

С. В. Далецкий, О. Я. Деркач, А. Н. Петров

Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации



С. В. ДАЛЕЦКИЙ, О. Я. ДЕРКАЧ, А. Н. ПЕТРОВ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ



МОСКВА «ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ» 2002

УДК 629.735.017.083.7

ББК 39.5

Дал 15

Дер 36

Пет 29

Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации/Далецкий С. В., Деркач О. Я., Петров А. Н. — М.: Воздушный транспорт, 2002. — 216 с.

В книге рассмотрены основные параметры применения и характеристики систем технического обслуживания и ремонта (ТОиР) самолетов гражданской авиации отечественного и зарубежного производства, эксплуатируемых в России и в зарубежных авиакомпаниях. Выбранные показатели самолетов ГА отражают эффективность их систем ТОиР в части обеспечения надежной и безопасной эксплуатации авиатехники при минимальных затратах труда, времени и материальных средств.

Книга основана на научных работах авторов и обобщении опыта эксплуатации отечественных и зарубежных самолетов ГА за 1986—1993 гг., в период интенсивного развития отечественной гражданской авиации. Привлечение большого фактического материала по технической эксплуатации самолетов ГА отечественного и зарубежного производства с приведением основных эксплуатационно-технических характеристик самолетов в период стабильного развития отечественной гражданской авиации позволяет прогнозировать и разрабатывать эффективные системы ТОиР как перспективных типов самолетов ГА, так и самолетов, находящихся длительное время в эксплуатации, применительно к изменившимся условиям экономической деятельности российских авиаперевозчиков.

Книга предназначена для широкого круга специалистов предприятий и организаций ГА и авиационной промышленности. Она будет полезна также преподавателям и студентам авиационных ВУЗов.

ISBN 5-88821-045-5

© Издательство «Воздушный транспорт», 2002

ВВЕДЕНИЕ

Безопасность полетов в гражданской авиации всегда была в центре внимания. Однако развитие авиации за последние годы показало растущий интерес к системному рассмотрению всей совокупности эксплуатационно-технических характеристик самолетов (включая безопасность полетов, надежность, контролепригодность и эксплуатационную технологичность) наравне с их летно-техническими характеристиками для достижения высокой безопасности, готовности и экономичности эксплуатации парка авиатехники. Это можно проиллюстрировать классической оптимизационной цепочкой взаимосвязей. Действительно, любые новые функциональные или экономические требования усложняют конструкцию самолета и его систем. Они влияют также на частоту и последствия (степень опасности), а также стоимость устранения отказов.

Для поддержания должного уровня надежности и безопасности эксплуатации самолетов необходимо улучшать надежность их конструкции, систем и оборудования, вводить резервирование и специальные системы безопасности, что непосредственно влияет на стоимость эксплуатации (через стоимость компонентов, массу и т.д.) и обуславливает новые требования к системе технического обслуживания и ремонта самолетов гражданской авиации.

Новые требования усложняют конструкцию самолетов в части мер обеспечения эксплуатационной технологичности, вызывают необходимость внедрения нового или усовершенствованного бортового и наземного оборудования и наличия эффективной программы эксплуатационного контроля для выявления скрытых отказов резервированных элементов систем и оборудования и предупреждения функциональных отказов систем в целом. Все это существенно влияет на регулярность полетов и эксплуатационные затраты. Растут трудозатраты на поиск неисправностей в сложных резервированных системах, появляются ошибки авиационного персонала и неподтвержденные отказы. Наконец, это приводит к

росту стоимости жизненного цикла и к новым, более жестким требованиям к эксплуатационно-техническим характеристикам самолетов.

Таким образом, понятна важность комплексного подхода к оценке эффективности системы технического обслуживания и ремонта самолета. В отечественной авиапромышленности и гражданской авиации в период 60—80-х годов были отработаны математический аппарат и система организационного обеспечения работ по анализу эффективности систем ТОиР как вновь создаваемых, так и эксплуатируемых самолетов и вертолетов. Основу этой системы составляют государственные (ГОСТ: В 28056, В 23743, В 20570, В 20436) и отраслевые (ОСТ: 54 30044, 54 30048, 54 30049, 54 30054) стандарты, а также межведомственные общие требования и методики обеспечения и оценки ЭТХ авиатехники, включая методы нормирования и оценки показателей систем ТОиР. Практические методы оценки эффективности систем ТОиР при испытаниях и сертификации, дополненные методиками оценки ЭТХ самолетов в эксплуатации, которые были разработаны под руководством и при активном участии авторов данной книги, позволили к концу 80-х — началу 90-х годов получить достаточно полную картину эффективности систем ТОиР самолетов отечественной разработки.

Эти данные, основная часть которых приведена в книге, важны тем, что они отражают реальную эффективность систем ТОиР отечественных самолетов применительно к условиям их эксплуатации в отечественной гражданской авиации как единой отрасли. Сейчас показатели ЭТХ ряда самолетов могут отличаться в изменившихся условиях организации ТОиР и обеспечения эксплуатации самолетов независимыми авиакомпаниями. Однако приведенная реальная оценка систем ТОиР рассмотренных самолетов по-прежнему представляет интерес, поскольку сравнение отечественных самолетов Ту-134, Ту-154, Ил-62, Ил-86, Як-40, Як-42 и других с зарубежными аналогами требует приведения показателей систем ТОиР к единой «мерной базе» и сопоставимым условиям регулярной эксплуатации. Такие условия имели место для наших самолетов только в период стабильной эксплуатации до конца 80-х годов.

Особое значение имеет анализ стоимостных показателей ТОиР. Сейчас, в условиях инфляции и нестабильных уровней оплаты труда, крайне сложно оценить затраты на ТОиР самолетов и долю затрат на ТОиР в общей стоимости летного часа эксплуатации. Приведенные в книге данные интересны тем, что они отражают

оценки для того периода времени, когда имели место не только стабильные часовые ставки оплаты труда и расценки на материалы, но и определенные, мало изменяющиеся во времени курсы рубля СССР по отношению к иностранным валютам, например, к доллару США. Это позволяет с известной долей уверенности принять в приведенных стоимостных оценках примерное равенство рубля и доллара США. Такой упрощенный прием дает возможность получить сопоставимые с зарубежными оценки стоимостных показателей эффективности систем ТОиР отечественных самолетов сопоставимого с зарубежными аналогами класса.

Для новых типов отечественных самолетов такой упрощенный подход вряд ли применим, и еще предстоит найти и внедрить корректные методы оценки эффективности систем ТОиР и других показателей конкурентоспособности этих самолетов в сравнении с их зарубежными аналогами. Данная задача затрудняется не только условиями экономической нестабильности современной российской авиапромышленности, но и новыми лизинговыми схемами поставок авиатехники, разными финансово-экономическими условиями поставок зарубежных и отечественных воздушных судов российским эксплуатантам гражданской авиации.

Вместе с тем, в предлагаемой книге впервые обобщены и комплексно рассмотрены достаточно подробные оценки показателей эффективности систем ТОиР всех основных типов отечественных самолетов. Материалы, полученные авторами за годы их совместной деятельности в ЛИИ им. М.М. Громова и ГосНИИ ГА, могут послужить хорошей основой для дальнейшего развития современных технико-экономических методов анализа и регулирования развития российской гражданской авиации в части эксплуатационно-технических характеристик самолетов.

1. ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТОиР САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

В процессе жизненного цикла самолета от момента начала его эксплуатации и до списания не менее важное значение, чем летная эксплуатация, содержанием которой является собственно применение самолета по назначению, имеет его техническая эксплуатация, реализуемая в системе технического обслуживания и ремонта, которая определена как «совокупность взаимосвязанных средств, документации ТОиР и исполнителей, необходимых для поддержания качеств самолетов, входящих в эту систему» – ГОСТ 18322.

Техническое обслуживание и ремонт представляют собой комплексы работ, выполняемых на самолете и имеющих своей целью: непосредственную подготовку самолета к полетам и обеспечение его сохранности между полетами;

поддержание и восстановление в течение жизненного цикла надежности самолета и его систем в обеспечение безопасности полета и успешного выполнения задания;

обеспечение и поддержание заданного уровня долговечности конструкции самолета (т.е. ресурса до списания самолета в целом и его составных частей, а также бортовых систем).

Одним из важных факторов, определяющих уровень эксплуатационно-технических характеристик самолета, является надежность конструкции самолета и его функциональных систем, задача поддержания и восстановления которой в эксплуатации решается путем выполнения на самолете комплекса работ по ТОиР, включающего работы по контролю технического состояния, профилактические работы, направленные на поддержание работоспособного состояния конструкции и агрегатов самолета, и восстановительные работы, имеющие своей целью восстановление исправного или работоспособного состояния самолета и его составных частей, в том числе путем замены агрегатов и блоков оборудования, выработавших свой ресурс.

Комплекс работ по ТОиР включает также значительный объем зарядно-заправочных работ, с помощью которых обеспечивается функционирование систем и составных частей путем возобновления на борту самолета запасов горючего, рабочих жидкостей и газов.

Применение самолета по назначению предполагает выполнение различного рода работ, связанных с посадкой и высадкой пассажиров, погрузкой и выгрузкой грузов и багажа, что требует значительных затрат времени и средств при подготовках самолета к полетам.

Наконец, основные работы по ТОиР сопровождаются работами по обеспечению сохранности самолета на стоянке в перерывах между полетами, а также зачастую значительным объемом дополнительных или вспомогательных работ, обеспечивающих саму возможность выполнения основных работ. Большую их часть составляют работы по обеспечению доступа к обслуживаемым элементам конструкции и блокам оборудования.

Работы по ТОиР выполняются авиационным техническим персоналом, использующим необходимые средства ТОиР. При этом персонал взаимодействует с конструкцией самолета и его составных частей в соответствии с указаниями эксплуатационной и ремонтной документации. Эти работы выполняются в различных сочетаниях, организационных формах или видах в зависимости от целевого назначения и периодичности выполнения работ.

Названные элементы: самолет, технический персонал, средства ТОиР, эксплуатационная и ремонтная документация, — взаимосвязаны и взаимодействуют в рамках образуемой ими системы ТОиР таким образом, чтобы обеспечить выполнение работ по ТОиР с высоким качеством при минимальных затратах труда, времени и средств. Необходимая эффективность системы ТОиР обеспечивается рациональным ее формированием, предполагающим анализ и взаимную увязку характеристик всех элементов, составляющих систему ТОиР.

Конструкция самолета и его составных частей как объектов ТОиР должна быть приспособлена к выполнению работ по ТОиР, т.е. иметь необходимый уровень эксплуатационной и ремонтной технологичности, достаточный для обеспечения доступности объектов ТОиР, удобства и безошибочного выполнения всех работ.

Инженерно-технический персонал, выполняющий работы по ТОиР самолета, должен иметь квалификацию и численность, обеспечивающие выполнение работ в заданное время, без ошибок, в полном объеме и с высоким качеством.

Средства, применяемые при выполнении работ ТОиР, по своим характеристикам и параметрам должны соответствовать характеристикам и параметрам не только самолета в целом, но и его составных частей (систем, агрегатов, блоков оборудования), стыкуемых со средствами ТОиР. Основными задачами средств ТОиР являются:

- обеспечение работоспособности систем и агрегатов самолета путем заправки и зарядки их рабочими жидкостями и газами согласно установленным номенклатуре и техническим параметрам;

- энергетическое обеспечение систем самолета в процессе ТОиР и поддержание необходимых условий на борту при ТОиР и перед полетом;

- обеспечение технологической возможности выполнения работ по ТОиР, включая доступность обслуживаемых объектов и удобство выполнения работ, механизацию и автоматизацию процессов обслуживания и восстановления в целях повышения производительности труда и качества выполнения работ;

- обеспечение выполнения монтажно-демонтажных работ и транспортировки самолета в целом и его отдельных составных частей (агрегатов);

- обеспечение сохранности самолета при перерывах в полетах и др.

Исходя из вышеизложенного, можно утверждать, что состав и характеристики средств ТОиР заметно влияют на эксплуатационное совершенство системы ТОиР самолета.

Наконец, уровень эксплуатационного совершенства системы ТОиР самолета в значительной мере зависит от качества эксплуатационной и ремонтной документации, которой руководствуется инженерно-технический персонал в процессе ТОиР самолета. Эта зависимость имеет разносторонний характер.

С одной стороны, это влияние чисто внешних факторов (формат и качество издания, качество написания, подробность и доступность изложения, достаточность и качество иллюстраций и прочее).

С другой стороны, это технологический уровень указаний и рекомендаций, содержащихся в ЭТД, соответствие рекомендуемых технологий конструктивным особенностям обслуживаемого объекта и современным требованиям в области обслуживания и восстановления авиационной техники.

Кроме того следует указать еще на одно важное обстоятельство, имеющее принципиальный характер. Речь идет о методах экс-

плуатации, закладываемых в основу построения системы ТОиР самолета. Методы эксплуатации, определяющие состав, объем, периодичность работ по ТОиР и, что еще важнее, – способ установления предельного состояния изделия и момент его замены (восстановления), в конце концов определяют экономическую эффективность ТОиР и, в значительной мере, всего процесса эксплуатации самолета.

Эти методы эксплуатации по общности принципов принято разделять на две группы:

методы эксплуатации по ресурсу, когда пределы использования изделия и правила поддержания его надежности в эксплуатации ограничиваются и определяются наработкой (сроком службы);

методы эксплуатации по состоянию, когда пределы использования изделия и правила поддержания его надежности в эксплуатации определяются фактическим состоянием изделия и ограничение по наработке не устанавливается.

Сущность этих методов, недостатки ресурсной эксплуатации и преимущества эксплуатации по состоянию достаточно подробно изложены в научной литературе, нормативной и методической документации и не нуждаются в дополнительных пояснениях.

Важно учитывать, что в рассматриваемый в данной книге период времени (конец 80-х годов) основным и практически единственным методом технической эксплуатации отечественных самолетов и их составных частей являлся метод технической эксплуатации по ресурсу, при котором на самолет в целом и на все его комплектующие изделия устанавливались ресурсы – назначенный (до списания), до первого ремонта и межремонтный, а также соответствующие им сроки службы.

Несмотря на очевидные недостатки безопасного, но дорогого ресурсного метода эксплуатации, а также на то, что техническая эксплуатация по состоянию зарубежных самолетов, начиная с 60–70-х годов минувшего столетия практически полностью вытеснила эксплуатацию по ресурсу, в силу объективных и субъективных причин в отечественной ГА до сих пор ресурсная эксплуатация остается преобладающим методом эксплуатации. При этом не без участия авторов данной книги методология внедрения эксплуатации по техническому состоянию практически полностью была разработана уже к середине 80-х годов, а конструктивные особенности большинства типов отечественных самолетов и особенности их ЭТХ не препятствуют возможности применения методов экс-

плуатации по состоянию. Проблемы широкомасштабного внедрения эксплуатации по состоянию в значительной мере связаны не столько с особенностями конструкции самолетов, сколько с кризисом авиационной отрасли России, когда условия продления ресурсов и сроков службы эксплуатирующихся типов самолетов зачастую используются как источник финансирования предприятий авиапромышленности и других заинтересованных организаций.

Для обеспечения высокой эффективности системы ТОиР и в целом высокого уровня ЭТХ создаваемого самолета соответствующие работы должны выполняться с ранних этапов проектирования, что, к сожалению, в отечественной практике далеко не всегда имело место. Решение этой задачи по принципу – «построим самолет, тогда и напишем, как его обслуживать», бытовавшему некогда в практике отечественных самолетостроителей, приводило зачастую ко множеству конструктивных, компоновочных и схемных недостатков, снижавших уровень ЭТ и РТ конструкции самолета, повышенной трудоемкости ТОиР и снижению эффективности эксплуатации самолета.

Только к концу 70-х – началу 80-х годов создатели авиационной техники по-настоящему повернулись лицом к проблемам обеспечения необходимого уровня ЭТХ, в том числе характеристик системы ТОиР, уровня ЭТ и РТ. Стали формироваться соответствующие разделы технических заданий и программы обеспечения ЭТ и РТ, более объемно и квалифицированно отрабатываться разделы «Система ТОиР» в технических предложениях и эскизных проектах самолетов.

Позднее для вновь создаваемых самолетов стали разрабатывать программы ТОиР, отражавшие переход на качественно новый уровень проектирования и формирования систем ТОиР с учетом реализации принципов эксплуатации по состоянию. Было методически обеспечено и реализовано на практике определение в процессе испытаний опытного самолета количественных характеристик систем ТОиР, дополненное развернутой качественной оценкой уровня ЭТ и РТ конструкции самолета и его составных частей, а также характеристик средств ТОиР.

Известно, что создание самолета включает несколько этапов (эскизное и рабочее проектирование, изготовление опытных экземпляров, заводские, государственные и эксплуатационные испытания), отличающихся достоверностью и полнотой исходных данных, глубиной проработки, полнотой и достоверностью полу-

ченных результатов. В связи с этим процесс формирования системы ТОиР самолета, также как и процесс создания самолета в целом, является не только оптимизационным, но и итерационным процессом, требующим постоянного анализа, сопоставления результатов, полученных на разных этапах, сравнения создаваемого самолета и его отечественных и зарубежных аналогов.

Необходимость постановки и решения оценочной и сравнительной задач потребовала разработки специальной системы показателей, использование которой позволяло бы достоверно определять характеристики системы ТОиР различных типов самолетов, оценивать эффективность (в том числе и экономическую) процесса технической эксплуатации самолета в целом, а также его систем, изделий и оборудования.

Эффективность системы ТОиР и уровень ЭТ и РТ самолетов принято характеризовать рядом показателей, с использованием которых:

- разрабатывают и задают количественные требования и контролируют их выполнение при создании самолета;

- управляют уровнем ЭТ и РТ в процессе проектирования;

- сравнивают уровни ЭТ и РТ различных самолетов и их составных частей;

- собирают информацию об уровне ЭТ и РТ и его изменении в процессе эксплуатации.

Все показатели, используемые для оценки эффективности системы ТОиР и уровня ЭТ и РТ, в той или иной степени связаны с трудоемкостью и продолжительностью ТОиР, материальными затратами и включают абсолютные, удельные и относительные показатели.

К абсолютным показателям обычно относят величины трудоемкости, продолжительности и стоимости выполнения отдельных работ и видов ТОиР, такие как средняя продолжительность выполнения k -го оперативного вида ТО (например, продолжительность транзитного ТО), средняя продолжительность выполнения i -й плановой работы по ТО (заправка топливом, замена двигателя и т.п.), среднее время восстановления (поиска и устранения отказов и повреждений).

Последний показатель характеризует среднюю продолжительность работ по поиску и устранению причин отказов и повреждений, выявленных в полете или при ТОиР. Среднее время восстановления t_B обычно определяют как сумму трех слагаемых:

t_{Π} – среднего времени поиска причины (места) отказа, t_y – среднего времени устранения причины отказа, $t_{\Pi, P}$ – среднего времени регулировки после восстановления

$$t_B = t_{\Pi} + t_y + t_{\Pi, P}. \quad (1.1)$$

Из выражения (1.1) следует, что показатель t_B может быть отнесен к числу комплексных показателей, так как зависит и от характеристик надежности, и от уровня контролепригодности, и от уровня восстанавливаемости, и от уровня взаимозаменяемости.

