

КуАИ: 6/075
125

08

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

Б. А. УГЛОВ

**АНАЛИЗ
ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ
ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ
САМОЛЕТА**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ
УКАЗАНИЯ**

**КУЙБЫШЕВ
1974**

КуАИ: 6 (075)
425

16 91 2
82
90 17

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени авиационный институт им. С.П.Королева

Б.А.Углов

А Н А Л И З
эксплуатационной технологичности
самолета
Методические указания
для курсового проектирования
по курсу "Техническая эксплуатация
самолетов и двигателей

Рассмотрены и одобрены
редакционным советом института
9 декабря 1973 года

Куйбышев 1974

Научный редактор доцент Е.А.Борзин

© Кубомневский аннотационный институт, 1974

В В Е Д Е Н И Е

Процесс эксплуатации самолёта сопровождается непрерывными изменениями технического состояния деталей, узлов, блоков, условий их работы, свойств материала конструкции, что приводит к увеличению стоимости технического обслуживания и ремонта по мере износа техники. Эта часть себестоимости воздушных перевозок в значительной степени зависит от того, насколько удачно спроектирован самолёт с точки зрения эксплуатационной технологичности.

Вопрос соответствия конструкции самолёта требованиям технического обслуживания и ремонта заслуживает особого внимания, поскольку расходы на техническое обслуживание и текущий ремонт составляют до 10% и более общей стоимости эксплуатации самолетов, а с учетом затрат на капитальный ремонт - до 25%. За весь срок службы пассажирского самолета с ИТД расходы на его техническое обслуживание и ремонт превышают первоначальную стоимость в 5-6 раз.

Проблема повышения эксплуатационной технологичности особенно остро возникает в связи с непрерывным усложнением конструкции самолётов и ростом требований по обеспечению надёжности и улучшению их использования.

В силу ряда причин вопросы теории и практики эксплуатационной технологичности в настоящее время не соответствуют техническому прогрессу. Учитывая важность этой проблемы, можно констатировать, что перед инженером-эксплуатационником возникает необходимость принять активное участие в решении актуальных вопросов эксплуатационной технологичности, непосредственно связанных с работой по специальности.

Основная цель предлагаемой курсовой работы - познакомить студентов с современным состоянием проблемы эксплуатационной технологичности и постановкой некоторых задач в этом направлении.

При выполнении работы необходимо хорошо знать конструкцию, условия работы заданного узла, агрегата, системы, а также виды и методы технического обслуживания и ремонта соответствующей заданию

техники в условиях АТБ. Реальный технологический процесс технического обслуживания или ремонта заданной системы, агрегата внимательно изучается, хронометрируется и анализируется с точки зрения совершенствования существующих или использования прогрессивных методов обслуживания и ремонта (агрегатно-узловой метод ремонта, зонный метод технического обслуживания, замена и ремонт агрегатов по фактическому состоянию, проверка агрегатов и оборудования без демонтажа с самолёта). В некоторых случаях большую роль играют вопросы организации технического обслуживания авиационной техники.

Совершенствование технологии приводит к необходимости конструктивных изменений анализируемых систем, узлов, используемых при способлений, инструмента и т.п. Технологические и конструктивные предложения должны быть обоснованы, подтверждены соответствующими расчётами и сопровождаться оценкой экономической эффективности.

Особого внимания в выполняемой работе заслуживают самостоятельные разработки и предложения по оценке эксплуатационной технологичности конструкций, анализ соответствующих понятий, классификаций подразделений эксплуатационной технологичности и критериев оценки и сравнений авиационной техники.

СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ РАБОТЫ

Курсовая работа состоит из пояснительной записки объёмом не более 25 страниц и графической части (0,5 - I лист А-I).

Пояснительная записка должна содержать:

1. Введение - краткое изложение целей и задач выполняемой работы в соответствии с заданием.
2. Краткие сведения, особенности конструкции и работы рассматриваемой системы, узла, агрегата.
3. Особенности технического обслуживания или ремонта.
4. Анализ технологического процесса технического обслуживания элемента конструкции самолета (двигателя) в соответствии с заданием.
5. Качественную оценку эксплуатационной технологичности конструкции.
6. Количественную оценку эксплуатационной технологичности (расчёт основных и дополнительных показателей).
7. Анализ рассмотренных показателей.
8. Разработку мероприятий по повышению эксплуатационной технологичности наиболее нетехнологичного узла, агрегата, детали

9. Оценку эксплуатационной технологичности по результатам предлагаемых мероприятий .
10. Оценку экономической эффективности разработанных мероприятий.
11. Вопросы техники безопасности и охраны труда.
12. Список использованной при выполнении работы литературы.
13. Оглавление.

Задание на курсовую работу выдается в общей формулировке, например: "Анализ эксплуатационной технологичности силовой установки самолета ТУ-124". В период прохождения практики студент самостоятельно по согласованию с преподавателем — руководителем практики или ИТР АТБ конкретизирует задание, выбирая какую-либо систему, узел, агрегат, например: "Замена центробежного регулятора ЦР-2С насоса-регулятора НР-20ПС". В этом случае необходимо выяснить и указать в записке причины замены агрегата, статистические данные по дефектам, приводящим к его замене, обосновать необходимость и экономическую или техническую целесообразность выполняемой далее работы.

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

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ САМОЛЕТА

К числу важнейших показателей, характеризующих эксплуатационные качества современных самолётов гражданской авиации, относится эксплуатационная технологичность (ЭТ) их конструкций. Этот фактор способствует успешному решению вопросов повышения эффективности, надёжности и экономичности работы самолётного парка благодаря сокращению затрат времени, труда и средств на техническое обслуживание и ремонт авиационной техники при эксплуатации.

ЭТ определяется приспособленностью конструкции к выполнению этих работ с использованием наиболее экономичных методов технического обслуживания и ремонта.

Обобщение материалов исследований, выполненных в ГосНИИ ГА, эксплуатационных и ремонтных предприятиях ГА, и учёт достижений зарубежных авиакомпаний за последние годы позволил выработать общие технические требования, способы оценки и пути повышения ЭТ самолётов при их эксплуатации и испытаниях.

Применительно к отдельным агрегатам, узлам, блокам конструкции самолета ЭТ характеризуется их приспособленностью к проведению контроля, замене или восстановлению работоспособности непосред-

венно на самолете или к проведению ремонта и замене отдельных деталей и элементов в ремонтных мастерских вне самолета. Следует отметить, что ЭТ является составной частью проблемы надежности технических средств.

Оценка ЭТ может носить качественный и количественный характер. В первом случае вырабатываются ряд требований, предъявляемых к конструкции, по обеспечению выполнения регламентных работ общего назначения (смазочных, контрольно-крепёжных, контрольно-регулирующих и заправочных) и требования к конструкции систем самолета (планеру, силовым установкам, управлению самолетом и двигателем и др.)

Для количественной оценки целесообразно [1] в качестве показателей и характеристики ЭТ самолета использовать обобщенные (основные) и частные (дополнительные) критерии. При этом обобщенные (основные) показатели представляются в виде двух групп: экономических и оперативных.

Первая группа обобщенных показателей характеризует ЭТ самолета с точки зрения затрат труда, материалов и запасных частей на техническое обслуживание и ремонт. Наиболее важным показателем в этой группе следует считать удельные трудовые затраты при техническом обслуживании и ремонте K_{τ} в человеко-часах на 1 час полета самолета. Показатель характеризует величину трудовых затрат, необходимых для поддержания безотказности работы самолета и всех его систем на заданном уровне.

Вторая группа обобщенных показателей характеризует ЭТ самолета с точки зрения затрат времени на техническое обслуживание, ремонт и устранение внезапных отказов при эксплуатации и, следовательно, времени нахождения самолета в неработоспособном состоянии.

