ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО

ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ РЕГУЛИРОВАНИЮ И МЕТРОЛОГИИ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ГОСТ Р 59191— 2020

Интегрированная логистическая поддержка продукции военного назначения

ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Основные положения

Издание официальное

Москва
Стандартинформ
2020

gost.e-ecolog.ru

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 18 ноября 2020 г. № 1126-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 агентства по техническому регулированию и метрологии в сети Интернет (www.gost.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, определения и сокращения 2
3.1 Термины и определения 2
3.2 Сокращения 3
4 Общие принципы планирования технического обслуживания для поддержания надежности 4
5 Исходные данные для планирования технического обслуживания 6
6 Процесс планирования технического обслуживания 6
6.1 Общие положения 6
6.2 Особенности планирования технического обслуживания для функциональных систем образца 7
6.3 Особенности планирования технического обслуживания для силовой конструкции образца . . . 8
7 Программа технического обслуживания образца 10
Приложение А (справочное) Взаимосвязь работ по планированию технического обслуживания с другими видами деятельности в области разработки и интегрированной логистической поддержки образца 11
Приложение Б (рекомендуемое) Методические рекомендации по формированию исходных данных для планирования технического обслуживания 13
Приложение В (рекомендуемое) Методические рекомендации по планированию технического обслуживания 17
Приложение Г (справочное) Пример представления результатов планирования технического обслуживания 25
Библиография 26

Введение

Теория надежности предполагает, что уровень надежности образцов сложной промышленной продукции (далее — образцов) определяется конструктивно-схемными решениями, принятыми на стадии их разработки, при условии выполнения необходимого технического обслуживания, при заданных режимах и условиях применения, хранения и транспортирования образцов на стадии эксплуатации согласно ГОСТ 27.002. Это означает, что для поддержания надежности образцов на заданном уровне необходимо проведение планового и непланового технического обслуживания для предупреждения, своевременного выявления и устранения отказов (повреждений) составных частей и корректировки установленных режимов технического обслуживания.

Такой подход соответствует принятой в международной практике методологии планирования технического обслуживания, направленного на поддержание надежности (reliability-centered maintenance), регламентированной [1] и ГОСТ Р 27.606.

ГОСТ Р 27.606 регламентирует необходимость планирования технического обслуживания как части деятельности в области интегрированной логистической поддержки продукции.

Настоящий стандарт развивает и уточняет положения ГОСТ Р 27.606 в части использования применяемой в отечественной инженерной практике терминологии и более точного отражения взаимосвязи планирования технического обслуживания с решением других задач интегрированной логистической поддержки на стадиях жизненного цикла образца продукции военного и двойного назначения.

НАЦИОНАЛЬНЫЙ СТАНДАРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Интегрированная логистическая поддержка продукции военного назначения

ПЛАНИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ДЛЯ ПОДДЕРЖАНИЯ НАДЕЖНОСТИ

Основные положения

Integrated logistic support of military products. Reliability-centered maintenance planning. General provisions

Дата введения — 2021—06—01

1 Область применения

Настоящий стандарт распространяется на образцы продукции военного и двойного назначения (далее — образцы), их составные части и устанавливает основные положения в области планирования технического обслуживания образца путем выбора необходимых работ по техническому обслуживанию в процессе анализа конструкции, видов, вероятностей и последствий отказов образца и его составных частей.

Настоящий стандарт предназначен для применения при анализе логистической поддержки в части планирования технического обслуживания образца при формировании и обеспечении функционирования системы технической эксплуатации образца и его составных частей. Он также может быть применен заказчиками и эксплуатантами образца при задании требований и корректировке перечня, сроков и условий выполнения работ по техническому обслуживанию образца на стадии эксплуатации.

2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы нормативные ссылки на следующие стандарты:

ГОСТ 27.002—2015 Надежность в технике. Термины и определения

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

ГОСТ 18322—2016 Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения

ГОСТ 25866 Эксплуатация техники. Термины и определения

ГОСТ Р 27.606—2013 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 56114 Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Требования к проведению анализа логистической поддержки экспортируемой продукции военного назначения

Издание официальное

ГОСТ Р 56131 Интегрированная логистическая поддержка экспортируемой продукции военного назначения. Порядок выполнения работ по интегрированной логистической поддержке в ходе жизненного цикла продукции военного назначения

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

ГОСТ Р 58302 Управление стоимостью жизненного цикла. Номенклатура показателей для оценивания стоимости жизненного цикла изделия. 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 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 27.310 ГОСТ 18322, ГОСТ 25866, ГОСТ Р 53394 и ГОСТ Р 56136, а также следующие термины с соответствующими определениями:

3.1.1 **планирование технического обслуживания:** Процесс анализа конструкции образца, видов, вероятностей и последствий возможных отказов образца и его составных частей с выбором необходимых для поддержания надежности критериев предельного состояния объектов технического обслуживания и работ по их техническому обслуживанию, методов их восстановления при отказах, а также требований к периодичности и условиям выполнения указанных работ.

3.1.2

объект технического обслуживания: Любой объект или его составная часть, подлежащие техническому обслуживанию.

[ГОСТ 18322—2016, статья 2.1.11]

3.1.3

критерий предельного состояния: Признак или совокупность признаков предельного состояния объекта, установленные в документации на него.

[ГОСТ 27.002—2015, статья 3.2.8]

3.1.4

модель надежности: Математическая модель объекта, используемая для прогнозирования или оценки надежности.

[ГОСТ 27.002—2015, статья 3.7.12]

3.1.5

структурная схема надежности: Логическое и графическое представление объекта, отображающее, каким образом безотказность его блоков и их сочетаний влияют на безотказность объекта.

[ГОСТ 27.002—2015, статья 3.7.4]

3.1.6

категория тяжести последствий отказов: Классификационная группа отказов по тяжести их последствий, характеризуемая установленным до проведения анализа сочетанием качественных и (или) количественных учитываемых составляющих ожидаемого (вероятного) отказа или нанесенного отказом ущерба.

[ГОСТ 27.310—95, статья 3.5]

3.1.7

критичность отказа: Тяжесть последствий отказа в соответствии с установленными критериями оценки.

[ГОСТ 27.002—2015, статья 3.4.10]

3.1.8 **конструктивно-важный элемент:** Конструктивно-сменная составная часть образца, от надежности которой существенно зависят работоспособность и безопасность или эффективность применения образца в целом.

3.1.9 **экипаж:** Один или несколько специалистов, имеющих необходимую профессиональную подготовку и осуществляющих применение образца по назначению в соответствии с правилами, установленными в эксплуатационной документации.

3.1.10 **программа технического обслуживания:** Совокупность документов и данных, устанавливающих критерии предельных состояний составных частей образца, перечень и периодичность выполнения работ по техническому обслуживанию, необходимых и минимально достаточных для поддержания надежности образца на стадии эксплуатации.

3.2 Сокращения

В настоящем стандарте использованы следующие сокращения:

АЛП — анализ логистической поддержки;
БД — база данных;
БСК — бортовые средства контроля;
ЗНР — зависит от наработки;
ЗП — задержка применения;
ИК — изменение конструкции;
ИЛП — интегрированная логистическая поддержка;
КВЭ — конструктивно-важный элемент;
КТПО — категория тяжести последствий отказа;
КМВ — крайне маловероятное (событие);
ЛКП — лакокрасочное покрытие;
ЛСИ — логистическая структура изделия;
МВ — маловероятное (событие);
МТО — материально-техническое обеспечение;
НЗНР — независящий от наработки (отказ);
НЗП — не задерживающий применение (отказ),
ПКК— программа контроля коррозии;
ПНВ — практически невероятное (событие);
ПС — повреждение от влияния среды;
СП — случайное повреждение;
СТЭ — система технической эксплуатации;
СЧ — составная часть;
ТО — техническое обслуживание;
ТЭ — техническая эксплуатация;
УВ — умеренно вероятное (событие);
УП — усталостное повреждение;
ФС — функциональная система;
ЭД — эксплуатационная документация;
ЭТХ — эксплуатационно-технические характеристики

4 Общие принципы планирования технического обслуживания для поддержания надежности

4.1 Согласно ГОСТ 27.002 надежность является свойством образца сохранять во времени способность выполнять требуемые функции при условии выполнения определенного объема работ по ТО образца и его СЧ со своевременным контролем технического состояния и восстановлением работоспособности объектов ТО после их отказов и повреждений.

Основой для планирования ТО является модель надежности образца, в которой, как правило, три уровня разукрупнения:

- образец в целом;
- ФС в составе образца — совокупность СЧ, реализующих одну или несколько функций образца, необходимых для его применения по назначению;
- СЧ ФС — физический (выполненный из конструкционных материалов) объект (агрегат, блок, модуль) или программное средство (приложение, устанавливаемое на одном из вычислителей в составе образца).

Примечание — Декомпозицию конструкции образца проводят с учетом рекомендаций [4]. Примерами ФС в составе образца могут быть: система управления движением, система электроснабжения, силовая установка, гидравлическая система, противопожарная система и т. д. Примерами СЧ ФС могут быть: рулевой привод, гидроэлектрокран, воздушная заслонка, обратный клапан, контактор, качалка в проводке управления и т. д.

Применительно к указанным уровням разукрупнения модель надежности в общем случае описывает заданные функции и схему применения образца, состав и структуру образца, его ФС и их СЧ, возможные виды отказов, их последствия и критичность, структурные схемы надежности для оценки вероятностей отказов СЧ и ФС в целом, рисков для безопасности и эффективности применения образца в связи с рассматриваемыми отказами.