К числу абсолютных показателей, помимо других, относятся также трудоемкость – T_p , продолжительность – t_p , стоимость – C_p и периодичность – τ_p выполнения заводского ремонта или контрольно-восстановительных работ. Из приведенных примеров следует, что абсолютные показатели по существу являются характеристиками системы ТОиР, которые могут использоваться также в качестве исходных данных для расчета удельных и относительных показателей.

Относительные показатели, определяемые в виде дроби, характеризуют, как правило, долю трудоемкости основной (целевой) части работы в общей трудоемкости всей работы. Такими, например, являются следующие показатели.

Коэффициент доступности – k_d , определяемый как отношение средней трудоемкости $T_{осн}$ основной работы ТО к суммарной трудоемкости всех видов работ ТО, включающей и трудоемкость дополнительных работ – $T_{доп}$ по обеспечению доступа при ТО:

$$k_d = T_{осн} / (T_{осн} + T_{доп}). \quad (1.2)$$

Коэффициент легкосъемности – $k_{л}$ и коэффициент взаимозаменяемости – $k_{вз}$, структурно и по существу повторяющие коэффициент доступности, а также коэффициент загрузки – $k_{загр}$ исполнителей работ при ТО данного вида или формы, характеризующий степень участия отдельных исполнителей в выполнении всего комплекса работ и определяемый как отношение средней суммарной продолжительности – $t_{исп}$ работы отдельного исполнителя к общей продолжительности – $t_{лк}$ вида (формы) ТО или Р:

$$k_{загр} = t_{исп} / t_{лк}. \quad (1.3)$$

Коэффициент загрузки характеризует приспособленность конструкции к совмещению работ по ТОиР и влияет на потребное число исполнителей

$$N_{\text{исп}} = T_{\text{лк}} / t_{\text{лк}} k_{\text{загр}}. \quad (1.4)$$

Основными показателями, достаточно полно и комплексно характеризующими эффективность системы ТОиР и уровень ЭТ и РТ, принято считать удельные показатели, такие как средняя суммарная удельная трудоемкость ТОиР – K_T , средняя суммарная удельная продолжительность ТОиР – K_P , средняя суммарная стоимость ТОиР – K_C . Все три показателя по существу представляют собой величину определенного вида затрат (труда, времени и средств), приходящихся на единицу выполненной работы, и рассчитываются как отношение суммарной величины затрат за некоторый период времени к суммарному налету (определяющему вместе с часовой производительностью объем выполненных перевозок) самолета за этот же период, а именно:

$$\begin{aligned} K_T &= T_{\text{сум}} / \tau_{\text{сум}}; \\ K_P &= t_{\text{сум}} / \tau_{\text{сум}}; \\ K_C &= C_{\text{сум}} / \tau_{\text{сум}}. \end{aligned} \quad (1.5)$$

Удельные показатели обычно определяются как в целом для всего объема ТОиР, так и для отдельных его составляющих: оперативного ТО – $K_{\text{ТОп}}$, периодического ТО (регламентных работ) – $K_{\text{ТРР}}$, восстановления (поиска и устранения отказов и повреждений) – $K_{\text{ТВ}}$, работ по восстановлению ресурса (замене в процессе эксплуатации агрегатов и блоков оборудования, выработавших свой ресурс) – $K_{\text{ТВР}}$, заводского ремонта – $K_{\text{ТР}}$ и контрольно-восстановительных работ – $K_{\text{ТКВР}}$, выполняемых вместо заводского ремонта при эксплуатации по состоянию.

Поскольку показатель K_C определяется главным образом затратами на заработную плату инженерно-технического персонала, пропорциональную трудоемкости ТОиР, и материальными затратами на приобретение новых изделий (запасных частей и расходных материалов), показатель K_C обычно представляют как сумму двух показателей: $K_{\text{Сзп}}$ – удельные затраты на заработную плату и

K_{CM} – удельные затраты на приобретение запасных частей и расходных материалов.

Кроме рассмотренных показателей для комплексной оценки системы ТОиР самолета используются еще два показателя: коэффициент готовности к вылету – $K_{ГВ}$ и коэффициент исправности – $K_{И}$ (или коэффициент планируемого применения – $K_{ПП}$). Первый из них представляет собой вероятность того, что после проведения предполетного ТО самолет будет готов к вылету по расписанию. Второй – соответствует вероятности того, что в любой момент времени нахождения на земле самолет будет в исправном или работоспособном состоянии. Коэффициент планируемого применения отличается от коэффициента исправности тем, что при его определении не учитываются простои в неисправном состоянии, вызванные ожиданием восстановления.

Рассмотренные показатели, характеризующие эффективность системы ТОиР и уровень ЭТ и РТ, являются функциями значительного числа параметров, отражающих применение самолета по назначению. К числу таких параметров, прежде всего, относятся продолжительность полета – τ_n , суточный налет – $\tau_{СУТ}$ (налет за летный день $\tau_{ЛД}$) и суммарный годовой налет – $\tau_{ГОД}$ каждого самолета. Средние значения этих параметров, обычно используемые при расчетах удельных показателей, связаны между собой следующими зависимостями:

$$\tau_{ГОД} = \tau_{СУТ} n_{СУТГ} = \tau_n n_{П} n_{СУТГ}, \quad (1.6)$$

где $n_{П}$ – число полетов, выполняемых в течение летного дня;

$n_{СУТГ}$ – число летных суток (летных дней) в году.

Среднее число летных суток в году $n_{СУТГ}$ для удобства расчетов часто представляют как произведение среднего числа летных суток $n_{СУТ}$ в оперативном цикле на среднее число оперативных циклов $n_{ОЦ}$ в году (под оперативным циклом понимается календарный период, ограниченный двумя последовательно выполняемыми формами оперативного ТО наибольшей трудоемкости или базового ТО).

Увеличение продолжительности полета, суточного и годового налета, как правило, приводит к уменьшению величин удельных показателей, т.е. соответствует повышению эффективности системы ТОиР. К такому же эффекту приводит и увеличение числа по-

летов за летный день и увеличение числа летных дней в году или в оперативном цикле ТО.

На уровне удельных показателей благоприятно сказывается увеличение периодичности выполнения плановых видов периодического ТО (регламентных и ремонтных работ), поскольку это приводит к уменьшению числа выполнений этих видов работ и, как следствие, к уменьшению их суммарной трудоемкости и продолжительности.

Следует подчеркнуть, что наиболее эффективным путем улучшения характеристик системы ТОиР и всего комплекса ЭТХ самолета остается повышение надежности (в первую очередь, безотказности и долговечности) функциональных систем и составных частей самолета, а также повышение эксплуатационной и ремонтной технологичности, улучшающее доступность, удобство и безошибочность ТОиР.

Указанные подходы и методы оценки положены в основу выполненного в данной книге анализа ЭТХ самолетов и эффективности их технической эксплуатации.

Далее в табл. 1.1—1.7 приведены основные ЛТХ отечественных и зарубежных типов самолетов ГА. Эти характеристики отражают обобщенный, а не «рекламный» облик каждого типа (но не модификаций) самолета и двигателя. В зависимости от источника информации ЛТХ могут отличаться относительно этих характеристик, и возможно сравнение различных типов ВС по выбранному или заданному критерию эффективности.

Основные летно-технические характеристики самолетов местных воздушных линий

Параметр	Значения параметров по типам самолетов											
	Як-40	Falcon-30	Ан-24РВ	Р-27-500	Л-410 УВП	Л-410 УВП-Э	Ан-28	BEECH C-99	Ил-114	АТР	ATR-72	ATR-42
Год внедрения	1968	1976	1971	1969	1980	1986	1986	1981	1992	1987	1988	1986
Взлетная масса, т	16.1	16.0	21.8	20.8	5.8	6.4	6.5	5.1	21.0	22.4	21.5	16.7
Масса снаряженного самолета, т	10.2	10.0	14.6	12.692	3.9	4.16	3.93	3.198	13.7	13.5		10.3
Количество пассажиров, чел.	32	30	48	52	15	19	17	15	60	64	66	46
Коммерческая нагрузка, т:												
максимальная;	2.7	3.4	5	5.5	1.3	1.7	1.8	1.5	6.0	6.7	7.5	4.9
при максимальном запасе топлива	1.9	1.9	3.2	4.2	0.74	0.9	1.03	0.815	1.5	3.778		1.7
Практическая дальность полета, км:												
при максимальной коммерческой нагрузке;	820	1012	600	1239	315	485	515	607	400	729	1180	930
при максимальном запасе топлива	1280	3082	1680	2330	745	1350	1410	1454	4000	3062		5094
Крейсерская скорость, км/ч	510	704	450	449	365	380	337	365	500	485	500	460
Расход топлива, г/пкм, при условиях:	78.9	48.0	38.8	32.0	65.0	56.0	68.0	42.8	19.0	20.0	16.2	21.5
коммерческая нагрузка, т ;	2.72		4.32				1.49	1.31	5.4	5.76	5.8	4.10
дальность полета, км	1320		1550		590	835	945	960	1670	2345	2220	2100

Масса снаряженного самолета, т:												
на 1 т коммерческой нагрузки, т/т;	3.75	2.96	2.92	2.29	3.05	2.43	2.24	2.07	2.28	2.02		2.11
на 1 пассажира, кг/пасс.	319	335	304	244	266	219	230	213	228	212		209
Тип двигателя	ТРДД АИ-25	ТРДД ALF-502	АИ-24 и РУ-19-300	ТВД МК-552-7R	ТВД М-601Д	ТВД М-601Е	ТВД-10Б	ТВД PWACR TGA 36	ТВД ТВ-7-117	ТВД PW-124	ТВД PW-124	ТВД PW-120
Взлетная тяга двигателей, кгс	2×1500	2×2300	2×2550	2×2210 ЭЛС	2×760	2×810 ЭЛС	2×960 ЭЛС	2×715 ЭЛС	2×2500 ЭЛС	2×2400 ЭЛС	2×2400 ЭЛС	2×1800 ЭЛС

**Основные летно-технические характеристики самолетов
ближних магистральных воздушных линий**

Параметр	Значения параметров по типам самолетов				
	Ту-134 (А)	Як-42	MD-81	В-737-500	А-320-100
Год внедрения	1967(1970)	1980	1981	1990	1988
Взлетная масса, т	47.0	57.0	63.5	52.4	66.0
Масса снаряженного самолета, т	29.0	33.5	35.6	31.0	37.9—38.2
Количество пассажиров, чел.	76—80	120	172	132	164
Коммерческая нагрузка, т:					
максимальная;	7.7	13.5	18.00	15	18.3—18.8
при максимальном		5.3	10.3	5.3	14.9—15.5
запасе топлива					
Практическая дальность полета, км:					
при максимальной коммерческой нагрузке;	2000	1850	1700	1700—1800	2100—2500
при максимальном запасе топлива	3500	3850	4440	5600—5700	3500—3650
Крейсерская скорость, км/ч	850	740	840	776	840
Расход топлива, г/пкм, в условиях:					
коммерческая нагрузка, т (95 кг на пассажира);		11.4	16.34	12.54	15.58
техническая дальность полета, км		2210	3130	3650	4800—4600
Масса снаряженного самолета, т:	3.77	2.31	1.98	1.99	2.06—2.03
на 1 т коммерческой нагрузки, т/т;	363	279	207	234	231—233
на 1 пассажира, кг/пасс.					
Тип двигателя	ТРД Д-30 2 с	ТРДД Д-36	ТРДД JT8D-209	ТРДД CFM-56-3	ТРДД CFM-56-5
Число двигателей	2	3	2	2	2
Взлетная тяга двигателя, кг	6800	6500	8700	9070	11340
Диаметр фюзеляжа, м		3.8	3.7	3.8	3.95
Длина фюзеляжа, м		32.6	44.0	29.8	32.7

Таблица 1.3

Основные характеристики дальних и средних магистральных пассажирских самолетов

Параметр	Значения параметров по типам самолетов														
	Ил-62М	В-707-320В	В-767-200 ER	Ил-96-300	А-340-200	MD-11	Ту-154В	Ту-154М	В-727-200	Ту-204	В-757-200	А-320-200	Ил-86	Л-1011	А-330-300
Год внедрения	1974	1962	1984	1992	1992	1990	1975	1986	1971	1992	1984	1988	1980	1972	1993
Взлетная масса, т	167	151.5	175.5	216	251.0	273.29	98	100	95	93.5	108.8	73.5	210	195	208
Масса снаряженного самолета, т	73.4	67.1	83.8	117	118.6	126.7	54.1	55.0	46.7	56.5	58.2	39.8	117.4	108.5	117.7
Количество пассажиров, чел.	168	177	211	300	349	377	164	180	163	214	218	168	350	330	375
Коммерческая нагрузка, т:															
максимальная;	23.0	24.5	34.2	40.0	50.4	55.5	18.0	18.0	18.6	21.0	26.3	20.7	42.0	38.8	47.8
при максимальном запасе топлива	6.0	15.1	18.4		24.4	30.3	4.75	6.0	15.3	13.0	17.4	14.6	2.0	14.5	17.5
Практическая дальность полета, км:															
при максимальной коммерческой нагрузке;	7760	7800	9200	7400	10300	9800	2840	3600	3900	2500	2480	3000	3300	4400	6000
при максимальном запасе топлива	10 280	10 670	13 250	11 000	14 800	13 900	4400	6000	4990	4700	4600	5400	7080	7375	11 800
Крейсерская скорость, км/ч	830	855	850	860	870		850	850	862	850	850	850	870	890	870

Параметр	Значения параметров по типам самолетов														
	Ил-62М	В-707-320В	В-767-200 ER	Ил-96-300	А-340-200	MD-11	Ту-154В	Ту-154М	В-727-200	Ту-204	В-757-200	А-320-200	Ил-86	L-1011	А-330-300
Расход топлива, г/пкм, в условиях:	47.4	33.3	24.6	23.0	20.0	21.0	39.0	32.5	34.4	19.0	17.2	16.9	34.1	27.0	16.5
коммерческая нагрузка, т	16.8	17.7	21.1	30.0	34.9	37.7	15.58	17.1	15.5	19.4	20.71	15.96	35.0	33.0	37.5
техническая дальность полета, км	9600	11 300	13 610	9680		14 000	4430	4810	5300	4330		6250	4750	5990	8900
Масса снаряженного самолета, т:															
на 1 т коммерческой нагрузки, т/т,	3.19	2.74	2.45	2.92	2.35	2.26	3.0	3.05	2.51	2.69	2.21	1.92	2.79	2.8	2.42
на 1 пассажира, кг/пасс.	437	379	397	369	340	334	330	305	287	264	267	237	279	329	309
Тип двигателя	ТРДД Д30КУ	ТРДД JT3D-7	ТРДД JT9D-7R4E CF6-80C2	ТРДД ПС-90	ТРД CFM-56-5C2	ТРДД PW-4360	ТРДД НК-8-2У	ТРДД Д30КУ-154	ТРДД JT8D-17	ТРДД ПС-90А	ТРДД PW-2037	ТРДД CFM-56-5	ТРДД НК-86	ТРДД RB-211-22В	ТРДД CF6-80C2, PW-4168
Взлетная тяга двигателя, кгс	4х ×11 000	4х ×8620	2х ×26 200	4х ×16 000	4х ×13 880	3х ×27 200	3х ×10 500	3х ×11 000	3х ×7260	2х ×16 000	2х ×17 340	2х ×11 340	4х ×13 000	3х ×19 000	2х ×30 000

Таблица 1.4

**Основные характеристики отечественных турбореактивных
двигателей пассажирских самолетов**

Параметр, размерность	Значения параметров по типам авиационных двигателей								
	Аи-25	Д-30-2с	Д-36	НК-8-2У	НК-8-4	Д-30КУ	НК-86	ПС-90А	Д-436Т
Типы самолетов, на которых установлен двигатель	Як-40	Ту-134А	Як-42	Ту-154	Ил-62	Ил-62М	Ил-86	Ил-96-300 Ту-204	Ту-334
Год начала эксплуатации (сертификации)	1968	1963	1977	1973	1968	1972	1980	1992	1993
Взлетный режим (Н=0; М=0)									
Мощность, кгс	1500	6800	6400	10 500	10 500	11 000	13 000	16 000	7500
Расход воздуха, кг/с		127	253	228	222	268	295	268	
Удельный расход топлива, кг/кгс · ч		0,620	0,375	0,590	0,600	0,498	0,540	0,350	0,385
Крейсерский режим									
Мощность, кгс		1600	1500	2200	2750	2750	3200	3500	1900
Удельный расход топлива, кг/кгс · ч		0,800	0,680	0,800	0,810	0,700	0,745	0,580	0,680
Удельная масса двигателя, кг/кгс		0,228	0,172	0,200	0,209	0,209	0,188	0,175	0,170

Таблица 1.5

**Основные характеристики авиационных турбовинтовых двигателей
отечественных и зарубежных пассажирских самолетов**

Параметр, размерность	Значения параметров по типам авиационных двигателей						
	ТВД -10Б	Аи-24	М-601Д	ТВ-7- 117	PWC PTGA-66	PW-120	PW- 124
Типы самолетов, на которых уста- новлен двигатель	Ан- 28	Аи-24 РВ	Л-410 УВП	Ил- 114	Beech-1900	ATR- 42-200	ATR- 72
Год начала экс- плуатации (серти- фикации)	1986	1971	1980	1992	1981	1986	1988
Взлетный режим (Н=0; М=0)							
Мощность, кгс	960	2250	760	2500			
Удельный расход топлива, кг/кгс · ч					0,267	0,220	0,210
Крейсерский ре- жим							
Мощность, э.л.с.					850	2000	2400
Удельный расход топлива, кг/э.л.с · ч					0,292	0,220	0,213
Удельная масса двигателя, кг/кгс					0,220	0,208	0,200

**Основные характеристики зарубежных турбореактивных
двигателей пассажирских самолетов**

Параметр, размерность	Значения параметров по типам авиационных двигателей								
	JT8D-209	CFM-56-3	RB-211-06	PW-2037	RB-211-5248	JT-9D	CF6-50J	CF6-80C3	PW-4056
Типы самолетов, на которых установлен двигатель	DC-9 (-55) Супер-80 B-737	DC-8 A-300 B-737	DC-10 L-1011	B-727 B-757	B-747 L-1011	B-747 L-1011 DC-10	B-747 A-700B DC-10-30	B-747 B-767 A-300 A-310 DC-10	B-747 B-767 A-300 A-310
Год начала эксплуатации (сертификации)	1977	1983	1970	1984	1977	1983	1975	1985	1986
Взлетный режим (Н=0; М=0)									
Тяга, кгс	8390	9060	15 090	16 800	22 680	25 425	24 050	25 400	25 400
Расход воздуха, кг/с	240	300	550	540	625			795	770
Удельный расход топлива, кг/кгс·ч	0,500	0,370	0,332	0,320	0,350	0,348	0,430	0,335	0,320
Крейсерский режим									
Тяга, кгс			3680	3010	4975		5490		
Удельный расход топлива, кг/кгс·ч		0,630	0,623	0,563	0,656		0,640	0,583	0,591
Удельная масса двигателя, кг/кгс	0,230	0,210	0,189	0,178	0,176	0,169	0,159	0,160	0,167

Следует отметить, что широко применяемая зарубежными самолетостроительными фирмами практика глубокой последовательной модификации самолетов затрудняет сравнительный анализ отечественных и зарубежных типов ВС. В табл. 1.7 приведены некоторые характеристики модификаций самолета В-737, которые включают не только внутренние изменения систем и оборудования, что практикуется и отечественными разработчиками и

изготовителями, но и изменение основной конструкции планера и силовой установки. Так, для разных модификаций В-737 взлетная масса самолета составляет от 54,4 до 70,55 т, вместимость от 120 до 184 пассажиров, длина самолета от 30,48 до 39,5 м, размах крыла от 28,35 до 34,4 м и т.д., с применением нескольких типов двигателей, поэтому начальная В-737-200 и конечная В-737-800 модификации этого самолета являются фактически различными типами самолетов.