Заслуживающими наибольшего внимания с точки зрения выполнения курсовой работы являются следующие показатели:

среднее время устранения отказов в межпрофилактический период $\bar{t}_{\text{у}}$, определяемое как математическое ожидание времени устранения отказов;

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

вероятность устранения отказа (восстановления работоспособности) агрегата, узла блока самолета $P\{\tau \leq t_{\text{зад}}\}$ за заданный интервал времени простоя самолета $t_{\text{зад}}$: $P\{\tau \leq t_{\text{зад}}\}$ представляет собой вероятность того, что случайное время устранения отказа τ не превышает заданного времени $t_{\text{зад}}$. Этот показатель

характеризует приспособленность самолета к проведению текущего ремонта в межпрофилактический период, связанного с обнаружением и устранением внезапных отказов при ограниченных затратах времени.

К частным (дополнительным) относятся показатели, характеризующие отдельные стороны ЭТ конструкции самолета. Это коэффициенты доступности, легкосъемности, взаимозаменяемости и др. Они используются для оценки факторов конструктивного и организационно-технического характера, оказывавших непосредственное влияние на уровень обобщенных показателей.

Приведенные частные показатели ЭТ используются только для отдельных агрегатов, узлов, блоков самолета, двигателя, системы.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ВЫПОЛНЕНИЯ РЕГЛАМЕНТНЫХ РАБОТ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

На основании этого и следующего раздела ("Требования к конструкции систем самолета") в курсовой работе дается качественная оценка ЭТ системы, узла, агрегата самолета или двигателя в соответствии с заданием. В обоих разделах перечислены основные требования к конструкции.

Смазочные работы

Выбор смазочных материалов и периодичности смазки является ответственным этапом проектирования и должен производиться на основе расчёта и глубокого всестороннего изучения работы узлов самолётов 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, а следовательно, и долговечность поверхностей трения.

Условия эксплуатации предъявляют следующие требования к конструкции самолета, обеспечивающие высокое качество выполнения и меньшую трудоемкость смазочных операций:

по возможности ограничиваться минимальным количеством типов смазки;

смазочные поверхности узлов шарнирных соединений должны хорошо держать смазку и быть защищены от пыли, песка, влаги. По возможности применять сочленения, не требующие смазки в эксплуатации;

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

ко всем местам смазки должен быть обеспечен удобный подход с необходимым для смазки инструментом.

Контрольно-креплёжные работы

Под действием знакопеременных нагрузок, вибраций и других причин многие резьбовые соединения деталей самолёта с течением времени постепенно ослабевают. Это приводит к возникновению динамических нагрузок между сопряжёнными деталями, вызывающих прогрессивное увеличение их износа, что в некоторых случаях сопровождается разрушением конструкции.

Для предупреждения появления этого дефекта при техническом обслуживании самолёта периодически проводятся работы по контролю крепления.

В отношении приспособленности к проведению работ по контролю крепления к конструкции самолёта предъявляются следующие требования: резьбовые соединения, требующие периодического осмотра и проверки момента затяжки, должны быть легко доступны, работа должна выполняться одним исполнителем с одним инструментом;

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

крышки люков, снимаемые при техническом обслуживании, должны крепиться надёжными быстродействующими замками.

Контрольно-регулирующие работы

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

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

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

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

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

Заправочные работы

Выполняемые на самолете заправочные работы включают заправку топливом, маслом, водой, газами, жидкостями, для чего применяются различные наземное оборудование и специальные машины. Эти работы проводятся весьма часто, поэтому необходимо, чтобы

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

топливная система самолета позволяла производить централизованную заправку баков от всех имеющихся в эксплуатационных предприятиях топливозаправщиков и заправочных колонок с международным стандартным наконечником;

конструкция топливной системы обеспечивала быстрый и колкий слив топлива из баков на стоянке.

ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКЦИИ СИСТЕМ САМОЛЁТА

В авиационной промышленности успешно осуществляется переход к производству новых, более совершенных типов пассажирских самолётов. Непрерывно совершенствуются их конструкции, улучшаются лётно-технические данные. Однако конструкции некоторых самолётов всё ещё недостаточно совершенны с точки зрения их ЭТ. В некоторых случаях повышение ЭТ достигается за счёт усложнения конструкции и технологии её производства (замена неразъёмных соединений разъёмными, и - поднятие 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, техническое обслуживание и ремонт в процессе эксплуатации. Отсюда вытекает понятие "технологичности конструкции" как совокупности свойств последней, определяющих её приспособленность к серийному производству, техническому обслуживанию и ремонту с минимальными затратами труда и материалов.

На основании этого в настоящее время выработаны общие технические требования по обеспечению ЭТ конструкции самолётов, основные из которых приведены далее по отдельным системам.

П л а н е р

1. Проверка стыковых соединений частей планера при техническом обслуживании должна проводиться не менее чем через 1000 часов налета для самолетов со взлетным весом до 10 т и 3000 часов налета для самолетов со взлетным весом более 10 т.

2. Ко всем узлам крепления крыла, киля и стабилизатора должен быть обеспечен свободный доступ с необходимым инструментом для осмотра и проверки при техническом обслуживании и ремонте.

3. Доступ к гайкам стыковочных болтов фюзеляжа для проверки их затяжки должен осуществляться путем открытия легкоосъемных лент.

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

5. Для осмотра и замены при техническом обслуживании агрегатов, трубопроводов, тяг, карданов, редукторов и других деталей планера, расположенных на стенках переднего и заднего лонжеронов крыла, и хвостовой части крыла должны быть предусмотрены легкооткрываемые панели (крышки люков), крепящиеся посредством быстродействующих замков.

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

при выполнении работы одной рукой - не менее 200 мм;

при выполнении работы двумя руками - не менее 350 мм.

7. Крышки люков должны запираться унифицированными, быстродействующими замками.

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

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

Смазка винтовых механизмов, шкворней и кареток закрылков, подшипников рулей и других органов управления самолетом должна обеспечиваться без снятия их с самолета.

10. 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.

11. Панели полов в кабинах экипажа и пассажирских должны быть легкоъемными, малогабаритными и закрепляться однотипными быстродействующими замками (винтами).

12. Полы кабины самолета должны исключать возможность попадания в подпольное пространство пыли, влаги и обеспечивать возможность просмотра агрегатов и деталей, расположенных под полами.

13. Защитная окантовка проемов дверей и багажных люков должна быть легкоъемной и взаимозаменяемой.

14. Элементы герметизации входных дверей, крышек люков, створок шасси, смотровых стекол самолета должны быть легкозаменяемыми в условиях эксплуатации и ремонта.

15. В кабинах экипажа и пассажирской стекла должны легко сниматься и быть взаимозаменяемыми.

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

Силовая установка

1. Конструкция силовой установки должна позволять снимать и устанавливать двигатель на самолет как полностью смонтированным, вместе с подкосами, гондолой (капотами), масляной системой (с масляными баками) и другими агрегатами, так и без гондолы.

Все подготовительные, заключительные и регулировочные работы должны быть сведены к минимуму.

2. Подкосы, капоты, узлы крепления двигателя, разъемы коммуникаций должны быть взаимозаменяемыми. Необходимость нивелирования после установки на самолет предварительно смонтированного двигателя должна быть исключена.

3. Соединения коммуникаций двигателя (шлангов, трубопроводов, электропроводки и пр.), выхлопной системы и узлов крепления двигателя к самолету должны быть быстроразъемными.

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

5. Агрегаты двигателя должны быть легкоосъемными. Регулировочные работы после замены агрегата должны быть сведены к минимуму.

6. Расположение кранов слива топлива и масла должно исключать возможность попадания топлива и масла в закапотное пространство и на обшивку самолета. Краны слива должны открываться и закрываться без применения специальных приспособлений и контровок.

7. Топливные и масляные фильтры должны быть легкоосъемными и располагаться в легкодоступных местах, позволяющих испытателю производить работу двумя руками.

8. Замена топливных насосов должна производиться без предварительного слива топлива из баков. Насосы должны быть легкоосъемными.

Управление самолетами и двигателями

1. Тяги, узлы трансмиссии, карданы, редукторы, качалки, ролики, тросы и другие элементы системы управления должны быть легкодоступными для осмотра, смазки, регулировки и замены.

2. Элементы управления закрылками должны быть быстроразъемными и взаимозаменяемыми.

