраску поверхностей металлических КВЭ;
- специальные меры или устройства для снижения влажности в области подверженных коррозии КВЭ, образования и отвода конденсата.

Периодичность выполнения этих работ устанавливают единой для парка ФИ, применяемых в одинаковых или сходных условиях окружающей среды. В этом случае не допускается использование выборочного контроля и (или) лидерной эксплуатации.

После определения требований в отношении проверок и осмотров для борьбы с коррозией и плановых работ технологического обслуживания формируют консолидированные требования к этим работам для их группировки наиболее эффективным для рассматриваемых КВЭ образом.

Если не будет выявлено эффективных плановых работ по ТО, то необходимо рассмотреть вопрос об изменении конструкции КВЭ (например, изменить дренаж, тип защитного покрытия КВЭ и т. д.).

7 Формирование плана технического обслуживания изделия

7.1 Для практической организации планирования ТО типовой конструкции при разработке нового типа или модификации ФИ его разработчик формирует рабочую методику, руководство или стандарт организации, где с использованием основных положений настоящего стандарта (6) будут подробно описаны:

- состав и методы сбора исходных данных;
- методы и процедуры выбора предельных состояний элементов и работ по ТО ФС в составе ФИ;
- методы и процедуры выбора предельных состояний элементов и работ по ТО силовой конструкции ФИ;
- методы и процедуры выбора значений периодичности для каждой из работ, включаемых в план ТО ФИ;
- форматы и процедуры документирования процесса и результатов планирования ТО для поддержания надежности ФИ и его СЧ;
- состав и порядок взаимодействия участников вышеуказанных процессов.

7.2 При разработке указанной в 7.1 документации используют имеющиеся отраслевые методики и стандарты или указания международных документов [3, 4, 5].

7.3 Анализ по формированию плана ТО ФИ и его СЧ завершают включением в БД АЛП сведений о перечне плановых и неплановых работ по ТО, о директивных технологиях выполнения этих работ и об общей структуре ТОиР ФИ и его СЧ (сведений о пакетах работ, выполняемых по плану с заданной периодичностью или непланово, по необходимости, с ожидаемой вероятностью в определенных условиях).

Приложение А (рекомендуемое)

Методические рекомендации по подготовке исходных данных для планирования технического обслуживания

А.1 Результаты анализа безотказности и последствий возможных отказов ФС представляют в виде перечня всех возможных отказов с указанием их критичности для применения ФИ по назначению (при проявлении данного вида отказа). Причины отказов ФС устанавливают при рассмотрении возможных видов отказов элементов ФС.

А.2 При подготовке исходных данных особое внимание уделяют формулировкам видов отказов, поскольку они существенно влияют на принятие решений и результаты последующего анализа по выбору работ по ТО.

А.3 Для корректного анализа соблюдают следующие условия формирования множества возможных видов отказов для каждого из элементов ФС:

- единичный вид отказа элемента на определенном этапе применения ФИ по назначению должен приводить только к одному виду отказа ФС в целом;
- при наличии нескольких видов отказов элемента они должны быть несовместны;
- однородные по конструкции элементы ФС могут объединяться для целей анализа в один обобщенный элемент, если они имеют непосредственные взаимосвязи (например, части механической проводки управления), одинаковые виды их отказов (например, обрыв) и на определенных этапах применения ФИ по назначению приводят к одинаковым (по сути и по последствиям) видам отказов ФС в целом (например, невозможность управления движением ФИ).

А.4 В исходных данных для каждого из рассматриваемых видов отказов принимаются наиболее его тяжелые последствия, возникающие из-за этого вида отказа хотя бы на одном из этапов применения ФИ по назначению (указывается категория критичности ситуации, связанной с отказом). Рассматриваемые категории критичности принимаются в соответствии с применимыми отраслевыми нормами и требованиями, а при их отсутствии – по согласованию с заказчиком.

– параметры и (или) нормы параметров (при наличии), определяющие возможность контроля предотказного состояния элемента ФС по данному виду отказа.

При отсутствии верифицированных моделей, описывающих физическую природу определенного вида отказа элемента и позволяющих прогнозировать изменение вероятности отказа по наработке элемента, для оценки зависимости частоты вида отказа элемента от наработки можно руководствоваться качественным правилом. Если за период, соответствующий величине срока службы (проектного ресурса) ФИ, частота отказов возрастает не более чем в 2 – 3 раза, то зависимость безотказности от наработки можно считать несущественной.

А.7 При невозможности точной количественной оценки вероятности вида отказа элемента ил ФС в целом может использоваться диапазон ожидаемого значения этой величины (ПНВ, КМВ и т. д.).

