

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ имени С. П. КОРОЛЕВА

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

*Методические указания
к курсовому и дипломному проектированию*

В указаниях рассмотрены основные понятия эксплуатационной технологичности (ЭТ) летательных аппаратов (ЛА), приведены требования по обеспечению ЭТ ЛА, его систем и оборудования, а также регламентных работ общего назначения; предложены методики определения качественной оценки ЭТ, расчета основных и дополнительных показателей.

Методические указания предназначены для выполнения курсовых и соответствующих разделов дипломных работ по курсу «Техническая эксплуатация и надежность ЛА» (специальность 1610).

Подготовил Б. А. Углов

Авторы: зам. гл. инженера Пу... В. А. Хитов,
кафедры ТЭЛА и АД МИИГА Ю. М. Чинючин
Беленз...



Цель и задачи работы

При выполнении работы студент должен ознакомиться с современным состоянием проблемы эксплуатационной технологичности (ЭТ), с постановкой задач в этом направлении, освоить методы разработки инженерных рекомендаций по совершенствованию конструкции летательных аппаратов (ЛА), технологии технического обслуживания и ремонта (ТО и Р).

1. СОДЕРЖАНИЕ, ОБЪЕМ И ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

При выполнении курсовой работы или раздела дипломного проекта студент должен изучить конструкцию, условия работы заданного узла, агрегата, системы; виды и методы технического обслуживания и ремонта соответствующей заданию техники в условиях завода-изготовителя, АТБ; АРЗ ГА или учебного аэродрома.

Совершенствование технологии ТО заданной системы осуществляется путем изменения конструкции ее узлов и элементов, используемых приспособлений, инструмента и т. п. Технологические и конструктивные предложения должны быть обоснованы, подтверждены соответствующими расчетами и сопровождаться оценкой экономической эффективности.

Курсовая работа состоит из пояснительной записки объемом не более 25 страниц и графической части на 0,5—1,0 листе ватмана или миллиметровки формата 24 (ГОСТ 2.301-68).

В период прохождения второй технологической практики студенты собирают и подготавливают необходимый материал в следующей последовательности:

1. Основные сведения о заданном ЛА (собранный материал заносится в табл. 1; приведенную в приложении 1).

2. Конструкция и условия работы заданной системы, их отказы и неисправности (по результатам заполнить табл. 2—4 в приложении 1).

3. Графическое изображение (чертеж, технический рисунок с соблюдением масштаба) части системы (агрегата, узла), подлежащей совершенствованию.

4. Хронометраж времени, затраченного на выполнение отдельных операций при самостоятельном выполнении или наблюдении выполнения конкретной работы по ТО или ремонту заданной системы (полученные результаты занести в табл. 5 в приложении 1).

Эта часть работы должна быть отражена в журналах производственной практики.

Задание на курсовую работу выдается в общей формулировке, например: «Анализ ЭТ силовой установки самолета ТУ-154». В период прохождения практики студент самостоятельно по согласованию с преподавателем—руководителем практики или ответственными за практику работниками производства конкретизирует задание, выбирая какую-либо систему, узел, агрегат. Например: «Замена центробежного подкачивающего насоса ЭЦН-325».

Порядок выполнения работы определяется следующими разделами пояснительной записки:

1. Введение — краткое изложение целей и задач курсовой работы.

2. Основные сведения, особенности конструкции и работы заданной системы.

3. Особенности ТО или ремонта системы.

4. Анализ технологического процесса ТО рассматриваемой системы.

5. Результаты проделанной на практике работы (сводятся в табл. 1—5).

6. Качественная оценка ЭТ заданной системы.

7. Количественная оценка ЭТ — расчет обобщенных (основных) и единичных (дополнительных) показателей.

8. Анализ рассмотренных показателей.

9. Разработка мероприятий по повышению ЭТ наиболее нетехнологичного узла, агрегата, системы с обязательным приложением эскизов изменяемой и предлагаемой конструкции, разработанных приспособлений, графов старой и новой систем обслуживания и т. п.

10. Оценка ЭТ по результатам предлагаемых мероприятий.

11. Необходимые расчеты для обоснования предложенного мероприятия.

12. Оценка экономической эффективности разработанных мероприятий.

13. Вопросы техники безопасности и охраны труда.

14. Список литературы.

15. Содержание.

Выполненная работа защищается на кафедре в присутствии не менее двух преподавателей.

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ ЭТ ЛА

К числу важнейших показателей, характеризующих эксплуатационные качества современных ЛА, относится эксплуатационная технологичность конструкции, под которой понимается приспособленность конструкции к выполнению всех видов работ по ТО и ремонту с минимальными затратами труда, времени и средств, с использованием наиболее экономичных методов ТО и ремонта. Проблема обеспечения ЭТ является составной частью проблемы обеспечения надежности технических средств.

Уровень ЭТ ЛА зависит от ряда его конструктивных особенностей и эксплуатационных факторов.

К числу конструктивных особенностей относятся:

- доступность к объектам обслуживания;
- легкосъемность агрегатов и узлов ЛА;
- взаимозаменяемость объектов;
- контролепригодность элементов конструкции и систем;
- унификация и стандартизация систем ЛА и средств их наземного обслуживания.

К эксплуатационным факторам относятся:

- система ТО и ремонта;
- уровень механизации и автоматизации процессов ТО и ремонта;
- интенсивность использования самолетов (налет часов за определенный календарный срок);
- специализация авиаподразделений (разнотипность ЛА, общий объем работ, квалификация исполнителей и др.);
- климатические условия.

Необходимые конструктивно-технологические свойства обеспечиваются при создании ЛА. Эксплуатационные свойства учитываются как при создании, так и при эксплуатации ЛА.

Уровень эффективности систем ТО ЛА при заданном уровне их надежности и ЭТ зависит от таких показателей, как трудоемкость и продолжительность при ТО и ремонте.

Оценка ЭТ может носить качественный и количественный характер. В первом случае вырабатывается ряд требований, предъявляемых к конструкции по обеспечению выполнения регламентных

работ общего назначения (смазочных, контрольно-крепежных, контрольно-регулирующих и заправочных), и требования к конструкции систем ЛА (планеру, силовым установкам, управлению ЛА и двигателем и др.), обеспечивающие внедрение прогрессивных методов ТО и ремонта.

Для количественной оценки целесообразно в качестве показателей и характеристик ЭТ ЛА использовать обобщенные (основные) и единичные (дополнительные) критерии.

Обобщенные показатели подразделяются на экономические и оперативные.

Первая группа обобщенных показателей характеризует ЭТ ЛА с точки зрения затрат труда, материалов и запасных частей на ТО и Р. Наиболее важным показателем в этой группе следует считать удельную оперативную трудоемкость ТО и Р K_T в человеко-часах на 1 час налета ЛА. Этот показатель характеризует величину трудовых затрат, необходимых для поддержания безотказности работы ЛА и всех его систем на заданном уровне.

Вторая группа обобщенных показателей характеризует ЭТ ЛА с точки зрения затрат времени на ТО и Р, устранение внезапных отказов при эксплуатации и, следовательно, времени нахождения самолета (вертолета) в неработоспособном состоянии.

Заслуживающими наибольшего внимания являются следующие обобщенные показатели:

удельная оперативная трудоемкость ТО и Р, чел-ч налета;

среднее время устранения отказов в межпрофилактический период \bar{t}_y , определяемое как математическое ожидание времени устранения отказов;

интенсивность восстановления μ , характеризуемая числом выполняемых операций в единицу времени;

вероятность устранения отказа (восстановления работоспособности) агрегата, узла самолета $P\{\tau \leq \tau_{зад}\}$ за заданный интервал продолжительности ТО ЛА $\tau_{зад}$; $P\{\tau \leq \tau_{зад}\}$ представляет собой вероятность того, что случайное время устранения отказа τ не превышает заданного $\tau_{зад}$. Этот показатель характеризует приспособленность ЛА к проведению текущего ремонта в межпрофилактический период, связанного с обнаружением и устранением внезапных отказов при ограниченных затратах времени.

К единичным (дополнительным) относятся показатели, характеризующие отдельные стороны ЭТ конструкции ЛА. Это коэффициенты доступности, легкоъемности и др. Они используются для оценки отдельных свойств конструкции, оказывающих непосредственное влияние на значения обобщенных показателей. Единичные показатели ЭТ применимы только для отдельных агрегатов, узлов, блоков ЛА, двигателя, системы.