3. Тяги управления должны быть унифицированы для каждого типа самолета.

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

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

Шасси и гидросистема

1. Передняя и главная ноги шасси должны быть легкосъёмными и полностью взаимозаменяемыми. К узлам навески должен быть обеспечен свободный доступ с необходимым инструментом.

2. Конструкция шасси должна позволять снимать с самолета и устанавливать на самолет переднюю и главные ноги шасси полностью смонтированными.

3. Конструкция шасси должна позволять производить её смазку без подъёма (подламывания) ног шасси.

4. Колеса шасси, тормозные устройства, подшипники и втулки колес должны быть легкосъёмными.

5. К замкам убранного и выпущенного положения шасси и створок шасси должен быть обеспечен удобный доступ для регулировки, смазки или замены.

6. Цилиндры уборки и выпуска шасси, цилиндры-демпферы тележки (стабилизирующие амортизаторы) и створки шасси должны быть легкосъёмными и взаимозаменяемыми.

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

8. Зарядка амортизаторных стоек и контроль за ней должны производиться без подъёма самолета на гидродоёмниках.

9. Фильтры гидросистемы и баков должны быть легкодоступными. При снятии фильтров и замене насосов и насосных станций утечка жидкости не допускается.

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

11. Агрегаты бустерной системы управления должны быть взаимозаменяемыми и легкосъёмными.

12. В местах эксплуатационных разъёмов трубопроводов должны быть установлены трафареты с обозначениями маркировки трубопроводов.

Высотное оборудование

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

2. Крепление агрегатов должно осуществляться преимущественно быстродействующими замками.

3. Замена агрегатов высотной системы должна производиться, как правило, без последующей проверки на герметичность всей магистрали и необходимости облета самолета.

4. Неисправности системы должны выявляться без демонтажа агрегатов и узлов самолета.

5. В конструкции самолета должна быть предусмотрена возможность автономного кондиционирования кабины самолета на земле.

В заключение следует отметить, что изложение приведенных в этом разделе основных технических требований к конструкции систем самолета является удобным для выполнения курсовой работы. Перечисленные технические требования по обеспечению ЭТ логичнее рассматривать по таким разделам: "Обеспечение доступности", "Обеспечение легкосъемности", "Обеспечение взаимозаменяемости объектов обслуживания и ремонта" (по аналогии с предыдущим разделом "Требования к конструкции по обеспечению выполнения регламентных работ общего назначения").

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА САМОЛЕТОВ

В качестве обобщенного технико-экономического критерия сравнительной оценки самолетов принимаются [2] приведенные затраты $\Pi_{пр}$, в основе которых лежит себестоимость тонно-километра α , непосредственно отражающая необходимые издержки на создание, эксплуатацию, текущий и капитальный ремонт самолета и двигателей. Этот критерий является достаточно общим при проектировании самолета.

Себестоимость тонно-километра учитывает весовые характеристики самолета и его частей, характеристики двигателей (типу, удельный расход топлива, стоимость, ресурс), аэродинамические характеристики самолета (через вес топлива), режим полета (скорость, высота, дальность), стоимость и ресурс конструкции самолета, расходы на проектирование самолета, на содержание летного состава и борпроводников, цену топлива, аэропортовые расходы, среднегодовой коэффициент загрузки.

Взлетно-посадочные характеристики для аэродрома любого заданного класса учитываются косвенно, так как тяговооруженность и нагрузка на квадратный метр крыла, от которых зависят тяга двигателей и вес самолета, влияют на уровень себестоимости тонно-километра.

Исходными данными для расчета критерия $Q_{пр}$ являются:

дальность полета L (расстояние между аэропортами взлета и посадки), км;

крейсерская скорость полета $U_{крейс}$, км/час;

емкость багажных и грузовых помещений самолета $V_{баг}$, м³

количество самолетов в серии Σn_c ;

количество двигателей в серии $\Sigma n_{дв}$;

вес пустого самолета G_0 , кг;

коммерческая нагрузка, соответствующая данной дальности полета $G_{ком}$, кг;

вес топлива G_T , соответствующий дальности полета L , кг;

число двигателей установленных на самолет $n_{дв}$;

тяга одного двигателя P , кг;

количество пассажирских мест $n_{пас}$;

количество членов летно-подъемного состава (летчики, штурманы, бортиженеры, радисты) $n_{лпс}$;

количество бортпроводников $n_{бп}$.

Приведенные затраты для одного самолета складываются из себестоимости перевозок Q и приведенных капиталовложений $Q_{кап.вл.}$ в копейках на тонно-километр

$$Q_{пр} = Q + Q_{кап.вл.}, \text{ коп/т-км.}$$

Себестоимость перевозок определяется из выражения

$$Q = A/K_{ком} \cdot G_{ком} \cdot U_{рейс}, \text{ коп/т-км,}$$

где A - расходы на эксплуатацию самолета в течение одного летного часа; $K_{ком}$ - коэффициент коммерческой нагрузки, учитывающий среднегодовую неполную загрузку самолета из-за сезонности перевозок (см. таблицу I).

Для грубых расчетов принимается, что рейсовая скорость равна

$$U_{рейс} = \frac{L U_{крейс}}{L + \Delta t U_{крейс}}, \text{ км/час,}$$

где $\Delta t \sim t_{\text{взл}} + \Delta t_{\text{м}} + t_{\text{пос}}$ - время, затрачиваемое на взлет, набор высоты, снижение и посадку; $\Delta t_{\text{м}}$ - время, затрачиваемое на запуск и прогрев двигателей, на рулежку и маневрирование после взлета и перед посадкой в часах.

Для самолетов с ТРД можно принимать $\Delta t = 20$ мин (0,33 часа); для магистральных самолетов с ТВД - 35 мин (0,58 часа) и для легких многоцелевых самолетов с ПД и ТВД - 10 мин (0,167 часа).

Максимальная коммерческая нагрузка определяется в зависимости от количества пассажирских мест $n_{\text{пас}}$ и емкости багажных и грузовых помещений $V_{\text{баг}}$ (подсчитывается в случае отсутствия данных по заданному в работе самолету)

$$G_{\text{ком}} = 90 (0,47 n_{\text{пас}} + 3,2 V_{\text{баг}}), \text{ кг.}$$

Расходы на эксплуатацию самолета в течение одного летного часа A состоит из:

а) расходов на амортизацию самолета $A_{\text{с}}$ и двигателей $A_{\text{дв}}$.

$$A_{\text{с}} = K_1 C_{\text{с}} \frac{I + K_{\text{рс}} \left(\frac{T_{\text{с}}}{T_{\text{с}}} - I \right)}{T_{\text{с}}}, \text{ коп/час;}$$

$$A_{\text{дв}} = K_2 C_{\text{дв}} n_{\text{дв}} \cdot \frac{I + K_{\text{р.дв}} \left(\frac{T_{\text{дв}}}{T_{\text{дв}}} - I \right)}{T_{\text{дв}}}, \text{ коп/час,}$$

где $K_1 = 1,05$ и $K_2 = 1,07$ - коэффициенты, учитывающие непроизводственный налет (тренировки, обучение, облет и т.п.);

$C_{\text{с}}$ - стоимость самолета без двигателей

$$C_{\text{с}} = K_{\text{сер.с}} \cdot K_{\text{в}} \cdot C_0 (3340 + 0,77 C_0 - 1,05 \cdot 10^{-4} C_0^{1,5}), \text{ коп;}$$

$K_{\text{сер.с}}$ и $K_{\text{в}}$ - коэффициенты, учитывающие серийность и расчетную скорость полета соответственно:

$$K_{\text{сер.с}} = \left(\frac{35 \cdot 10^5}{C_0 \sum n_{\text{с}}} \right)^{0,4}, \quad K_{\text{в}} = \left(0,5 + \frac{V_{\text{крейс}}}{1600} \right);$$

$K_{\text{рс}}$ - отношение стоимости одного капитального ремонта к первоначальной стоимости самолета

$$K_{\text{рс}} = 0,11 + \frac{2 \cdot 10^6}{C_{\text{с}}};$$

T_c - амортизационный или полный срок службы самолета, час;