4.2 При планировании ТО образца на основе указанной модели надежности для всех ФС и СЧ образца с использованием принятых для определенного вида техники методик устанавливают допустимые критерии предельного состояния рассматриваемых СЧ образца, определяют перечень и периодичность выполнения работ по ТО, необходимых для поддержания надежности (в том числе, безотказности, долговечности, сохраняемости) образца и его СЧ. Результатом проведенного анализа является программа ТО образца, которая впоследствии уточняется на стадии эксплуатации.

4.3 Работы по планированию ТО являются частью деятельности в области ИЛП, направленной на формирование эффективной СТЭ образца по ГОСТ Р 53393, ГОСТ Р 56114 и ГОСТ Р 57105. Взаимосвязь планирования ТО с другими видами деятельности в области ИЛП образца проиллюстрирована в приложении А.

4.4 Планирование ТО основано на следующих принципах:

- проведение работ по ТО должно обеспечивать поддержание заданных значений показателей надежности и других ЭТХ образца при минимизации затрат на ТЭ по ГОСТ Р 58302, что достигается выбором необходимых работ в результате инженерного анализа конструкции образца, его ФС и СЧ, возможных отказов (повреждений) и их последствий для безопасности, готовности образца и затрат на его эксплуатацию;
- при планировании ТО рассматривают отказы в условиях штатного применения образцов без нарушений заданных условий и правил эксплуатации, что исключает рассмотрение нерасчетных нагружений, использования не рекомендованных горюче-смазочных и расходных материалов, запасных частей неустановленного происхождения и т. п.;
- должна быть обеспечена возможность восстановления работоспособного технического состояния образца (его ФС, СЧ) в случае отказов в соответствии с заданными требованиями;
- должен быть предусмотрен сбор эксплуатационной информации, обеспечивающей принятие решений по улучшению конструкции образца при выявлении ее недостаточной надежности, а также по совершенствованию программы ТО.

В разных видах техники могут иметь место методические особенности планирования ТО для оборудования в составе образца (электрических, гидромеханических, пневматических, радиоэлектронных ФС и т. п.) и силовой конструкции образца (корпуса корабля, танка, автомобиля, планера самолета или вертолета и т. п.). При необходимости, в рамках планирования ТО эти два направления работ (по ФС и по силовой конструкции образца) осуществляют параллельно.

4.5 При планировании ТО рассматривают две группы отказов:

- явные — отказы, обнаруживаемые экипажем образца в процессе подготовки и применения образца по назначению при выполнении установленных ЭД обязанностей;
- скрытые — отказы, не обнаруживаемые экипажем в процессе применения образца по назначению, но потенциально выявляемые при ТО.

Примечание — Явные отказы характерны для СЧ образца, не имеющих резервирования, и эти отказы сразу сказываются на возможности дальнейшего применения образца по назначению, или для СЧ, которые имеют резервирование и дополнительно, в силу их важности, охвачены БСК в составе образца. Для явных отказов плановый контроль при ТО не требуется, а их устранение проводят после их выявления, преимущественно по завершении цикла применения образца по назначению, хотя для отдельных видов техники может быть обеспечена возможность устранения отказов и в процессе продолженного применения образца по назначению. Скрытые отказы необходимо своевременно выявлять и устранять при проведении работ по ТО.

Для определенной конструкции образца каждый из возможных отказов нужно выявлять в процессе применения образца по назначению либо при ТО между применениями, а также своевременно устранять при ТО. Невозможность выявления и последующего устранения отказа ни на одном из указанных этапов эксплуатации свидетельствует о недостаточном уровне контролепригодности и эксплуатационной технологичности конструкции, что требует ее изменения.

4.6 Работы по планированию ТО на стадиях создания образца выполняет его головной разработчик при участии своих соисполнителей (разработчиков или поставщиков СЧ образца). На стадии эксплуатации планирование ТО на основе критериев надежности также можно выполнять, если такие работы не были выполнены до ввода образца в эксплуатацию или в случае необходимости корректировки принятых режимов ТО для снижения затрат на ТЭ или повышения эффективности применения образца по назначению путем снижения простоев на ТО (ремонте) для повышения эксплуатационной готовности, мероприятий в отношении удобства выполнения ТО, снижения частоты отказов и др. Исполнителями работ в этом случае могут быть эксплуатант (заказчик образца или уполномоченная им организация), разработчик и (или) поставщик образца.

4.7 Результатом планирования ТО образцов является рекомендуемая разработчиком программа ТО образца, которая определяет выбранные критерии предельных состояний СЧ, входящих в состав принятой ЛСИ образца, перечень и периодичность выполнения необходимых для поддержания надежности образца работ по ТО.

Примечание — Критерий предельного состояния по ГОСТ 27.002 обусловлен признаками предельного состояния объекта ТО. Для изделия в целом и для его СЧ такими критериями обычно являются выработка ресурса (срока службы), отказ или предотказное состояние. В некоторых отраслях машиностроения, например в авиационной отрасли, совокупность признаков и организационно-технических решений, связанных с критериями предельного состояния образца (СЧ) принято называть методами ТЭ этих объектов.

На стадии эксплуатации на основе собираемой и анализируемой эксплуатационной информации о надежности и других ЭТХ образца первоначальный вариант программы ТО может быть уточнен для достижения заданных требований к образцу или снижения эксплуатационных затрат.

4.8 Работы, предусмотренные программой ТО, на последующих этапах АЛП по ГОСТ Р 53392 детализируются в части технологии их выполнения и потребностей в необходимых материальных, трудовых и финансовых ресурсах.

Примечание — При оценке ресурсов, необходимых для выполнения выбранных работ по ТО, анализируют требуемые численность и квалификацию специалистов по ТО, потребности в запасных частях и расходных материалах на заданные периоды эксплуатации, необходимые для выполнения работ средства ТО, инструмент и принадлежности, элементы инфраструктуры СТЭ (например, цехи, ангары и т. п.).

Работы по ТО, предусмотренные программой ТО, распределяют по уровням многоуровневой СТЭ по ГОСТ Р 58297 с учетом технико-экономических критериев. При этом для каждого уровня СТЭ формируют состав средств МТО, необходимых для выполнения работ по ТО, отнесенных к данному уровню ТО.

Примечание — Использование результатов планирования ТО для обоснованного выбора уровней ТО (ремонта) для конкретных работ по ТО (ремонту) позволяет обеспечить эффективность СТЭ путем снижения эксплуатационных затрат за счет исключения или уменьшения дальности транспортирования образца в целом к месту выполнения работ, демонтажа и транспортирования его СЧ, применения более достоверных методов контроля и восстановления технического состояния образцов и их СЧ на разных уровнях разукрупнения, оптимизации складских запасов СЧ и материалов.

5 Исходные данные для планирования технического обслуживания

5.1 Исходные данные для планирования ТО содержатся в модели надежности образца. Для планирования ТО необходимы:

- типовая схема применения образца по назначению, включающая требования к характеристикам типового цикла применения по назначению и количеству таких циклов за расчетный период (день, месяц, год), к условиям применения (базирование, климатические условия и др.), иные заданные условия эксплуатации;
- функциональная модель образца в целом, его ФС и силовой конструкции, отражающая принципы их работы;
- логистическая структура образца (включая физические СЧ и программные средства ФС);
- формализованное описание и взаимосвязь функций ФС в составе образца и каждой из ее СЧ в составе ФС;
- формализованное описание прогнозируемых видов отказов каждой из ФС и их последствий для применения образца по назначению (модель отказов ФС образца);
- формализованное описание прогнозируемых видов отказов СЧ ФС и оценки критичности этих отказов в плане влияния на работоспособность ФС и на применение образца по назначению (модели отказов СЧ ФС и их взаимосвязь с моделью отказов ФС в целом);
- формализованное описание возможных повреждений силовой конструкции образца и ее СЧ на стадии эксплуатации от разных эксплуатационных факторов и воздействия окружающей среды;
- структурные схемы надежности ФС и образца в целом (при необходимости формируют также структурные схемы надежности отдельных СЧ), а также иные модели, позволяющие оценить вероятности рассматриваемых видов отказов (как отказов ФС с использованием вероятностей приводящих к ним отказов СЧ, так и отказов самих СЧ);
- количественные и (или) качественные оценки вероятностей всех рассматриваемых при анализе видов отказов;
- формализованное описание конструктивных решений образца и его СЧ в части их контролепригодности и эксплуатационной технологичности.

Указанные сведения необходимы для выбора необходимых видов проверок ФС в целом при ТО, для выбора критериев предельных состояний СЧ ФС и последующего выбора работ по ТО СЧ.

5.2 Методические рекомендации по формированию исходных данных для планирования ТО приведены в приложении Б.

6 Процесс планирования технического обслуживания

6.1 Общие положения

6.1.1 Планирование ТО в общем случае выполняют в четыре этапа:

- на первом этапе проводят оценку последствий и критичности прогнозируемых видов отказов, предусмотренных моделью надежности образца (если это не было сделано ранее при разработке указанной модели в рамках работ по ГОСТ 27.310);
- втором этапе устанавливают допустимые критерии предельных состояний для рассматриваемых при анализе СЧ;
- третьем этапе с учетом критериев предельных состояний осуществляют выбор видов необходимых работ по ТО для предупреждения, выявления и устранения рассматриваемых при анализе видов отказов;
- четвертом этапе определяют периодичность и условия выполнения работ по ТО, необходимых для поддержания надежности образца.

Указанные этапы инженерного анализа конструкции каждой ФС и ее СЧ осуществляют с использованием формализованных в виде логических схем алгоритмов принятия инженерных решений, дополняемого количественными оценками при наличии необходимых для таких оценок математических моделей.