В процессе испытаний и доводки ЛА качество оценки ЭТ, т. е. объем и уровень исследований в этом направлении и своевременно проведенные в жизнь мероприятия по ее улучшению, оказывают большое влияние на будущие эксплуатационные расходы, трудоемкость технического обслуживания и ремонта и надежность авиационной техники. Последующая эксплуатация ЛА позволяет выявить дополнительные направления повышения ЭТ, которые частично реализуются в процессе эксплуатации или испытаний путем доработок или изменений отдельных систем и узлов авиационной техники и позволяют обосновать требования к ЭТ новых типов ЛА.

Качественный и количественный анализ ЭТ позволяет выявить и слабые стороны конструкции или процесса технического обслуживания. Результатом анализа является обоснование наиболее нетехнологичного с точки зрения ЭТ узла, элемента системы ЛА или конструктивного решения их комплекса. При этом необходимо обратить внимание на уровень механизации выполняемых работ, наличие и исправность инструмента и приспособлений и соответствие их выполняемым работам.

3. КАЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ЭТ ЛА

В авиационной промышленности постоянно осуществляется переход к производству новых, более совершенных ЛА. Непрерывно совершенствуется их конструкция, улучшаются летно-технические данные. Повышение уровня ЭТ достигается за счет усложнения конструкции ЛА и технологии ее производства (замены неразъемных соединений разъемными, выполнения большого количества эксплуатационных люков для доступа к узлам и агрегатам и др.). Оптимальное решение в каждом конкретном случае должно быть найдено с учетом суммарных затрат на проектирование, производство, ТО и Р в процессе эксплуатации. Отсюда вытекает понятие «технологичности конструкции» как совокупности свойств конструкции, определяющих ее приспособленность к серийному производству, ТО и Р с минимальными затратами труда и материалов. Эта задача на сегодня остается нерешенной.

В настоящее время выработаны общие технические требования по обеспечению ЭТ элементов конструкции ЛА и выполнению отдельных, наиболее общих видов работ, приведенных в этом и следующем разделах. Эти требования позволяют провести качественный анализ конструкции систем ЛА.

3.1. ОБЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

1. Подготовка ЛА к полету должна быть максимально автоматизирована. Трудоемкие операции при ТО должны быть сведены к минимуму и выполняться с высоким качеством в аэродромных условиях.

2. Ко всем системам, узлам и агрегатам, подвергающимся систематическому ТО, должен быть обеспечен удобный подход, позволяющий выполнять операции по ТО без их демонтажа и разборки.

3. Агрегаты, внутри которых находятся регулировочные или защитные устройства, должны размещаться блоками и секциями с обеспечением удобных подходов.

4. Выполнение возможно большего количества операций при ТО должно быть совмещено по времени (снаряжение специальным оборудованием; проверка оборудования и систем под током; заправка топливом, специальными жидкостями и газами и др.).

5. Трудозатраты на вспомогательные (демонтажно-монтажные, разборочно-сборочные и др.) работы должны быть максимально сокращены с обеспечением их по возможности типовым нормализованным инструментом.

6. ЛА должен быть обеспечен унифицированными и специальными средствами наземного обслуживания (входящими в комплект, поставляемый с самолетом, вертолетом) с учетом минимального их количества, удобства использования и транспортабельности.

7. ЛА должен быть оборудован встроенными инструментальными и бортовыми средствами автоматизированного контроля технического состояния с заданной точностью регистрации основных параметров полета и работоспособности систем.

8. При проектировании и изготовлении ЛА необходимо использовать унифицированные, стандартизованные и взаимозаменяемые узлы, детали, агрегаты, блоки и др.

9. На ЛА должна быть обеспечена простая и быстрая очистка деталей и узлов от загрязнения, особенно при его эксплуатации на грунтовых и заснеженных аэродромах.

10. В конструкции ЛА должна быть обеспечена возможность проверки механизмов уборки и выпуска шасси, устройств механизации крыла, гидравлических, пневматических и других систем от наземных агрегатов без запуска двигателей.

11. Все узлы и агрегаты, обслуживаемые при предполетной подготовке, должны иметь контровку многоразового действия с исключением проволоочной контровки.

12. Конструкция и размеры присоединительных разъемов, места

их установки и присоединения средств наземного обслуживания к ЛА должны быть выполнены в соответствии с действующими стандартами и обеспечивать удобство надежной стыковки (расстыковки) с минимальными затратами времени.

13. Системы заправки топливом, маслом и спецжидкостями должны быть закрытыми при наличии резервных горловин для открытой заправки. Количество заправочных точек должно быть минимальным. Средства контроля полноты заправки по возможности должны располагаться рядом с заправочными штуцерами, подход к которым должен осуществляться с земли без использования специальных стремянок и подставок. Размещение их должно быть удобным для подъезда и отъезда спецавтотранспорта, обеспечивающего полеты.

14. Размеры и форма люков для доступа к узлам и агрегатам должны обеспечивать нормальную и безопасную работу в летней и зимней одежде и визуальный контроль мест выполняемых по ТО работ. Крышки большинства люков должны легко открываться, а вскрываемые при оперативных видах ТО должны выполняться на шарнирной шомпольной подвеске с желательной фиксацией ее в открытом положении.

15. На всех ЛА должно быть установлено надежно действующее приспособление для заземления на стоянке.

16. При ТО ЛА должно применяться минимальное количество оборудования и инструмента.

17. Оборудование каждой системы ЛА должно быть сгруппировано в несколько крупных монтажных узлов (панелей) и размещено в специальных технических отсеках. В каждом отсеке должна быть размещена одна или в исключительных случаях — не более двух панелей.

18. Ко всем масленкам и местам смазки трущихся поверхностей должен быть обеспечен удобный доступ с необходимыми стандартными приспособлениями. Смазанные поверхности должны хорошо держать смазку и иметь защиту от пыли, песка и влаги.

19. Все ответственные узлы подвижных соединений должны иметь унифицированные масленки и другие устройства, позволяющие производить смазку трущихся поверхностей под давлением.

3.2. ТРЕБОВАНИЯ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ЛА

3.2.1. Требования к компоновке и конструкции планера

1. Общая компоновка планера, его агрегатов и систем должна выполняться с учетом необходимости обеспечения подходов к максимальному их числу при минимальных трудовых затратах.

2. Все разъемы агрегатов и узлов планера должны быть выполнены с учетом требований полной взаимозаменяемости.

3. Ко всем узлам крепления крыла, киля и стабилизатора должен быть обеспечен свободный доступ с необходимым инструментом для осмотра и проверки при ТО и Р.

4. Доступ к гайкам стыковочных болтов фюзеляжа при проверке их затяжки должен осуществляться путем открытия легко-съемных лент (возможен и другой вариант конструктивного решения).

5. Головки болтов крепления узлов и других деталей ЛА, расположенные в труднодоступных местах фюзеляжа, крыла, оперения и проходящие через глухие стенки или со стороны внутренних полостей агрегатов планера, должны фиксироваться от проворачивания и выпадания.

6. Узлы крепления силовых установок, шасси, обтекателей к фюзеляжу, центроплану и другим элементам конструкции ЛА должны располагаться в местах, свободно доступных для осмотра и периодического контроля.

7. Замена смазки в подшипниках узлов навески съемных агрегатов планера (рельсов закрылков, рулей элеронов и т. п.) должна быть обеспечена без съемки этих агрегатов.

8. Для осмотра и замены агрегатов, трубопроводов, тяг, карданов, редукторов и других деталей, расположенных на стенках переднего и заднего лонжеронов и хвостовой части крыла, должны быть предусмотрены легко открываемые панели (крышки люков), крепящиеся посредством быстродействующих замков.

9. Размеры панелей должны позволять производить все необходимые работы по осмотру, смазке, замене агрегатов и коммуникаций, расположенных внутри крыла и фюзеляжа.

10. Зализы стыковых соединений центроплана, стабилизатора и киля с фюзеляжем должны быть легко-съемными и закрепляться посредством замков (винтов), рассчитанных на многократное использование.