M_c - срок службы самолета между капитальными ремонтами, час

(для магистральных самолетов в среднем $T_c = 30000$ час и $M_c = 5000$ час;
для самолетов местных воздушных линий $T_c = 25000$ час и $M_c = 5000$ час);

$C_{дв}$ - стоимость одного двигателя в копейках; для ТРД можно
принять

$$C_{дв} = K_{сх} K_{сер.дв} P (3400 - 10 P), \text{ коп};$$

стоимость ТВД

$$C_{дв} = 3000 N, \text{ коп};$$

$K_{сх}$ и $K_{сер.дв}$ - коэффициенты, учитывающие тип (схему) двигателя и
серийность соответственно [$K_{сх} = 1$ для ТРД; $K_{сх} = 1,15$ для ДТРД при
 $M < 1$; $K_{сх} = 1,5$ для $M > 1$; $K_{сер.дв} = (1500 / \Sigma \Pi_{дв}) 0,5$];

N - взлетная мощность одного двигателя в л.с.;

$K_{р.дв}$ - отношение стоимости одного капитального ремонта двигателя
к его первоначальной стоимости:

для ТРД и ДТРД

$$K_{р.дв} = 0,15 + 4,15 \cdot 10^{-5} \left[1 - 0,2 \left(\frac{T_{дв}}{M_{дв}} - 1 \right) \right] \cdot T_{дв}, \text{ коп};$$

$T_{дв}$ - амортизационный или полный срок службы двигателя в часах;

$M_{дв}$ - срок службы двигателя между капитальными ремонтами в час

(для расчетов при отсутствии данных можно принимать $T_{дв} = 6000$ час и
 $M_{дв} = 3000$ час, т.е. считать, что двигатель ремонтируется один раз).

Для ТВД можно принять $K_{р.дв} \approx 0,6$;

б) расходов на текущий ремонт и техническое обслуживание само-
лета

$$Ат.о.с. = K_3 K_4 (0,39 - 0,121 \cdot 10^{-5} G_o) G_o, \text{ коп/час},$$

где $K_3 = 0,5$ - коэффициент, учитывающий метод технического обслужива-
ния.

При введении прогрессивных форм техобслуживания K_3 может быть уменьшен до 0,35 - 0,40; $K_4 = 1$ для дозвуковых самолетов с ТРД и ДТРД; $K_4 = 1,13$ для самолетов с ТВД; $K_4 = 2,0$ для самолетов с ТВД и $K_4 = 2,0$ для самолетов с $M \geq 1,8$;

в) расходов на текущий ремонт и техническое обслуживание двигателей

$$A_{т.о.дв} = \frac{16 K_2 K_5 n_{дв} \sqrt{P}}{1 + 7 \cdot 10^{-5} T_{дв}}, \text{ коп/час,}$$

где $K_5 = 1$ для ТРД и ДТРД дозвуковых самолетов; $K_5 = 1,5$ для $M \geq 1,8$ и самолетов с ТВД (в этом случае вместо P следует брать N в л.с.);

г) расходов на зарплату экипажа, которые рассчитываются исходя из числа членов летно-подъемного состава n лпс и числа бортпроводников $n_{бп}$:

$$A_{эл} = \bar{C} \text{ лпс } n \text{ лпс} + \bar{C}_{бп} n_{бп}, \text{ коп/час,}$$

где \bar{C} - средняя часовая зарплата (см. таблицу I);

д) стоимости расходуемого в полете топлива

$$A_{т} = 5,1 \cdot K_6 \left(\frac{G \text{ т. расх} + \Delta t \mathcal{V} \text{ рейс}}{L} \right) \mathcal{V} \text{ рейс} \text{ коп/час,}$$

где G т. расх - расходуемое в полете топливо (из аэродинамического расчета) с учетом дополнительного расхода за время Δt (см. расчет \mathcal{V} рейс) либо вес топлива G_r , соответствующий L ; $K_6 = 1$ для ТРД и ДТРД и $M < 1$; $K_6 = 1,03$ для ТВД и $K_6 = 1,06$ для сверхзвуковых самолетов;

е) косвенных (аэропортовых) расходов, равных

$$B_{ап} = K_7 (0,45 - 7 \cdot 10^{-4} \sqrt{C_o}) G_o, \text{ коп/час,}$$

где $K_7 = 1,0$ для дозвуковых и $K_7 = 1,5$ для сверхзвуковых самолетов.

Таким образом, $A = A_c + A_{дв} + A_{тос} + A_{тодв} + A_{эл} + A_{т} + B_{ап}$;

ж) приведенных капиталовложений $\alpha_{\text{кап.вл}}$, определяемых по формуле

$$\alpha_{\text{кап.вл}} = \frac{E (1,05 C_c + 1,03 C_{\text{дв}} \cdot \text{дв} \cdot \text{в})}{K_{\text{ком}} \cdot C_{\text{ном}} \cdot \text{рейс} \cdot \text{в}_{\text{год}}},$$

где E - нормативный коэффициент эффективности капиталовложений, $E = 0,12$ 1/год ($E = 1 / T_{\text{ок}}$, где $T_{\text{ок}}$ - нормативный срок окупаемости капиталовложений в годах); "в" - отношение числа двигателей, предназначенных для эксплуатации самолета с учетом замен, к числу двигателей, установленных на самолете (для $T_{\text{дв}} \geq 400$ час значения "в" см. в таблице I); $\text{в}_{\text{год}}$ - налет часов на самолете в год

$$\text{в}_{\text{год}} = K_8 \frac{L}{L + K_9 \text{рейс}}, \text{ час/год},$$

где K_8 и K_9 - коэффициенты (см. таблицу I).

Таблица I

Назначение самолета	: $K_{\text{ком}}$: \bar{C} лпс, : \bar{C} оп, : : коп/час : коп/час	в	: K_8	: K_9	
магистральн.дозвуков.	0,58	1100	400	1,30	2700	0,42
магистральн.сверхзвук.	0,65	2000	750	1,30	2700	0,42
для местных авиалин.	0,65	1100	400	1,27	2600	0,33
легкий многоцелевой ($n_{\text{пасс}} \leq 6$)	0,75	800	-	1,23	2000	0,61

Результаты расчета рассмотренного критерия поэтапно сравниваются с данными, приведенными в таблице 2 [3].

за меру сравнения ЭТ самолетов для обобщенных критериев принимается отношение значений соответствующих показателей рассматриваемого самолета K_{i_p} и эталона K_{i_3} , выраженное относительным числом или в процентах: $D_i = K_{i_p} / K_{i_3} \cdot 100\%$.

Положительная оценка дается в случае, когда определенный по обобщенным показателям коэффициент сравнительной оценки ЭТ $\Delta_i \leq 100\%$.

В случае увеличения показателей по сравнению с приведенными в таблице 2 необходимо проанализировать причины увеличения и пути снижения показателей. Иногда необходимо проанализировать методику расчета отдельных показателей.

Пример расчета критерия $\alpha_{пр}$.

Исходные данные: самолёт Ту-134

$L = 1970$ км; $V_{крейс} = 820$ км/час; $V_{дог.} + V_{дог.2} = 12$ м³;
 $G_0 = 26950$ кг; $\Sigma \Pi_c = 20$; тип двигателя - ДТРД; $P = 6800$ кг;
 $\Pi_{дв} = 2$ шт; $\Sigma \Pi_{об} = 100$; $G_T = 5600$ кг; $\Pi_{лпс} = 5$ чел;
 $\Pi_{оп} = 2$ чел; $\Pi_{пас} = 72$ чел.