Примечание — В качестве допущения принимают, что на этапах использования образца по назначению экипаж должен иметь возможность безопасно завершить процесс использования образца при возникновении отказа, а устранение отказа выполняют между рабочими циклами применения образца по назначению. Для отдельных

видов образцов может быть обеспечена возможность устранения отказа силами экипажа непосредственно в процессе использования образца. Такие работы относят к действиям экипажа при отказах, а не к работам, рассматриваемым при планировании ТО.

6.1.2 При планировании ТО основные работы, необходимые для поддержания надежности образца, выбирают из следующих групп:

- профилактика (смазка, зарядка, заправка, замена технических жидкостей, чистка, мойка и т. п.);
- контроль технического состояния (подтверждение работоспособного или исправного состояния, либо выявление и локализация отказа или повреждения объекта ТО);
- восстановительные работы, включая плановую замену или ремонт по выработке назначенного ресурса (срока службы) СЧ, если они не подлежат плановому ремонту в составе образца или имеют назначенный ресурс (срок службы), меньший чем образец в целом, а также устранение выявленных на стадии эксплуатации отказов и повреждений образца и его СЧ;
- специальные виды работ по ТО, потребность в выполнении которых имеет вероятностный характер (например, работы при кратковременном или долгосрочном хранении образца или его СЧ, работы после оговоренных в ЭД особых режимов использования образца и т. п.).

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

6.1.3 Эффективными считаются только те работы, которые необходимы и достаточны для предупреждения, своевременного выявления и устранения конкретных видов отказов (повреждений) образца и его СЧ. Программа ТО не должна содержать избыточных работ, которые увеличивают трудоемкость и (или) стоимость ТО без позитивного влияния на надежность и готовность образца.

6.1.4 Особенности формирования программы ТО для ФС и силовой конструкции образца рассмотрены в 6.2 и 6.3. Дополнительные методические рекомендации по планированию ТО приведены в приложении В.

Примечание — Положения настоящего стандарта не содержат подробной методики проведения работ и предназначены для использования при формировании в конкретной организации собственной рабочей методики планирования ТО с учетом сложившейся практики, особенностей вида техники, назначения конкретного образца и его конструктивных отличий.

6.2 Особенности планирования технического обслуживания для функциональных систем образца

6.2.1 Планирование ТО ФС основано на вероятностной оценке критичности видов отказов и назначении для СЧ ФС приемлемых критериев предельного состояния (методов ТЭ) каждой из СЧ. Для этого анализируют причины отказов ФС — возможные виды отказов СЧ, их последствия и в зависимости от характеристик надежности (вероятностей отказов) СЧ, конструктивно-схемных решений ФС, физической природы возможных отказов и их последствий назначают для каждой из СЧ ФС критерии предельного состояния.

6.2.2 Установление критериев предельного состояния СЧ (выработка ресурса, срока службы, отказ или предотказное состояние) необходимо для более точного последующего выбора работ по его ТО и задания требований к покупным СЧ (включая гарантийные и иные обязательства).

6.2.3 Выбор критерия предельного состояния СЧ зависит от критичности отказов СЧ (их влияния на работоспособность ФС в целом). При оценке критичности отказа рассматривают кратность резервирования анализируемой СЧ в конструктивно-схемном исполнении конкретной ФС, вероятность и последствия отказа, а также принятые нормы в области безопасности применения образца, определяющие допустимые уровни вероятности возникновения тех или иных ситуаций из-за отказа (расчетных случаев) в процессе применения образца по назначению.

6.2.4 Окончательный выбор критерия предельного состояния зависит от возможностей контроля предотказного состояния конкретной СЧ ФС по конкретному виду отказа.

Эксплуатация до предотказного состояния возможна только при наличии:

- параметров, достоверно характеризующих предотказное состояние СЧ;
- технического и метрологического обеспечения для эксплуатационного контроля значений указанных характерных параметров и возможности восстановления (или замены) СЧ при достижении предотказного состояния.

При этом устанавливают признаки, определяющие стадии развития отказа, и нормы технических параметров, позволяющие контролировать наступление предотказного состояния СЧ для предупреждения развития отказа после достижения предотказного состояния.

Эксплуатация по ресурсу (сроку службы) характерна для наиболее критичных СЧ ФС при условии, что назначение ресурса (срока службы) обеспечивает крайне малую вероятность или практическую невероятность наиболее критичного вида отказа в пределах назначаемого ресурса (срока службы) СЧ.

В остальных случаях может применяться эксплуатация СЧ до ее безопасного отказа.

6.2.5 В результате анализа может быть обоснована необходимость внесения изменений в рассматриваемую конструкцию. Это требуется в случае выявления при анализе отказов СЧ несоответствий принятым требованиям к конструкции образца или его СЧ.

Примечание — Например, принятие решения об ИК необходимо в том случае, когда уровень надежности СЧ не позволяет эксплуатировать ее до безопасного отказа и при этом надежность СЧ не снижается по мере увеличения наработки, то есть нет возможности для сохранения заданного уровня надежности назначить соответствующий ресурс (срок службы) или периодичность контроля предотказного состояния СЧ по критериям готовности и безопасности применения.

6.2.6 На основании полученных данных о критичности и критериях предельных состояний СЧ ФС осуществляют выбор работ по их ТО, направленных на поддержание надежности ФС. Для выбора разных видов работ (см. 6.1.2) оценивают их необходимость, возможность выполнения и эффективность, включая также оценку возможности выполнения восстановительных работ (текущего ремонта) при отказе СЧ непосредственно в составе образца или путем ее замены.

6.2.7 Выбор конкретных работ по ТО определенного вида, необходимость выполнения которых установлена в процессе анализа, проводят с учетом места выполнения (в составе образца, в лаборатории), состава планируемых к применению средств ТО и материалов, и других особенностей, определяющих качество работ и затраты на их выполнение.

6.2.8 В случае принятия решения о необходимости ИК, в документации по результатам анализа фиксируют направленность необходимых доработок. После проведения ИК повторяют анализ тех видов отказов СЧ, из-за которых возникла необходимость ИК.

6.2.9 После формирования перечня необходимых для поддержания надежности работ по ТО устанавливают периодичность выполнения этих работ. Значения периодичности работ по ТО устанавливают так, чтобы минимизировать естественное ухудшение на стадии эксплуатации заложенного в конструкцию уровня надежности, не допуская выхода этого уровня за пределы, установленные требованиями к образцу.

При определении периодичности работ по ТО учитывают типовую схему применения образца по назначению (см. 5.1). Соответственно, периодичность планового ТО устанавливают в тех единицах измерения параметров, которые наилучшим образом определяют физическую природу воздействия режимов применения образца на техническое состояние его ФС и СЧ (например, пробег, налет, циклы работы, календарный срок и т. п.).

6.2.10 Для выбора значений периодичности работ по ТО используют методы моделирования, стендовых испытаний, инженерные оценки, а также опыт работы над другими подобными проектами и имеющиеся эксплуатационные данные. При наличии требований к номенклатуре видов ТО (ремонта) образца (например, оперативного ТО, регламентных работ, межпоходового ремонта и т. п.) и к периодичности их выполнения может решаться не задача выбора периодичности отдельных работ, а задача отнесения выбранных работ к подходящим по периодичности выполнения плановым видам ТО (ремонта).

Примечание — Такой подход имеет место при использовании так называемой пирамидальной структуры ТО и ремонта в виде пакетов плановых работ по ТО (ремонту) с увеличивающейся периодичностью и трудоемкостью их выполнения.

6.3 Особенности планирования технического обслуживания для силовой конструкции образца

6.3.1 Силовая конструкция включает все несущие внешние и внутренние нагрузки СЧ образца (корабля, самолета и т. п.), такие как корпус (фюзеляж), внешние конструкции (крепления внешних блоков образца, оперение самолета и т. п.), узлы подвески двигателей, поверхности управления и узлы их навески и т. п.

Особенности планирования ТО силовой конструкции по сравнению с планированием ТО ФС образца связаны с отсутствием методов вероятностной оценки критичности возможных разрушений и повреждений СЧ силовой конструкции (конструктивных элементов). Взамен в этой области применяют нормы прочности и коэффициенты безопасности без проведения анализа надежности и последствий отказов по ГОСТ 27.310. Это требует иной логики принятия решений при планировании ТО, чем та, что используется для ФС (см. 6.2).

6.3.2 Формирование перечня работ по ТО силовой конструкции основано на анализе возможных повреждений конструкции, которые не могут быть выявлены экипажем и (или) БСК образца в процессе применения образца по назначению.

6.3.3 При планировании ТО рассматривают следующие особенности каждого элемента ЛСИ в составе силовой конструкции:

- значимость элемента для безопасности применения образца;
- влияние повреждений элемента на эксплуатационную готовность образца;
- 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 образца;
- повреждения вследствие воздействия окружающей среды (коррозия, старение, биоповреждение, воздействие солнечной и иной радиации);
- случайные повреждения (от столкновений с препятствиями, падений предметов на обшивку образца и т. п.).

6.3.4 В результате анализа повреждаемости силовой конструкции образца определяют необходимые критерии предельных состояний рассматриваемых элементов, каждый из которых может эксплуатироваться:

- по ресурсу с выполнением обязательной плановой замены 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;
- до безопасного разрушения с восстановлением или заменой разрушенного элемента.

6.3.5 Включаемые в программу 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 образца. 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.).

При использовании разных материалов требуют контроля стыки 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 натурных конструкций (включая испытания до разрушения). В случае использования неметаллических материалов проверки осмотры для выявления УП могут не проводиться, если конструкция обеспечивает отсутствие роста размера повреждения при наработке после его возникновения и это подтверждено испытаниями.