А.8 Для каждого вида отказа ФС формируется логическая функция отказности, определяющая условия возникновения и зависимости вероятности вида отказа ФС от вероятностей видов отказов ее элементов за цикл применения ФИ по назначению при условии, что к началу применения все элементы ФС работоспособны. Эти функциональные зависимости определяют с использованием принятых в соответствующей отрасли машиностроения методов количественного анализа безотказности сложных технических систем.

А.9 Дополнительные рекомендации по подготовке исходных данных для планирования ТО приведены в ГОСТ Р 27.606 (разделы 5 и 6).

А.10 Странично-ориентированные формы представления исходных данных проиллюстрированы на рисунках А.1 – А.3.

АЛП - Планирование
технического
обслуживания

**ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПЛАНА
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Логотип
разработчика
Тип ФИ

КОД: 27.50.00 СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА:		СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА: СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ		
Код	Анализируемый элемент (СЧ)	Кол-во в составе системы	Поставщик (наименование или код организации по справочнику)	Обозначение составной части (р/н) (по каталогу или БД АЛП)
27.50.10	Рулевой привод РП7102	2		
27.50.XX	Подсистема каналов управления	4		
27.50.XX	Механизм концевых выключателей МКВ45	2		
27.50.XX	Тормоз трансмиссии	2		
27.50.XX	Электрогидрокран ГА165 тормоза трансмиссии	2		
27.50.XX	Редуктор контроля рассогласования	2		
27.50.XX	Подсистема контроля рассогласования	1		
27.50.XX	Центральный дифференциальный редуктор трансмиссии	1		
27.50.XX	Угловой редуктор трансмиссии (верхний)	2		
27.50.XX	Угловой редуктор трансмиссии (нижний)	2		
27.50.XX	Винтовой механизм	8		
27.50.XX	Подсистема сигнализации	1		
27.50.XX	Валы трансмиссии	4		

Рисунок А.1 — Сведения о составе элементов ФС

ВИД ОТКАЗА ЭЛЕМЕНТА	КОД ОТКАЗА	Возможность контроля предотказного состояния и нормы технических параметров	СВЕДЕНИЯ О НАДЕЖНОСТИ ЭЛЕМЕНТОВ		
			элемент– аналог	статистическая средняя вероятность отказа $\times 10^{-5}$ на 1 ч наработки	прогнозируемая средняя вероятность отказа $\times 10^{-5}$, 1/ч
КОД: 27.50.10		ЭЛЕМЕНТ: Рулевой привод РП7102			
Отказ одного канала привода (уменьшение скорости вращения выходного вала в два раза)	27.50.10.1	Нет	РП601	0,1	0,075
Отсутствие крутящего момента на выходном валу (на выпуск или уборку механизмов)	27.50.10.2	Нет	РП601	0,2	0,118
КОД: 27.50.XX		ЭЛЕМЕНТ: Подсистема каналов управления			
Обрыв	27.50.XX.1	Нет			5,000
Попадание ложного сигнала в электроцепь управления	27.50.XX.2	Нет			0,100
КОД: 27.50.XX		ЭЛЕМЕНТ: Механизм концевых выключателей МКВ45			
Невыдача сигнала на отключение РП7102	27.50.XX.1	Нет			3,257
Самопроизвольная выдача сигнала на отключение РП7102	27.50.XX.2	Нет			3,257
Заклинивание трансмиссии	27.50.XX.3	Нет			0,886
...