Результаты расчёта: $V_{рейс} = 720$ км/час; $G_{ком} = 6600$ кг;
 $K_{сер.с.} = 1,87$; $K_v = 1,01$; $C_c = 2,50 \cdot 10^8$ коп; $K_{р.с.} = 0,9$;
 $A_c = 4,88 \cdot 10^4$ коп/час; $K_{р.д.} = 0,63$; $C_{дв} = 0,778 \cdot 10^8$ коп;
 $A_{дв} = 4,52 \cdot 10^4$ коп/час; $A_{тос} = 3880$ коп/час; $A_{год} = 1990$ коп/час;
 $A_{зп} = 6300$ коп/час; $A_T = 10880$ коп/час; $V_{год} = 2340$ час/год;
 $V_{ап} = 8880$ коп/час; $A = 125930$ коп/час; $\alpha_{кап.вл.} = 8$ коп/т.км;
 $\alpha = 46$ коп/т.км; $\alpha_{пр} = 54$ коп/т.км.

Результаты расчета показывают, что расходы на амортизацию самолетов и двигателей ($A_c + A_{дв} = 940$ руб/час), текущий ремонт и техобслуживание ($A_{тос} + A_{год} = 58,7$ руб/час) выше соответствующих данных, приведенных в таблице 2. Это обусловлено тем, что стоимость самолета и двигателя, рассчитанная по приведенным выше формулам в 1,5 - 2 раза выше действительной. Это же привело к тому, что $\alpha = 46$ коп/т.км, $\alpha_{табл} = 14,8$ коп/т.км.

Однако рассмотренный критерий $\alpha_{пр}$ является более всеобъемлющим, чем критерии, рассматриваемые в работе [2], и, следовательно, наиболее интересным для сравнения самолетов ГА.

Таблица 2

Статья расхода	Тип самолета (вертолета)												
	Ми-10	Ми-62	Ту-104	Ту-114	Ту-124	Ту-134	АН-2	АН-12	АН-24	Ми-4	Ми-6	Ми-8	
Стоимость A_1 , руб./час	122	330	344		143	18	122	45				30	
Вес G_T , кг/час	2400	8000	6300	3400	3200	140	2600	920	1000	250	240	2535	600
Амортизация $A_0 + A_{дв}$, руб./час	100	1030	145	300	230	11	110	80	170	50	65	600	300
Текущий ремонт и техническое обслуживание $A_{тос} + A_{тод}$, руб./час	30	300	60	230	40	3	50	35	35	10	12	80	40
Заработная плата $A_{зп}$, руб./час	60	30	60	90	30	12	60	40	14	12	30	55	30
Аэропортовые расходы Вал, руб./час	140	220	135		70	10	38					11	
Себестоимость I_1 , км	11,2	17	15,1		14,3	30	20					180	

Уровень себестоимости одного производственного часа полета (руб.) и примерные нормы на 1 час полета

РАСЧЕТ ОСНОВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ
ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Расчет основных показателей производится на основе материалов, собранных в АТБ и АРЗ.

Удельные трудовые затраты

К числу основных статистических данных, необходимых для расчета основного (обобщенного) показателя K_p , являющегося экономическим показателем, относятся:

- трудовые затраты в человеко-часах на капитальный ремонт самолета, двигателя, агрегата и смену двигателя - соответственно $T_{рс}$, $T_{рды}$, $T_{аі}$, $T_{см}$;
 - межремонтные ресурсы в часах налета самолета, двигателя и агрегата - соответственно M_c , $M_{дв}$ и $M_{аі}$;
 - количество двигателей на самолёте - $n_{дв}$;
 - количество типов агрегатов N ;
 - количество агрегатов каждого типа на самолёте - n_a ;
 - трудоёмкость i -ой формы периодического обслуживания в человеко-часах - T_i ;
 - количество периодических обслуживания i -ой формы за M_c - n_i ;
 - количество форм периодического обслуживания, принятых для самолёта - K ;
 - трудоёмкость предполетного, при кратковременной стоянке, и послеполетного обслуживания в человеко-часах - $T_{пр.п}$, $T_{кс}$, $T_{пп}$;
 - трудоёмкость устранения j -го отказа, выявленного на оперативных формах технического обслуживания в человеко-часах - T_j ;
 - средняя продолжительность беспосадочного полёта в часах - $D_{оп}$;
 - трудоёмкость j -ой доработки конструкции самолёта по бюллетеням в человеко-часах - t_j ;
 - количество выполненных доработок за M_c - m .
- Удельные трудовые затраты на техническое обслуживание и ремонт определяются по формуле [2]

$$K_T = \frac{\sum T_0 + T_{p.c}}{M_c} + \frac{(T_{cm} + T_{ддв}) n_{об}}{M_{дв}(1 - K_{дв})} + \frac{\sum T_{ai} n_{ai}}{M_{ai}(1 - K_{ai})}, \frac{\text{чел-час}}{\text{час полета}}$$

где $K_{дв}$, K_{ai} - коэффициенты досрочных замен двигателя и агрегатов;

$\sum T_0$ - суммарные трудовые затраты в человеко-часах на выполнение всех видов технического обслуживания, включая работы по устранению отказов и неисправностей за межремонтный ресурс самолета:

$$\sum T_0 = \sum_{i=1}^k T_i n_i + \frac{T_{пр.п} M_c}{C_0} + T_{кc} \frac{M_c}{C_0} - \sum_{i=1}^k n_i + \sum_{j=1}^m T_j, \text{ чел-час.}$$

В группу экономических показателей ЭТ входят, кроме K_T , удельные затраты на материалы и запасные части (руб/час полета) и вероятность успешного выполнения текущего ремонта при ограниченном трудовом ресурсе или ограниченном количестве запасных частей.

Пример расчета критерия K_T .

Исходные данные: самолет "А".

$M_c = 6000$ час; $M_{дв} = 2000$ час; $n_{дв} = 4$; $D_{общ} = 2$ часа; $K_{дв} = 0,05$;

$T_{p.c.} = 30000$ чел-час; $T_{р дв} = 2000$ чел-час; $T_{cm} = 200$ чел-час;

$T_{пр п} = 10$ чел-час; $T_{кc} = 8$ чел-час; $\sum_{j=1}^m T_j = 6,0$ чел-час;

$C_0 = 95$ т.

Количество периодических видов n_i технического обслуживания за M_c и средние значения трудовых затрат. T_i при выполнении каждого из них характеризуются данными таблицы 3.

Вид периодического обслуживания	Количество обслуживания за M_c	Трудовые затраты, чел-час	
		На обслуживание	Затраты на ремонт
Форма 1 - через 50 час полета	90	40	3000
Форма 2 - через 200 час полета	20	350	7000
Форма 3 - через 600 час полета	5	500	2500
Форма 4 - через 1200 час полета	3	900	2700
Форма 5 - через 3600 час полета	1	6000	6000
Итого:	119		21300

Параметры агрегатов систем самолёта, имеющих ресурс до ремонта менее ресурса планера, имеют следующие значения (в качестве примера в таблице 4 приведены значения нескольких агрегатов):

Таблица 4

Наименование агрегата	Тип, шифр	M_{ai} час	n_a шт.	K_{ai}	T_{ai} , чел-час
Тормозное колесо в комплекте	КТ 81/3	2000	8	0,015	14,9
Гидронасос	НП 25/5	3000	2	0,12	9,6
Регулятор давления воздуха	469Д	3000	2	0,007	14,0
Предохранительный клапан	438Б	3000	2	0,05	4,7
Ограничитель абсолютного давления	503АБ	3000	3	0,07	5,0
Терморегулятор	1074	2000	4	0,09	5,0
Топливный насос	ПНВ-2	2000	10	0,1	3,6

Имея аналогичные данные для всех N_a типов агрегатов, установленных на самолёте, по приведённому в формуле для K_T выражению

$$\sum_{i=1}^{N_a} \frac{T_{ai} \cdot n_a}{M_{ai} (1 - K_{ai})}$$

определяем удельные трудовые затраты на ремонт агрегатов:

$$\sum_{i=1}^{N_a} \frac{T_{ai} \cdot n_a}{M_{ai} (1 - K_{ai})} = 0,0605 + 0,0073 + 0,0094 + 0,0033 + 0,0054 + 0,0110 + 0,0210 + \dots \approx 0,5 \text{ чел-час/час полета.}$$

Подставляя в выражение для $\sum T_0$ соответствующие значения, получаем

$$\begin{aligned} \sum T_0 &= 21800 + 10 \frac{6000}{3.2} + 8 \frac{2.6000}{3.2} + 15 \left(\frac{6000}{3.2} - 120 \right) + 600 = \\ &= 61600 \text{ чел-час,} \end{aligned}$$

тогда

$$K_T = \frac{61600}{6000} + \frac{(200 + 2000)4}{2000(1 - 0,05)} + 0,5 = 20,38 \text{ чел-час/час полета.}$$

Полученное значение K_T не должно превышать нормативов для соответствующего веса конструкции G_0 создаваемых типов самолётов [2]

$$K_{T0} = 2,8 + 0,165 G_0 .$$

В нашем примере при $G_0 = 95$ т $K_{T0} = 18,5 \frac{\text{чел-час}}{\text{час полета}}$.