В табл. 1.8 приведены обобщенные характеристики режимов ТОиР основных типов отечественных самолетов ГА, включающие ресурсы и структуру ТО. К табл. 1.8 необходимы следующие пояснения.

Для анализа ЭТХ отечественных типов самолетов ГА введены следующие понятия ресурсов: расчетный, фактический и индивидуальный – назначенные и межремонтные соответственно.

Структура ТО, приведенная в табл. 1.8, также разделена на заданную и фактическую. Заданная структура ТО – это та, которая была определена при проектировании самолета, а фактическая – та, которая действует в настоящее время. Так, типовая структура оперативного ТО включает (согласно ОСТ 54 300054-88) следующие формы:

А1 (Ат) – транзитное ТО;

А2 (Аб) – послеполетное ТО, выполняемое в базовом аэропорту;

Б – конечная форма оперативного цикла, выполняемая каждые 20–30 дней эксплуатации (базовое ТО),

а также вспомогательные работы:

ВС – по встрече;

ОС – обеспечение стоянки;

ОВ – обеспечение вылета.

Периодическое ТО определено в табл. 1.8 индексами:

П – пирамидальное, т.е. когда каждая последующая форма включает работы всех предыдущих форм в цикле из 3 – 4 форм, например: Ф1 – 300, Ф2 – 900 и Ф3 – 1800;

Ф – фазовое, т.е. когда определена только базовая форма периодического ТО с установленной периодичностью и далее по наработке самолета к этой форме добавляются дополнительные работы в пределах цикла, равного межремонтному или назначенному ресурсам самолета.

Таблица 1.7

Некоторые характеристики модификаций самолетов В-737

Параметр	Модификации В-737													
	200		300		400		500		600		700		800	
	В	HGW	В	HGW	В	HGW	В	HGW	В	HGW	В	HGW	В	HGW
Максимальная взлетная масса, т	54,4	58,3	56,47	63,8	63,28	68,04	52,39	60,55	56,24	65,09	58,96	69,4	70,53	70,55
Максимальная посадочная масса, т	48,5		51,71	52,89	54,88	56,24	49,89		54,659		58,061		65,318	
Масса снаряженного самолета, т	27,3	27,6												
Масса топлива, макс., т	21,04		20,1	23,89	20,1	23,89	20,1	23,89	26,03		26,03		26,03	
Количество пассажиров, чел	120		149		168		132		130		149		184	
Тип двигателя:														
базовый	JT8D-15A		CFM56-3C-1				CFM56-3C-1		CFM56-7B18		CFM56-7B20		CFM56-7B24	
оптимальный	JT8D-15A		CFM56-3-B1				CFM56-3-B1		CFM56-7B22		CFM56-7B24		CFM56-7B26	
			CFM56-3-B2		CFM56-3C									
Размеры:														
размах крыла, м	28,35		28,9		28,9		28,9		34,4		34,4		34,4	
длина самолета, м	30,48		33,4		36,4		31,0		31,2		33,6		39,5	
высота самолета, м	11,28		11,1		11,1		11,1		12,5		12,5		12,5	
колея шасси, м	5,23		5,2		5,2		5,2		5,7		5,7		5,7	

В – базовый вариант конструкции.

HGW – вариант с увеличенной взлетной массой.

Характеристики режимов ТОиР отечественных типов самолетов

Тип самолета	Назначенный ресурс (срок службы) л. ч/пос. (годы)			Межремонтный ресурс (срок службы) л. ч/пос. (годы)			Структура ТО			
	НРР	НРФ	НРИ	МРР	МРФ	МРИ	Оперативное		Периодическое	
							задано	фактически	задано	фактически
Ил-86	$\frac{30000}{10000}$ (20)	$\frac{30000}{10000}$ (20)	$\frac{30000}{10000}$ (20)	$\frac{10000}{40000}$ (5)	—	—	Не установлена	Типовая	П 300, 900, 1800	П 333, 1000, 2000
Ил-76Т	$\frac{30000}{10000}$ (20)	$\frac{20000}{7000}$ (20)	Свыше 20 лет	$\frac{5000}{2500}$ (5)	$\frac{5000}{2500}$ (5)	$\frac{5000}{2500}$ (10)	Не установлена	Типовая	П 200, 600, 1200	П 333, 1000, 2000
Ил-62(М)	$\frac{30000}{7000}$ (20)	$\frac{35000}{7500}$ (23)	$\frac{45000}{8500}$ (25)	$\frac{6000}{2000}$ (5)	$\frac{10000}{2700}$ (6)	$\frac{12000}{2700}$ (12)	Не установлена	Типовая	П 200, 600, 1200	П 300, 900, 1800, 3600
Ил-18	$\frac{25000}{7000}$ (20)	$\frac{40000}{18000}$ (30)	Свыше 30 лет	$\frac{4000}{2000}$ (5)	$\frac{5000}{2500}$ (3)	Свыше 3 лет	Не установлена	Типовая	П 100, 300, 900	П 300, 900, 1800
Ил-96-300	$\frac{60000}{15000}$ (20)	$\frac{24000}{6000}$ (20)	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Ф 300	П 500, 1500, 3000, 12 000
Ил-114	$\frac{45000}{45000}$ (20)	$\frac{6000}{6000}$ (5)	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Ф 300	П 500, 3000, 6000

Ил-103	14000 —(15) 20000	14000 —(15) 20000	—	5000 — (5) 5000	5000 — (5) 5000	—	Типовая	Типовая	П 50, 150, 300	П 50, 100, 300
Ту-154Б	30000 —(20) 20000	37500 —(21) 16000	45000 —(25) 18000	6000 — (5) 4000	10000 — (6) 4000	15000 —(12) 6000	Не установ- лена	Типовая	П 200, 600, 1200	П 300, 900, 1800 П 600, 1200. 1 год
Ту-154М	30000 —(20) 15000	30000 —(20) 15000	—	6000 — (5) 4000	10000 — (6) 4000	15000 —(12) 6000	Не установ- лена	Типовая	П 200, 600, 1200	П 300, 900, 1800 П 600, 1200. 1 год
Ту-134А	25000 —(20) 25000	40000 —(25) 25000	45000 —(30) 30000	4000 — (5) 4000	6000 —(4,5) 4000	До 8,5 лет	Не установ- лена	Типовая	П 200, 600, 1200	П 333, 1000, 2000
Ту-204	45000 —(20) 30000	5000 — (5) 2000	—	Не установ- лен	—	—	Типовая	Типовая	Ф 500	Ф 300
Як-42	30000 —(20) 20000	20000 —(20) 14000	—	Не установ- лен	—	—	Типовая	Типовая	П 300, 900, 1800	Ф 600
Як-40	25000 —(20) 25000	32000 —(25) 28000	38000 —(35) 35000	4000 — (5) 4000	6000 — (6) 6000	9000 —(14) 8000	Не установ- лена	Типовая	П 200, 600, 1200	Ф 600

Тип самолета	Назначенный ресурс (срок службы) л. ч/пос. (годы)			Межремонтный ресурс (срок службы) л. ч/пос. (годы)			Структура ТО			
	НРР	НРФ	НРИ	МРР	МРФ	МРИ	Оперативное		Периодическое	
							задано	фактически	задано	фактически
Ан-124-100		8000 —(15) 2000	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Не установлена	Ф 300
Ан-12	20000 —(20) 10000	35000 —(30) 13500	43000 —(40) 16000	4000 —(4) 2000	4000 —(4) 2000	8000 —(15) 2500	Не установлена	Типовая	Не установлена	Ф 333
Ан-24	20000 —(20) 20000	54000 —(30) 36000	60000 —(35) 42000	60000 —(35) 42000	5000 —(5) 5000	8000 —(10) 6000	Не установлена	Типовая	Не установлена	Ф 300 или Ф 600
Ан-26	20000 —(20) 10000	30000 —(20) 16000	36000 —(30) 20000	36000 —(30) 20000	6000 —(5) 4000	8000 —(14) 5000	Не установлена	Типовая	П 200, 600, 1200	Ф 300 или Ф 500
Ан-32	16000 —(15) 10000	16000 —(15) 8000	—	4000 —(4) 2000	4000 —(5) 3000	7000 —(12) 6000	Не установлена	Типовая	П 200, 600	Ф 450

Ан-74	30000 —(20) 15000	10000 —(20) 5000	40000 —(20) 20000	Не установ- лен	—	—	Типовая	Типовая	Ф 300	Ф 300
Ан-72	30000 —(20) 30000	5000 —(20) 5000	15000 —(20) 15000	Не установ- лен	—	—	Типовая	Типовая	Ф 300	Ф 300

Ресурсы: НРР и МРР – назначенный и межремонтный расчетные ресурсы соответственно.
 НРФ и МРФ – назначенный и межремонтный фактические ресурсы соответственно.
 НРИ и МРИ – назначенный и межремонтный индивидуальные ресурсы соответственно.

Формы ТО: П – пирамидное построение структуры форм;
 Ф – фазовое построение структуры форм.

Табл. 1.8 является исходной базой для последующего анализа характеристик ТООР отечественных самолетов.

Для общего представления об ЭТХ и конкурентоспособности эксплуатируемых ВС ГА в табл. 1.9 и 1.10 приведены сведения о среднем уровне летных и эксплуатационных характеристик основных типов ВС, рассмотрены характеристики, которые наиболее тесно связаны с системой ТООР ВС.

Таблица 1.9

Основные характеристики гражданских воздушных судов

Класс и тип ВС		Взлетная масса, т	Стоимость, млн дол.	Удельная стоимость, дол. на 1 ч полета			Средний годовой налет ВС, ч	Число пассажиро-мест	Ресурс до списания, ч
				ВС	ПЭР	ТООР			
ДАЛЕКМАГИСТРАЛЬНЫЕ	Ил-96-300	До 250	60,0	1000	7471*	1270	2570 (до 3700)	До 263	60 000
	B-747-400	До 397	146,2	2437	6821	1176	4818	378	60 000
	B-777-200	До 298	131,4	2190	3903	686	4997	До 440	60 000
	MD-11	До 287	105,4	1757	4555	805	4953	377	60 000
	DC-10-30	До 268	17,0	850	4903	1419	4000	380	Ост. 20 000
	A-340	251						350	60 000
	Ил-62(М)	167	13,0	371	3273	742	2130 (до 3496)	168	35 000
	B-767-300ER	До 187	71,6	1193	3609 (7639*)	581	4830	До 290	60 000
	A-310-300	164	76,0	1270	7894*	800	2520	До 220	60 000
	Ил-86	215	37,5	1250	8221	1586	1540 (до 2909)	350	30 000
СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНЫЕ	A-300-600R	172	48,6	1620	4513	1157	3440	344	Ост. 30 000
	Ту-204-200	111	25,0	583	5003	801	3500 (расчетный)	211	60 000
	B-757-200	До 116	37,1	618	2562	550	4180	218	60 000
	Ту-154(М)	100	8,65	288	3274	765	1790 (до 2727)	180	30 000
	B-727-200	До 95	6,0	300	2487	812	3119	До 189	Ост. 20 000
	A-320	77	28,1	468	2151	459	4171	179	60 000
	Як-42	54	7,1	237	2356	488	1630 (до 2043)	120	30 000
	MD-80	До 73	21,5	430	2050	463	3775	172	50 000
	A-319	До 70	37,5	625				До 152	60 000
	Ту-134	47	3,6	121	1804	360	1670 (до 2800)	84	30 000
БЛИЗНЕМАГИСТРАЛЬНЫЕ	B-737-500	До 61	22,6	377	1772	625	3810	132	60 000
	Ил-114	22,7	5,0	167	800	128	2500 (расчетный)	64	30 000
	Fokker-27-600	20,4	6,5	108			1075	До 56	60 000
	ATR-72	20,0						74	60 000
	Ан-24	21,2	1,2	28,0	974	168	1400	До 52	45 000
	ATR-42-500	До 18,6	9,8	163	976	304	2840	46	60 000
	Як-40	16,0	1,3	45	972	159	1120	До 32	30 000
	Fokker 28	31,5	12,0	240		185	2040	До 65	50 000

Примечания: 1. Стоимостные данные по всем американским самолетам и самолетам А-300, А-320 и АТР-42 приведены по результатам их эксплуатации в США.

2. Стоимости самолетов определены с учетом типовых схем амортизации и уровня инфляции 3 % в год. Для зарубежных типов приняты оценки журнала «Air Transport World».

* Данные по результатам эксплуатации в Аэрофлоте.

Таблица 1.10

Основные характеристики гражданских воздушных судов

Класс и тип ВС		Дальность полета при $m_{\text{ном max}}$ ($m_{\text{топ max}}$), км	Крейсерская скорость, км/ч	Регулярность полетов ($K_{\text{аб 1000}}$)	Безопасность полетов ($K_{\text{б 1000}}$)	Топливная эффективность, г/ткм	Уровень шума (вибраций) в салоне, дБ(г)	Эмиссия двигателей за 1 стандартный цикл, CO/CH/NO г/кН
ДАЛЕКОМАГИСТРАЛЬНЫЕ	Ил-96-300	7400(11 000)	850	36	0	40,0	72-80	16,7/1,4/86
	В-747-400	10 540(13 890)	905	19	0,012	42,2 ^{В-747-200}		45/15/60
	В-777-200	11 095	915	20	0	33,1		33/3,0/58
	MD-11	9800(13 900)	890	19	0	37,8		45/0,5/60
	DC-10-30	7815(10 140)	890	28	0,051		84 (0,03)	
	A-340	10 300(14 800)	870		0	33,2 ^{A-340-200}		58/11,6/59
	Ил-62(М)	7780(10 280)	830	15*	0,09	60,1 ^{Ил-62М}	83	228/50/37,5
	В-767-300ER	9075(13 300)	850	17	0,006	37,8		33/3,4/10,7
СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНЫЕ	A-310-300	До 11 120	870	15	0,014	43,3 ^{A-310-200}	79-85	20/0,5/60
	Ил-86	3300(7080)	870	18	0	61,8	77-89	100/23,2/30
	A-300-600R	5380(8300)	860	22	0,050	49,5 ^{A-300-600}		45/0,5/60
	Ту-204-200	4750(6200)	830		0	44,4	74-82	16,7/1,4/86
	В-757-200	4800(8520)	850	19	0,001	44,2		40,4/0,20,3
	Ту-154(М)	3600(6000)	850	12	0,10	56,8 ^{Ту-154(М)}	80-85	193/34/40
	В-727-200	3900(4990)	860	21	0,044			
	A-320	3000(5400)	850	34	0,087	44,0		34/4,0/20,3
	Як-42	900(3000)	750	13	0,31	68,7	79-82	58/13/60
	MD-80	4387(5828)	840	22	0,034		92 ^{DC-9}	
	A-319	До 5550	865					30,6/0,4/56
	Ту-134	1890(3020)	850	8*	0,12	70,4	76-84	102/21/75,5
	В-737-500	2519(6389)	780	27	0,021	53,6 ^{В-737-400}		76/9,5/38,6
БЛИЗКОМАГИСТРАЛЬНЫЕ	Ил-114	1000(4800)	500		1 АП при ЛИ			
	Fokker 27-600	1580(2690)	430					
	ATR-72	1580(4800)	460					
	Ан-24	699(2930)	450	2*	0,11			
	ATR-42-500	2420(5570)	510	24				
	Як-40	820(1280)	550	1*	0,17	117,6		
	Fokker 28	1670(3980)	790	20	0,214			

Примечание. Данные по безопасности полетов зарубежных самолетов приведены по материалам фирмы «Boeing» (Paul Russel).

* Данные только для задержек по КПН и по неустановленным причинам.

2. ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ

Летная эксплуатация самолетов, т.е. использование самолетов по назначению, определяет все работы по поддержанию их летной годности и, соответственно, эффективность технической эксплуатации самолетов.

К числу важнейших и взаимосвязанных характеристик летной эксплуатации самолетов относятся ресурсы (сроки службы) и непосредственно параметры полетов. Ресурсы (сроки службы) определяют продолжительность безопасной эксплуатации самолетов и, соответственно, долю стоимости каждого самолета, приходящейся на единицу его использования по назначению, что в значительной степени характеризует экономическую эффективность применения самолетов каждого типа как транспортного средства. Параметры полетов как статистические характеристики использования самолетов по назначению определяют уровень внешних воздействий на конструкцию самолета в полете и продолжительность безопасного использования самолета по назначению, т.е. ресурсы и сроки службы, а также все мероприятия по поддержанию и восстановлению летной годности самолетов в системе их технической эксплуатации и ремонта.

2.1. РЕСУРСЫ И СРОКИ СЛУЖБЫ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Для авиационной техники ГА в целях обеспечения безопасности, надежности и эффективности эксплуатации могут задаваться: ресурс (срок службы) до списания (технический); назначенный ресурс (срок службы); гарантийный ресурс (срок службы); межремонтный (до первого ремонта) ресурс (срок службы). Далее при упоминании ресурса изделия аналогичные требования и положения распространяются и на срок его службы.

Указанные виды ресурсов для различных изделий могут определяться и (или) устанавливаться в комплексе, раздельно или не устанавливаться совсем при эксплуатации по техническому состоянию.

Ресурс до списания задается для каждого типа самолета в целом и основных комплектующих изделий из требований экономичности при условии обеспечения безопасности эксплуатации.

Ресурс до списания у отечественных самолетов обычно может устанавливаться и отрабатываться поэтапно. При поэтапной отработке ресурса до списания могут устанавливаться:

начальный назначенный ресурс;

назначенный ресурс.

Порядок обеспечения и отработки в эксплуатации ресурса до списания определяется совместно разработчиком и заказчиком (эксплуатантом), отражается в технических условиях (ТУ) на самолет и комплектующие изделия и устанавливается договором на поставку самолетов.