11. Конструкция крепления рельсов закрылков, узлов навески рулей должна обеспечивать удобство их снятия и установки (замены) без снятия других элементов.

12. Наложение обшивки должно предусматривать возможность замены отдельных ее листов без расклепывания и снятия соседних листов.

13. Замки крепления входных дверей, крышек люков багажных отделений в конструктивном отношении должны быть унифицированными, безотказными и взаимозаменяемыми. Замена их должна производиться без расклепывания обшивки и демонтажа других деталей.

14. Панели полов в кабинах экипажа и пассажиров должны быть легкосъёмными, малогабаритными, закрепляться однотипными быстродействующими замками (винтами) и исключать возможность попадания пыли, влаги; при этом должна обеспечиваться возможность просмотра агрегатов и деталей, расположенных под полами. Количество замков должно быть минимальным.

15. Защитная окантовка проемов дверей и багажных люков должна быть легкосъёмной и взаимозаменяемой.

16. Элементы герметизации входных дверей, крышек люков, створок шасси, смотровых стекол ЛА должны быть легко заменяемыми в условиях эксплуатации и ремонта.

17. Способы крепления остекления на каркасах фонарей и деталях крепящих элементов должны быть стандартизованными и предусматривать: простую и быструю замену стекол и герметизирующих элементов; установку стекол без перекосов, изгибов и связанных с ними местных внутренних напряжений на стеклах; простой и надёжный контроль качества установки стекол.

18. Основные силовые элементы ЛА, а также детали, ограничивающие длительную надёжную работу отдельных узлов, должны быть приспособлены к проведению периодического контроля с помощью физических неразрушающих методов контроля.

19. Кромки вырезов под эксплуатационные люки должны быть округлены или закрыты прокладкой из резины, волокна или пластика с целью исключения возможности повреждения рук исполнителя.

20. Крышки эксплуатационных люков и обтекателей должны иметь индикацию открытого и закрытого положений.

21. Винты (болты), предназначенные для крепления эксплуатационных люков, вскрываемых при периодических видах ТО, должны иметь крестообразный шлиц, а для крепления крышек технологических люков — прямой.

22. Эксплуатационные люки должны быть быстроразъёмными и иметь шомпольную или шарнирную навеску при размерах люка более 500×500 мм.

23. Минимальные размеры люков в обшивке планера в зависимости от характера выполняемых работ должны быть:

при выполнении работы одной рукой — не менее 200×200 мм,

при выполнении работы двумя руками — не менее 350×350 мм.

24. Люки, вскрываемые при предполетной подготовке, должны крепиться только замками нажимного типа. Крышки эксплуатационных люков должны запираяться унифицированными, быстродействующими замками.

3.2.2. Требования к системам управления ЛА и двигателями

1. В конструкции ЛА должны быть предусмотрены подходы для контроля состояния, смазки, регулирования и замены без разборки планера: жестких тяг; тросов управления ЛА, двигателями, замками шасси; узлов крепления качалок, направляющих обойм, роликов, рулей, элеронов, триммеров и их механизмов.

2. Количество регулировочных точек систем управления должно быть минимальным.

3. Доступ к шарнирным соединениям для смазки должен осуществляться через легкосъёмные панели и люки.

4. Все детали системы (тяги, кронштейны, качалки, ролики и др.) должны быть взаимозаменяемыми.

5. Элементы управления закрылками должны быть легкосъёмными и взаимозаменяемыми.

6. Подшипники в кронштейнах должны заменяться без демонтажа последних. Смазка подшипников должна производиться без снятия рулей.

7. Гермовыводы тяг и тросов должны компоноваться в легкосъёмные блоки, панели или колодки с хорошими подходами.

3.2.3. Требования к гидравлическим и пневматическим системам

1. Магистральные трубопроводы определенных систем компонуются в общие пакеты и прокладываются по отдельным для каждой системы трассам.

2. Не допускается пакетирование трубопроводов, принадлежащих к различным системам, чтобы демонтаж одной системы не вызывал необходимость демонтажа трубопроводов другой системы.

3. Трубопроводы в пакетах должны размещаться на расстоянии 5 мм друг от друга.

4. Должны предусматриваться хорошие подходы для осмотра при ТО, монтаже и демонтаже, при ремонте.

5. Соединение жидкостных трубопроводов в местах разъемов планера и в местах, которые подвергаются разъему при выполнении регламентных работ, должны снабжаться быстродействующими, самозапирающимися клапанами, не допускающими утечки жидкости.

6. Гидробаки и дренажные бачки гидросистемы должны быть легкодоступными и легкосъёмными.

7. Гидравлические насосы и электрические насосные станции должны устанавливаться в легко доступных местах с надежным и

быстроразъемным креплением. Утечка жидкости должна быть сведена к минимуму.

8. В гидросистеме должны быть предусмотрены пробки для стравливания воздуха.

9. Конструкция гидросистем должна позволять быстро, без демонтажа агрегатов, определять места внутренней негерметичности.

10. Зарядка амортизационных стоек и контроль за ней должны производиться без подъема ЛА на гидроподъемниках.

11. Фильтры гидросистемы и баков должны быть легкодоступными и поддаваться быстрой очистке. Утечка жидкости при снятии фильтров должна быть исключена.

12. Жидкостные, воздушные и газовые фильтры должны обладать способностью отфильтровывать воду.

13. Необходим контроль за давлением в газовых камерах гидравлических аккумуляторов и пневматиков колес по приборам, установленным на зарядном приспособлении.

14. Агрегаты бустерной системы управления должны быть взаимозаменяемыми и легкоъемными.

15. В местах эксплуатационных разъемов трубопроводов должны быть установлены трафареты с обозначениями маркировки трубопроводов.

16. Бортовые штуцеры гидравлической системы для подключения наземных агрегатов должны быть самозапирающимися.

17. Геометрические размеры штуцеров должны исключать случаи перепутывания систем.

3.2.4. Требования к взлетно-посадочным устройствам

1. В конструкции агрегатов и узлов шасси должна быть предусмотрена возможность удобного и простого контроля технического состояния (в том числе контроль люфтов, зазоров и т. п.) шарнирных сочленений наибольшего числа силовых элементов без их разборки и демонтажа.

2. В конструкции шасси должны быть предусмотрены удобные подходы для замены агрегатов и деталей без нарушения целостности планера.

3. Тележки и стойки шасси в сборе и все их силовые детали должны обладать полной функциональной взаимозаменяемостью. Регулировочные работы должны быть минимальными.

4. Конструкция шасси должна позволять производить смазку всех необходимых узлов без подъема (подламывания) ног шасси.

5. Колеса шасси, тормозные устройства, подшипники и втулки колес должны быть легкоъемными.

6. Распорные втулки должны быть взаимозаменяемыми без регулировки.

7. Замена деталей и агрегатов на вращающихся частях колес должна быть возможна без последующей балансировки.

8. Конструкция шасси должна позволять снимать с ЛА и устанавливать на него переднюю и главные ноги полностью смонтированными.

9. Конструкция должна позволять производить замену тормозов и фрикционных дисков без предварительной подгонки и замену дисков по возможности без демонтажа тормозов.

10. Цилиндры уборки и выпуска шасси, цилиндры-демпферы тележки (стабилизирующие амортизаторы) должны быть легкоъемными.

11. К болтам крепления цилиндров должен быть обеспечен удобный доступ с необходимым инструментом без предварительного снятия других деталей.

12. К замкам убранного положения шасси должен быть обеспечен удобный доступ с необходимым инструментом без предварительного демонтажа других элементов конструкции.

13. Клапаны для зарядки амортстоек и стабилизирующих амортизаторов жидкостью и азотом (сжатым воздухом) должны располагаться в местах, удобных для контроля и заправки соответствующим инструментом, без подъема самолета на подъемники.

14. В конструкции шасси должны быть предусмотрены места крепления легкоъемных буксировочных приспособлений для буксировки ЛА хвостом вперед.

3.2.5. Требования к системе высотного оборудования

1. Все агрегаты высотного оборудования должны размещаться в местах, доступных для технического обслуживания, регулировки и замены без выполнения трудоемких подготовительных работ.