Рисунок А.2 — Сведения о видах отказов элементов ФС

КОД: 27.50.00 СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА:	СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА: СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ		
ФУНКЦИЯ	ВИД ОТКАЗА СИСТЕМЫ	ПОСЛЕДСТВИЯ ОТКАЗА (наихудшие возможные на каком-либо этапе применения последствия)	ПРИЧИНЫ ОТКАЗА (указываются для каждого вида отказа в кодированном виде в форме функции отказности)
1 Выпуск механизмов	1.1 Невыпуск механизмов 1.2 Самопроизвольный выпуск механизмов	Изменение плана применения Авария	$Q_{1.1} = (q_{1.2} + 2q_{2.1} + q_{3.1} + q_{3.2})^2 + 2(q_{3.3} + q_{4.2} + q_{5.1} + q_{8.1} + q_{9.1} + q_{10.1} + q_{11.1} + q_{13.1}) + q_{7.2}$ $Q_{1.2} = (2q_{2.2})^2$
2 Уборка механизмов	2.1 Неуборка механизмов 2.2 Самопроизвольная уборка механизмов	Изменение плана применения Авария	$Q_{2.1} = Q_{1.1}$ $Q_{2.2} = Q_{1.2}$
3 Торможение трансмиссии для фиксации механизмов в заданных положениях	3.1 Флюгирование механизмов	Авария	$Q_{3.1} = 2(q_{9.2} + q_{10.2} + q_{11.2} + q_{13.2})(q_{6.1} + q_{7.1}) + (q_{10.2} + q_{13.2})^2$
4 Контроль и предупреждение рассогласования механизмов на разных консолях	4.1 Рассогласование механизмов на угол более 2 градусов 4.2 Аварийный останов механизмов при рассогласовании без выдачи сигнализации	Авария Изменение плана применения	$Q_{4.1} = 2(q_{1.3} + q_{3.3} + q_{8.1} + q_{10.1} + q_{11.1} + q_{13.1})(q_{4.1}^2 + q_{5.2} + q_{6.1} + q_{7.1}) + (q_{10.2} + q_{13.2})^2$ $Q_{4.2} = 2(q_{1.3} + q_{3.3} + q_{8.1} + q_{10.1} + q_{11.1} + q_{13.1})q_{12.2}$
5 Обеспечение заданной скорости (времени) перемещения механизмов в заданные положения	5.1 Уменьшение скорости (увеличение времени) перемещения механизмов на 50 %	Без последствий	$Q_{5.1} = q_{1.1} + 2q_{2.1}$
...

Рисунок А.3 — Сведения о видах отказов ФС, их причинах и последствиях

Приложение Б (справочное)

Пример представления результатов планирования технического обслуживания

АЛП - Планирование
технического
обслуживания

**СВОДНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ РАЗРАБОТКИ ПЛАНА
ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ**

Логотип разработчика
Тип ФИ

Объект ТО (наименование или код)	Периодичность	ОПИСАНИЕ РАБОТЫ	Отметка о выполнении при зонном осмотре
Рулевой привод РП7102	1000 ч 1500 ч	Пополнение и замена масла Контроль работоспособности каждого из двух каналов РП71–02	
Подсистема каналов управления	1 месяц 1500 ч	Очистка (продувка, промывка) элементов электроцепей питания и управления от загрязнений Контроль работоспособности электроцепей питания и управления по каждому из каналов управления	V
Механизм концевых выключателей МКВ45	1500 ч	Очистка (продувка, промывка) зоны установки МКВ–45 от загрязнений	
Тормоз трансмиссии	1 месяц 1500 ч 10000 ч	Очистка (продувка, промывка) внешних элементов тормоза от загрязнений Контроль работоспособности каждого из тормозов трансмиссии Замена тормоза по выработке ресурса	V
Электрогидрокран ГА165		Необходима доработка для снижения вероятности отказа [указывается вид отказа] или повышения кратности резервирования функции	
Редуктор контроля рассогласования закрылков	1 месяц 1500 ч	Очистка (продувка, промывка) зоны установки редуктора Смазка вала (6.1)	V
Подсистема контроля рассогласования СПР1		Необходима доработка для снижения вероятности отказа [указывается вид отказа] или повышения кратности резервирования функции	
Центральный дифференциальный редуктор трансмиссии	1 месяц 1500 ч 10000 ч	Очистка (продувка, промывка) внешних элементов редуктора от загрязнений Смазка редуктора Замена редуктора по выработке ресурса	V
...

Библиография

- [1] Nowlan F. Stanley, Heap Howard F. Reliability–Centered Maintenance. – Report No. AD–A066579. – United Airlines (San Francisco, California), 1978. – 476 p.
- [2] МЭК 60300–3–11:2009. Dependability management – Part 3–11: Application guide – Reliability centred maintenance, 2009.
- [3] SAE JA1011. Evaluation Criteria for Reliability–Centered Maintenance (RCM) Processes. – Revision 200908, 2009.
- [4] ASD S4000P. International specification for developing and continuously improving preventive maintenance. – Issue No. 2.0, 2017.
- [5] ATA MSG–3. Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development (Vol. 1 – Fixed Wing Aircraft and Vol. 2 – Rotorcraft). – Revision 2018.1, 2018.
- [6] AC 1.1.S1000DR–2014. Международная спецификация на технические публикации, выполняемые на основе общей базы данных, 2014.

УДК 006.1:006.354

ОКС 95.020

Ключевые слова: интегрированная логистическая поддержка, план, техническое обслуживание, надежность, изделие, отказ

Директор по науке,
заместитель председателя ТК 482

Личная подпись

Судов Е.В.

Руководитель ОСАиНО

Личная подпись

Селезнева Е.В.