Гарантийный ресурс самолета (изделия) определяет период действия гарантийных обязательств изготовителя (исполнителя работ) и должен обеспечивать соответствие качества поставляемой продукции (проводимых работ) установленным в договоре на поставку (выполнение работ) или эксплуатационной документации требованиям. В пределах гарантийного ресурса, как правило, должны устраняться без дополнительной оплаты эксплуатантом отказы изделия или заменяться некачественные изделия (повторно выполняться работы) при соблюдении эксплуатантом (заказчиком) условий эксплуатации, хранения, транспортирования и установки изделия, определенных ТУ на самолет и комплектующие изделия — КИ (договором на выполнение работ).

Гарантийные ресурсы (сроки службы), устанавливаемые изготовителями самолета и КИ, как правило, охватывают заданный период наработки (календарный срок) с начала эксплуатации самолета в целом и КИ.

Срок хранения изделия с момента изготовления до начала эксплуатации может входить в гарантийный срок службы, что должно быть отражено в эксплуатационной документации на изделие и ТУ на самолет в целом.

Гарантийные ресурсы, устанавливаемые исполнителем восстановительных работ для самолета и основных изделий, охватывают заданный период эксплуатации самолета в целом и (или) комплектующих изделий после выполнения этих работ.

Межремонтный ресурс самолета (КИ) определяется условиями обеспечения надежности и экономичности эксплуатации парка самолетов (КИ) данного типа и устанавливает ограничение по их применению, независимо от фактического технического состояния каждого экземпляра самолета (КИ).

Первый ремонт выполняется при наработке изделий с начала эксплуатации, равной ресурсу до первого ремонта, далее могут устанавливаться межремонтные ресурсы, обеспечивающие отработку ресурса до списания.

Межремонтный (до первого ремонта) ресурс может устанавливаться для самолета в целом и отдельных его КИ. Величина межремонтных ресурсов определяется разработчиками самолета и изделий из условий обеспечения отработки ресурса до списания каждым экземпляром самолета или изделия или устанавливается эксплуатантом и исполнителем работ (ремонта), исходя из технического состояния изделий, технологий и организации выполнения работ при условии обеспечения безопасности, экономичности и эффективности эксплуатации данного типа изделий и (или) самолета в целом.

Общие принципы формирования системы ресурсов изделий авиационной техники гражданской авиации можно сформулировать следующим образом.

Ресурс до списания является технико-экономической характеристикой совершенства изделия авиационной техники и представляет ожидаемый предел экономически эффективного использования изделия по назначению в реальных условиях эксплуатации, который технически заложен в конструкцию при проектировании и может быть достигнут и даже превзойден в процессе эксплуатации после проведения комплекса работ по обеспечению безопасности и надежности эксплуатации, подтверждения соответствия установленным требованиям и определения условий обеспечения и выполнения этих требований. Поэтому ресурс до списания задается, а условия его подтверждения (или не подтверждения) регулируются экономическими и техническими взаимоотношениями разработчика, изготовителя и эксплуатанта, устанавливаемыми на основе договорных отношений в соответствии с действующими законами и нормативными документами.

Обеспечение и подтверждение части заданного ресурса до списания реализуется, при необходимости, установлением назначенного (начального назначенного) ресурса. Практически может быть

подтверждена как возможность эксплуатации изделия сверх первоначально заданного ресурса до списания, так и невозможность его достижения.

В перечень условий и ограничений, обеспечивающих возможность эксплуатации изделия в пределах назначенного ресурса, как правило, включаются контрольно-восстановительные работы (КВР) по контролю технического состояния, ремонту или замене элементов (деталей, узлов, блоков) изделия, которые должны быть выполнены на различных этапах отработки назначенного ресурса. По общности технологических или организационных условий выполнения эти работы группируются в комплексы, выполняемые через заданные интервалы наработки самолета в целом, часто с использованием специального оснащения, оборудования, документации и специалистов. При этом может быть организационно и экономически целесообразным выполнять КВР на специализированных предприятиях, которые качественно их производят с оказанием дополнительных услуг (таких, как восстановление внешнего вида, соответствие нормам технических параметров и др.), не связанных непосредственно с безопасностью эксплуатации самолета в целом. В этом случае периодичность выполнения КВР может устанавливаться как межремонтный ресурс для самолета в целом и отдельных его изделий, что закрепляет организационное оформление условий выполнения комплексов КВР на специализированном предприятии или в подразделении эксплуатанта. Таким образом, межремонтный ресурс устанавливает не технические, а организационные формы выполнения условий отработки ресурса до списания (назначенного ресурса), связанные с восстановлением технического состояния изделия авиационной техники, и не является обязательным к назначению.

Ресурс до списания (назначенный) также может не устанавливаться для самолета в целом в соответствии с экономической целесообразностью восстановления летной годности самолета, условиями ее поддержания в рассматриваемом интервале (этапе) эксплуатации каждого экземпляра самолета данного типа.

Условия обеспечения летной годности самолета устанавливает разработчик и реализует эксплуатант, который определяет для себя экономическую целесообразность проведения работ по обеспечению летной годности самолета при отработке назначенного ресурса. Эксплуатант может по экономическим соображениям прекратить дальнейшую эксплуатацию каждого конкретного экземп-

ляра самолета, хотя технические качества данного типа самолетов в целом обеспечивают их дальнейшую эксплуатацию на уровне установленных требований летной годности, но с большими затратами средств, труда или времени.

Указанная система ресурсов, как правило, распространяется только на планер самолетов, поэтому рассмотрим условия установления ресурсов планеру более подробно.

Установление ресурсов планеру самолета базируется на последовательной модели надежности, характеризующейся постепенным накоплением и развитием неисправностей в зависимости от наработки, причем эта зависимость может быть выражена функционально или стохастически. Ремонт планера восстанавливает его летную годность при отработке назначенного ресурса, а летная годность планера определяет его способность сохранять аэродинамические качества и выдерживать без повреждения нагрузки, действующие на самолет в процессе эксплуатации в реальных условиях. Техническое состояние и ресурсы планера самолета определяют такие виды повреждений, как трещины, деформации и разрушения от разовых и повторяющихся нагрузок, механический износ и ослабление соединений. Развитие коррозии, потеря физических свойств материалов и разрушение лакокрасочных покрытий определяют срок службы элементов конструкции планера.

При техническом обслуживании и ремонте планера самолета выполняются такие виды целевых работ, как контроль состояния и восстановление надежности. Целевые работы по контролю состояния обеспечивают определение годности планера и его элементов для дальнейшей эксплуатации, однако их выполнение не изменяет технического состояния и не восстанавливает ресурс. Целевые работы по восстановлению надежности по своему назначению полностью соответствуют задачам ремонта. Эти работы обеспечивают свойство планера сохранять в пределах назначенного ресурса значения всех параметров, характеризующих его способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации самолета. Кроме целевых при ремонте планера выполняются и вспомогательные работы, обеспечивающие реализацию заданных технологических процессов на этапах ремонта: приемка, разборка, смывка лакокрасочных покрытий, комплектация, сборка, испытания, контроль качества. Объемы вспомогательных работ определяются уровнем ремонтной техно-

логичности конструкции планера, объемами и технологией выполнения целевых работ.

Целевые ресурсные работы при ремонте планера составляют 15—20 % общего объема ремонта планера. При этом 80—90 % целевых работ составляют работы по контролю состояния, связанные с усталостными повреждениями, которые определяют до 90 % всех неисправностей планера. Таким образом, межремонтный ресурс планера самолета обосновывается необходимостью выполнения 3—5 % работ по восстановлению надежности и 12—15 % работ по контролю состояния от общего объема всех видов работ при ремонте планера.

Планеру в целом устанавливается назначенный ресурс, при отработке которого для отдельных элементов конструкции могут устанавливаться ограничения по наработке, при достижении которых данный элемент должен быть заменен, доработан или проконтролирован. Очевидно, что последовательной доработкой, заменой или дополнительным контролем всех элементов можно достигать практически любых величин ресурсов для планера в целом. Такой подход практикуется зарубежными авиастроительными фирмами, которые предлагают эксплуатантам большие ресурсы на экземпляр самолета, обуславливая их достижение техническими мероприятиями и соответствующими финансовыми и материальными затратами.

Отработка назначенного ресурса планером самолета обеспечивается применением следующих принципов проектирования элементов конструкции: безопасного ресурса, безопасного повреждения и конструктивного принципа.

По конструктивному исполнению элементы конструкции планера могут быть разделены на:

- механические системы, подвижные соединения и несилловые детали конструкции;

- конструктивные силовые агрегаты и неподвижные силовые соединения;

- моноблочные силовые детали.

Проектирование по принципу безопасного повреждения предполагает обеспечение безотказности планера за счет повышенной живучести элементов конструкции при повреждении и за счет резервирования их при разрушении. Проектирование по конструктивному принципу предполагает, что повреждение и разрушение малоответственных элементов планера не влияет на безопасность

и регулярность полетов. Эти принципы проектирования применяются для механических систем, подвижных соединений и несилочных деталей, которые не определяют межремонтный ресурс планера, поскольку не влияют на работоспособность планера в целом и устраняются по мере их появления. Следовательно, межремонтный ресурс планера обусловлен применением принципа безопасного ресурса только для конструктивных силовых агрегатов, неподвижных силовых соединений и моноблочных силовых деталей. Безопасный межремонтный ресурс τ по результатам испытаний на надежность устанавливается таким образом, чтобы вероятность отказа $F_i(\tau)$ i -х элементов конструкции при отработке ресурса всеми самолетами парка не превысила заданной нормативной величины, что допустимо представить соотношением

$$P_i(x) = P_m \geq [1 - \eta F(x)](1 - \beta_i), \quad (2.1)$$

где $\eta = \eta_1 \eta_2 \eta_3 \eta_4$ — коэффициент надежности;

x — искомое значение ресурса;

P_m — нормативное значение функции надежности i -го изделия;

$F(x)$ — вероятность отказа изделия в интервале наработки $(0, x)$;

β_i — риск эксплуатанта при принятом плане испытаний на надежность;

η_1 — коэффициент, учитывающий эквивалентность программы испытаний ожидаемым условиям эксплуатации;

η_2 — коэффициент, учитывающий адекватность математической модели надежности изделия реальному физическому объекту;

η_3 — коэффициент, учитывающий эквивалентность ожидаемых и реальных условий эксплуатации;

η_4 — коэффициент, учитывающий качество изготовления изделий.

Функция распределения $F(t)$ времени появления усталостных повреждений в элементах конструкции планера соответствует, как правило, логарифмически-нормальному закону распределения или распределению Вейбулла. Смысл коэффициентов надежности $\eta_1 \div \eta_4$ и правила их выбора для расчета безопасного ресурса определены нормами летной годности (НЛГ) таким образом, чтобы безопасный ресурс обеспечивался без проведения в эксплуатации дополнительных работ по контролю состояния. Поэтому выполнение в процессе регулярной эксплуатации самолетов большого объ-

ема работ по контролю состояния элементов планера с введением межремонтного ресурса и полной разборкой планера при ремонте имеет целью не решение задач ремонта, а обоснование и подтверждение ресурсов элементов, которые в полном объеме должны быть выполнены на этапе испытаний.

Ограничение по наработке для элементов конструкции с безопасным повреждением допустимо рассматривать как результат испытаний на надежность с ограниченным числом повреждений по плану $[N_1 M_n]$, а с учетом распространения испытаний на эксплуатацию – по плану $[NMT]$, где N_1 и N – число испытываемых образцов, M_n и M – число данных элементов в эксплуатации на самолетах парка соответственно (планы испытаний по ГОСТ 27.002).

Установление назначенного ресурса для элементов планера, определяющих безопасность полетов, связано с ответственностью поставщика (α) за качество проектирования, испытаний и изготовления и ответственностью эксплуатанта (β), за качество эксплуатации, причем, вероятность появления в эксплуатации отказавших элементов равна $(1-\alpha)$ и β соответственно. При недопустимости появления в эксплуатации отказа элементов точечная оценка риска поставщика будет исчисляться следующим образом:

$$\alpha = 1 - P(q); \quad (2.2)$$

при доверительных границах:

$$\alpha_1 = 1 - P(q_1),$$

$$\alpha_2 = 1 - P(q_2),$$

где q, q_1, q_2 – точечная оценка, верхняя и нижняя границы среднего уровня входного качества элементов в эксплуатации соответственно.

Оперативная характеристика плана ресурсных испытаний $P(q)$ при $q < 0,1\%$ определяется как

$$P(q) \approx e^{-Nq}, \quad (2.3)$$

а количество испытанных элементов при $\beta = 0,05$ будет

$$N \geq 3 / q. \quad (2.4)$$

Для существующих нормативов появления в эксплуатации особых ситуаций полета самолетов из-за функциональных отказов

требования к обоснованию безопасного ресурса для элементов планера являются очень жесткими, и риск поставщика, согласно (2.2), определяется качеством проектирования, испытаний и изготовления. Не обеспечивая требуемых качеств проектирования и изготовления, поставщик расширяет объем испытаний, перенося их на этапы регулярной эксплуатации самолетов посредством введения периодического контроля элементов конструкции, выполняемого эксплуатантом. Это соответствует контролю качества элементов на всем парке самолетов по плану [NMT], причем T – есть наработка парка самолетов за межконтрольный интервал, суммируемая по интервалам контроля нарастающим итогом с начала эксплуатации. Такой объем испытаний обеспечивает условия (2.3—2.4) и корректировку коэффициентов $\eta_1 - \eta_4$ для поэтапного увеличения назначенного ресурса элементов конструкции и планера в целом.

Для эксплуатанта проведение целевых работ по контролю состояния элементов конструкции планера в эксплуатации оправдано только в случае изменения условий летной эксплуатации самолетов или условий поддержания и восстановления надежности (например, проведением доработок по результатам контроля, а не при фиксированной наработке самолета), так как таким контролем эксплуатант компенсирует увеличение своего риска β из-за эксплуатации самолета в нерасчетных условиях. Контроль состояния элементов планера обоснован также при поэтапном увеличении назначенного ресурса самолетам, если по согласованию поставщика и эксплуатанта результаты контроля входят в план испытаний. Однако во всех указанных вариантах установление межремонтного ресурса планеру в целом не требуется, а контроль его элементов целесообразно проводить только на группе самолетов, эксплуатируемых в наиболее тяжелых условиях, что позволяет обеспечивать требуемые уровни достоверности оценки условий эксплуатации самолетов и качества проектирования и изготовления планера.

С изложенных позиций возможно установление и реализация в эксплуатации следующих видов назначенных ресурсов (сроков службы) планеров и, соответственно, в целом самолетов гражданской авиации:

НРР – назначенный ресурс расчетный, который был установлен заданием на разработку данного типа самолета как минимально необходимый для эффективной эксплуатации этих самолетов;

НРФ – назначенный ресурс фактический, который был обоснован и подтвержден для парка самолетов данного типа на данный момент их эксплуатации;

НРИ – назначенный ресурс индивидуальный, который был обоснован для парка самолетов и может быть подтвержден индивидуально для конкретного экземпляра самолета.

Соответствующие виды определены и для межремонтных ресурсов (МРР, МРФ МРИ) в табл. 1.8.

Указанные виды ресурсов для основных отечественных типов самолетов ГА и их зарубежных аналогов приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

**Назначенные ресурсы и износ парка самолетов ГА России
(по состоянию на 01.01.99)**

Тип самолета	Год начала эксплуатации	Назначенные ресурсы, л.ч			Износ парка самолетов по отработке НРФ, %		Средний возраст самолетов в годах
		МРР	НРФ	НРИ	по часам	по посадкам	
Ан-12 L-100-20	1967 1968	20 000 —	35 000 45 000	43 000	58,4	66,1	31,9
Ан-24 F-27	1971 1969	20 000 —	54 000 60 000	60 000	74,8	80,8	27,3
Ил-76 С-141В	1980 1977	30 000 —	20 000 45 000	20 000	34	34,5	11,8
Ил-86 L-1011	1980 1972	30 000 —	30 000 60 000	30 000	46,7	50,6	12,1
Ил-62 B-707-320В	1968 1962	30 000 —	35 000 60 000	45 000	54,1	50,4	14,7
Ил-96 MD-11	1990 1990	60 000 —	24 000 60 000	24 000	17,9	9,6	5,4
Ту-154 B-727-200А	1967 1968	30 000 —	40 000 60 000	45 000	65,3	61,6	23,6
Ту-134 B-737-200	1967 1968	30 000 —	40 000 60 000	45 000	65,3	61,6	23,6
Як-42 MD-81	1980 1981	30 000 —	20 000 60 000	20 000	70,1	58,2	10,2
Як-40 F-30	1968 1976	25 000 —	32 000 60 000	38 000	66,9	61,1	23,6

На рис.2.1—2.8 приведено распределение парка самолетов по отработке указанных видов ресурсов.