2. Крепление агрегатов высотного оборудования должно осуществляться преимущественно быстродействующими замками (стяжными хомутами, специальными разъемными замковыми устройствами), позволяющими производить быструю замену их при ТО. При необходимости болтового крепления агрегатов к каждому из болтов должен быть обеспечен удобный доступ с инструментом.

3. Должна быть обеспечена возможность проверки герметичности трубопроводов системы наддува и вентиляции кабин от наземных установок без разъединения трубопроводов и снятия агрегатов системы.

4. Замена агрегатов высотной системы должна производиться,

как правило, без последующей проверки на герметичность всей магистрали и необходимости последующего облета ЛА.

5. Должна быть обеспечена возможность проверки герметичности агрегатов системы без рассоединения трубопроводов воздушной магистрали.

6. Неисправности системы должны выявляться без демонтажа агрегатов и узлов ЛА.

7. Агрегаты высотной системы, требующие осмотров и регулировок в полете, должны быть расположены в герметизированной кабине, куда обеспечен доступ в полете.

8. В конструкции ЛА должна быть предусмотрена возможность автономного кондиционирования кабин ЛА на земле.

3.2.6. Требования к системам нейтрального газа и противопожарному оборудованию

1. Система пожаротушения должна обеспечивать возможность быстрого приведения ее в состояние готовности после срабатывания в полете и надежный контроль за ее исправностью в процессе подготовки к полету.

2. Огнетушители должны быть доступны для осмотра на земле и обеспечивать контроль правильности их зарядки.

3. Контроль за состоянием предохранительных устройств огнетушителей должен быть простым и удобным.

4. Системы пожаротушения и нейтрального газа должны обеспечивать возможность зарядки (перезарядки) и контроля зарядки баллонов огнегасящими составами без снятия баллонов с борта ЛА.

5. Должна быть обеспечена возможность проверки работоспособности системы без рассоединения трубопроводов и электрических цепей и без выпуска огнегасящих составов из баллонов.

3.2.7. Требования к двигателю и его установке на ЛА

1. Конструкция силовой установки должна позволять снимать и устанавливать двигатель на ЛА как без гондолы, так и полностью смонтированным — с подкосами, гондолой (капотами), маслосистемой и другими агрегатами (в большей степени при размещении двигателей в наружной гондоле).

2. Двигатель должен быть приспособлен к выполнению всех видов ТО, для этого на установке двигателя необходимо обеспечить: простой и удобный монтаж и демонтаж без слива топлива и нивелировки; взаимозаменяемость двигателей; возможность осмотра газоздушного тракта; возможность замены агрегатов, в том чис-

ле и самолетных, расположенных на двигателе, форсажной камере, удлинительной трубе и реактивном сопле без снятия двигателя с ЛА; опробование двигателя на земле с проверкой всех предусмотренных режимов работы.

3. Регулирование двигателя должно производиться без демонтажа каких-либо узлов и деталей, агрегатов и приборов двигателя.

4. Конструкция двигателя должна обеспечивать его разборку на автономные взаимозаменяемые узлы (модули), системы и агрегаты для выполнения работ по ТО и Р.

5. Конструкция вентиляторов, компрессоров и турбин должна обеспечивать замену в процессе эксплуатации отдельных лопаток в каждой ступени.

6. Двигатель должен быть контролепригодным, т. е. его конструкция должна обеспечивать возможность определения соответствия основных технических данных и диагностирования (прогнозирования) технического состояния и выявления неисправностей.

7. Выбранная система бортового контроля работы двигателя на ЛА должна обеспечивать выдачу экипажу объективной информации о техническом состоянии двигателя.

8. Конструкция двигателя и его компоновка на ЛА должны обеспечивать: удобный доступ к регулировочным устройствам и датчикам измерения параметров двигателя; инструментальный контроль состояния узлов и деталей газоздушного тракта двигателя без снятия его с ЛА; контроль содержания механических частиц в масле.

9. Двигатель на ЛА должен быть оборудован устройством, регистрирующим наработку с учетом фактических нагрузок.

10. Реверсивное устройство должно допускать проверку его работы на работающем двигателе на земле (на месте) и опробование его на неработающем двигателе от средств наземного обслуживания.

11. Монтаж двигателя на ЛА должен обеспечивать: съемку и установку двигателя без слива топлива; разъем трубопроводов, электропроводки, тросов и тяг управления двигателем на противопожарной перегородке или на специальных панелях; удобный доступ к агрегатам и узлам силовой установки, требующим ухода в эксплуатации; доступность для осмотра всех разъемов и соединений систем топливопитания и регулировки, смазки, отбора воздуха, гидравлической и др. систем и возможность проведения работ по устранению негерметичности без снятия агрегатов, приборов, не относящихся к данному соединению; консервацию и расконсервацию двигателей и его систем без демонтажа агрегатов.

12. На многодвигательных ЛА должна быть обеспечена взаимозаменяемость двигателей.

13. Коммуникации топливной, масляной и других систем двигателя должны быть простой конфигурации, обеспечивать монтажную независимость одной системы от другой и не должны препятствовать доступу к узлам, системам и агрегатам, их регулируемым элементам.

14. Соединения коммуникаций двигателя (шлангов, трубопроводов, электропроводки и пр.) выхлопной системы и узлов крепления двигателя к ЛА должны быть быстроразъемными, рассчитанными на многократный монтаж, по возможности должны быть самоконтрающимися.

15. Конструкция узлов крепления и приводов агрегатов должна обеспечивать легкосъемность и удобство выполнения работ по монтажу и демонтажу агрегатов на двигателе.

16. К агрегатам, узлам и разъемам двигателя с помощью капотов должен быть обеспечен удобный подход.

17. Для агрегатов и узлов весом до 30 кг, подлежащих снятию или замене в процессе ТО, должна быть предусмотрена возможность выполнения этих работ силами двух человек. Агрегаты весом более 30 кг должны иметь узлы для подъемных приспособлений.

18. Периодичность регламентных работ по агрегатам должна быть равной или кратной периодичности регламентных работ по двигателю.

19. Дренажи агрегатов двигателя должны быть объединены по группам и выводиться в безопасные места, исключающие возникновение пожара. Загрязнение ЛА и мест стоянки сливом любых жидкостей не допускается.

20. Конструкция двигателя и компоновка его на ЛА должны обеспечивать в условиях эксплуатации эффективный инструментальный контроль степени повреждения деталей газоздушного тракта.

3.2.8. Требования к топливной и масляной системам

1. В топливной системе должны применяться в основном стандартные и унифицированные агрегаты и узлы.

2. Топливная система должна исключать возможность образования льда в агрегатах и трубопроводах из воды, содержащейся в топливе, и попадания воды и механических примесей через дренаж или систему наддува.

3. Топливная система должна обеспечивать полный слив отстоя из системы через максимальное количество сливных точек и через систему централизованного слива отстоя без применения стремянок и открытия капотов. Сливные краны должны иметь надежную фиксацию в закрытом положении.

4. В конструкции топливной системы должна быть предусмотрена возможность контроля ее исправности.

5. Топливная система должна обеспечивать полный слив топлива на земле без возникновения недопустимых разряжений в баках и потери устойчивости стенок баков. Для ускоренного слива топлива должна быть обеспечена возможность использования подкачивающих и перекачивающих насосов.

6. ЛА с емкостью топливной системы более 5000 л должны иметь централизованные (закрытые) системы заправки с возможностью открытой заправки через минимальное количество заливных горловин.

На ЛА с открытой заправкой должно быть обеспечено непрерывное заполнение всех групп, при этом время полной заправки не должно превышать 10 мин.

7. В процессе заполнения топливной системы должен быть обеспечен простой и удобный контроль допустимого уровня топлива в баке.

8. Заправка и слив топлива на ЛА должны осуществляться при включенной бортовой сети и работающих потребителях.

9. Централизованная заправка должна обеспечивать непрерывное одновременное или раздельное заполнение топливом всех групп баков с автоматическим ограничением максимального уровня и предохранение баков и трубопроводов от повышения давления в них сверх допустимого.

10. Система централизованной заправки должна обеспечивать простое и удобное управление заправкой одним человеком с надежным контролем управляемого количества, сохранением положения центра тяжести в допустимых пределах в процессе заправки и полным освобождением от топлива трубопроводов после заправки за минимальное время.

11. Заливные горловины и сливные устройства должны быть унифицированы и обеспечивать применение заправочных и сливных приспособлений международных стандартов.