6.3.6 В отличие от ФС образца для выбора значений периодичности ТО силовой конструкции используют преимущественного результаты стендовых испытаний (на статическую и усталостную прочность, на коррозионную стойкость, на ударные воздействия и др.). С учетом достигнутой достоверности могут также применяться методы моделирования, инженерные оценки и имеющиеся эксплуатационные данные.

Сроки (периодичность) выполнения плановых работ по ТО силовой конструкции зависят от оценок времени с начала эксплуатации до первоначального возникновения определенного вида повреждения и времени его последующего развития до разрушения рассматриваемого конструктивного элемента.

Влияющими факторами являются ожидаемые условия эксплуатации, характеристики конструкционных материалов и конструктивное исполнение силовой конструкции.

Величину периодичности работ по ТО определяют для каждой работы в единицах наработки, числа рабочих циклов и (или) календарного срока. При назначении периодичности в нескольких единицах ограничением является величина в тех единицах, которая будет достигнута раньше других заданных значений.

6.3.7 Для отдельных видов образцов могут быть эффективны специальные виды проверок и осмотров в составе общей программы ТО образца, например программы выборочного контроля и контроля коррозии.

Программу выборочного контроля состояния силовой конструкции формируют, если отдельные экземпляры образца имеют наибольшее число рабочих циклов в определенной группе образцов (парке) в комбинации с высокими параметрами нагружений и, соответственно, наиболее подвержены возникновению первичных усталостных трещин. Особые события в эксплуатации (например, грубые посадки самолета и иные подобные) также являются критерием при формировании программы выборочного контроля, поскольку проведение выборочных осмотров именно на таких экземплярах образца обеспечит наибольший эффект в своевременном выявлении УП.

Программа контроля коррозии эффективна при использовании в силовой конструкции подверженных коррозии материалов, а также при условиях эксплуатации, которые могут влиять на развитие коррозии. Целью такой программы является поддержание технического состояния силовой конструкции образца на уровне, при котором коррозионные повреждения не требуют усиления конструктивных элементов или их замены.

6.3.8 Если при планировании ТО не будет выявлено эффективных плановых работ, необходимых для поддержания надежности рассматриваемого КВЭ, то рассматривают вопрос об изменении конструкции (например, можно изменить дренаж конденсата, тип защитного покрытия и т. д.).

7 Программа технического обслуживания образца

7.1 Результаты планирования ТО оформляют в виде программы ТО образца, содержащей сведения обо всех элементах ЛСИ образца, нуждающихся в ТО, включая допустимые критерии предельного состояния СЧ, перечень и периодичность необходимых работ по ТО. Пример странично-ориентированного представления результатов планирования ТО приведен в приложении В.

7.2 Для практической организации планирования ТО образца и его СЧ формируют рабочую методику, руководство или стандарт организации, где с использованием положений настоящего стандарта должны быть подробно описаны:

- особенности формирования модели надежности и других исходных данных;
- методы и процедуры выбора критериев предельных состояний элементов и работ по ТО ФС в составе образца;
- методы и процедуры выбора критериев предельных состояний элементов и работ по ТО силовой конструкции образца;
- методы и процедуры выбора значений периодичности для каждой из работ, включаемых в программу ТО образца;
- организация процесса планирования ТО и документирования его результатов.

7.3 При разработке указанных в 7.2 документации и данных используют имеющиеся отраслевые методики и стандарты, применяемые в разных отраслях машиностроения (например, опубликованные в [5], [6], [7]).

7.4 После ввода образца в эксплуатацию осуществляют мониторинг его эксплуатации по ГОСТ Р 56131, в том числе, собирают сведения, характеризующие эффективность программы ТО в части соответствия фактического уровня надежности образца заданным требованиям.

Полученные эксплуатационные данные используют для корректировки программы ТО в тех случаях, когда не обеспечено достижение заданных значений показателей надежности или когда необходимо адаптировать программу ТО к конкретным (не рассмотренным при планировании ТО) условиям эксплуатации. В этом случае повторяют отдельные этапы работ по планированию ТО.

Приложение А
(справочное)

Взаимосвязь работ по планированию технического обслуживания с другими видами деятельности в области разработки и интегрированной логистической поддержки образца

А.1 Планирование ТО направлено на выполнение требований к надежности образца, включая его безотказность, долговечность, готовность, эксплуатационную технологичность, при ограничениях на затраты, связанные с технической эксплуатацией образца (рисунок А.1).

А.2 В соответствии с принципами системного инжиниринга указанные в А.1 разные направления работ взаимосвязаны и их параллельно осуществляют на всех стадиях ЖЦ образца.

А.3 Разработку образца начинают с формирования комплекса требований и исходной системной архитектуры образца в целом. При управлении требованиями их распределяют между СЧ образца для формирования частных требований к его ФС и их элементам.

На этом этапе начинают формирование интегрированной компьютерной модели образца, являющейся комплексом моделей, описывающих в разной форме конструкцию образца и свойства его СЧ. Модель последовательно детализируют в ходе разработки образца и уточняют на последующих стадиях ЖЦ с использованием данных, собираемых при мониторинге свойств образца и его СТЭ на стадии эксплуатации.

Составной частью указанной интегрированной модели образца является модель его надежности, содержащая и позволяющая получить сведения, рассмотренные в 5.1.

А.4 Модель надежности позволяет решать задачи выбора работ ТО, обоснования периодичности и условий их выполнения. Если по каким-то причинам такая модель надежности к началу работ по планированию ТО отсутствует или недостаточно полна, то ее формирование завершают уже при планировании ТО (см. 6.1.1, этапы 1 и 2).

А.5 Перечень и периодичность работ по ТО, обеспечивающих выполнение заданных требований к надежности, необходимы для создания эффективной СТЭ образца. Поэтому планирование ТО выполняют во взаимосвязи с разработкой конструкции образца, которая определяет параметры СТЭ, и наоборот, связанные с СТЭ ограничения могут влиять на схемные и конструктивные решения ФС образца. Принятые при планировании ТО решения (перечень, сроки и условия выполнения работ по ТО) в значительной степени влияют на готовность образца (через простои техники на ТО) и на эксплуатационные затраты (через объемы требуемых для ТО трудовых и материальных ресурсов).

А.6 В многоуровневой СТЭ полученный в результате планирования ТО комплекс работ по предупреждению, выявлению и устранению отказов ФС и СЧ образца должен быть рациональным образом распределен между разными уровнями СТЭ, в том числе, с учетом имеющейся или вновь создаваемой инфраструктуры СТЭ, наличия средств ТО и технического персонала, подготовленного для выполнения работ по ТО.

А.7 Распределение работ в многоуровневой СТЭ и выбранные методы восстановления исправности (замена СЧ, ремонт отдельных элементов и т. д.) определяют организацию МТО: номенклатуру предметов снабжения, объем запасов, места хранения СЧ, модели управления запасами и т. д.

А.8 Принятые при планировании ТО и МТО решения определяют содержание ЭД образца. Кроме того, состав работ по ТО в совокупности с данными о предполагаемом размере парка и об ожидаемых условиях применения позволяют оценить общий объем работ по ТО и использовать эти сведения для оценки потребных производственных мощностей (элементов инфраструктуры СТЭ и оснастки) и состава производственного персонала.

А.9 На основе результатов указанных работ оценивают выполнение заданных требований к надежности и соблюдение ограничений по стоимости. При выявлении несоответствий принятые решения корректируют и цикл работ повторяют (см. рисунок А.1). В отношении программы ТО образца в соответствии с ГОСТ Р 56136 выполняют периодические проверки ее эффективности в рамках мониторинга свойств образца на стадии эксплуатации. При этом проверяют выполнение требований к надежности и уровню эксплуатационных затрат. При необходимости часть работ по планированию ТО может быть повторена с корректировкой программы ТО.