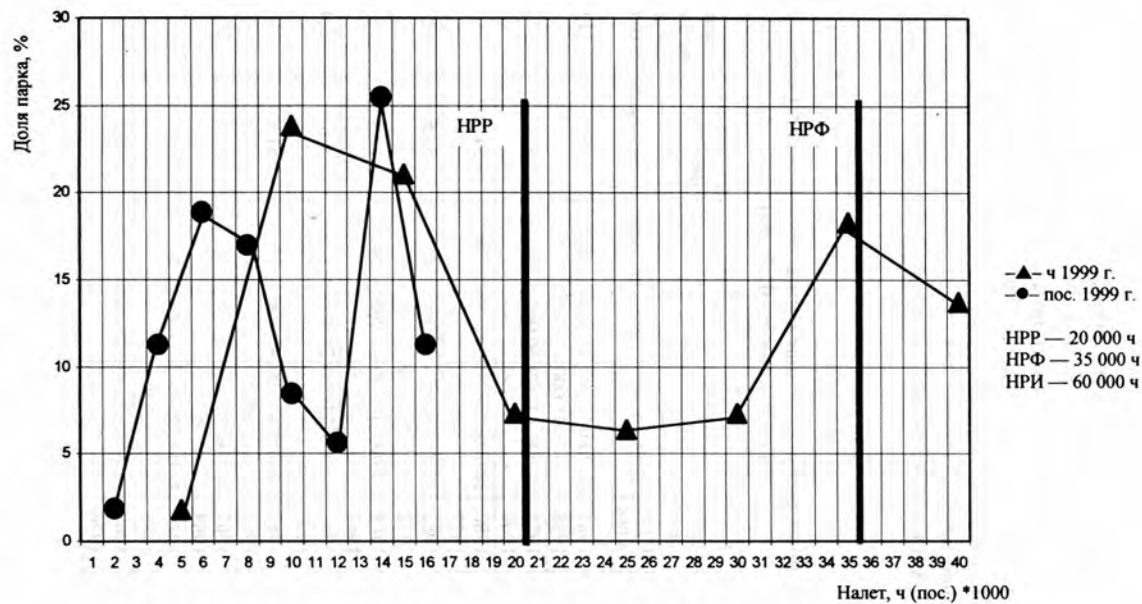


Рис. 2.1. Распределение парка самолетов Ан-12

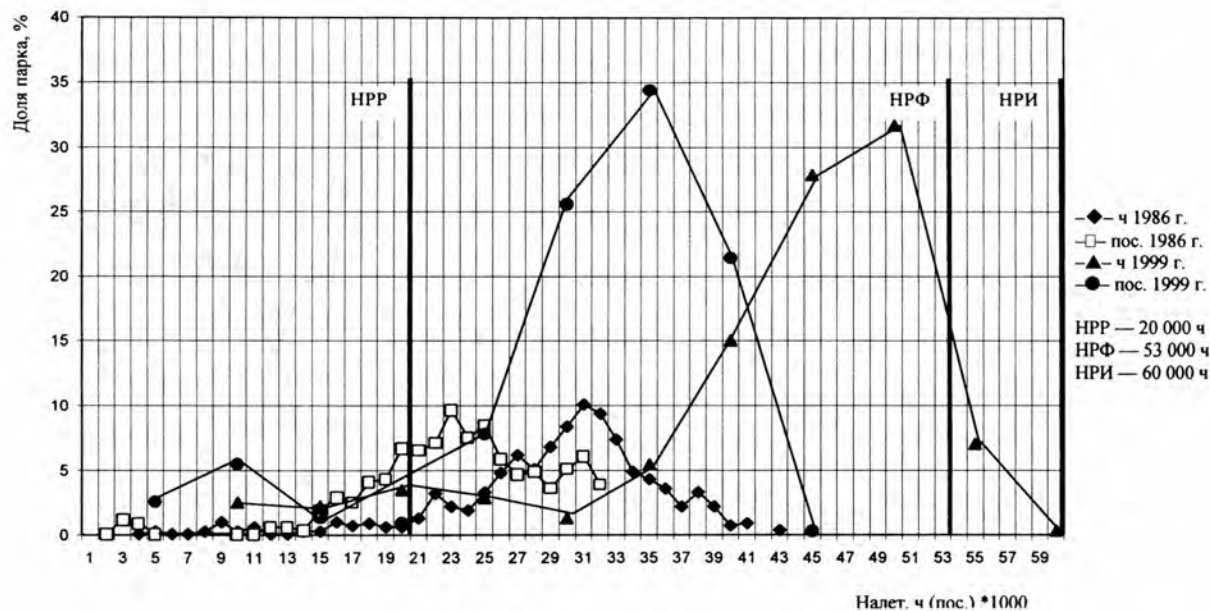


Рис. 2.2. Распределение парка самолетов Ан-24

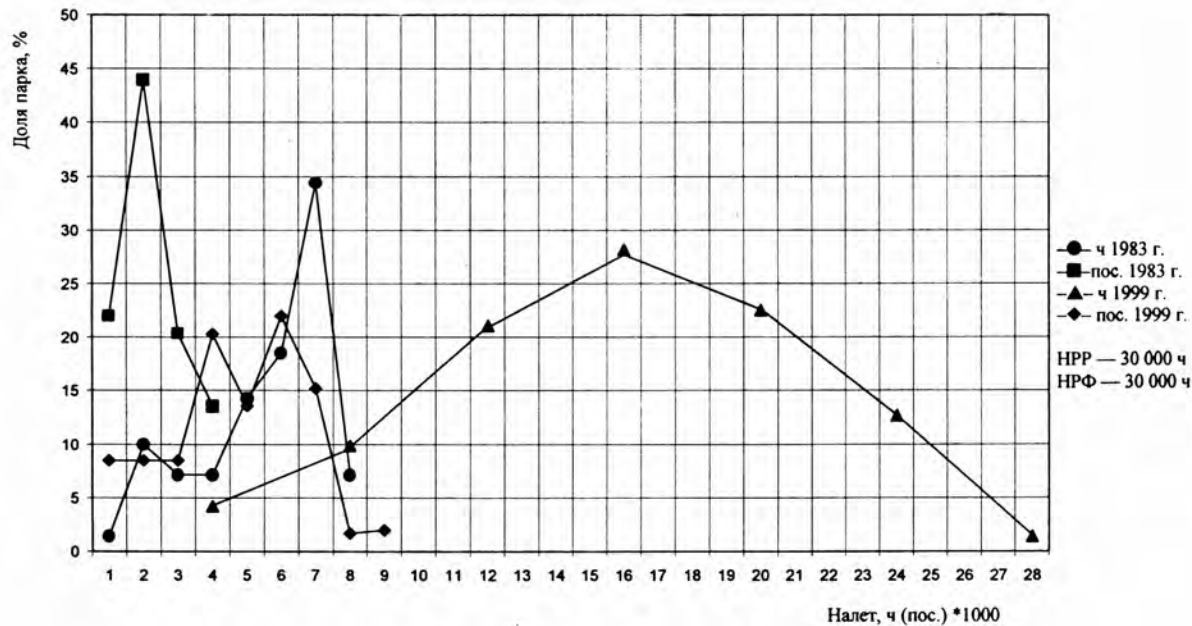


Рис. 2.3. Распределение парка самолетов Ил-86

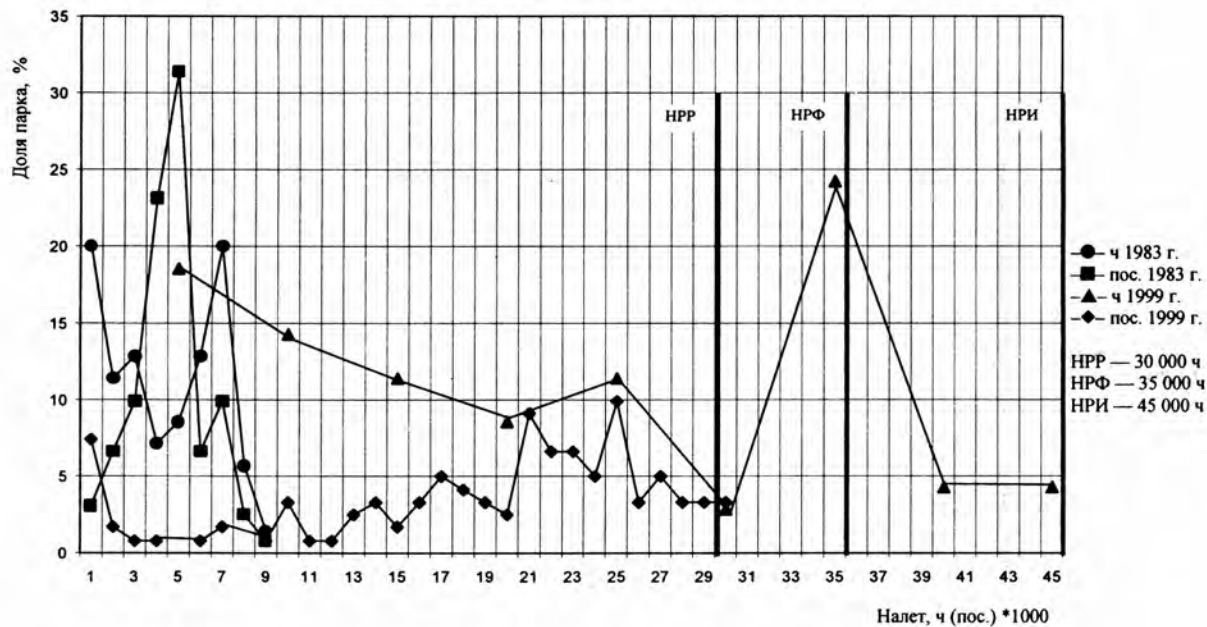


Рис. 2.4. Распределение парка самолетов Ил-62

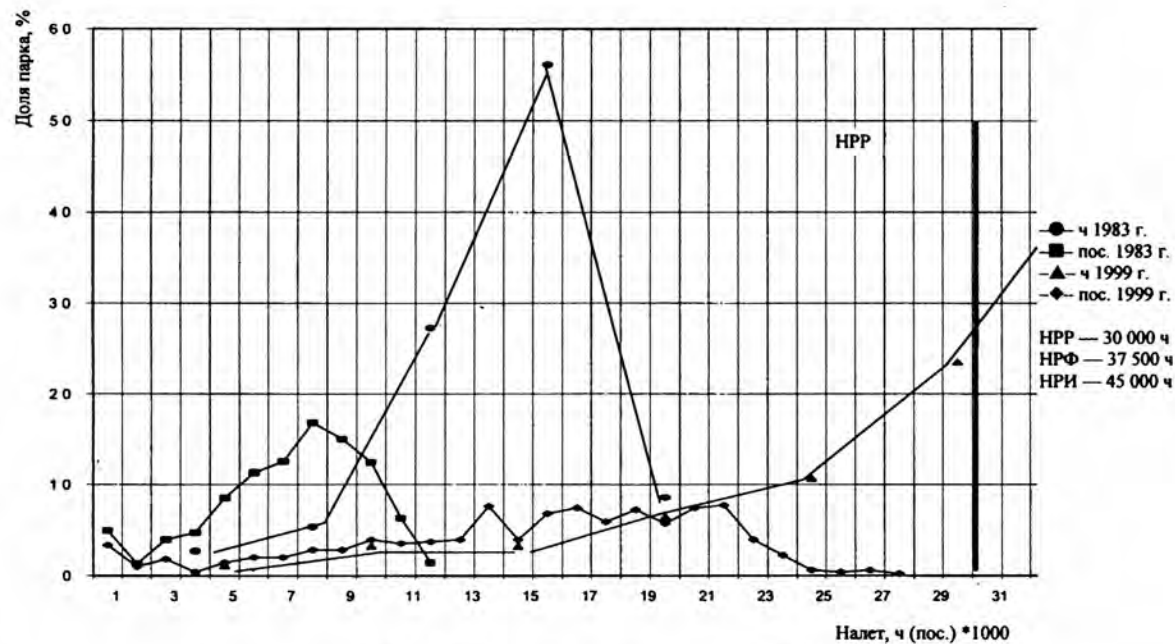


Рис. 2.5. Распределение парка самолетов Ту-154Б

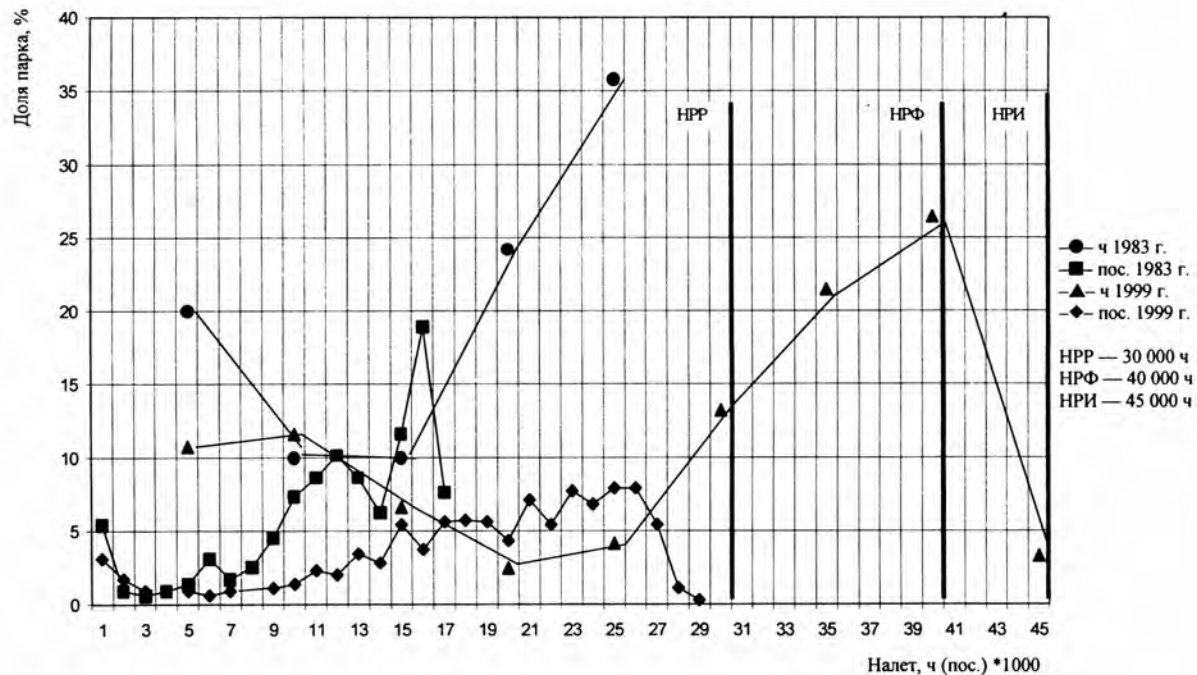


Рис. 2.6. Распределение парка самолетов Ту-134

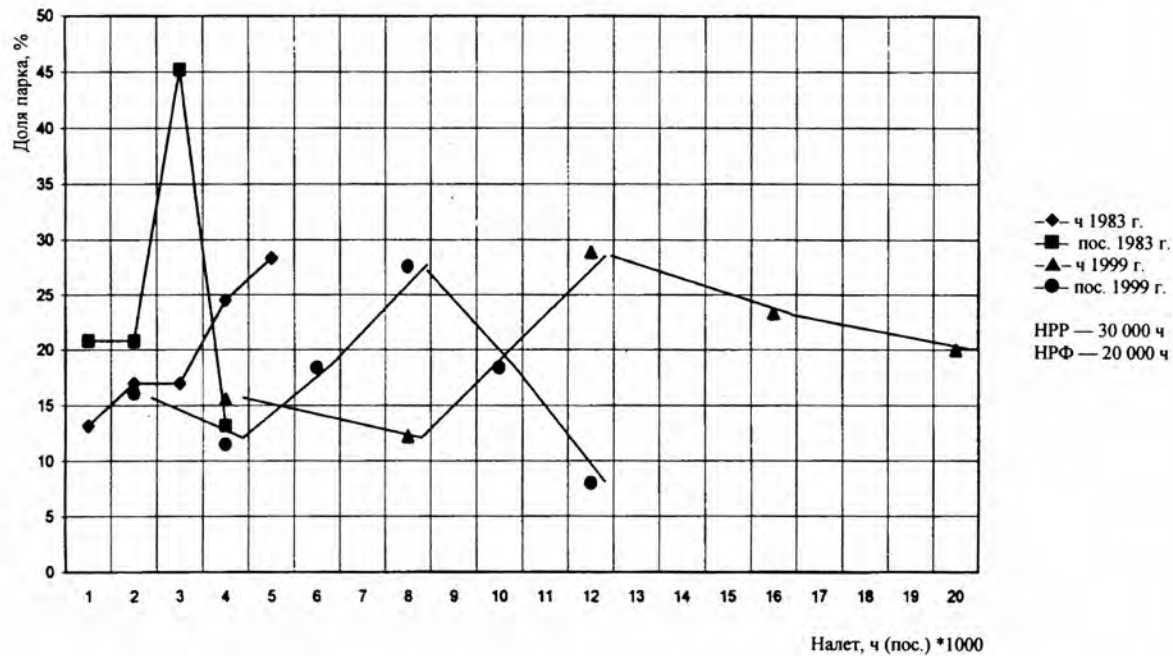


Рис. 2.7. Распределение парка самолетов Як-42

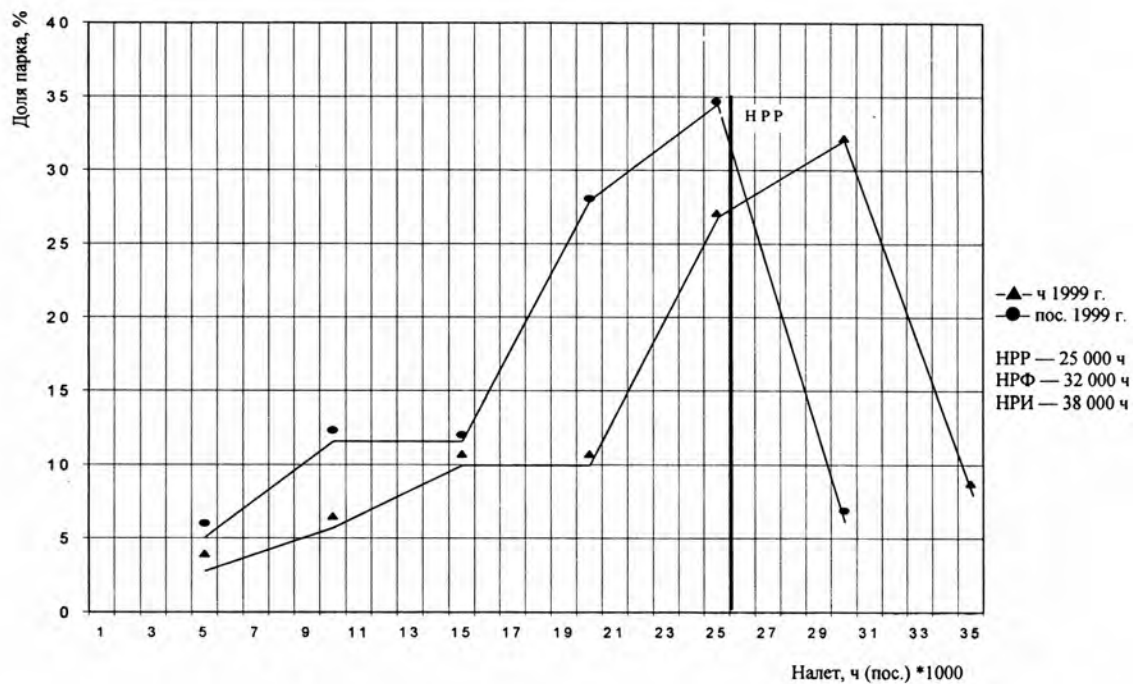


Рис. 2.8. Распределение парка самолетов Як-40

Анализ приведенных данных показывает, что величины НРР и НРИ могут отличаться в 2 и более раза, также как и фактическая наработка отдельных экземпляров самолетов с начала эксплуатации, при этом основным параметром старения парка отечественных типов самолетов является календарный срок их эксплуатации.

С другой стороны, для зарубежных типов самолетов, являющихся аналогами отечественных по массе пустого самолета, пассажировместимости, дальности полета и, что очень важно, году начала эксплуатации, величина фактического назначенного ресурса (см. табл. 2.1) — достаточно условное понятие, определяющее в первую очередь экономическую целесообразность эксплуатации самолетов, имеющих большую наработку с начала эксплуатации и, соответственно, большие затраты на поддержание их летной годности, чем технические возможности увеличения НРФ. Такой вывод полностью укладывается в приведенные определения и условия установления ресурсов и подтверждается практикой установления зарубежным типам самолетов только НРИ, который, в свою очередь, полностью определяется желанием и возможностями каждого конкретного эксплуатанта нести дополнительные расходы по обеспечению летной годности «стареющих» экземпляров самолетов, находящихся в эксплуатации.