12. Должен быть обеспечен удобный подход к топливным фильтрам, позволяющий производить работу двумя руками. Очистка фильтра должна производиться без слива топлива из системы. Фильтр должен иметь сливной кран для слива топлива из его корпуса.

13. Топливные трубопроводы и баки должны устанавливаться с учетом требований пожарной безопасности.

14. Замена топливных насосов должна производиться без предварительного слива топлива из баков. Насосы должны быть легкоъемными.

15. Масляная система должна обеспечивать контроль количества

и полный слив масла из системы на земле через легко доступные и удобные в эксплуатации сливные краны с надежной фиксацией в закрытом положении.

16. В масляной системе должна быть предусмотрена возможность периодического удаления отстоя из маслобаков без их снятия с ЛА.

17. Должны быть удобными подход к масляным фильтрам и снятие их для осмотра и очистки без предварительного слива масла.

18. Должна быть обеспечена нормальная эксплуатация ЛА без слива масла из системы при низких температурах атмосферного воздуха.

19. Контроль заправки масляной системы двигателя должен осуществляться без разгерметизации маслобака, конструкция которого должна предусматривать возможность закрытой заправки и автоматической системы контроля уровня масла и полноты заправки.

20. Расположение кранов слива топлива и масла должно исключать возможность попадания сливаемых жидкостей на поверхность двигателя, в закапотное пространство и на обшивку ЛА. Краны должны открываться и закрываться без применения специальных приспособлений и контровок.

21. Конструкция топливных и масляных фильтров должна обеспечивать легкую очистку фильтрующих элементов от отложений и исключать возможность попадания их внутрь фильтра. В конструкции фильтра должны быть предусмотрены устройства, сигнализирующие о нарушении нормальной работы системы и появлении металлической стружки в масле.

22. Топливные и масляные баки должны обеспечивать надежную эксплуатацию в течение ресурса. Топливные баки и баки-отсеки должны иметь эксплуатационные люки для контроля их внутреннего состояния, производства ремонта, очистки и промывки.

3.2.9. Требования к несущей системе и трансмиссии вертолетов

1. Конструкция несущих винтов должна обеспечивать индивидуальную (некомплектную) замену лопастей несущего винта.

2. Металлические лопасти должны оборудоваться сигнализатором повреждения лонжерона.

3. Для каждого типа винтокрылого ЛА должна быть приемлемая в эксплуатации технология проверки соконусности лопастей несущего винта.

4. Конструкция рулевых винтов должна обеспечивать возможность балансировки их в условиях эксплуатации.

5. Должна быть обеспечена возможность безопасного передвижения по хвостовой балке при ТО лопастей несущего винта вертолета без применения стремянок (для вертолета с полетным весом более 7000 кг).

6. Система смазки шарниров втулки несущего винта должна быть централизованной.

7. Расположение масленок, заливных и сливных отверстий в узлах втулки должно обеспечивать удобный подход к ним с приспособлениями для заправки и слива.

8. На втулке каждой лопасти несущего винта необходимо предусмотреть узлы для подъема агрегатов при монтаже и демонтаже их на вертолете.

9. Конструктивно должна быть обеспечена безопасность раскрутки несущего винта и его остановки при скорости ветра 22—25 м/с.

10. В системе привода к несущему и рулевому винтам должны быть предусмотрены лючки (в кожухах) для осмотра валов трансмиссии и удобного подхода для смазки подшипников.

11. Должны быть обеспечены удобные подходы к валам хвостовой трансмиссии для обеспечения их замены в эксплуатации без демонтажа хвостовой и концевой балок.

12. Взаимозаменяемость валов трансмиссии в условиях эксплуатации должна обеспечиваться без проведения динамической балансировки.

13. Должна быть обеспечена возможность контроля состояния опор валов трансмиссии и регулировки ее в процессе эксплуатации.

14. Подходы к фильтрам редукторов трансмиссии должны обеспечивать возможность установки емкостей для сбора смазки при снятии и установке фильтров.

15. Должна быть обеспечена возможность контроля угла установки (шага) лопастей рулевого винта без использования специального приспособления.

3.3. ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕГЛАМЕНТНЫХ РАБОТ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

3.3.1. Обеспечение выполнения смазочных работ

Выбор смазочных материалов и периодичности смазки является ответственным этапом проектирования и должен производиться на основе расчета и глубокого всестороннего изучения работы узлов ЛА аналогичных конструкций в реальных условиях эксплуатации. Применяемые в ответственных узлах машин смазочные материалы можно рассматривать как своего рода конструкционный

материал со свойствами, влияющими в некоторых случаях на работоспособность поверхностей трения не меньше, чем свойства материала, из которого изготовлены эти детали. Применение смазочных материалов с теми или иными специальными свойствами может резко повысить износостойкость и, следовательно, долговечность поверхностей трения.

Условия эксплуатации предъявляют следующие требования к конструкции ЛА, позволяющие обеспечить высокое качество выполнения и меньшую трудоемкость смазочных операций:

1) по возможности ограничиваться минимальным количеством типов смазки;

2) смазочные поверхности узлов шарнирных соединений должны хорошо держать смазку и быть защищены от пыли, песка, влаги (по возможности следует применять сочленения, не требующие смазки в эксплуатации);

3) все ответственные узлы подвижных соединений, требующие периодического возобновления смазки, должны иметь унифицированные масленки и другие устройства, позволяющие производить смазку под давлением;

4) ко всем местам смазки должен быть обеспечен удобный подход с необходимым инструментом;

5) смазка всех необходимых узлов должна производиться без снятия их с ЛА.

3.3.2. Требования к контрольно-крепежным работам

Под действием знакопеременных нагрузок, вибраций и под влиянием других причин многие резьбовые соединения деталей ЛА с течением времени постепенно ослабевают. Это приводит к возникновению динамических нагрузок между сопряженными деталями, что вызывает прогрессивное увеличение их износа и может привести к разрушению конструкции. Для предупреждения появления этих дефектов при техническом обслуживании ЛА периодически проводятся работы по контролю крепления.

Конструкция ЛА должна удовлетворять следующим требованиям, предъявляемым к контрольно-крепежным работам:

1) резьбовые соединения, требующие периодического осмотра и проверки момента затяжки, должны быть легко доступны, работа должна выполняться одним исполнителем с одним инструментом;

2) система крепления узлов, агрегатов, деталей, снимаемых для проверки или замены в условиях эксплуатации, должна обеспечивать выполнение крепежных работ с минимальными трудовыми затратами;

3) крышки люков, снимаемых при техническом обслуживании, должны крепиться надежными быстродействующими замками и надежно фиксироваться в закрытом и открытом положениях;

4) необходимо предусматривать антикоррозионную защиту всех деталей резьбовых соединений.

3.3.3. Требования к контрольно-регулирующим работам

При техническом обслуживании проверяют зарядку пневматиков колес, давление в амортизационных стойках шасси и в тормозной системе, регулируют управление двигателями, рулями, закрылками, триммерами, настраивают многие радиотехнические и пилотажно-навигационные устройства и т. д.

При проектировании ЛА вопросам обеспечения удобства выполнения контрольно-регулирующих работ во многих случаях уделяется недостаточное внимание, что приводит к увеличению затрат труда и стоимости проверок. В этом плане к конструкции ЛА предъявляются следующие требования:

1) агрегаты и системы, требующие непрерывной проверки технического состояния при эксплуатации ЛА, должны контролироваться с помощью систем автоматизированного контроля, обеспечивающих также быстрый поиск неисправностей;

2) агрегаты, требующие в процессе эксплуатации периодического контроля, должны иметь выводные устройства (контрольные гнезда и разъемы) для замера определяющих параметров без их демонтажа;

3) основные силовые детали ЛА, ограничивающие длительную надежную работу отдельных узлов, должны быть приспособлены к проведению при техническом обслуживании и ремонте периодического контроля с помощью физических неразрушающих методов;

4) количество регулировочных работ по каждой системе должно быть сведено к минимуму.