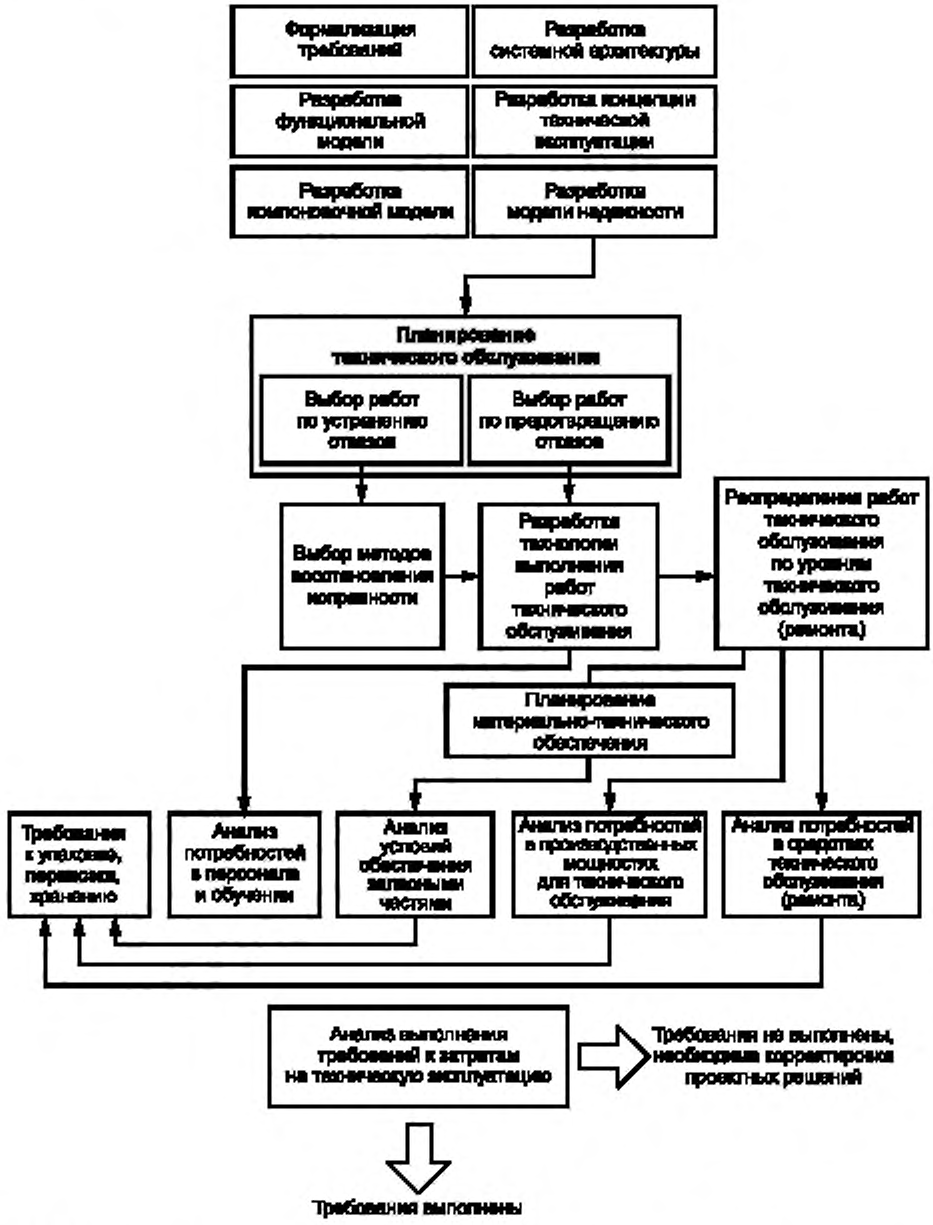

Рисунок А.1 — Взаимосвязь планирования технического обслуживания с другими видами деятельности в области разработки и интегрированной логистической поддержки образца

Приложение Б
(рекомендуемое)

Методические рекомендации по формированию исходных данных для планирования технического обслуживания

Б.1 Для каждого вида отказа определенной ФС формируют следующий набор данных:

- обозначение вида отказа ФС в соответствии с принятой разработчиком образца системой обозначения отказов ФС;
- наименование вида отказа ФС (с расшифровкой при необходимости его описания);
- нормативное или принятое разработчиком предельное значение вероятности вида отказа ФС, приведенной к одному часу наработки элемента;
- указание об отнесении вида отказа ФС к числу явных или скрытых;
- степень критичности вида отказа ФС;
- влияние вида отказа ФС на возможность применения образца по назначению (да/нет);
- внешние признаки отказа и возможность его выявления экипажем образца.

Б.2 Для каждой СЧ ФС формируют следующий набор данных:

- код СЧ (согласно принятой системе кодирования, см., например [4]);
- наименование и обозначение СЧ;
- количество СЧ данного типа в составе ФС.

Б.3 Для каждого вида отказа СЧ формируют следующий набор данных:

- наименование вида отказа элемента ФС;
- физическая природа отказа (отказ механический или иной);
- описание вида отказа;
- вероятность вида отказа (для заданных условий);
- зависимость частоты отказов определенного вида от наработки (да/нет);
- возможность контроля предотказного состояния по данному виду отказа СЧ (да/нет);
- параметры и нормы для них (при наличии), определяющие возможность контроля предотказного состояния СЧ по данному виду отказа.

Б.4 Для каждого вида отказа ФС описывают условия его возникновения путем разработки структурных схем надежности ФС или иных моделей, позволяющих оценить вероятности всех рассматриваемых видов отказов ФС с использованием вероятностей рассматриваемых видов отказов ее СЧ за цикл применения образца по назначению при условии, что к началу применения все СЧ ФС работоспособны. При этом используют принятые в соответствующей отрасли машиностроения методы оценки безотказности сложных технических систем (например, с применением логических функций отказности, деревьев отказов и т. п.).

Б.5 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. Для корректного планирования ТО должны быть соблюдены следующие условия формирования множества возможных видов отказов для каждого объекта ТО:

- единичный вид отказа СЧ на определенном этапе применения образца по назначению должен приводить только к одному виду отказа ФС в целом;
- при наличии у одной СЧ нескольких видов отказов они должны быть несовместны;
- однородные по конструкции СЧ ФС допускается объединять для целей анализа, если они непосредственно связаны (например, части механической проводки управления), имеют одинаковые виды отказов (например, обрыв) и на определенных этапах применения образца по назначению приводят к одинаковым последствиям (например, невозможность управления движением образца).

В исходных данных для каждого из рассматриваемых видов отказов принимаются наиболее тяжелые последствия, возникающие из-за этого вида отказа хотя бы на одном из этапов применения образца по назначению. При невозможности точной количественной оценки вероятности отказа допустимо использование диапазона ожидаемого значения вероятности (ПНВ, КМВ и т. д.). При отсутствии верифицированных моделей для прогнозирования изменения вероятности отказа с ростом наработки СЧ для оценки зависимости частоты отказов от наработки можно допустить, что при ожидаемом росте частоты отказов не более чем в 2—3 раза за весь срок службы (проектный ресурс) образца зависимость безотказности от наработки можно считать несущественной. Дополнительные рекомендации по подготовке исходных данных для планирования ТО приведены в ГОСТ Р 27.606—2013 (разделы 5 и 6).

Б.6 Возможные формы представления исходных данных приведены на рисунках Б.1—Б.3.

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

КОД: 27.50.00	**СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ**			
Код	Наименование анализируемого элемента (СЧ)	Кол-во в составе системы	Поставщик	Обозначение (логистический контрольный номер)
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	Вал трансмиссии	4		

Рисунок Б.1 — Сведения о составных частях функциональной системы

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

ВИД ОТКАЗА СЧ ФС	КОД ОТКАЗА	Возможность контроля предотказного состояния и нормы технических параметров	СВЕДЕНИЯ О НАДЕЖНОСТИ СЧ		
			элемент-аналог	статистическая средняя вероятность отказа на единицу наработки (например на 1 ч наработки, $\times 10^{-5}$)	прогнозируемая средняя вероятность отказа на единицу наработки (на 1 ч наработки, $\times 10^{-5}$)
КОД: 27.50.10		**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		**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		**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 Б.2 — Виды отказов составных частей функциональной системы

ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

КОД: 27.50.00 СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА:	СИСТЕМА/ПОДСИСТЕМА: **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МЕХАНИЗМАМИ**		
ФУНКЦИЯ	ВИД ОТКАЗА СИСТЕМЫ	ПОСЛЕДСТВИЕ ОТКАЗА	ПРИЧИНЫ ОТКАЗА (указываются для каждого вида отказа в кодированном виде, например 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	$Q_{3.1} = 2(q_{9.2} + q_{10.2} + q_{11.2} + q_{13.2}) \times \times (q_{6.1} + q_{7.1}) + (q_{10.2} + q_{13.2})^2$
4 Контроль и предупреждение рассогласования механизмов на разных консолях	4.1 Рассогласование механизмов на угол более 2 4.2 Аварийный останов механизмов при рассогласовании более 2 без выдачи сигнализации	Авария Изменение плана применения	$Q_{4.1} = 2(q_{1.3} + q_{3.3} + q_{8.1} + q_{10.1} + q_{11.1} + q_{13.1}) \times \times (q_{4.1}^2 + q_{5.2} + q_{6.1} + q_{7.1}) + (q_{10.2} + q_{13.2})^2$ $Q_{4.2} = 2(q_{1.3} + q_{3.3} + q_{8.1} + q_{10.1} + q_{11.1} + q_{13.1})q_{12.2}$
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 Б.3 — Виды отказов функциональной системы, их причины и последствия

Приложение В
(рекомендуемое)

Методические рекомендации по планированию технического обслуживания

В.1 Планирование технического обслуживания для ФС образца

В.1.1 В рамках первого этапа анализа отказов ФС в целом при оценке последствий каждого из рассматриваемых отказов и установлении необходимости планового контроля работоспособности ФС в целом при ТО последствия отказов ФС относят к определенной категории тяжести последствий и кодируют (цифровым кодом, например римскими цифрами) в порядке убывания тяжести последствий.

Обычно достаточно четырех таких категорий:

I — отказ приводит к аварии в процессе применения образца;

II — отказ приводит к нештатному режиму применения образца;

III — отказ приводит к отмене или прекращению применения образца;

IV — отказ не влияет на продолжение применения образца.

Значения КТПО используют далее при анализе критичности отказов СЧ ФС.

В.1.2 При осуществлении этого и последующих этапов анализа используют логику принятия решений как вида инженерного анализа, который для целей планирования ТО предполагает последовательное рассмотрение всех возможных видов отказов, их характеристик и других сопутствующих факторов путем их качественной оценки с принятием пошаговых взаимосвязанных дискретных логических решений (да/нет), приводящих к достижению целей анализа. Эта логика принятия решений проиллюстрирована в таблице В.1.

Установление необходимости планового контроля ФС в целом — это важный элемент планирования ТО, поскольку позволяет охватить те виды отказов ФС, которые конструктивно скрыты от экипажа в силу:

- использования функции не при каждом применении или не во всех условиях применения;
- низкого влияния отказа на применение образца по назначению, что не требует информирования экипажа о таком отказе;
- недостаточной контролепригодности конструкции ФС.

Назначение проверок по выявлению при ТО таких отказов закладывает основу для программы ТО с учетом ее дополнения результатами последующих этапов анализа.