Необходимо отметить, что даже при таких условиях установления НРИ в США и странах Европы государственные органы гражданской авиации (FAA, JAA), как правило, вводят ограничения на эксплуатацию самолетов, имеющих наработку более 30 000 л.ч, что стимулирует эксплуатантов этих стран к постоянному обновлению парка самолетов и сбыту «стареющих» экземпляров самолетов в другие страны, не имеющие ограничений на эксплуатацию таких самолетов.

2.2. ПАРАМЕТРЫ И ИНТЕНСИВНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ

Эффективность технической эксплуатации самолетов существенно зависит в частности от следующих параметров летной эксплуатации:

- средней продолжительности полета;
- интенсивности полетов.

Продолжительность полета определяет затраты труда, времени и средств, необходимых для технической подготовки самолета к использованию по назначению и приведению его в исходное со-

стояние после завершения каждого полета. Как будет показано далее, такие затраты непосредственно не связаны с продолжительностью самого полета и представляют законченные комплексы работ. Очевидно, что при этих условиях продолжительность каждого полета характеризует разовые затраты на его техническое обеспечение. Поэтому чем больше продолжительность полета, тем меньшая доля таких затрат приходится на единицу наработки самолета и наоборот. Для формирования сопоставимых условий оценки эффективности технической эксплуатации типов самолетов применяется продолжительность среднестатистического или «типового» полета.

Интенсивность полетов самолета определяет интенсивность его использования по назначению, т.е. время, в течение которого самолет выполняет транспортную работу, доходы от которой в конечном счете погашают все затраты на летную и техническую эксплуатацию самолета, включая разработку, испытания и изготовление непосредственно самолета и всех взаимосвязанных с ним средств авиатранспортной системы. Интенсивность использования по назначению измеряется, как правило, величинами среднегодового, среднемесячного и суточного налета на один самолет или на парк в целом.

Оценки интенсивности эксплуатации основных типов отечественных самолетов и их зарубежных аналогов приведены в табл. 2.2, из которой следует, что даже в условиях плановой экономики отдельные экземпляры отечественных самолетов имели годовой налет, в 2 и более раз превышающий средний, соответственно, суточные налеты превышали средние в 3—5 раз и достигали средних величин интенсивности эксплуатации зарубежных аналогов.

Интенсивность использования самолетов характеризует, в частности, интенсивность старения парка, т.е. выработку самолетами ресурсов и сроков службы. Распределение парка самолетов по наработке представлено на рис. 2.1—2.8, а износ парка по срокам службы представлен в табл. 2.1.

Анализ данных показывает существенное старение парка самолетов за период 1987—1998 гг., причем в условиях резкого снижения интенсивности использования самолетов, т.е. снижения среднегодовой наработки в 1998 г. по отношению к 1987 г. в 3—5 раз. Основным фактором старения парка отечественных типов самолетов является календарный срок их эксплуатации. Наиболее ярко тенденция старения прослеживается на самолетах, производство которых прекращено 10 и более лет назад.

Интенсивность эксплуатации отечественных и зарубежных самолетов

Отечественные самолеты							Зарубежные самолеты				
Тип самолета	Средняя продолжительность полета, ч	Суточный налет (1987 г.)		Годовой налет, ч			Тип самолета	Средняя продолжительность полета, ч	Средний налет (1987 г.)		Авиакомпания
		средний	максимальный	средний (1987 г.)	средний (1998 г.)	максимальный (1987 г.)			суточный	годовой	
Ан-12	2,65	3,3	12,3	1200	321	1830	L-100-20				
Ан-24	1,29	3,6	14,7	1604	397	2043	F-27		2,85	1075	По парку
Ил-76		2,5	13,8	934	438	1798	C-141B				
Ил-86	2,51	3,3	14,9	1482	843	2900	L-1011	2,6	7,6	2793	По парку
Ил-62	4,91	6,7	10,3	2365	877	3496	B-707-320B	3,4	6,9	2512	«American airlines»
Ил-96	7,3	6,2 (1999 г.)	16,6 (1999 г.)	—	2285	3859 (1999 г.)	DC-10	5,2	12,6	4600	«Swissair»
Ту-154	2,65	5,4	13,4	1778	865	2889	B-727-200A	1,2	6,4	2320	«Lufthansa»
Ту-134	1,6	4,7	12,8	17,81	753	2800	B-737-200	1,0	6,6	2409	
Як-42	1,54	4,4	14,8	1573	745	2043	MD-80	1,4	9,2	3360	«Aeromexico»
Як-40	1,18	3,5	11,0	1120	258	2400	F-30	1,2	5,9	2160	По парку
Ту-204	2,3 (1998 г.)	2,2 (1998 г.)	10 (1998 г.)	—	804	1635 (1998 г.)	B-767		11,5	4200	«British Airways»

В табл. 2.3 приведены данные о средних и максимальных налетах и продолжительности типового полета самолетов Ил-86, подтверждающие изложенное.

Таблица 2.3

Данные о средних и максимальных годовых налетах и средней продолжительности полета самолетов Ил-86 по годам эксплуатации и аэропортам базирования

Аэропорт базирования	Среднегодовой налет на 1 самолет по годам эксплуатации, ч					Число самолетов с налетом более 2000 ч/год в 1989 г., %	Продолжительность полета, ч		Максимальный налет самолетов за год, ч (11.11.88—10.11.89 г.)
	1984 г.	1985 г.	1986 г.	1987 г.	за период 11.11.1988—10.11.1989 г.		с начала эксплуатации: на 01.01.87 на 10.11.89	за период 11.11.1988—10.11.1989 г.	
Внуково	884	1158	1180	1293	1498	18,20	2,1/2,2	2,4	1. – 2456 2. – 2364 3. – 2333
Шереметьево	884	1215	1354	1736	2082	62,50	2,7/3,1	3,2	1. – 2909 2. – 2868 3. – 2689
Ташкент	1100	1192	1283	1417	1833	44,40	3,1/3,2	3,2	1. – 2479 2. – 2415
Пулково	798	1203	1267	1548	1469	8,33	2,4/2,4	2,4	1. – 2171 2. – 1932
Алма-Ата	—	967	1170	1578	1686	14,30	3,3/3,1	2,8	1. – 2141 2. – 1965
В целом по парку	899	1174	1257	1482	1705	30,30	2,4/2,6	2,7	

Среднегодовой налет самолетов Ил-86 за 1998 г. составил 843 ч, а износ парка на 01.01.99 по календарному сроку службы — 12 лет, т.е. 48 %.

Представленные материалы, а также сведения о фактическом распределении годового фонда времени по состояниям самолетов (см. разд. 3) свидетельствуют о том, что существует реальная возможность значительного (в 1,5—2,0 раза) увеличения среднегодовых и среднесуточных налетов на 1 самолет парка даже без сокращения простоев на ТОиР. Увеличение среднегодовых налетов до 3,5—4 тыс. ч позволит повысить эффективность эксплуатации парка самолетов как в плане удовлетворения спроса на пассажирские перевозки, так и снижения удельных затрат на ТОиР.

Уровень удельных затрат (труда, времени и материальных средств) существенно зависит от двух величин: продолжительности типового полета и числа полетов (налета) за летный день и за год. За рубежом суточные налеты ближнемагистральных самолетов достигают 6—9 ч, а дальнемагистральных — 13—16 ч. При этом среднегодовые налеты имеют значения 3000—4500 ч. Максимальные суточные и среднесуточные (по регионам) налеты ряда отечественных самолетов также достигают 10—14 ч, что свидетельствует о технической возможности интенсивной эксплуатации самолетов в ГА. Вместе с тем организационные особенности эксплуатации и ее материально-технического обеспечения обуславливают существенные непроизводительные простои отечественных самолетов.

Основными составляющими непроизводительных простоев являются:

простои в исправном состоянии (включая простои по метеоусловиям и из-за отсутствия топлива) — до 30—40 % годового фонда времени;

простои в неисправном состоянии (включая ожидание запчастей) — до 15 %.

С учетом существующих технико-организационных резервов для самолетов Ил-96-300 и Ту-204 уже планируются и достигаются (см. табл. 2.2) величины среднегодового налета до 4000 ч. Однако практическая реализация таких возможностей для парка в целом требует существенного совершенствования организации эксплуатации и изменения структуры парка самолетов ГА для каждого эксплуатанта и по стране в целом (ликвидация избыточности одних типов самолетов и недостатка других, обновление парка и т.д.). Эти проблемы применительно к технической эксплуатации самолетов рассмотрены далее.

3. ИСПРАВНОСТЬ ПАРКА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОГО ФОНДА ВРЕМЕНИ ПО СОСТОЯНИЯМ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ

Эксплуатация самолетов реализуется последовательной сменой организационных и технических состояний процесса эксплуатации. Процесс эксплуатации P_3 включает технические состояния, связанные с объективными закономерностями изменения технических качеств самолета как объекта эксплуатации, и организационные состояния, определяющие субъективный процесс организации и планирования использования самолетов. Объективный процесс технической эксплуатации P_{T3} реализуется в системе ТОиР, которая не включает организацию и планирование эксплуатации и представляет совокупность взаимосвязанных элементов: самолетов, средств ТОиР, исполнителей и устанавливающей правила их взаимодействия документации для поддержания надежности и готовности самолетов к полетам. Эффективность системы ТОиР определяется затратами труда, времени и средств, необходимых для обеспечения требуемых уровней надежности и готовности самолетов в ожидаемых условиях эксплуатации. Таким образом, для анализа системы ТОиР необходимо из P_3 выделить объективный P_{T3} , параметры которого и определяют эффективность системы ТОиР. (Подробно анализ состояний процессов эксплуатации рассмотрен в работе Смирнова Н. Н. и Ицковича А. А. «Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию». М.: Транспорт, 1987 г.)

В системе ТОиР реализуются два процесса:

изменения технического состояния изделий авиационной техники на последовательных этапах жизненного цикла самолетов с начала эксплуатации и до списания P_{TC} ;

процесс последовательной смены организационных состояний самолетов в эксплуатации P_{T3} .

Анализ эффективности системы ТОиР заключается в определении количественных характеристик указанных процессов и

формировании информационного процесса $\Pi_{иу}$, устанавливающего соответствие между техническими и организационными состояниями самолетов

$$\Pi_{иу_{ij}} = \Pi_{ТСi} \in \Pi_{ТЭj} \text{ при } i \in \{j\}. \quad (3.1)$$

Техническим состоянием самолетов в процессе эксплуатации возможно управлять следующими способами:

изменением условий эксплуатации (уровней функциональных и региональных факторов) – $\Pi_{ТС(y)}$;

изменением конструкции систем, изделий и оборудования – $\Pi_{ТС(d)}$;

изменением режимов ТОиР – $\Pi_{ТС(ТОиР)}$.

Изменение реальных условий эксплуатации самолетов и, соответственно, их систем, изделий и оборудования часто связано с введением эксплуатационных ограничений, что сужает эксплуатационные допуски и область применения самолетов по назначению. Такое управление техническим состоянием самолетов принимается в исключительных случаях как временная внеплановая мера на период исследования обстоятельств и условий появления в эксплуатации нерасчетных изменений технического состояния конкретных изделий, которые привели к особым случаям в полете в реальных условиях эксплуатации данного типа самолета. Процесс $\Pi_{ТС(y)}$ в этом случае изменяется скачкообразно и управляющим воздействием $\Pi_{ТЭ}$ возвращается к положению до скачка.

Изменение конструкции самолетов проводится с целью адаптации ее к реальным условиям эксплуатации таким образом, чтобы расширить область применения самолетов и устранить причины появления нерасчетных изменений технического состояния конкретных изделий. Такое управление процессом $\Pi_{ТС(d)}$ также является неплановым и выполняется либо после временного изменения условий эксплуатации до их возвращения к начальным, либо для придания изделию лучших эксплуатационных качеств и повышения надежности.

В системе ТОиР управление ТС реализуется путем выполнения работ ТОиР в i -х состояниях технической эксплуатации $\{\Phi_i\}$. Любая последовательность технических состояний ВС между полетами может быть реализована простыми путями ориентированных графов S и S_1 (рис.3.1 и 3.2). Узлы Φ_i графа S представляют плановые состояния ТОиР ВС, а узлы Φ_{1i} графа S_1 представляют внеплановые технические состояния ВС.

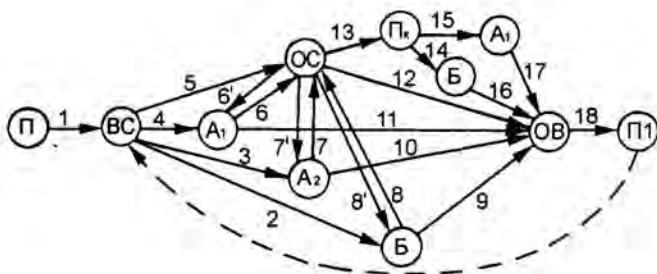


Рис.3.1. Граф S плановых состояний ТОиР ВС:

ВС – работы по встрече; ОС – работы по обеспечению стоянки; A_1 – транзитное обслуживание; A_2 – послеполетное обслуживание; Б – базовое обслуживание;
 Π_k – периодическое обслуживание или плановый ремонт;
 ОВ – работы по обеспечению вылета; П и П1 – состояния «полет»

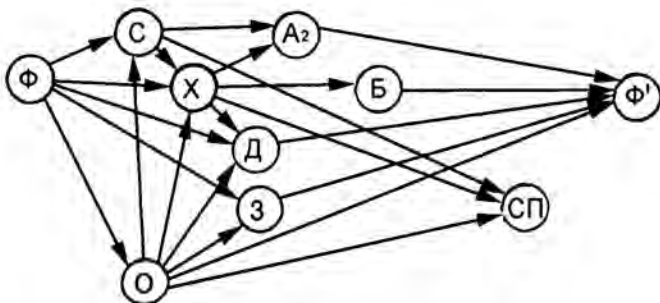


Рис.3.2. Граф S_1 неплановых состояний ТОиР ВС:

С – специальное ТО; О – осмотр; Х – хранение; Д – доработки; З – замена агрегатов; СП – списание

Процесс технической эксплуатации полностью определяется множеством $\{\Phi_i, \Phi_{1i}\}$ узлов графов S и S_1 , каждый из которых описывается параметрами распределения множеств $\{t_{ij}\}$, $\{t_{1i}\}$ времени нахождения самолетов в i -м техническом состоянии, а также вложенной цепью, определяющей вероятность P_i нахождения ВС в i -м

состоянии, и частотой π_i попадания ВС в i -е состояние на рассматриваемом интервале времени.

В реальных условиях эксплуатации самолетов плановое управление техническим состоянием самолета, а через него и процессом технической эксплуатации определяется только режимами ТОиР при заданной структуре видов и форм ТОиР и, соответственно, принципами назначения видов работ ТОиР к выполнению, обусловленных технологическим обслуживанием, методами эксплуатации и стратегиями восстановления самолета в целом и всех его изделий в совокупности. Реализация планового процесса $\Pi_{TC(TOиP)}$ определяет и реализацию постоянной составляющей процесса Π_{TC} .

В общем случае в эксплуатации реализуется процесс

$$\Pi_{TC} = \Pi_{TC(y)} + \Pi_{TC(d)} + \Pi_{TC(TOиP)}. \quad (3.2)$$

Переменные составляющие $\Pi_{TC(y)}$ и $\Pi_{TC(d)}$ определяют случайные отклонения процесса Π_{TC} от его стационарного значения $\Pi_{TC(TOиP)}$. Тогда процесс Π_{TC} в целом можно описать моделью

$$\Pi_{TC} = \Pi_{TC(TOиP)} t^a + z \{ \Pi_{TC(y)}(t); \Pi_{TC(d)}(t) \}. \quad (3.3)$$

Значение функции $z(u)$ и ее характеристики определяются случайными моментами времени τ_i появления опасных отказов самолета при развивающихся повреждениях или их мгновенном появлении при эксплуатации за пределами области определения допускаемых условий эксплуатации.

Стационарный процесс $\Pi_{TC(TOиP)}$ описывается графом S связей, в узлах $\{\Phi_i\}$ которого осуществляется мгновенный переход состояний. Узлы графа S в общем случае имеют вид, представленный на рис. 3.1.

Процесс $\Pi_{TC(TOиP)}$ осуществляется реализацией простых путей ориентированного графа S через $\{\Phi_i\}$ от состояния выполненного полета Π к последующему полету Π_1 .

Реализация функции $z(u)$ определяется ее параметрами (3.3) и приводит к дополнению от любого узла графа S (кроме Π_k) простого пути ориентированного графа S_1 . Причем, если граф S_1 реализуется по пути, заканчивающемуся A_2 , или B , то путь графа S продолжается от соответствующих состояний, если S_1 реализуется

окончанием Пк, то граф реализуется полным повторением, а в остальных случаях после реализации S_1 граф S реализуется от узла ОС (см. рис. 3.2).

Таким образом, процесс P_{TC} характеризуется семью плановыми организационными состояниями, определяющими последовательную подготовку самолета к использованию по назначению (причем, состояние P_k определяет целый комплекс периодических форм, различных по объемам работ, но общих по назначению), шестью внеплановыми состояниями, определяющими процесс нарушения регулярной эксплуатации по техническим или организационным причинам, и состоянием использования по назначению. Исследование процесса P_{TC} , выполняемое статистическими методами, показывает эргодичность и стационарность процесса на небольших интервалах времени, однако эвристическая оценка параметров процесса T_{TC} позволяет сделать вывод о его нестационарности на протяжении срока службы с начала эксплуатации и до списания самолета на основе результатов опыта эксплуатации, приведенных в табл. 3.1—3.2 и на рис. 3.3.

Так, интенсивность попадания самолета Ил-86 в состояние «полет» изменяется в два и более раза по годам эксплуатации и в зависимости от сезона года (рис. 3.3).

Выполнение работ при ТОиР самолетов является основным управляющим воздействием по обеспечению основных целей и задач системы ТОиР. Решение этих задач осуществляется выполнением установленных плановых видов ТОиР в установленной последовательности, соответственно, принципы структурного построения видов (форм регламента) ТО определяют эффективность системы ТОиР в целом. Применение различных методов эксплуатации и стратегий восстановления изделий АТ предполагает выполнение работ ТОиР на плановых формах ТОиР, структура которых обеспечивает фактическую потребность АТ в этих работах в реальных условиях с минимальными затратами труда, времени и средств.

При безремонтной эксплуатации самолета в целом структура регламента определяет полную структуру видов и форм ТО. При эксплуатации самолета с выполнением ремонтов структура регламента определяет структуру видов и форм ТО между ремонтами.