3.3.4. Требования к заправочным работам

Выполняемые на ЛА заправочные работы включают заправку топливом, маслом, водой, газами, хим. жидкостью, для чего применяются специальные машины и различное наземное оборудование. Эти работы проводятся весьма часто, поэтому необходимо, чтобы:

1) ко всем бортовым штуцерам и заправочным горловинам были обеспечены удобные подходы без применения стремянок и других специальных приспособлений;

2) топливная и масляная системы ЛА позволяли производить централизованную заправку баков от всех имеющихся в эксплуатационных подразделениях топливозаправщиков и заправочных колонок с международными стандартными наконечниками.

3) конструкция топливной системы обеспечивала быстрый и полный слив топлива из баков на стоянке.

Аналогичные требования предъявляются к масляной, гидравлической и другим системам.

3.4. КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ ЭТ СИСТЕМЫ

Качественная оценка ЭТ заданной системы ЛА производится на основании требований, предъявляемых к этой системе; общих требований, предъявляемых к ЛА; и требований к конструкции по обеспечению выполнения регламентных работ общего назначения (см. 3. Качественный анализ ЭТ ЛА). В пояснительной записке должны быть выписаны и проанализированы все пункты этого раздела, касающиеся заданной системы.

Количественная характеристика качественной оценки определяется фактическим уровнем ЭТ системы по качественным требованиям из выражения

$$K_{y \text{ кач}} = \frac{N_{уд}}{N},$$

где $N_{уд}$ — количество удовлетворительных оценок выполнения качественных требований;

N — общее количество качественных требований к системе. Для ЛА—эталона $K_{y \text{ кач}} = 1$.

4. РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭТ

Расчет основных показателей производится на основе материалов, собранных в АТБ, на заводе-изготовителе, АРЗ или на учебном аэродроме.

4.1. УДЕЛЬНАЯ ОПЕРАТИВНАЯ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ И УДЕЛЬНАЯ ОПЕРАТИВНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ТО И Р

К основным статистическим данным, необходимым для расчета основных (обобщенных) показателей (K_t — являющегося экономическим показателем, и $\tau_{уд}$ — удельной оперативной продолжительности ТО и Р) относятся;

- 1) трудоемкость в человеко-часах на капитальный ремонт ЛА, двигателя, агрегата и смену двигателя — соответственно $T_{рс}$, $T_{рлв}$, T_{ai} , $T_{см}$ (200—250 чел-ч);
- 2) межремонтные ресурсы в часах налета ЛА, двигателя и агрегата — соответственно M_c , $M_{дв}$, M_{ai} (из формуляров самолета, вертолета, двигателя и инструкции МГА № 3/И-72 г.);
- 3) количество двигателей на ЛА — $n_{дв}$;
- 4) количество типов (групп) агрегатов N , заменяемых на ЛА в пределах M_c (по отказу или отработке ресурса);
- 5) количество агрегатов каждого типа на ЛА или двигателе — n_a ;
- 6) трудоемкость i -й формы периодического обслуживания, в человеко-часах — T_i (для Ту-154 через 50 ч — 140 чел-ч, через 250 ч — 600 чел-ч, через 750 ч — 1200 чел-ч и через 1500 ч — 1900 чел-ч);
- 7) количество периодических обслуживаний j -й формы за M_c — n_j (по формуляру ЛА или по формулам):

$$n_3 = \frac{M_c}{6\tau_1} - 2 \text{ (для } \Phi-3); \quad n_2 = \frac{M_c}{6\tau_1} \text{ (для } \Phi-2); \quad n_1 = \frac{2M_c}{3\tau_1} \text{ (для } \Phi-1)$$
при $n_{р_1} = 1$ и $n_{р_2} = 1$, где $n_{р_1}$, $n_{р_2}$ — количество ремонтных форм P_1 и P_2 ;
- 8) количество форм периодического обслуживания, принятых для ЛА, — n_i (по регламенту);
- 9) продолжительность ТО по периодическим формам — τ_j , ч;
- 10) трудоемкость оперативных форм Φ —А (В), Φ —Б — T_A , T_B , чел-ч (для Ту-154 соответственно 20 и 70);
- 11) продолжительность ТО по оперативным формам — τ_A , τ_B , ч;
- 12) трудоемкость устранения j -го отказа, выявленного на оперативных формах ТО, — T_j чел-ч;
- 13) среднее количество отказов, выявленных на оперативных формах за M_c — K ;
- 14) средняя продолжительность беспосадочного полета — $\tau_{бп}$ (для Ту-154 — 3,5 ч);
- 15) трудоемкость j -й доработки конструкции ЛА по бюллетеням — t_j чел-ч (по формулярам ЛА и двигателей);
- 16) количество выполненных доработок за M_c — m (по формулярам ЛА и двигателей);
- 17) коэффициенты досрочных замен двигателя и агрегатов (из технической документации и по результатам анализа отказов и досрочных замен, а также по инструкции МГА № 3/И-72 г.) — $K_{дв}$ и K_{ai} . Ориентировочно можно брать: $K_{дв} = 0,05$ — $0,15$; $K_{ai} = 0,01$ — $0,12$;
- 18) продолжительность смены одного двигателя — $\tau_{см}$, ч;

19) продолжительность ремонта ЛА по формам P_1 и $P_2 - \tau_{P_1}$ и τ_{P_2} , ч.

20) средний годовой налет ЛА — τ_{Γ} , ч.

Удельная оперативная продолжительность ТО и Р вычисляется по формуле

$$\tau_{уд} = \tau_{ТО} + \tau_{\Gamma П} + \tau_{\Gamma Р} = \left(\frac{\tau_A n_A + \tau_B n_B}{M_c} \right) + \\ + \left(\frac{\tau_1 n_1 + \tau_2 n_2 + \tau_3 n_3}{M_c} + \frac{\tau_{см} n}{M_{дв} (1 - K_{дв})} \right) + \left(\frac{\tau_{P_1} n_{P_1} + \tau_{P_2} n_{P_2}}{M_c} \right), \text{ ч.}$$

Здесь количество обслуживаний по формам А и Б определяется по формулам:

$$n_A = \frac{M_c}{\tau_{бп}}; \quad n_B = \frac{365}{\tau_B} \frac{M_c}{\tau_{\Gamma}}.$$

Удельная оперативная трудоемкость ТО и Р определяется из выражения

$$K_{\Gamma} = K_{ТО} + K_{\Gamma П} + K_{\Gamma Р} + K_{\Gamma РА} + K_{\Gamma Д} = \left(\frac{T_A}{\tau_{бп}} + \frac{365}{\tau_B} \frac{T_B}{\tau_{\Gamma}} + \sum_{j=1}^k T_j \right) + \\ + \left(\frac{T_1 n_1 + T_2 n_2 + T_3 n_3}{M_c} + \frac{(T_{см} + T_{лв})}{M_{дв}} \frac{n_{дв}}{(1 - K_{дв})} \right) + \left(\frac{T_{P_1} n_{P_1} + T_2 n_{P_2}}{M_c} \right) + \\ + \left(\sum_{i=1}^N \frac{T_{ai} n_{ai}}{M_c (1 - K_{ai})} \right) + \sum_{j=1}^m t_j, \text{ чел-ч на 1 ч налета,}$$

где $K_{ТО}$, $K_{\Gamma П}$, $K_{\Gamma Р}$, $K_{\Gamma РА}$, $K_{\Gamma Д}$ — удельные трудоемкости соответственно оперативного, периодического ТО, ремонта ЛА, ремонта агрегатов, ресурс которых менее ресурса ЛА, выполненных доработок ($K_{\Gamma РА}$ рекомендуется принимать 0,15 чел-ч на 1 ч налета).

Полученное значение K_{Γ} не должно превышать нормативов (K_{Γ}^0) для соответствующего веса конструкции G_0 создаваемых типов ЛА:

$$K_{\Gamma}^0 = 2,8 + 0,165 G_0.$$

В группу экономических показателей ЭТ кроме K_{Γ} и $\tau_{уд}$ входят удельная стоимость материалов и запасных частей (руб/ч налета) и вероятность успешного выполнения текущего ремонта при ограниченных трудовых ресурсах или ограниченном количестве запчастей.

Анализ единичных показателей и разработка мероприятий с целью улучшения отдельных свойств конструкции ЛА позволит существенно улучшить и показатель оперативной трудоемкости ТО и Р.