Таблица В.1 — Влияние характеристик видов отказов ФС на последствия отказов и необходимость планового контроля ее работоспособности в целом

<table>
<tr><th colspan="2">Характеристики вида отказа ФС</th><th>Явный для экипажа</th><th>Скрытый от экипажа</th></tr>
<tr><td colspan="2">Отказ приводит к аварии в процессе применения образца</td><td>КТПО I</td><td>Не применимо</td></tr>
<tr><td colspan="2">Отказ приводит к нештатному режиму применения образца</td><td>КТПО II</td><td>Не применимо</td></tr>
<tr><td colspan="2">Отказ приводит к отмене или прекращению применения образца</td><td>КТПО III</td><td>Не применимо</td></tr>
<tr><td colspan="2">Отказ не влияет на применение образца</td><td>КТПО IV</td><td>КТПО IV</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Предусмотрена ли регистрация БСК информации об отказе?</td><td>Да</td><td rowspan="2">Учет в программе ТО не требуется</td><td>Надо включить в программу ТО съем и анализ данных БСК</td></tr>
<tr><td>Нет</td><td>Надо включить в программу ТО контроль работоспособности ФС в целом</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Возможен ли контроль работоспособности ФС в целом при ТО?</td><td>Да</td><td rowspan="2">Учет в программе ТО не требуется</td><td>Надо включить в программу ТО контроль работоспособности ФС в целом</td></tr>
<tr><td>Нет</td><td>Надо изменить конструкцию для возможности контроля работоспособности ФС в целом</td></tr>
</table>

В.1.3 В рамках второго этапа анализа оценку критичности видов отказов СЧ ФС и назначение критериев предельного состояния (методов ТЭ) СЧ также выполняют с использованием разных алгоритмов логики принятия решений. Принятие решений основано на следующих принципах.

Эксплуатация СЧ до выработки назначенного ресурса (срока службы) является наиболее консервативным методом, который принят для сохранения заданного уровня надежности стареющих СЧ, но возможные ошибки в выборе назначенных показателей ресурса (срока службы) ведут к росту стоимости ТЭ.

Эксплуатация СЧ до отказа или до предотказного состояния (эксплуатация по техническому состоянию без установления назначенных ресурсов и сроков службы) СЧ направлена на снижение стоимости ТЭ за счет сокращения числа планово-предупредительных замен.

С учетом данных принципов рекомендуется следующая система приоритетов при выборе критериев предельных состояний СЧ:

- наиболее предпочтительной из экономических соображений является эксплуатация до отказа;
- при возможности контроля и прогнозирования изменения параметров технического состояния СЧ эксплуатация до предотказного состояния более экономична, чем эксплуатация по ресурсу;
- при существенном возрастании частоты отказов СЧ с увеличением его наработки даже при проведении необходимых профилактических работ (смазка и т. п.) эксплуатация по ресурсу (сроку службы) обеспечивает более высокий уровень надежности СЧ и безопасности применения образца, чем эксплуатация по техническому состоянию.

Если конструкция конкретной СЧ обеспечивает возможность назначения разных критериев ее предельного состояния, то их выбор проводится с учетом указанных выше приоритетов.

В.1.4 При оценке критичности рассматриваемых видов отказов СЧ ФС можно использовать коэффициент критичности отказа $K_{КО}$, характеризующей значимость влияния данного вида отказа на работоспособности ФС в целом.

Значение $K_{КО}$ зависит в основном от кратности резервирования СЧ в конструктивно-схемном исполнении конкретной ФС. Кратность резервирования применительно к конкретному сочетанию вида отказа СЧ и вида отказа ФС определяется параметром m, значение которого равно минимальному количеству отказов разных СЧ, включая и конкретный рассматриваемый вид отказа, совместное возникновение которых приводит к определенному виду отказа ФС в целом.

Значение m определяют по исходным данным о видах и причинах отказов ФС (например, из ранее составленных структурных схем надежности, описывающих зависимость вероятности рассматриваемого вида отказа ФС от вероятностей видов отказов ее СЧ):

- m = 1, если конкретный отказ СЧ сразу приводит к отказу ФС;
- m = 2, если отказ СЧ приводит к отказу ФС только в сочетании с отказом другой СЧ ФС;
- m = 3, если отказ СЧ приводит к отказу ФС только в сочетании с отказами двух других СЧ ФС;
- m = 4, если отказ СЧ приводит к отказу ФС только в сочетании с отказами трех других СЧ ФС.

При определении m для СЧ, находящихся в «холодном» резерве, следует учитывать не только отказы СЧ, но и иные события (пожар, разгерметизация, опасное сближение с препятствием и т. п.), приводящие к включению в работу рассматриваемой СЧ ФС. 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 = 1), если рассматривается в нормальном цикле применения образца, и двойным (m = 2), если отказ рассматривается при работе данной ФС в условиях пожара, возникшего в процессе применения образца по назначению. Однако в первом случае отказ не имеет последствий и скрыт от экипажа, а во втором — явный и приводит к аварийной ситуации в процессе применения. Поэтому принятое решение о значении параметра m существенно зависит от физической природы и выбранной в исходных данных формулировки рассматриваемого вида отказа ФС.

В.1.5 Для начала анализа рассматривается определенная на первом уровне анализа КТПО для вида отказа ФС, к которому самостоятельно или в сочетании с другими событиями приводит рассматриваемый вид отказа СЧ данной ФС. Поскольку один вид отказа СЧ может являться причиной разных видов отказов одной ФС (то есть входить в разные сочетания отказов СЧ ФС), то анализу подлежат только наиболее неблагоприятные сочетания последствий отказов и кратности резервирования. Такие сочетания выбирают путем отбора наиболее тяжелых последствий для каждого m (из анализа исключают сочетания, которые содержат большее значение m, по сравнению с ранее рассмотренными, при одинаковых КТПО либо меньшую тяжесть последствий при одном и том же m).

Рассмотрим пример некоторой ФС, у которой разные виды отказов пяти ее СЧ в разных сочетаниях приводят к четырем разным видам отказов ФС. Если для описания причин отказов этой ФС и для оценки их вероятности сформировать приведенные ниже уравнения для структурных схем надежности, где знак «х» между двумя обозначениями вероятностей видов отказов СЧ указывает на необходимость их совместного наступления для отказа ФС, а знак «+» суммирует вероятности всех (единичных или совместных) событий отказов СЧ, то из этих данных можно

увидеть следующее. Отказы СЧ, имеющие вероятности $q_{2,1}$ и $q_{3,1}$, входят в число причин разных видов отказов ФС, имеющих вероятности Q_1, Q_2, Q_3 и Q_4 с разными последствиями ($КТПО_1$, $КТПО_2$, $КТПО_3$ и $КТПО_4$).

Для таких условий принятые для анализа значения кратности резервирования m будут следующими:

$Q_1 = q_{1,1} \times q_{2,1} + q_{3,1} \times q_{5,1}$; $КТПО_2$ = I m = 2, рассматривается для отказа $q_{3,1}$;

$Q_2 = q_{4,2} + q_{2,1} \times q_{8,1}$; $КТПО_3$ = I m = 2, рассматривается для отказа $q_{2,1}$;

$Q_3 = q_{2,1} \times q_{3,1} \times q_{4,1}$; $КТПО_4$ = II m = 3, рассматривается для отказа $q_{3,1}$;

$Q_4 = q_{2,1} + q_{4,1}$; $КТПО_1$ = IV m = 1, рассматривается для отказа $q_{2,1}$.

В результате отбора для каждого вида отказа СЧ ФС формируют подлежащие рассмотрению множества наиболее неблагоприятных сочетаний значений КТПО и m, на основе которых выбирают критичность видов отказов и критерии предельного состояния СЧ ФС. Если для одного вида отказа СЧ существуют два или более сочетаний, в которых имеют место разные между собой и КТПО и m, то последовательно анализируют все эти сочетания.

При анализе $K_{КО}$ кодируют числом от 1 до 3 в порядке снижения критичности отказа СЧ. Поскольку критичность отказа зависит не только от кратности резервирования и последствий, но и от вероятности отказа, то для анализа указанные вероятности должны быть заданы. Их оценивают конкретными количественными значениями (математическим ожиданием) или, при отсутствии точных данных, диапазонами ожидаемых значений вероятности. Например, в нормах летной годности воздушных судов транспортной категории приняты следующие диапазоны вероятностей событий:

УВ — событие с вероятностью $1 \cdot 10^{-4}$ ... $1 \cdot 10^{-2}$ на один час полета;

МВ — с вероятностью $1 \cdot 10^{-7}$ ... $1 \cdot 10^{-5}$;

КМВ — с вероятностью $1 \cdot 10^{-9}$ ... $1 \cdot 10^{-7}$;

ПНВ — с вероятностью не более $1 \cdot 10^{-9}$ на один час полета.

В.1.6 Используемая при анализе логика принятия решений проиллюстрирована в таблицах В.2 и В.3 на примере анализа возможных отказов высоконадежных авиационных систем.

Таблица В.2 — Влияние характеристик видов отказов СЧ ФС на выбор $K_{КО}$ и критериев предельных состояний (для отказов механической природы с априорной зависимостью частоты отказов от наработки СЧ)

Частота отказа или сочетания отказов	Вид отказа ФС I категории последствий				Вид отказа ФС II категории последствий		Вид отказа ФС III категории последствий		Вид отказа ФС IV категории последствий	
	m = 1	$m = 2^{ПНВ+}$	$m = 2^{ПНВ}$	$m \geq 3$	m = 1	$m \geq 2$	m = 1	$m \geq 2$	m = 1	$m \geq 2$
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 СЧ для двойных отказов, приводящих к отказу ФС с I категорией последствий рассматривают два случая: 1) когда сочетание отказов является ПНВ (обозначено $2^{ПНВ}$) и 2) когда оно более вероятно, чем ПНВ (обозначено $2^{ПНВ+}$).

2 Решение о необходимости ИК принимают в случае несоответствия характеристик рассматриваемого вида отказа СЧ принятым требованиям по готовности и безопасности применения образца.