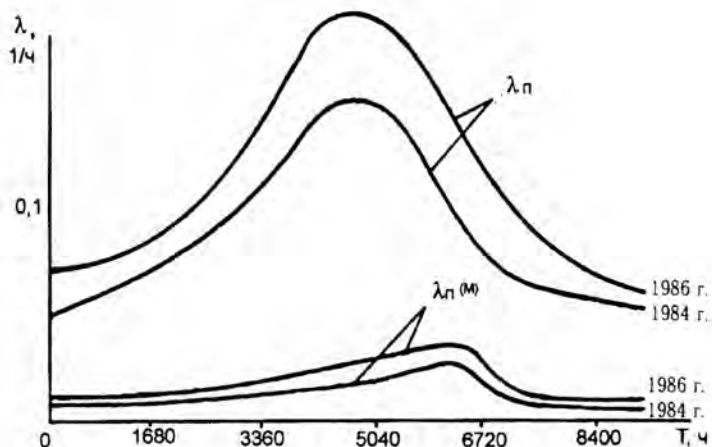


Рис.3.3. Интенсивность попадания самолета Ил-86 в состояние эксплуатации в течение года:

$\lambda_{\text{п}}$ – интенсивность попадания в состояние «полет»;

$\lambda_{\text{п}}(\text{м})$ – интенсивность появления задержек вылета по метеоусловиям

В общем случае работы ТОиР включают технологическое обслуживание B_T , контроль состояния B_K , поддержание и восстановление надежности $B_{\text{п}}$, виды которых относительно структуры видов и форм ТОиР описываются графом связей

$$S = (\Phi, B), \quad (3.4)$$

где $\Phi = \{\Phi_{ij}\}$ – множество узлов графа, соответствующее i -м видам j -х форм ТОиР;

$B = \{B_{T,K,\text{п}}\}$ – множество дуг графа, соответствующее видам работ ТОиР.

Модель оптимальной структуры графа определена условиями:

$$P_K(\Phi_{ij})(\leq, \geq) [P_K] \quad \kappa = \overline{1, m}, \quad (3.5)$$

$$Y_K(B_{T,K,\text{п}}) \rightarrow \min(\max) = \overline{1, n},$$

где P_K – значение κ -го критерия структуры, который должен быть не более (менее) заданного;

U_K – функция изменения k -го критерия при изменении структуры; m, n – число показателей, являющихся критериями оптимизации и ограничениями.

Функции U_K определены комплексом показателей технологичности и их предельными значениями для типа самолета, а ограничения на $[L_K]$ легко определяются из рассмотрения процесса эксплуатации относительно видов работ $\{B_{T,К,П}\}$. Работы технологического обслуживания $\{B_T\}$ обеспечивают технические состояния самолета непосредственно перед вылетом и после полета, а также состояние ожидания полета. Соответственно в структуре графа (3.4) обязательны следующие узлы Φ_T : обеспечение вылета (ОВ), встреча ВС после полета (ВС), обеспечение стоянки (ОС). Работы по контролю состояния $\{B_K\}$, не изменяя состояния изделия, обеспечивают информацию для классификации исправного или неисправного состояний самолета. Непрерывный контроль состояния изделия не требует структурных ограничений, однако предполагает наличие в структуре графа (3.4) узлов, в которых устраняются выявленные повреждения, что обеспечивает непрерывность процесса эксплуатации. Периодический контроль состояния, а также применение методов эксплуатации по состоянию вводят в (3.4) узлы, соответствующие контролю перед каждым вылетом или с некоторой периодичностью в зависимости от требований безопасности полетов и фактической надежности контролируемых изделий. Работы по поддержанию и восстановлению надежности, в зависимости от стратегий восстановления, реализуются в структурах (3.5), что требует наличия соответствующих узлов графа (3.4). Учитывая, что стратегия восстановления самолета реализуется на сочетании всех стратегий восстановления изделий, для самолета в целом требуется такая структура ТОиР, которая обеспечивает применение любых стратегий восстановления изделий. Схема видов и форм ТО, обеспечивающего все возможные состояния процесса эксплуатации ВС, имеет вид, приведенный на рис. 3.1 и 3.2, что подтверждает рассмотренный ранее процесс ТОиР.

Готовность самолета к полетам обеспечивается в основном оперативными видами ТО, а летная годность — периодическими видами ТО, причем КВР следует рассматривать как одну из форм периодического ТО. Оперативное и периодическое ТО определяют плановое ТО самолета при регулярной эксплуатации.

Выполнение оперативного ТО обеспечивает последовательный перевод самолета из неисправного состояния в исправное и далее в состояние готовности с учетом установленного ограничения [L_K] на состояния процесса эксплуатации. Готовность самолета к реализации процесса летной эксплуатации обеспечивается выполнением оперативных работ технологического обслуживания по встрече, обеспечению стоянки и обеспечению вылета. Оперативная исправность самолета обеспечивается выполнением оперативных форм ТО, в которые сгруппированы работы ТОиР, обычно на основе следующих правил:

работы, выполняемые после каждого полета ΦA_1 ;

работы, выполняемые через несколько полетов или раз в сутки ΦA_2 ;

работы, выполняемые через несколько суток или установленное минимальное число полетов ΦB .

В общем случае готовность самолета к полету обеспечивается одним из видов подготовок:

после посадки выполняются работы по встрече, оперативная форма и работы по обеспечению вылета: $BC \rightarrow \Phi A_1$ (или ΦA_2 , или ΦB) $\rightarrow OB$;

после посадки выполняются работы по встрече, обеспечению стоянки, оперативная форма и работы по обеспечению вылета: $BC \rightarrow OC \rightarrow \Phi A_1$ (или ΦA_2 , или ΦB) $\rightarrow OB$;

после посадки выполняются работы по встрече, оперативная форма, работы по обеспечению стоянки и обеспечению вылета: $BC \rightarrow \Phi A_1$ (или Φ_2 , или ΦB) $\rightarrow OC \rightarrow OB$.

В оперативном ТО не должно быть плановых работ по поддержанию и восстановлению надежности. Наличие таких работ свидетельствует о конструктивном несовершенстве самолета или о его непригодности к реальным условиям эксплуатации. Таким образом, оперативное ТО не связано со стратегиями восстановления изделий.

Периодическим ТО обеспечивается летная годность самолета путем выполнения плановых работ по поддержанию и восстановлению надежности.

Как правило, в периодическом ТО не должно быть работ технологического обслуживания.

При оценке эффективности технической эксплуатации требуется некоторое уточнение структуры ТО самолетов в течение летного дня, что рассмотрено ранее в разд. 4.

С изложенных позиций выполнен анализ исправности и простоев самолетов различных типов по результатам опыта их эксплуатации (табл. 3.1).

При этом использована типовая форма учета исправности АТ, которая включает дополнительные к рассмотренным ранее формы организационных состояний самолетов, такие как «нахождение в резерве», «простой по метеоусловиям» и т.д., что позволяет выполнять анализ технических характеристик самолетов и оценивать уровень организации их технической эксплуатации.

Интенсивность использования самолетного парка, характеризующаяся годовыми налетами одного самолета, в значительной степени определяется простоями самолетов на техническом обслуживании и в ремонте, что проиллюстрировано распределением календарного фонда времени нахождения самолетов в основных состояниях эксплуатации (см. табл. 3.1). В качестве исходной информации использовались данные почасового учета простоев самолетов с ГТД, при этом в графе «Простои на техническом обслуживании» учитываются:

- устранение повреждений при оперативном ТО;
- выполнение базовой формы оперативного ТО (формы «Б» для большинства типов рассматриваемых самолетов);
- выполнение периодических форм ТО, замена двигателей и агрегатов.

Остальные формы оперативного ТО учитываются в графах «Время в рейсе» и «Обеспечение вылета в базовом аэропорту».

Анализируя данные табл. 3.1, следует отметить, что для рассматриваемых типов самолетов имеет место тенденция сокращения простоев в неисправном состоянии (для Ил-62, Ил-86, Як-42, отчасти Ту-154) либо их стабилизация на уровне 15—20% (для более старой авиационной техники: Як-40, Ту-134, Ан-24). Вместе с тем, сравнение динамики изменения этих простоев с динамикой изменения времени в рейсе и простоев в исправном состоянии показывает, что сокращение простоев в неисправном состоянии не всегда ведет к адекватному увеличению интенсивности эксплуатации.

Отличаются существенным ростом доли времени нахождения в рейсе самолеты Ил-86 и Як-42 за счет сокращения простоев как в

неисправном, так и в исправном состоянии. Довольно стабильными являются все три рассматриваемые характеристики для Ан-24. Для остальных же типов самолетов характерна тенденция роста доли простоев в исправном состоянии при незначительном увеличении доли времени нахождения в рейсе (Ил-62) и даже ее снижении (Ту-134 и особенно Як-40). Такой характер изменения простоев и времени в рейсе для рассматриваемых самолетов свидетельствует о том, что исправность парка является не единственным основным фактором, определяющим интенсивность эксплуатации.

Для новой и особенно для вновь создаваемой авиационной техники имеющей, существенно лучшие характеристики расхода топлива, задача сокращения простоев на ТОиР как основного средства повышения интенсивности эксплуатации по-прежнему остается актуальной.

Общая доля простоев в сфере технического обслуживания и ремонта составляет 40—60 % календарного фонда времени. Представляет интерес анализ распределения этих простоев по основным видам ТОиР, которое приведено в табл. 3.2. В графу «Оперативное ТО» этой таблицы вошли простои в рейсе, полученные вычитанием из времени в рейсе (см. табл. 3.1) доли налета (годовой налет, отнесенный к календарному фонду времени), и простои на обеспечении вылета в базовом аэропорту; в графу «Периодическое ТО» — простои на техническом обслуживании из табл. 3.1; в графу «Ремонт» — собственно ремонт и его ожидание; в графу «Устранение неисправностей» — прочие виды простоев в неисправном состоянии (отсутствие запасных частей и двигателей, доработки, рекламации и т.д.). Наиболее значительная часть простоев в сфере ТОиР приходится на оперативное обслуживание: от 37 % для Ил-62 до 62 % для Ан-24. Следует отметить, что в данном случае рассматриваются не «оперативные» показатели, характеризующие эксплуатационные свойства ЛА, а «общие» показатели, оценивающие характеристики системы ТОиР в целом, а также характеристики всей системы обеспечения эксплуатации, включая коммерческое обслуживание, с учетом непроизводственных простоев.

В значительной степени столь большая доля простоев, приходящаяся на оперативное ТО, объясняется наличием в расписании полетов резервов времени на случай возникновения отказов АТ и других сбоев в нормальном режиме эксплуатации для поддержа-

ния требуемой регулярности полетов, поэтому, определяя пути сокращения данного вида простоев, прежде всего следует указать на необходимость решения комплекса задач, связанных с устранением отказов авиационной техники:

внедрение систем раннего (из полета) оповещения о возникновении отказа для соответствующей подготовки необходимого персонала, документации, средств контроля, инструмента и запасных частей;

внедрение перечней отказов (минимальных перечней оборудования), допускающих полет до следующего аэропорта посадки или базового аэропорта;

создание экспертных систем на основе мобильных или бортовых средств для ускорения и облегчения процесса локализации места возникновения отказа и оценки последствий в случае отсрочки его устранения;

повышение уровня эксплуатационной технологичности элементов конструкции, систем и оборудования, прежде всего, улучшение их легкосъемности и взаимозаменяемости.

Доля простоев на периодическом ТО и ремонте рассматриваемых самолетов, как следует из табл. 3.2, достаточно стабильна и колеблется в большинстве случаев в интервале 25—30 % всех простоев в сфере ТОиР. Некоторым исключением является лишь Ил-62, для которого эта доля составляет около 40 %, что в основном объясняется большой величиной простоев при ремонте. Оценивая перспективы снижения этого вида простоев, необходимо в первую очередь выделить следующие два направления: сокращение объема работ по ТОиР путем обоснованного их назначения и совершенствование производственной базы эксплуатирующих и ремонтных предприятий.

Увеличение уровня обеспеченности АТБ производственными фондами прямо ведет к сокращению простоев на периодическом обслуживании. Следует отметить взаимосвязь указанных направлений и необходимость сокращения объема ТОиР не только на базе статистического оценивания уровня надежности АТ, но и путем разработки новых, более эффективных технологий ТОиР (методов, средств, оборудования). Последнее требует определенных изменений в инвестиционной политике как в области закупок и капитального строительства, так и в области разработок.

На последний из видов простоев, отнесенных к сфере простоев при ТОиР и рассматриваемых в табл. 3.2 — «Другие простои в не-

исправном состоянии», приходится от 8,5 % (Ан-24) до 36,2 % (Ил-86) общего объема простоев в сфере ТОиР или от 3,4 % до 21,4 % общего календарного фонда времени.

Основную долю простоев этого вида составляют простои из-за отсутствия запасных частей и, прежде всего, авиадвигателей, а также доработки конструкции. Доля простоев этого вида тем выше, чем меньше срок эксплуатации самолета.

Применительно к другим составляющим графы «Другие простои в неисправном состоянии» в качестве основной меры их сокращения следует признать необходимость радикального изменения финансовых взаимоотношений сторон и ответственности поставщика и разработчика авиационной техники. Без создания эффективного механизма материальных стимулов, поощрения и ответственности рассчитывать на сокращение объема доработок не приходится.

Таблица 3.1

**Уровень исправности парка основных типов самолетов, эксплуатирующихся в а/к «Аэрофлот»
в 80-е годы**

Параметр	Величина параметра по типам самолетов									
	Як-40		Ан-24		Ту-134		Ту-154		Ил-62(М)	
	1982	1985	1981	1985	1981	1987	1981	1987	1981	1987
Норматив исправности	82	82	82	82	82	82	68	68	68	68
Фактическая исправность, в том числе	84.3	85.3	85.2	85	77.9	81.6	65.2	71.2	59.1	72.2
время в рейсе	30.9	27.5	42.4	37.7	42.2	39.0	39.2	38.8	32.2	36.2
Обеспечение вылета в базовом аэропорту	5.3	5.2	6.6	6.1	6.7	6.5	6.5	6.7	4.5	4.9
в резерве	3.9	4.3	3.2	3.3	2.8	2.7	1.8	2.3	1.3	2.7
исправные, но не совершавшие полетов	43.4	47.6	31.7	36.4	25.1	32.1	17.2	23.3	20.9	28.2
простои по метеоусловиям и из-за запретов полетов	0.8	0.8	1.3	1.3	1.1	1.1	0.5	0.4	0.2	0.2
Простои в неисправном состоянии:	15.7	14.7	14.8	15.3	22.1	18.4	34.8	28.8	40.9	27.8
на техническом обслуживании	6.5	7.0	7.6	7.4	7.2	7.5	9.2	9.3	8.4	10.3
на ремонте	4.6	1.9	4.0	4.4	3.8	4.4	4.8	4.2	11.9	6.0
в ожидании ремонта	0.3	—	0.2	0.1	0.1	0.2	—	0.1	0.1	—
на восстановлении после повреждения	0.7	0.4	0.6	0.6	0.6	0.8	0.9	1.1	0.3	0.3
из-за отсутствия запчастей	1.5	1.9	1.1	0.9	2.3	0.5	1.2	1.6	1.3	1.0
из-за отсутствия авиадвигателей	0.1	—	0.1	0.3	5.8	1.3	6.2	5.4	16.9	6.3
на доработках по бюллетеням	0.5	1.2	0.1	0.1	0.5	1.7	8.6	4.7	0.7	1.7
из-за рекламаций промышленности	0.4	0.5	0.3	0.2	0.9	0.4	3.2	1.4	0.5	1.23
из-за рекламаций АРЗ	0.9	1.3	0.5	1.2	0.9	0.4	0.5	0.9	0.8	0.8
на расследовании летных происшествий	—	—	0.1	—	—	—	0.2	—	—	—
в ожидании списания	0.2	0.5	0.2	0.1	—	0.2	—	0.1	—	0.1

Параметр	Величина параметра по типам самолетов									
	Ил-86		Як-42		Ил-76		Ан-12		Л-410	
	1982	1987	1985	1987	1985	1987	1983	1986	1984	1987
Норматив исправности	65	65	64	65	55	55	72	72	65	70
Фактическая исправность, в том числе	55	61.9	69.4	70.9	57.1	52.1	70.1	77.7	65	75.7
время в рейсе	15.5	29.1	27.2	36.0		26.8	37.3	36.0		
Обеспечение вылета в базовом аэропорту	8.3	8.5	6.3	7.0		4.0	3.8	3.7		
в резерве	5.2	2.6	4.0	2.7		0.7	2.7	2.9		
исправные, но не совершавшие полетов	25.6	21.3	30.6	23.7	39.5	19.5	23.1	32.9	38	36.6
простои по метеоусловиям и из-за запретов полетов	0.4	0.4	1.3	1.1	1.3	0.6	3.2	2.8	1.9	0.7
Простои в неисправном состоянии:	45	38.1	37.3	29.1	42.9	47.9	29.9	22.3	35	24.3
на техническом обслуживании	19.1	12.9	13.7	14.0	13.8	11	8.7	10	8.8	6.2
на ремонте	—	—	—	1.1	13.3	13.5	5.9	3.7	9.5	6.1
в ожидании ремонта	—	—	—	—	—	0.1	0.1	0.3	0.3	0.4
на восстановлении после повреждения	—	0.9	3.0	1.3	2.0	2.9	3.2	1.9	1.4	0.9
из-за отсутствия запчастей	1.1	4.4	0.1	0.7	4.9	1.1	2.2	3.2	7.1	6.1
из-за отсутствия авиадвигателей	2.6	11.6	—	0.5	2.9	13.5	0.2	0.4	4.1	0.9
на доработках по бюллетеням	1.72	5.9	—	4.2	1.3	4.1	8.7	0.6	0.7	0.3
из-за рекламаций промышленности	4.7	2.2	20.5	6.2	2.8	1.4	0.2	0.3	4.6	2.6
из-за рекламаций АРЗ	—	—	—	0.5	1.9	0.4	0.7	1.6	0.4	0.3
на расследования летных происшествий	0.3	0.2	—	0.6	—	—	—	—	0.1	0.5
в ожидании списания	—	—	—	—	—	—	—	0.3	—	—

Таблица 3.2

**Распределение простоев самолетов по основным видам ТОиР
(% фонда годового времени / % простоев на ТОиР)**

Тип самолета	Год	Оперативное ТО	Периодиче- ское ТО	Ремонт	Устранение неисправно- стей	ТОиР
Як-40	1985	20,0	7,0	1,9	5,8	34,7
		57,6	20,2	5,5	16,7	100
Як-42	1987	25,1	14,0	1,1	14,0	54,2
		46,4	25,8	2,0	25,8	100
Ту-134	1987	25,8	7,5	4,6	6,3	44,2
		58,4	17,0	10,4	14,2	100
Ту-154	1987	25,7	9,3	4,3	15,2	54,5
		47,1	17,1	7,9	27,9	100
Ил-62	1987	16,2	10,3	6,9	10,6	44,0
		36,8	23,4	15,7	24,1	100
Ил-86	1988	24,1	13,6	—	21,4	59,1
		40,8	23,0	—	36,2	100
Ан-24	1985	24,9	7,4	4,5	3,4	40,2
		61,9	18,4	11,2	8,5	100

4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

4.1. УСЛОВИЯ ОЦЕНКИ ХАРАКТЕРИСТИК И СТРУКТУРА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ САМОЛЕТОВ

Объем и периодичность выполнения работ по техническому обслуживанию (ТО) определяются Регламентами технического обслуживания (РО) конкретного типа самолета. Согласно ОСТ 5430054—88 различают следующие виды ТО:

- оперативное ТО;
- периодическое ТО;
- ТО при хранении;
- специальное ТО,

которые в свою очередь включают сформированные в соответствии с периодичностью выполнения отдельных работ различные формы ТО.