Это значит, что трудовые затраты в некоторых случаях превышают нормы для соответствующего веса конструкции создаваемого самолёта. Коэффициент сравнительной оценки ЭТ в этом случае

$$D_i = 20,38 / 18,5 \cdot 100\% = 110\% .$$

Анализ частных показателей и проведение работ с целью повышения их уровня позволит существенно улучшить и показатель удельных трудовых затрат K_T .

Среднее время устранения отказов

Время устранения отказа \bar{t}_y является одним из важнейших оперативных показателей ЭТ и состоит из времени обнаружения отказа и времени ремонта (или замены). На самолётах ГА поиск отказов в большинстве случаев производится персоналом, знающим конструкцию самолёта и его систем, имеющим опыт работы и использующим необходимое оборудование. Поэтому поиск отказов является управляемым процессом, а значения его параметров (продолжительность, трудоёмкость работ, потребное число проверок) зависят от принятых инженерных решений о перечне необходимых проверок и очередности их выполнения.

Это позволяет в случае, когда необходимых статистических данных имеется достаточно, среднее время устранения отказа \bar{t}_y при экспоненциальном распределении определять из выражения

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

где n - число отказов, устранённых в межпрофилактический период;

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

Эти данные необходимо собрать (хронометражом, опросом, по соответствующим картам АГБ) на практике.

Интенсивность устранения отказов определяется как величина, обратная среднему времени устранения отказа:

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

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 приемлемым является экспоненциальное распределение.

Тогда

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

где $t_{\text{зад}}$ - заданное время простоя самолёта.

Пример. Допустим, что в результате сбора статистических данных о времени устранения отказов компонентов топливной системы самолёта мы имеем:

Характер отказа: 1) течь топлива по фланцам; 2) течь топлива из контрольных отверстий подкачивающих насосов; 3) обрыв контрошки на агрегатах топливной системы.

Общее количество по группам за время $M_c = 200$ час.

1-18 случаев; 2-4 и 3-27 случаев.

Время устранения одного отказа по группам:

1-15 мин; 2-69 мин; 3-2 мин.

Тогда:

1) среднее время устранения отказа

$$\bar{t}_y = \frac{15 \cdot 18 + 69 \cdot 4 + 2 \cdot 27}{49} = 12,25 \text{ мин};$$

- 2) интенсивность устранения отказа $\mu = 0,0815$;
3) вероятность устранения отказа системы за время простоя самолёта
 $t_{\text{зад}} = 24,5$ мин

$$P_y \{ \tau \leq t_{\text{зад}} \} = 1 - e^{-0,0815 \cdot 24,5} = 0,865.$$

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Дополнительные показатели выражаются в виде безразмерных коэффициентов, изменяющихся в пределах от 0 до 1. Считается, что конструкция полностью отвечает предъявляемым к ней требованиям в отношении того или иного её свойства, если коэффициент, характеризующий это свойство, близок или равен 1.

Доступность к объекту технического обслуживания и ремонта определяется коэффициентом доступности $K_{\text{д}}$

$$K_{\text{д}} = 1 - \frac{T_{\text{доп}}}{T_{\text{доп}} + T_{\text{осн}}},$$

где $T_{\text{доп}}$ - трудоёмкость дополнительных работ, чел-час;

$T_{\text{осн}}$ - трудоёмкость выполнения основной, целевой работы, чел-час.

К дополнительным работам относятся: снятие и установка крышек всевозможных люков, панелей, капотов, заливов, теплозвукоизоляции, демонтаж и монтаж подлежащего съёмке рядом установленного оборудования и т.п.

Основными работами считаются контрольные, регулировочные, смазочные, заправочные операции, демонтаж и монтаж подлежащих замене агрегатов и готовых изделий и др.

Основные требования по обеспечению доступности к объектам обслуживания и ремонта перечислены в разделе "Требования к конструкции систем самолёта".

Задача обеспечения доступности при создании новых типов самолётов решается главным образом по линии оптимального размещения оборудования, использования быстросъёмных панелей, крышек люков, капотов, размещения родственных агрегатов на одной панели.

Весьма удачно решены вопросы размещения гидроагрегатов самолёта ИЛ-62 в ящиках передней и основных ног шасси. К ним обеспечен

хороший доступ, и, кроме того, агрегаты управления размещаются в непосредственной близости от органов, которыми они управляют. Это способствует сокращению длины коммуникаций гидравлических систем и уменьшению веса конструкции.

На самолёте ИЛ-18 ко всем агрегатам высотной системы обеспечен свободный доступ для выполнения технического обслуживания. Один блок агрегатов системы наддува расположен в просторном гидротоисеке в районе шпангоута № 8 у правого борта фюзеляжа. Доступ в отсек осуществляется через боковую дверь высотой в рост человека. Агрегаты закрыты легкосъёмным кожухом. Второй блок расположен в туалетной комнате, где к агрегатам также обеспечен хороший доступ.

Размещение циклических заслонок противоблужденительной системы стабилизатора самолёта ИЛ-62 неудачно. Для замены верхней заслонки требуется предварительно снять нижнюю.

Пример. Трудовые затраты на замену топливного насоса ПНВ - 2 составляют 1,5 чел-час, из них на выполнение дополнительных работ по снятию крышки лючка затрачивается 0,9, а на снятие и установку насоса - 0,6 чел-час.

$$K_d = 1 - \frac{0,9}{1,5} = 0,4.$$

Аналогично рассчитывается коэффициент доступности для всех агрегатов системы:

агрегат №	$T_{доп}$	$T_{осн}$	K_d
№ 1	0,9 чел-час	0,6 чел-час	0,4
№ 2	0,5	0,4	0,44
№ 3	0,5	0,5	0,5
№ 4	0,4	0,4	0,4
№ 5	1,2	1,2	0,4

$$K_d = 1 - \frac{\sum T_{доп}}{\sum T_{осн}} = 1 - \frac{3,5}{6,0} = 0,42$$

Для обобщённых вероятностных (например, $P_y \{ \tau \leq t_{зад} \}$) и всех частных показателей положительная оценка дается тогда, когда $D_i \geq 100\%$. В нашем примере $D_i = 0,4 / 0,7 \cdot 100 = 57\%$ ($K_2 = 0,7$). В этом случае необходимо проанализировать характер дополнительных работ, их недостатки (технологического или конструктивного порядка), трудовые затраты на основные работы. На основании анализа принимается решение о конструктивных изменениях или применении технологии

обслуживания или ремонта. Предлагаемые усовершенствования должны быть подкреплены соответствующими расчётами. После этого определяется новое значение $K_{д.}$. Значения эталонных коэффициентов приведены в таблицах приложения.

Легкость компонентов конструкции самолёта и его систем определяется коэффициентом лёгкости $K_{л.}$

$$K_{л.} = 1 - \frac{\Delta T_{д.м.}}{T_{д.м.}}$$

где $T_{д.м.}$ - трудоёмкость демонтажно-монтажных работ по рассматриваемому компоненту (системе), чел-час; $\Delta T_{д.м.}$ - превышение трудоёмкости демонтажно-монтажных работ по рассматриваемому компоненту (системе) в сравнении с эталонным значением, чел-час (время выполнения работы приведено в таблицах приложения).