Выбираемые при анализе значения $K_{КО}$ для видов отказов показаны цифрами на пересечении строк и граф таблиц. От выбора $K_{КО}$ зависит выбор критериев предельных состояний СЧ, связанных с рассматриваемыми видами отказов:

- $K_{КО}$ 1 и 2 допускают эксплуатацию по ресурсу (сроку службы) или до предотказного состояния (в зависимости от возможности контроля предотказного состояния);

- $K_{КО}$ 3 допускает эксплуатацию по ресурсу (сроку службы) или до предотказного состояния, если отказ является частым и есть возможность контроля предотказного состояния, либо эксплуатацию до отказа, если отказ не более частый, чем УВ.

В случае принятия решения относительно ИК возможные конструктивные меры, направленные на уменьшение негативного влияния отказов СЧ на готовность и безопасность применения образца, включают две группы:

- первая группа это изменение схемных решений ФС (резервирование, блокировки ошибочных действий

экипажа и т. д.) с целью увеличения кратности резервирования либо снижения тяжести последствий для видов отказов ФС, к которым приводит рассматриваемый вид отказа СЧ;

- вторая группа — это изменение конструкции, материалов, технологии изготовления СЧ либо улучшение условий ее работы в конструкции ФС для повышения надежности по рассматриваемому виду отказа СЧ.

При разработке указанных мер дорабатываемые СЧ исключают из дальнейшего анализа и принятие решения в последующем зависит от того, к какой из двух указанных выше групп относятся планируемые конструктивные изменения.

Если к определенному виду отказа СЧ относятся меры из первой группы, то в силу их комплексного применения в отношении нескольких СЧ разработку конкретных мер проводят только после завершения анализа отказов всех СЧ рассматриваемой ФС. После разработки мер и связанной с этим корректировки исходных данных вновь проводят анализ данной ФС. При этом может оказаться целесообразным вновь провести анализ тех видов отказов СЧ, по которым в результате предложенного совершенствования схемных решений ФС изменились кратность резервирования и (или) тяжесть последствий отказа.

Если в отношении определенного вида отказа СЧ необходимы меры из второй группы, то независимо от результатов анализа отказов других СЧ проводят изменение исходных характеристик надежности и повторный анализ ФС с оценкой критичности и выбором критерия предельного состояния СЧ. Это связано с тем, что меры второй группы не изменяют схему ФС, а могут только снизить вероятность возникновения конкретного вида отказа СЧ.

При планировании ИК необходимо учитывать, что обе указанные выше группы изменений взаимосвязаны. Проведение схемных доработок ФС может не исключать необходимость мер по повышению надежности СЧ и наоборот.

Таблица В.3 — Влияние характеристик видов отказов СЧ ФС на выбор K_{KO} и критериев предельных состояний (для отказов, не относящихся к механическим, например отказов электрических, гидравлических, радиоэлектронных элементов)

Частота отказа или сочетания отказов и влияние отказов на задержку начала или отмену применения образца			Вид отказа ФС I категории последствий			Вид отказа ФС II категории последствий		Вид отказа ФС III категории последствий			Вид отказа ФС IV категории последствий	
			$m = 1$	$m = 2^{ПНВ+}$	$m = 2^{ПНВ}$	$m \geq 3$	$m = 1$	$m \geq 2$	$m = 1$	$m \geq 2$	$m = 1$	$m \geq 2$
Не выше КМВ	ЗНР		ИК	1	3	3	3	3	3	3	3	3
	НЗНР		ИК	ИК	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	3
		ЗП	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	ИК	3

Окончание таблицы В.3

Примечания

1 При анализе каждого вида отказа СЧ для каждой категории последствий (I, II, III и IV) рассматривают возможные *m* (1, 2 и более, 3 и более).

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

3 Решение о необходимости ИК принимают в случае несоответствия характеристик рассматриваемого вида отказа СЧ принятым требованиям по готовности и безопасности применения образца.

Согласно логике принятия решений, проиллюстрированной в таблице В.2, принимают следующие решения:

- видам отказов СЧ, имеющим *m* больше единицы при $K_{ТКО}$ IV, вне зависимости от их вероятности устанавливается $K_{КО}$ 3 и в качестве критерия предельного состояния назначается отказ;
- видам отказов СЧ, имеющим *m* не менее 3 для $K_{ТКО}$ I и не менее 2 для $K_{ТКО}$ II и III, если эти отказы не более частые, чем УВ, устанавливается $K_{КО}$ 3 и в качестве критерия предельного состояния назначается отказ;
- для всех остальных видов отказов СЧ возможно установление $K_{КО}$ 1 или 2 и назначение в качестве критериев предельного состояния только ресурса или предотказного состояния.

В отличие от механических отказов, для которых априори характерно увеличение частоты (интенсивности) отказов с ростом наработки или срока службы СЧ, для отказов электрических, гидравлических, радиоэлектронных и иных подобных СЧ в процессе анализа дополнительно оценивают (см. таблицу В.3) зависимость частоты рассматриваемых видов отказов от наработки СЧ.

Для отдельных видов техники (особенно авиационной, ракетной и т. п.) важно оценить влияние отказов СЧ ФС на задержку начала или отмену планового применения образца по назначению (см. первую графу таблицы В.3).

Таким образом, в результате анализа для каждого вида отказа СЧ ФС устанавливают значение $K_{КО}$ и критерий предельного состояния (метод ТЭ). Если одному виду отказа соответствует несколько сочетаний с другими отказами, которые имеют разные последствия, то необходимо проанализировать каждое из этих сочетаний, а в результате присвоить такому виду отказа наиболее высокую критичность из полученных (меньшее значение $K_{КО}$), что снизит риск для готовности и безопасности применения образца.

В.1.7 К началу третьего этапа анализа для выбора работ по ТО все виды отказов СЧ ФС разделены на три группы:

- $K_{КО}$ 1 — отказы СЧ, являющиеся причиной нарушения функций, влияющих на безопасность;
- $K_{КО}$ 2 — отказы СЧ, являющиеся причиной нарушения функций, влияющих на прерывание или изменение плана применения образца по назначению;
- $K_{КО}$ 3 — отказы СЧ, являющиеся причиной нарушения функций, влияющих на задержку начала применения образца по назначению и приводящие к иным экономическим последствиям.

Логическая последовательность анализа проиллюстрирована в таблице В.4 и предусматривает рассмотрение всех видов работ по ТО. При этом необходимость и возможность выполнения плановых работ по контролю технического состояния СЧ определяется возможностями БСК, характеристиками надежности, схемным построением ФС (наличием резервирования СЧ) и конструкцией анализируемой СЧ. Выбор профилактических работ по поддержанию характеристик и (или) условий функционирования СЧ и плановых восстановительных работ определяется конструкцией СЧ, характеристиками ее надежности и принятым критерием предельного состояния. Необходимо учитывать также, что профилактические работы направлены не только на предупреждение рассматриваемых видов отказов, но и на снижение частоты их возникновения, что важно для величины затрат на ТЭ. Например, СЧ может эксплуатироваться до безопасного отказа и профилактическая смазка трущихся пар в ее составе не критична в смысле безопасности отказа. Однако такая смазка может заметно снижать частоту отказов СЧ и последующих неплановых работ (ремонтов), что снизит затраты, связанные с простоями техники и указанными неплановыми работами.

Таблица В.4 — Логика принятия решений при выборе работ по ТО, обеспечивающих поддержание надежности ФС

Вопрос для принятия решения	Вид отказа СЧ ФС:		
	1 категории важности	2 категории важности	3 категории важности
1 Способствуют ли профилактические работы поддержанию заданных характеристик и (или) условий работы СЧ?	При ответе «ДА» в программу ТО включают профилактические работы и оценивают приспособленность конструкции к их выполнению, в противном случае профилактика не предусматривается		

Окончание таблицы В.4

Вопрос для принятия решения	Вид отказа СЧ ФС.		
	1 категории важности	2 категории важности	3 категории важности
2 Обеспечен ли контроль экипажем и (или) БСК данного вида отказа или предотказного состояния СЧ?	При ответе «ДА» в программу ТО включают обработку данных о применении образца. При ответе «НЕТ» планируют контроль исправности СЧ и оценивают приспособленность конструкции к его выполнению. При негативной оценке требуется ИК	При ответе «ДА» в программу ТО включают обработку данных о применении образца. При ответе «НЕТ» планируют контроль исправности или работоспособности СЧ и оценивают приспособленность конструкции к его выполнению. При негативной оценке требуется ИК	При ответе «ДА» в программу ТО включают обработку данных о применении образца. При ответе «НЕТ» планируют контроль работоспособности СЧ и оценивают приспособленность конструкции к его выполнению. При негативной оценке требуется ИК
3 Обеспечено ли восстановление СЧ по достижении предельного состояния (отказ, предотказное состояние, выработка ресурса или срока службы)?	При ответе «ДА» в программу ТО включают необходимые восстановительные работы. Оценивают приспособленность конструкции к его выполнению. При негативной оценке требуется ИК		
Примечание — В составе данных о применении образца могут быть разные сведения, регистрируемые БСК или иным образом, в процессе применения образца по назначению (замечания экипажа, записи параметров работы ФС и СЧ образца в цикле применения, иные записи БСК).			

В.1.8 При анализе выбирают наиболее эффективные работы определенного вида, необходимость выполнения которых установлена в процессе анализа. Под эффективными понимаются работы, которые требуют меньших затрат, при условии, что достигаются их цели и качество выполнения работ удовлетворяет требованиям безопасности. Затраты на выполнение конкретной работы определяют прежде всего ее трудоемкостью и затраты на использование при выполнении работы специальных средств ТО и материалов. Качество в зависимости от вида работ определяют достоверностью контроля, степенью восстановления номинального технического состояния СЧ и другими требованиями конструкторской документации.