4.2. СРЕДНЕЕ ВРЕМЯ И ИНТЕНСИВНОСТЬ УСТРАНЕНИЯ ОТКАЗОВ

Среднее время устранения отказов \bar{t}_y является одним из важнейших оперативных показателей ЭТ. Оно состоит из времени обнаружения отказа и времени ремонта или замены. На ЛА ГА поиск отказов производится людьми, знающими конструкцию ЛА и его системы, имеющими опыт работы и навыки использования, необходимого оборудования. Поэтому поиск отказов является управляемым процессом, а значения его параметров (продолжительность, трудоемкость работ, потребное число проверок) зависят от принятых инженерных решений о перечне необходимых проверок и очередности их выполнения. Это позволяет при достаточном количестве необходимых статистических данных среднее время устранения отказа \bar{t}_y (при экспоненциальном распределении) определять из выражения

$$\bar{t}_y = \frac{1}{n_y} \sum_{i=1}^n n_i t_{yi}$$

где n_i — число отказов i -й группы (по отдельным узлам, агрегатам);
 n_y — суммарное число отказов, устраненных в межпрофилактический период;

t_{yi} — время устранения i -го отказа.

Эти данные необходимо собрать на практике путем хронометража, опроса, по соответствующим картам АТБ.

Интенсивность устранения отказов (интенсивность восстановления) определяется по формуле

$$\mu = 1/\bar{t}_y.$$

т. е. μ является величиной, обратной среднему времени устранения отказа.

4.3. ВЕРОЯТНОСТЬ УСТРАНЕНИЯ ОТКАЗА ЗА ЗАДАННОЕ ВРЕМЯ

$P_y \{ \tau \leq t_{\text{зад}} \}$ определяется в зависимости от принятого закона распределения случайного времени устранения отказов \bar{t}_y .

Если ремонт осуществляется методом замены, то в большинстве случаев приемлемо экспоненциальное распределение. Тогда

$$P_y \{ \tau \leq t_{\text{зад}} \} = 1 - e^{-\mu t_{\text{зад}}},$$

где $t_{\text{зад}}$ — заданное время простоя ЛА.

5. РАСЧЕТ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Обнаружение, устранение и предупреждение отказов авиационной техники в большой степени зависят от доступности к отдельным агрегатам, узлам, их легкосъемности и взаимозаменяемости. Эти факторы оцениваются дополнительными показателями в виде безразмерных коэффициентов, изменяющихся в пределах от 0 до 1. Считается, что конструкция полностью отвечает предъявленным требованиям в отношении того или иного ее свойства, если коэффициент, характеризующий это свойство, близок к единице или равен ей.

5.1. ДОСТУПНОСТЬ

Под доступностью прежде всего подразумевается удобство доступа к объекту — т. е. его пригодность для выполнения основных работ по регулировке, монтажу, демонтажу с минимальным объемом дополнительных работ (открытие лючков и панелей, демонтаж установленного рядом оборудования и т. п.).

Доступность к объекту технического обслуживания и ремонта определяется коэффициентом доступности K_d :

$$K_d = 1 - \frac{T_{\text{доп}}}{T_{\text{доп}} + T_{\text{осн}}}$$

где $T_{\text{доп}}$ — трудоемкость дополнительных работ, чел-ч;

$T_{\text{осн}}$ — трудоемкость выполнения основной, целевой работы, чел-ч.

Основными работами считаются контрольные, регулировочные, смазочные, заправочные операции, демонтаж и монтаж подлежащих замене агрегатов и готовых изделий и т. п. (эталонное время приведено в приложении 2).

Основные требования по обеспечению доступности к объектам обслуживания и ремонта перечислены в 3.

Задача обеспечения доступности при создании ЛА решается главным образом по линии оптимального размещения оборудования, использования быстросъемных панелей, крышек люков, капотов, размещения родственных агрегатов на одной панели и др.

5.2. УДОБСТВО РАБОТ

В зависимости от вынужденной позы, принимаемой исполнителем, требуется различное время для выполнения одной и той же работы, т. е. производительность труда в этих случаях будет различ-

ной. Эта особенность выполняемых работ оценивается коэффициентом удобства работ $K_{ур}$:

$$K_{ур} = \frac{\sum_{i=1}^n K_{птi} T_i}{\sum_{i=1}^n T_i}$$

где T_i — средняя трудоемкость i —работы (операции) в рассматриваемом виде технического обслуживания, чел-ч;

$K_{пт}$ — коэффициент изменения производительности труда (табл.);

n — количество работ (операций), составляющих рассматриваемый вид ТО.

Т а б л и ц а

Поза исполнителя	Коэффициент изменения производительности труда, $K_{пт}$
Стоя, руки горизонтально	1,00
Полусогнутая, руки вниз	0,95
Стоя, руки вверх	0,75
На корточках, руки на уровне головы	0,67
На коленях, руки горизонтально или вниз	0,65
Лежа на спине, руки вверх	0,62
На четвереньках, руки вниз (одна в упоре)	0,45
Полулежа на спине, руки вперед	0,52
На корточках, руки горизонтально	0,36
Лежа на животе, руки вперед	0,35

В таблице приведены значения коэффициента $K_{пт}$ для работ с земли. Для работ с использованием стремянок и других средств наземного оборудования, а также при работе на крыле, фюзеляже и т. п., величина $K_{пт}$ уменьшается на 20—30%.

✓ 5.3. ЛЕГКОСЪЕМНОСТЬ

Это свойство конструкции отражает пригодность узла, агрегата к замене с минимальными затратами времени и с наименьшей трудоемкостью. Легкосъемность зависит от применяемой системы крепления агрегатов и узлов, заменяемых в эксплуатации; конструкции разъемов; веса и габаритов съемных элементов и определяется коэффициентом легкосъемности $K_л$:

$$K_л = 1 - \frac{T_{дм}}{T_{дм} + T_{доп} + T_{осн}}$$

где $T_{дм}$ — трудоемкость демонстражно-монтажных работ на рассматриваемой системе, чел-ч.

5.4. ОЦЕНКА ЭТ ЛА И ЕГО СИСТЕМ

Оценка ЭТ производится по обобщенным и единичным показателям. В общем случае расчетная формула имеет вид

$$K_{\text{ЭТ}} = K_p / K_{\text{Э}}$$

где K_p — обобщенный или единичный показатель ЭТ ЛА или его системы;

$K_{\text{Э}}$ — эталонный показатель.

Обобщенный эталонный показатель определяется по формуле

$$K_{\text{Э}}^0 = K_{\text{Э}} = 2,8 + 0,165 G_0.$$

Эталонные значения для единичных показателей определяются по нормативам, задаваемым требованиями на новую технику (см. приложение 2).

Решение считается положительным, если значение $K_{\text{ЭТ}}$ не превышает 1.

ЛИТЕРАТУРА

Техническая эксплуатация летательных аппаратов. Учебное пособие для вузов ГА, под ред. проф. Пугачева А. И. — М.: Транспорт, 1969. — 440 с.

Смирнов Н. Н., Мулкиджанов И. Е. Эксплуатационная технологичность транспортных самолетов. — М.: Транспорт, 1972. — 268 с.

Ремонтопригодность машин. Под ред. проф. Волкова П. Н. — М.: Машиностроение, 1975. — 250 с.

Игонин Н. Н., Новиков Г. А., Старостин И. Г. Исследование причин появления неисправностей в авиационной технике. Методические указания к курсовой работе. — Куйбышев: КуАИ, 1975. — 50 с.

Углов Б. А. Анализ эксплуатационной технологичности самолета. Методические указания. Куйбышев: КуАИ, 1974. — 40 с.

ТАБЛИЦЫ ДЛЯ СБОРА МАТЕРИАЛА

По количеству периодических видов технического обслуживания заданного типа ЛА

Таблица 1

Виды ТО и Р	Количество об- служиваний за M_c	Трудоемкость, чел-ч		Продолжительность, ч	
		одного ТО T_i	Σ за M_c	одного ТО τ_i	Σ за M_c
Ф—А					
Ф—Б					
Ф—1					
.					
.					
Смена двигат.					
Ремонт двигат.					