Основные требования по обеспечению лёгкости перечислены в разделе "Требования к конструкции систем самолёта".

В качестве примеров можно указать следующие конструктивные решения.

На самолёте ИЛ-62 блоки системы автоматического управления (САУ) расположены на этажерке навигационного оборудования в зоне шпангоута № II. К ним обеспечен свободный доступ, блоки являются лёгкими при техническом обслуживании.

На самолёте ИЛ-18 вследствие удачного размещения гермовывода тяг управления рулями высоты и направления обеспечена их лёгкость. Гермовывод находится в верхней части сферического днища со стороны негерметичной части фюзеляжа.

Пример. На выполнение операций по демонтажу и монтажу колеса одного самолёта затрачивается 1,5 чел-час. На самолёте, принятом за эталон, - 0,33 чел-час. Тогда

$$K_{л.} = 1 - \frac{1,5 - 0,33}{1,5} = 0,22.$$

В таблицах приложения значение коэффициента лёгкости приведено в соответствии с общими техническими требованиями по обеспечению ЭТ, т.е. $K_{л.} = T_{д.м.}$

Коэффициент сравнительной оценки $D_i = 0,22/0,33 \cdot 100 = 66,7\%$. Это говорит о недоработанной конструкции или о недостатках технологии демонтажно-монтажных работ.

Взаимозаменяемость компонента конструкции определяется коэффициентом взаимозаменяемости K_B

$$K_B = I - \frac{T_{\text{подг}}}{T_{\text{подг}} - T_{\text{д.м.}}},$$

где $T_{\text{подг}}$ - трудоемкость подгоночных, проверочных или подстроечных работ при замене компонента, чел-час.

При определении K_B в $T_{\text{подг}}$ включаются все виды подгоночных, проверочных и подстроечных работ, выполняемых по месту установки на самолете нового или взятого из обменного фонда узла, агрегата, блока.

Опыт эксплуатации показывает, что наибольший объем подгоночных работ выполняется при замене агрегатов и узлов самолета, стыкуемых по конструктивно-эксплуатационным разъемам. В эту группу входят основные агрегаты и узлы планера, силовой установки, массы и управления самолетом.

Удачным следует считать применение фланцевого разъема частей крыла. Такие разъемы имеются на большинстве типов самолетов ГА.

Применение конструктивной компенсации в виде разницы диаметров отверстия и болта в стыке, равной 0,1 - 0,3 мм, обеспечивает полную взаимозаменяемость отъемных частей крыла по фланцевым разъемам при техническом обслуживании и ремонте самолетов типа Ту- и Ан-.

Навеска рулей и элеронов, выполненная по типу ухо-вилка с применением конструктивной компенсации в элементах разъема, является наиболее целесообразной для обеспечения взаимозаменяемости. Такой способ навески применяется на многих типах самолетов, в частности, на самолете ИЛ-18.

Наиболее удачным является применение на самолетах ИЛ-18 и Ан-2 стекол без фальца с герметизацией резиновыми прокладками. При замене такие стекла не требуют подгоночных работ и обладают полной взаимозаменяемостью.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Анализ качественных и количественных показателей ЭТ позволяет выявить слабые стороны конструкции или процесса технического обслуживания. Результатом анализа является выявление наиболее нетехнологичного с точки зрения ЭТ узла, элемента системы или конструкции или неудачного конструктивного решения какого-либо вопроса. В некоторых случаях необходимо обратить внимание на уровень механизации выполняемых работ, наличие и исправность инструмента и приспособлений и соответствие их выполняемым работам. Немаловажное значение имеют вопросы организации работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Далее следует разработка мероприятий, направленных на повышение уровня ЭТ, с инженерным обоснованием выбранного решения (прочностные расчёты, проектирование приспособлений, оснастки, изменение конструкции или технологического процесса технического обслуживания и т.д.).

По результатам проделанной работы проводится повторная оценка показателей ЭТ и экономической эффективности разработанных мероприятий. При необходимости в заключение работы рассматриваются вопросы техники безопасности и охраны труда.

При выполнении курсовой работы рекомендуется пользоваться литературой, приведённой в конце методического пособия, в которой подробно излагаются вопросы ЭТ конструкции самолетов и даются методические указания по выполнению курсовых работ и проекту.

Приложение

ЗНАЧЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ K_d , K_k и K_b
И ВРЕМЕНИ ЗАМЕНЫ АГРЕГАТОВ САМОЛЕТОВ С ГТД

Планер

Наименование работ	Коэффициенты						Общее время выполнения работ, час-мин.	
	: K_d		: K_k		: K_b		До : 50 т	: св. : 50 т
	: до : 50т	: св. : 50т	: до : 50 т	: св. : 50т	: до : 50 т	: св. : 50т		
Проверка затяжки стыковочных болтов частей фюзеляжа (одного стыка)	0,7	0,7	1,2	1,4	-	-	0-50	1-00
Осмотр узлов крепления фюзеляжа с центропланом	0,9	0,9	0,45	0,6	-	-	0-15	0-20
Проверка затяжки болтов крепления киля с фюзеляжем	0,9	0,9	0,9	1,8	-	-	0-30	1-00
Проверка затяжки болтов крепления стабилизатора с фюзеляжем	0,9	0,9	0,9	1,8	-	-	0-30	1-00
Проверка затяжки болтов крепления ОЧК с центропланом	0,9	0,9	1,5	1,8	-	-	0-50	1-00
Замена зализа крыла и хвостового оперения	1	1	3	4	1	1	1-30	2-00
Замена вальтно-посадочного закрылка	0,7	0,7	1,75	2,1	1	1	1-15	1-30
Замена механизма управления закрылками	0,5	0,5	0,8	1,0	1	1	0-50	1-00
Замена винтового механизма закрылков (одного)	0,8	0,8	0,53	0,8	1	1	0-40	1-00
Замена руля высоты (одной половинки)	0,9	0,9	1,5	1,8	1	1	0-50	1-00
Замена руля направления	0,9	0,9	2,7	3,6	1	1	1-30	2-00
Замена элерона	0,9	0,1	2,7	3,6	1	1	1-30	2-00
Замена триммера или сервокомпенсатора	0,9	0,1	0,3	0,45	1	1	0-20	0-30
Возобновление смазки в подшипниках кронштейнов навески рулей высоты, направления, элеронов и триммеров	1	1	0,5	1	-	-	0-30	1-00
Замена носка крыла	1	1	4,1	5,4	0,9	0,9	1-30	2-00
Замена носка киля	1	1	1,5	1,8	0,9	0,9	0-50	1-00
Замена носка стабилизатора	1	1	1,8	2,7	0,9	0,9	1-00	1-30

Наименование работы	Коэффициенты						Общее время выполнения ра- боты, час-мин.	
	Кл		Кл		Кв		до 50т	св. 50 т
	до 50т	св. 50т	до 50т	св. 50т	до 50т	св. 50т		
Замена концевых об- текателя крыла	I	I	0,3	0,45	0,9	0,9	0-20	0-30
Замена концевых об- текателя кила	I	I	0,23	0,3	0,9	0,9	0-15	0-20
Замена концевых об- текателя стабилизатора	I	I	0,23	0,3	0,9	0,9	0-15	0-20
Замена панелей пола в багажном отделении	I	I	1,66	2,0	I	I	0-50	1-00
Замена панелей полов в кабинах: экипажа пассажиrowsкой	0,8 0,9	0,8 0,9	0,53 0,45	0,67 0,6	I I	I I	0-40 0-30	0-50 0-40
Замена крышки люка багажного отделения	I	I	0,5	0,67	I	I	0-30	0-40
Замена обтекателя ан- тены радиолатора	I	I	0,33	0,33	I	I	0-10	0-10
Открытие и закрытие одной крышки смотрового эксплуатационного люка	I	I	0,08	0,08	-	-	0-10	0-05
Замена стекла фонаря кабины экипажа	0,8	0,8	0,8	1,0	I	I	1-00	1-30
Замена стекла в окне пассажиrowsкой кабины	0,8	0,8	0,27	0,35	I	I	0-20	0-30