Поскольку (см. В.1.2) до выбора работ по ТО СЧ ФС уже выполнен выбор плановых работ по контролю работоспособности ФС в целом, то сформированный перечень плановых проверок работоспособности ФС, выполняемых для выявления скрытых видов отказов ФС в целом, используют также при формировании перечня работ по контролю работоспособности СЧ ФС для того, чтобы некоторые выбранные плановые работы по ТО объединить в комплексные проверки работоспособности ФС, позволяющие одновременно контролировать как ФС в целом и выявлять определенные виды отказов отдельных СЧ этой ФС.

Примечание — Примером является поканальная проверка работоспособности резервированной ФС, при выполнении которой можно выявить не только отказ резервного канала (подсистемы), но и виды отказов отдельных СЧ в составе проверяемой подсистемы или смежных с ней.

В.1.9 На четвертом этапе планирования ТО определяют периодичность выполнения выбранных работ по ТО. При этом периодичность работ по обеспечению доступа связана с периодичностью целевых работ по контролю технического состояния и профилактических работ. В одних случаях она будет однозначно определяться сроками целевых работ. В других случаях могут быть необходимы сложные работы по обеспечению доступа к закрытым зонам конструкции. Это может повлиять на выбор периодичности целевых работ в указанных зонах, поскольку может потребоваться их комплексирование с другими работами в данной зоне конструкции образца, требующими тех же вспомогательных работ по обеспечению доступа, но имеющими сроки их выполнения, которые более критичны для программы ТО.

Для периодичности работ по контролю работоспособности, особенно резервированных СЧ ФС, в разных отраслях машиностроения могут быть разработаны аналитические или иные модели, позволяющие оптимизировать значения периодичности работ с использованием численных и иных методов.

Дополнительные рекомендации по методам установления периодичности отдельных работ по ТО приведены в ГОСТ Р 27.606—2013 (приложение Б).

В.2 Планирование технического обслуживания для силовой конструкции образца

В.2.1 Формирование состава плановых работ по ТО силовой конструкции предусматривает анализ разных видов возможных повреждений силовых конструктивных элементов, которые не могут быть выявлены экипажем и (или) БСК образца в процессе применения образца по назначению.

В числе повреждений силовой конструкции могут быть и боевые повреждения, но они являются особым видом повреждений и обычно не рассматриваются при формировании программы ТО образца, если не предъявлены особые требования заказчика в отношении их рассмотрения.

В.2.2 Основу раздела программы ТО по силовой конструкции составляют работы по ТО, направленным на своевременное обнаружение СП, ПС и УП применительно к заданным (ожидаемым) условиям эксплуатации образца. Для использования образца в условиях применения, отличных от заданных, потребуется адаптировать программу ТО в части силовой конструкции для разных видов повреждений к изменившимся условиям эксплуатации.

В.2.3 Для целей анализа в составе силовой конструкции выделяют две группы конструктивных элементов в соответствии с последствиями их повреждений для готовности и безопасности применения образца — КВЭ и прочие элементы.

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

К прочим относят конструктивные элементы, не отнесенные к КВЭ в силу их незначительного влияния (или отсутствия такого влияния) на целостность силовой конструкции образца. Если конструктивный элемент не отнесен ни к КВЭ, ни к прочим элементам, требующим ТО, то он определяется как некритичный и рассмотрению не подлежит.

Для каждого анализируемого конструктивного элемента составляют его краткое описание (трехмерная модель, чертеж, сведения об особенностях конструкции, надежности и т. п.). В случае необходимости анализа ограниченного участка конструкции (части КВЭ) его идентифицируют в ЛСИ образца. Границы участка устанавливают на основе результатов усталостных испытаний, моделирования и (или) на основе опыта разработчика силовой конструкции.

В.2.4 В зависимости от расположения КВЭ или его участка в составе силовой конструкции могут иметь место разные виды повреждений. Кроме того, формирование перечня анализируемых конструктивных элементов должно учитывать располагаемые технологии их эксплуатационного контроля.

В.2.5 При анализе конструктивных элементов, не отнесенных к КВЭ, перечень работ по их ТО формируют с учетом возможности выполнения этих работ в рамках зонных осмотров. При такой технологии осмотры и профилактические работы на элементах разных ФС и силовой конструкции, расположенных рядом в одной зоне конструкции (техническом отсеке) могут быть выполнены в одни сроки в рамках комплексных (зонных) осмотров.

В.2.6 При формировании программы выборочного контроля технического состояния силовой конструкции используют статистические данные, включающие:

- число экземпляров образца в программе выборочного контроля;
- сведения о методах контроля и периодичности проверок и осмотров;
- эксплуатационные данные об использовании экземпляров образца;
- условия эксплуатации образца.

В.2.7 При формировании ПКК учитывают все прогнозируемые или известные из опыта эксплуатации повреждения категории ПС в предположении применения образца в типовых (ожидаемых) условиях внешней среды и назначают с учетом этого 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. При обнаружении впоследствии уровня коррозии, превышающего расчетный уровень, ПКК для рассматриваемой зоны должна быть пересмотрена с целью обеспечения приемлемого технического состояния силовой конструкции.

В числе работ по предупреждению коррозии рассматривают следующие:

- плановая очистка КВЭ от загрязнений (в том числе агрессивных), которые могут способствовать коррозионным процессам;
- плановая консервация КВЭ с нанесением временных защитных покрытий для предохранения КВЭ от коррозии (эти средства защиты не должны негативно влиять 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.

В.2.8 Установление периодичности ТО силовой конструкции имеет особенность, связанную с тем, что до

первого выполнения определенной проверки (осмотра) может пройти значительный период эксплуатации, а после этого выполнение этой работы может быть более частым. При назначении срока первой проверки (осмотра) учитывают причины повреждений КВЭ:

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

Указанные сроки устанавливают как часть требований к допустимой повреждаемости КВЭ и изменяют по мере накопления опыта эксплуатации, получения результатов дополнительных испытаний и (или) моделирования нагружений КВЭ.

После установления срока первой проверки (осмотра) определяют периодичность повторения определенного вида проверки или осмотра силовой конструкции:

- для ТО, связанного со СП, периодичность повторного выполнения работы может базироваться на опыте эксплуатации аналогичных конструкций и привязывается к периодичности плановых видов ТО (ремонта);
- для ТО, связанного с ПС, периодичность повторного выполнения работы (по выявлению коррозии, расслаивания, отклеивания и т. п.) может базироваться на опыте эксплуатации и (или) рекомендациях разработчика КВЭ;
- для ТО, связанного с УП, периодичность повторного выполнения проверок и осмотров, связанных с усталостью конструкции, базируется на расчетной или экспериментальной оценке допустимой повреждаемости КВЭ (демонстрации того, что проверки обеспечивают обнаружение данного УП).

Периодичность выполнения работ в составе ПКК устанавливают единой для парка образцов, применяемых в одинаковых или сходных условиях окружающей среды.

Приложение Г
(справочное)

Пример представления результатов планирования технического обслуживания

СВОДНЫЕ СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Логотип разработчика
Тип образца

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

Библиография

[1] IEC 60300–3–11:2009 Управление общей надежностью. Часть 3-11. Руководство по применению. Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности (IEC 60300–3–11:2009 Dependability management — Part 3-11: Application guide — Reliability centred maintenance)

[2] Ноулан Ф. С., Хип Х. Ф. Техническое обслуживание, направленное на обеспечение надежности: Отчет № AD–A066579, 1978 (Nowlan F. S., Heap H. F. Reliability–Centered Maintenance. — Report No. AD–A066579, 1978)

[3] SAE JA1011 Критерии оценки в процессах анализа технического обслуживания, направленного на обеспечение надежности (редакция 200908, 2009) [SAE JA1011 Evaluation Criteria for Reliability–Centered Maintenance (RCM) Processes. Revision 200908, 2009]

[4] AC 1.1.S1000DR—2014 Международная спецификация на технические публикации, выполняемые на основе общей базы данных. — Выпуск 4.1. — 2012 (ASD S1000D International specification for technical publications using a common source database. — Issue No. 4.1. — 2012)

[5] ASD S4000P Международная спецификация по обоснованию и непрерывному совершенствованию планового технического обслуживания. — Выпуск 2.0. — 2017 (ASD S4000P International specification for developing and continuously improving preventive maintenance. — Issue No. 2.0. — 2017)

[6] ATA MSG–3 Основные положения по разработке эксплуатантами и поставщиками требований к плановому техническому обслуживанию. — Том 1 — Самолеты и Том 2 — Вертолеты (редакция 2018.1, 2018 (ATA MSG–3 Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development. Vol. 1 — Fixed Wing Aircraft and Vol. 2 — Rotorcraft. Revision 2018.1. — 2018)

[7] МУ 1.1.296—2014 Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Функциональные системы, зоны и планер воздушного судна. Методы планирования технического обслуживания и ремонта

УДК 006.1:006.354 ОКС 01.040.01

Ключевые слова: интегрированная логистическая поддержка, программа, техническое обслуживание, надежность, образец

Редактор *Н.А. Аргунова*
Технический редактор *И.Е. Черепкова*
Корректор *М.В. Бучная*
Компьютерная верстка *А.Н. Золотаревой*

Сдано в набор 20.11.2020. Подписано в печать 15.12.2020. Формат 60 × 84 1/8. Гарнитура Ариал.
Усл. печ. л. 3,72. Уч.-изд. л. 3,30.
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.
www.gostinfo.ru gost.e-ecolog.ru

gost.e-ecolog.ru