По силовой установке

Таблица 2

$M_{дв}$, ч	$K_{дв}$	n_d , шт.	Трудоемкость, чел-ч		Продолжитель- ность замены, ч
			замены од- ного двига- теля	ремонта одного дви- гателя	

По параметрам агрегатов систем ЛА

Таблица 3

Наименование агрегата	$T_{пл}$, шифр	M_{ai} , ч	n_a , шт	K_{ai}	T_{ai} , чел-ч

По отказам, неисправностям и доработкам
(по формулярам и бортжурналу)

Таблица 4

Наименование систем агрегата	Характер отказа	Последствия отказа	Место устранения	Кол-во отказов	Трудоемкость устранения	Время устранения, ч	Кол-во доработок	Трудоемкость, чел-ч
Планер . . .								
Силовая установка . . .								
Управление ЛА . . .								

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА ПО ЗАМЕНЕ «_____» САМОЛЕТА «_____»

Таблица 5

Содержание этапа и операции	Обнаруженные неисправности	Метод устранения	Хронометражное время, мин	Трудоемкость, чел-ч
Подготовительные работы . . .				
Основные работы . . .				
Заключительные работы				

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ K_d , K_l И ОРИЕНТИРОВОЧНЫЕ НОРМЫ
ВРЕМЕНИ ВЫПОЛНЕНИЯ ОСНОВНЫХ РАБОТ ПРИ ТО И Р

Наименование операций	Коэффициенты		Время выполнения работы, ч-мин
	K_d	K_l	
1	2	3	4

П л а н е р

Проверка затяжки стыковочных болтов частей фюзеляжа (одного стыка)	0,7	1,2	1—00
Осмотр узлов крепления фюзеляжа с центропланом	0,9	0,5	0—20
Проверка затяжки болтов крепления киля с фюзеляжем	0,9	0,9	1—00
Проверка затяжки болтов крепления стабилизатора с фюзеляжем	0,9	0,9	1—00
Проверка затяжки болтов крепления ОЧК с центропланом	0,9	1,5	1—00
Замена зализа крыла и хвостового оперения	1,0	3,0	2—00
Замена взлетно-посадочного закрылка	0,7	1,8	1—30
Замена механизма управления закрылками	0,5	0,8	1—00
Замена винтового механизма закрылка	0,8	0,5	1—00
Замена руля высоты (одной половины)	0,9	1,5	1—00
Замена руля направления	0,9	2,7	2—00
Замена элерона	0,9	2,7	2—00
Замена триммера или сервокомпенсатора	0,9	0,3	0—30
Замена носка крыла	1,0	4,1	2—00
Замена носка киля	1,0	1,5	1—00
Замена носка стабилизатора	1,0	1,8	1—30
Замена концевой обтекателя крыла	1,0	0,3	0—30
Замена концевой обтекателя киля	1,0	0,2	0—20
Замена концевой обтекателя стабилизатора	1,0	0,2	0—20
Замена панелей пола в багажном отделении	1,0	1,7	1—00
Замена панелей полов в кабинах экипажа	0,8	0,5	0—50
пассажирской	0,9	0,5	0—40
Замена крышки люка багажного отделения	1,0	0,5	0—40

1	2	3	4
Замена обтекателя антенны радиолокатора	1,0	0,3	0—20
Открытие и закрытие одной крышки смотрового эксплуатационного люка	1,0	0,1	0—05
Замена стекла фонаря кабины экипажа	0,8	0,8	1—20
Замена стекла в окне пассажирской кабины:	0,8	0,3	0—20

Словая установка

Замена двигателя без опробования и облета ЛА	1,0	10,0	2—30
Переоборудование двигателя на правое или левостороннее положение	1,0	0,5	0—30
Замена самолетного топливного насоса	0,7	0,7	1—00
Снятие и установка самолетного топливного фильтра	1,0	0,3	0—10
Замена пускового блока	1,0	0,5	0—30
Замена маслобака	1,0	1,0	0—30
Замена ТМР	1,0	1,2	0—45
Снятие и установка масляного фильтра	1,0	0,3	0—10
Замена генератора	1,0	1,0	0—30
Замена комплекта термопар	0,8	1,1	1—20
Замена воздушного винта, без облета	0,8	1,1	0—40
Замена флюгер-насоса	1,0	1,0	0—30

ЛА и двигатель

Замена одной из тяг управления элеронами, рулем высоты и рулем направления	0,8	0,3	0—20
Замена вала трансмиссии закрылка	0,8	1,6	1—00
Замена подшипника кронштейна навески руля высоты, руля направления, элерона	0,3	0,9	3—00
Замена подшипника кронштейна навески триммера, сервокомпенсатора	0,3	0,3	1—00
Замена гермовыводов тяг управления	0,7	1,6	1—30
Смазка всех подшипников кронштейнов навески руля высоты, руля направления, элерона, триммера, сервокомпенсатора	0,8	1,0	0—40

1	2	3	4
Смазка подвижных соединений гермовыводов	0,9	0,2	0—10
Смазка одного шарнирного соединения звеньев системы управления	1,0	0,1	0—02
Заполнение смазкой всех шарнирных соединений системы управления	0,8	2,5	1—00
Демонтаж и монтаж рулевой машинки элеронов, руля высоты и руля направления	0,8	0,8	0—30
Регулировка рулевой машинки элеронов, руля высоты и руля направления	0,8	0,3	0—20
Замена элемента тросовой проводки на участке между узлами заделки тросов	0,9	0,3	0—20
Замер натяжения одного элемента тросовой проводки	0,9	0,1	0—02
Замер натяжения тросовых проводок систем управления самолетом, двигателем, шасси	0,7	2,1	1—00
Замена направляющих роликов в одном узле	0,9	0,5	0—35
Открытие и закрытие крышек люков для доступа к элементам системы	1,0	0,1	0—05

Шасси и гидросистема

Замена передней стойки шасси	1,0	8,0	4—00
Замена колеса передней стойки шасси	1,0	0,3	0—15
Замена цилиндра уборки и выпуска передней стойки шасси	1,0	0,5	0—30
Замена главной стойки шасси	1,0	15,0	5—00
Замена колеса главной стойки шасси	1,0	0,3	0—20
Замена цилиндра уборки и выпуска главной стойки шасси	1,0	0,7	0—40
Замена цилиндра—демпфера тележки главной стойки шасси (стабилизирующего амортизатора)	1,0	0,5	0—30
Возобновление смазки в шарнирных соединениях шасси	1,0	1,0	0—30
Возобновление смазки в шарнирных соединениях и механизмах створок шасси	1,0	0,3	0—10
Замена бака гидросистемы	0,9	1,5	0—50
Замена дренажного бака гидросистемы	0,9	0,4	0—25
Замена гидронасоса на двигателе	1,0	0,5	0—30

1	2	3	4
Замена электрической насосной станции	0,9	0,9	1—00
Замена гидроаккумулятора	1,0	1,0	0—30
Снятие и установка фильтра гидросистемы	1,0	0,3	0—20
Снятие и установка гидрпанели с 8—12 агрегатами	1,0	1,0	1—00
Замена автомата давления	1,0	1,0	0—30
Замена тормозного клапана	0,8	0,8	1—00
Замена распределительно-демпфирующего механизма	0,7	1,0	1—30
Замена рулевого механизма	1,0	0,5	0—30

Высотное оборудование

Замена ВВР	0,8	1,6	1—30
Замена ТХУ	0,7	0,5	0—45
Замена регулятора давления	0,7	0,4	0—30
Замена предохранительного клапана	0,7	0,3	0—25
Замена ограничителя абсолютного давления	0,9	0,5	0—30
Замена дроссельной заслонки	0,8	0,3	0—20
Замена блока обводной заслонки	0,9	0,9	0—30
Замена обратного клапана	0,9	0,4	0—30
Замена короба индивидуальной общекабинной вентиляции или отопительной магистрали	0,7	0,6	0—40

Составитель *Борис Алексеевич Углов*

АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Методические указания к курсовому и дипломному проектированию

Редактор Э. Грязнова
Техн. редактор Н. Каленюк
Корректор Н. Куприянова

Сдано в набор 11.03.82 г. Подписано в печать 23.04.82 г. Формат 60×84^{1/16}.

Бумага оберточная белая. Высокая печать. Литературная гарнитура.

Усл. п. л. 2,0. Уч.-изд. л. 1,9. Тираж 500 экз. Заказ 262. Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт имени С. П. Королева, г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.