Силовая установка

Наименование операции	Коэффициенты			Общее время выполнения операции, час-мин.
	Кл	Кл	Кв	
Замена двигателя (без его опро- бования и облета самолета)	I	1,1	I	4-0
Переоборудование двигателя на право- или левостороннее положение	I	0,5	I	0-10
Замена самолетного топливного насоса	0,7	0,7	I	1-00
Снятие и установка самолетного топливного фильтра	I	0,25	I	0-10
Замена масляного бака	I	1,0	I	0-30
Замена масляного радиатора	I	1,15	I	0-45

Наименование операции	Критерии			Общее время выполнения операции, радиан, час.-мин.
	Кд	Кл	Кв	
Снятие и установка масляного фильтра	I	0,25	I	0-10
Замена генератора	I	1,0	I	0-30
Замена термопар (комплект на один двигатель)	0,8	1,1	I	1-20
Замена пускового блока	I	0,5	I	0-30
Замена воздушного винта (без облёта самолета)	0,8	1,1	I	0-40
Замена флюгернасоса	I	1,0	I	0-30

Управление самолетом и двигателем

Наименование операции	Критерии			Общее время выполнения операций, час.-мин.
	Кд	Кл	Кв	
Замена одной из тяг управления элеронами, рулём высоты и рулём направления	0,8	0,27	I	0-20
Замена вала трансмиссии закармлика	0,8	1,6	I	1-00
Замена подшипника кронштейна навески руля высоты, руля направления, элерона	0,3	0,9	I	3-00
Замена подшипника кронштейна навески триммера, сервокомпенсатора	0,3	0,3	I	1-00
Смазка всех подшипников кронштейнов навески руля высоты, руля направления, элерона, триммера, сервокомпенсатора	0,8	I	-	0-40
Замена гермовывода тяг управления	0,67	1,6	0,86	1-30
Смазка подвижных соединений гермовыводов	0,9	0,15	-	0-10
Смазка одного шарнирного соединения звеньев системы управления	I	0,03	-	0-02
Заполнение смазкой всех шарнирных соединений системы управления	0,84	2,5	-	1-00

Наименование операции	Критерии			Общее время выполнения операций, час-мин.
	Кд	Кл	Кв	
Демонтаж и монтаж рулевой машинки (элеронов, руля высоты и руля направления)	0,75	0,75	I	0-30
Регулировка рулевой машинки (элеронов, руля высоты и руля направления)	0,75	0,25	-	0-20
Замена элемента тросовой проводки на участке между узлами заделки тросов	0,9	0,3	I	0-20
Замер натяжения одного элемента тросовой проводки	0,91	0,03	-	0,02
Замер натяжения тросовых проводок систем управления самолётом, двигателем и шасси	0,7	2,1	-	1-00
Замена направляющих роликов в одном узле	0,9	0,53	I	0-35
Открытие и закрытие крышек люков для доступа к элементам системы управления	I	0,08	-	0-05

Шасси и гидросистема

Наименование операции	Критерии			Общее время выполнения операции, час.-мин.
	Кд	Кл	Кв	
Замена передней ноги шасси	I	8,0	I	4-00
Замена главной ноги шасси	I	15,0	I	5-00
Замена колеса передней ноги шасси	I	0,25	I	0-15
Замена колеса главной ноги шасси	I	0,33	I	0-20
Замена цилиндра уборки и выпуска передней ноги шасси	I	0,5	I	0-30
Замена цилиндра уборки и выпуска главной ноги шасси	I	0,67	I	0-40
Замена цилиндра-демпфера тележки (стабилизирующего амортизатора)	I	0,5	I	0-30
Возобновление смазки в шарнирных соединениях (узлах) шасси	I	1,0	-	0-30

Наименование операции	Критерии			Общее время выполнения операции, час-мин.
	Кд	Кл	Кв	
Возобновление смазки в шарнирных соединениях и механизмах створок шасси	I	0,32	-	0-10
Замена бака гидросистемы	0,9	1,5	I	0-50
Замена дренажного бака гидросистемы	0,9	0,37	I	0-25
Замена гидронасоса на двигателе	I	0,5	I	0-30
Замена электрической насосной станции	0,9	0,9	I	1-00
Замена гидроаккумулятора	I	1,0	I	0-30
Снятие и установка фильтра гидросистемы	I	0,33	I	0-20
Снятие и установка гидропанели (3-12 агрегатов на панели)	I	1,0	I	1-00
Замена автомата давления	I	1,0	I	0-30
Замена тормозного клапана	0,8	0,8	I	1-00
Замена распределительно-демпфирующего механизма	0,7	1,0	I	1-30
Замена рулевого цилиндра	I	0,5	I	0-30

ВЫСОТНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ

Наименование операции	Критерии			Общее время выполнения операции час - мин.
	Кд	Кл	Кв	
Замена воздухо-воздушного радиатора для самолетов со взлетным весом до 50 т	0,8	1,6	I	I-00
более 50 т	0,8	2,7	I	I-50
Замена турбоохладильника	0,7	0,5	I	0-45
Замена регулятора давления	0,7	0,35	I	0-30
Замена предохранительного клапана	0,7	0,28	0	0-25
Замена ограничителя абсолютного давления	0,9	0,45	I	0-30
Замена дроссельной заслонки	0,8	0,26	I	0-20
Замена блока обводной заслонки	0,9	0,9	I	0-30
Замена обратного клапана	0,88	0,43	I	0-30
Замена короба индивидуальной общекабинной вентиляции или отопительной магистрали	0,67	0,62	0,8	0-40

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бадягин А.А., Егер С.М., Мишин В.Ф., Склянский Ф.И., Фокин Н.А. Проектирование самолетов. "Машиностроение", 1972.
2. Смирнов Н.Н., Мулкиджанов Н.К. Эксплуатационная технологичность транспортных самолетов. "Транспорт", 1972.
3. Громов Н.Н., Мухомых Е.В., Овруцкий Е.А., Пруткин Я.Н., Цеханович Л.А. Экономика воздушного транспорта. "Транспорт", 1971.
4. Березин Е.А. Оценка надежности элементов конструкции самолетов и двигателей. Методическое пособие. Куйбышев, 1970.
5. Нападов А.П. Анализ процессов технической подготовки самолетов к полетам методами сетевого планирования и управления. Учебное пособие. Куйбышев, 1970.
6. Дубцов Ю.И., Гасленко Р.В. Экономика и организация производства в дипломных проектах цехов АТБ и АРЗ ГА. Методическое пособие. Куйбышев, 1970.
7. Старостин И.Г. Ремонт самолетов и авиадвигателей. Методические указания. Куйбышев, 1972.

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение.....	3
Содержание и объем работы.....	4
Эксплуатационная технологичность самолета.....	5
Требования к конструкции по обеспечению выполнения регламентных работ общего назначения.....	7
Смазочные работы.....	7
Контрольно-крепежные работы.....	8
Контрольно-регулирующие работы.....	8
Заправочные работы.....	8
Требования к конструкции систем самолета.....	10
Планер.....	10
Силовая установка.....	12
Управление самолетом и двигателями.....	12
Шасси и гидросистема.....	13
Высотное оборудование.....	14
Сравнительная оценка самолетов ГА.....	14
Расчет основных показателей ЭТ.....	22
Удельные трудовые затраты.....	
Среднее время устранения отказов.....	25
Вероятность устранения отказа за заданное время.....	26
Определение дополнительных показателей.....	27
Методические указания.....	31
Приложение.....	32
Литература.....	39

Борис Алексеевич Углов

**АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ
САМОЛЕТА**

Методические указания

**Редактор - Н.А.Сидоренко
Техн.редактор - Н.М.Каленки
Корректор - А.В.Сидорова**

**Подписано в печать 16/IV-74 г. Объем 2,5 печ.листа
Тираж 500 экз. Формат 60x84/16.Цена 15 коп.
Куйбышевский авиационный институт им.С.П.Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151
Ротапечатный цех областной тип. им. Мяги, г.Куйбышев,
ул. Венцека, 60, Заказ № 3877.**