Оперативное ТО, основным назначением которого является подготовка самолета к полетам и обеспечение его работоспособности в процессе выполнения полетов, включает следующие формы ТО:

ВС — работы по встрече самолета, выполняемые после каждой посадки;

ОС — работы по обеспечению стоянки, выполняемые при передаче самолета от экипажа аэродромным службам при планируемой стоянке;

ОВ — работы по обеспечению вылета, выполняемые непосредственно перед каждым полетом;

А_Т (А₁) — транзитное техническое обслуживание, выполняемое перед повторным планируемым вылетом, если не требуется выполнения другой формы ТО;

А_Б (А₂) — послеполетное техническое обслуживание, выполняемое в конце летного дня и (или) после выполнения определенного количества полетов;

Б — техническое обслуживание, выполняемое преимущественно в базовом аэропорту не реже одного раза за определенное количество летных суток (как правило, 10—20 летных суток).

Нужно отметить, что РО некоторых типов самолетов не соответствуют требованиям стандарта и включают в себя формы оперативного ТО под другими обозначениями. Так, для самолетов Ан-24, Як-40, Як-42 названные формы оперативного ТО обозначаются буквами русского алфавита от А до Ж. Однако такое различие в обозначении форм РО носит непринципиальный характер. Данная структура оперативного РО полностью описывает организационные состояния самолета в оперативном цикле ТО, которым являются все виды и формы ТО, выполняемые между двумя смежными формами Б. Серьезным недостатком указанного построения РО служит невозможность описания его оперативными формами и видами ТО всех возможных состояний самолета в течение летного дня. Если все различные состояния самолета обозначить прямоугольниками, а переходы между ними стрелками, то можно получить следующий граф состояний самолета в течение летного дня (рис. 4.1), который несколько отличается от приведенного в разд. 3 (см. рис. 3.1).

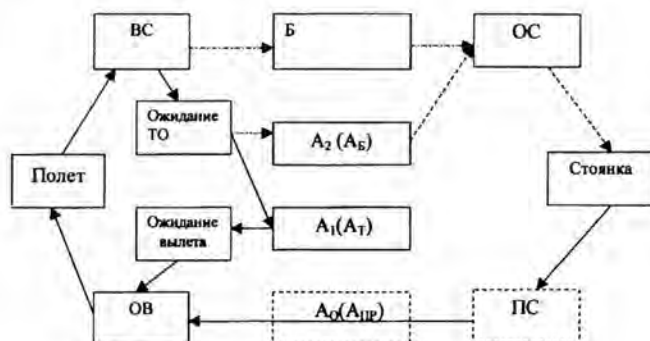


Рис.4.1. Граф состояний самолета в течение летного дня

$$PR_{\text{пто}} = \boxed{\text{ПС}} + \boxed{A_0} + \boxed{ОВ}$$

$$TP_{\text{ТО}} = BC + A_1 + ОВ$$

$$BTO = BC + Б + ОС$$

$$PC_{\text{пто}} = BC + A_2 + ОС$$

ПС — работы после стоянки;

ОВ — работы по обеспечению вылета

Граф 4.1 наглядно показывает, что помимо состояний самолета, которые вызваны организационными сторонами эксплуатации (ожидание ТО и вылета), существующие формы оперативного ТО не описывают состояние, являющееся переходным от состояния ОС к состоянию ОВ. Очевидно, что объем работ по обеспечению вылета после стоянки существенно отличается от объема работ по обеспечению вылета в течение летного дня. В силу этого на рис. 4.1 введено состояние, обозначенное «ПС» (после стоянки). В свою очередь работы по встрече самолета, в зависимости от продолжительности планируемой стоянки, также могут отличаться по объему выполняемых работ по ТО.

Названные недостатки структуры оперативного ТО создавали определенные трудности в определении затрат труда и времени на обеспечение полетов, приводили к разногласным оценкам этих затрат эксплуатирующими организациями и предприятиями промышленности.

Периодическое техническое обслуживание назначается по налету в часах, и его формы имеют различную периодичность выполнения для различных типов самолетов. Основной формой (базовой) периодического ТО отечественных самолетов, эксплуатируемых в России, обычно является форма, выполняемая через 300 часов налета. Все остальные формы выполняются с периодичностью, кратной базовой. При этом объем работ на формах ТО образуется как сумма объема работ базовой формы и некоторого дополнительного объема работ, выполняемого через кратное число раз выполнения базовой формы. Так, для самолета Ан-24 было установлено 17 форм, выполняемых через 300, 600, 900,...5100 часов налета, а для самолета Як-40 – 19 форм, выполняемых через 300, 600, 900,...5700 часов налета (с 1995 года девять форм с периодичностью 600 л.ч). Построение периодического ТО самолетов Ил-62, Ил-86, Ту-134 и Ту-154 включает дополнительные к базовой форме объемы работ лишь для отдельных форм, повторяющихся с периодичностью, кратной периодичности базовой формы. Так, для самолета Ил-62 было установлено выполнение форм периодического ТО через 300, 900, 1800 и 3600 часов налета, для самолета Ту-154 и Ил-86 – через 300, 900 и 1800 часов налета, а для самолета Ту-134 – 333, 666, 1000 и 2000 часов налета.

Имеет место тенденция увеличения периодичности выполнения базовой формы периодического ТО и (с внедрением обслуживания самолетов по техническому состоянию) перенесения объема

работ заводского ремонта на формы ТО. Так, у самолета Ил-96 РО предусматривает выполнение форм периодического ТО через 500, 3000 и 12 000 часов налета.

Техническое обслуживание при хранении и специальное ТО носят случайный характер и выполняются без строго установленной периодичности, а объем этих видов ТО формируется из отдельных работ оперативного и периодического ТО и специальных работ, присущих только этим видам ТО.

Объем работ, определяющих продолжительность и трудоемкость форм технического обслуживания, определяется составом и технологическим содержанием этих работ при следующих условиях.

Продолжительность и трудоемкость форм ТО определяются по технологическим графикам (ТГ) соответствующей формы ТО. В основе исходных данных для построения ТГ формы ТО лежат:

- перечень и содержание работ по ТО;
- перечень средств ТО, потребных для выполнения данной формы ТО;
- ограничения на порядок выполнения работ;
- продолжительность и состав исполнителей для выполнения каждой работы данной формы ТО;
- располагаемое количество и квалификация исполнителей ТО.

Для одной и той же формы ТО возможно построение большого числа вариантов ТГ, отличающихся порядком выполнения работ. Поэтому необходима оптимизация ТО по времени в целях получения такого рационального варианта ТГ, который обеспечивал бы минимальное или близкое к нему время выполнения ТО при заданном числе исполнителей и составе средств или при заданных ограничениях на время выполнения комплекса работ определял бы минимальное потребное количество исполнителей и средств.

По полученному рациональному ТГ определяется продолжительность выполнения формы ТО, а наличие данных о продолжительности выполнения отдельных работ РО и потребном количестве исполнителей данных работ позволяет рассчитать трудоемкость формы ТО.

Оптимизация ТГ по времени достаточно сложный и трудоемкий процесс. Поэтому в настоящее время ТГ получили распространение лишь для оперативных форм ТО, поскольку незначительные объемы их работ и простота ограничений на порядок выполнения позволяют производить их оптимизацию простым рассмотрением вариантов совмещения производимых работ

во времени. В отсутствие ТГ периодических форм ТО их трудоемкость определяется простым суммированием трудоемкости всех работ, предусмотренных РО, а продолжительность выполнения этих форм ТО определяется принятой организацией труда исполнителей в каждом авиапредприятии при директивно заданных ограничениях (обычно 1—3 недели).

Как показал опыт оценки эксплуатационной технологичности самолетов, одной из основных причин, приводящих к получению различий в оценках продолжительности и трудоемкости форм ТО, является наличие в них работ с неопределенной периодичностью выполнения, а также работ, технология выполнения которых существенно изменяется при различных методах организации процесса ТО. Первые присущи в основном оперативным формам ТО, вторые — периодическим.

К работам с неопределенной периодичностью выполнения относятся следующие:

- буксировка самолета;
- удаление обледенения и обработка поверхности самолета антиобледенительной жидкостью;
- наружная мойка самолета;
- внутренняя уборка самолета;
- обработка санузлов самолета;
- дозаправка систем самолета рабочими жидкостями и газами (кроме топлива).

Эти работы выполняются в зависимости от технического состояния самолета, и единство учета периодичности их выполнения при разработке и эксплуатации самолета возможно введением единой расчетной модели эксплуатации, используемой при оценке показателей ЭТ.

К работам, технология выполнения которых зависит от организации процесса ТО, относятся:

ТО авиационного и радиоэлектронного оборудования в лаборатории;

открытие (закрытие) эксплуатационных люков; промывка фильтров топливной и других систем;

работы по предварительному монтажу (демонтажу) двигателей, колес и т.п.;

подготовка к работе средств технического обслуживания.

В целях исключения влияния характеристик названных работ на расчетные значения показателей ЭТ при отработке методик оценки ЭТ был разработан типовой состав работ, характеристики которых учитываются при определении продолжительности и трудоемкости форм ТО:

1. Работы по определению технического состояния.
2. Зарядно-заправочные и смазочные работы.
3. Восстановительные работы.
4. Вспомогательные работы, обеспечивающие выполнение целевых работ.
5. Работы по обеспечению коммерческой загрузки.

Работы по определению технического состояния включают: осмотры и проверки объекта технического обслуживания как с применением средств контроля, так и без них; обработку и анализ полетной информации.

Зарядно-заправочные и смазочные работы включают:

контроль наличия рабочего тела;

заправку и зарядку систем рабочими жидкостями и газами;

замену рабочего тела;

возобновление смазки агрегатов и соединений конструкции самолета.

Восстановительные работы включают:

регулировку объектов ТО на самолете или в лаборатории;

восстановление исправности (работоспособности) элементов конструкции на борту самолета, в том числе устранение коррозионных повреждений и восстановление противокоррозионных покрытий;

замену агрегатов, узлов, деталей на борту самолета.

Вспомогательные работы включают:

работы по обеспечению доступа к объекту обслуживания;

демонтажно-монтажные работы для обеспечения обслуживания объекта вне самолета;

слив, стравливание давления рабочих тел для обеспечения обслуживания систем самолета;

чехление, установку заглушек, швартовку, установку колодок, подключение источников энергии, заземление и т.п.;

подсоединение, включение, прогрев и настройку средств контроля после подключения к объекту контроля;

внутреннюю уборку и обслуживание мягкого инвентаря бытового оборудования.

Работы по обеспечению коммерческой загрузки включают посадку—высадку пассажиров, погрузку — выгрузку багажа и т.п.

В свою очередь при расчете показателей ЭТ на этот состав работ накладываются следующие ограничения:

1. Не учитываются следующие работы:

наружная мойка самолета;

работы по доставке демонтированного оборудования в лабораторию и на самолет;

работы по разворачиванию средств технического обслуживания, выполнение которых возможно до начала обслуживания;

работы, выполняемые водителями специальных машин, направленные на обеспечение функционирования средств обслуживания;

работы по доставке необходимых средств обслуживания, контроля, инструмента, запасных частей, расходных материалов и т.п. на техническую позицию.

2. Частота выполнения работ по внутренней уборке и обслуживанию бытового оборудования и обработке санузлов самолета принимается равной одному разу за летный день.

3. Дозаправка систем рабочими жидкостями и газами производится в конце летных суток.

4. Перемещений (перекаток) самолета в процессе ТО нет, самолет на техническую позицию и с нее буксируется.

5. В течение летного дня выполняются следующие виды ТО:

предполетное ТО, выполняемое один раз в летный день перед первым полетом (по существующему РО – работы по обеспечению первого вылета и включающее работы после стоянки, работы по форме А₀ и работы по обеспечению вылета;

транзитное ТО, выполняемое перед каждым последующим полетом, включающее работы по встрече самолета (ВС), работы по форме А_Т(А₁) и работы по обеспечению вылета;

послеполетное ТО, выполняемое в базовом аэропорту в конце летного дня, включающее работы по встрече (ВС), работы по форме А_Б(А₂) и работы по обеспечению стоянки (ОС);

базовое ТО, выполняемое в базовом аэропорту по календарным срокам, включающее работы по встрече, по форме Б и по обеспечению стоянки.

6. Периодическое ТО предусматривает выполнение ряда форм ТО с установленной периодичностью.

Учет продолжительности и трудоемкости работ по ТО базируется на приведенном составе работ, причем трудоемкость форм ТО детализируется (раскладывается) на трудоемкость ТО отдельных систем, их подсистем и агрегатов, а также по типам работ (контроль, осмотр и пр.). Данные эксплуатирующих подразделений ориентированы на учет трудозатрат по производственным участкам, отдельным специальностям исполнителей. В силу этого для сравнения данных промышленности и эксплуатации необходимо проведение дополнительных исследований в целях приведения их к единому виду, так как различие в этих данных создает при работе с ними большие трудности, в том числе и при отработке нормативных уровней показателей ЭТ.

Выходом из такой ситуации может быть создание для типа ВС единого от проектирования до эксплуатации банка данных о трудозатратах на ТОиР.

4.2. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАНЗИТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И МЕЖДУРЕЙСОВЫЕ ПРОСТОИ

4.2.1. Характеристики транзитного ТО

Особое место среди нормируемых показателей эксплуатационной технологичности занимает показатель «продолжительность транзитного ТО». Нормирование этого показателя при заданной расчетной интенсивности суточной эксплуатации (количестве полетов и их продолжительности) по существу регламентирует продолжительность всех форм оперативного ТО. Для того чтобы показать, что суточный налет самолета может достигать заданной величины, необходимо построить временную цепочку, включающую продолжительность предполетного ТО, продолжительность нахождения в полете (произведение количества полетов на их продолжительность), продолжительность выполнения всех транзитных ТО и продолжительность послеполетного либо базового ТО. Суммарная продолжительность такой цепочки, естественно, ограничена 24 часами, что влечет за собой необходимость определения продолжительности предполетного, послеполетного и базового ТО. В свою очередь решение задачи обеспечения интенсивности эксплуатации во многом предопределяет обеспечение необходимого уровня готовности и регулярности.

Такая высокая значимость показателя «продолжительность транзитного ТО» требует от разработчика самолета проведения конструктивных мероприятий, позволяющих максимально сократить объем работ транзитного ТО и обеспечить высокий уровень ЭТ.

В результате транзитное ТО современных самолетов включает в себя типовой объем работ, который можно представить в виде следующих групп работ:

- работы по приему самолета на стоянку (установка колодок, заземление и т.п.);

- работы по осмотру самолета с земли в целях обнаружения внешних повреждений;

- отдельные проверки работоспособности приборного и радиоэлектронного оборудования (как исключение);

- внутренняя уборка (по требованию экипажа);

- заправка топливом;

- посадка — высадка пассажиров;

- погрузочно-разгрузочные работы (обслуживание багажа, буфета и т.п.);

- работы по выпуску самолета со стоянки (уборка колодок, отключение источников питания и т.п.).

Работы первой и последней групп являются критическими, т.е. не могут быть совмещены по времени выполнения с работами других групп, и находятся соответственно в начале и конце ТГ. Работы же остальных групп должны быть расставлены на ТГ в такой последовательности, чтобы обеспечить выполнение формы ТО с минимальной продолжительностью. Различные варианты совмещения этих работ во времени представлены на ТГ транзитного ТО самолетов Ан-24, Ту-134, Ту-154, Як-40, Як-42, Ил-62 и Ил-86 (рис. 4.2—4.8), которые построены на основании результатов испытаний, проведенных предприятиями промышленности, а ТГ самолетов Як-42 и Ил-86 — по данным совместных с промышленностью испытаний в эксплуатации.

Приведенные ТГ наглядно свидетельствуют о том, что для всех приведенных типов самолетов работы по заправке топливом и посадка — высадка пассажиров являются критическими. Этот факт объясняется тем, что, во-первых, совмещение выполнения этих работ запрещено Руководством по технической эксплуатации, во-вторых, продолжительность их выполнения не может быть сокращена путем привлечения дополнительного числа исполните-

лей. Поэтому эти работы выполняются в следующем технологическом порядке: высадка пассажиров – заправка топливом – посадка пассажиров. Группа работ по осмотру самолета с земли и проверке работоспособности оборудования, как правило, выполняется одновременно с работами по заправке и посадкой — высадкой пассажиров. То обстоятельство, что продолжительность их выполнения может регулироваться путем изменения количества привлекаемых исполнителей, позволяет говорить о возможности исключения их из числа критических работ.

Следует отметить, что технология заправки самолетов топливом предусматривает выполнение после, а иногда и до непосредственной заправки топливом отстоя топлива в течение 10—15 мин с последующим сливом отстоя для определения наличия воды в топливе. Поэтому у ряда самолетов к критическим работам относится отстой топлива и его слив, причем наличие в критических работах отстоя топлива создает дополнительный резерв времени для выполнения работ по осмотру и проверке функционирования систем самолета (при необходимости).

Отметим также, что практика эксплуатации зарубежных типов самолетов допускает совмещение работ по посадке — высадке пассажиров с заправкой топливом, что отражено в эксплуатационной документации этих самолетов и регулируется национальными правилами большинства государств.

Аналогично работам по осмотру и проверке работоспособности погрузочно-разгрузочные работы могут быть выполнены одновременно с критическими работами по посадке—высадке пассажиров и заправке топливом. Однако, если продолжительность осмотров и проверок может варьироваться количеством исполнителей, продолжительность погрузочно-разгрузочных работ во многом определяется организационными факторами.

Для самолетов большой пассажировместимости в число критических работ может попадать внутренняя уборка. В этом случае цепочка критических работ принимает вид: высадка пассажиров — внутренняя уборка — посадка пассажиров. Однако в условиях отсутствия механизации уборки салонов время внутренней уборки может регулироваться количеством уборщиков, т.е. продолжительность внутренней уборки путем улучшения организации обслуживания может быть сведена к продолжительности, например, заправки топливом и тем самым исключена из числа критических работ.

На рис. 4.2 и 4.3 представлены ТГ транзитного ТО самолетов Як-40 и Ан-24. Продолжительность транзитного ТО этих самолетов определяется работами по приему на стоянку, высадкой пассажиров, заправкой топливом с последующим сливом отстоя и работами по выпуску самолета со стоянки и составляет для Як-40 33 мин, а для Ан-24 – 35 мин.

В РО самолетов Ту-134 и Ту-154 отсутствуют работы по сливу отстоя топлива после заправки. Поэтому для них по ТГ (рис. 4.4 и 4.6) продолжительность транзитного ТО определяется работами по приему на стоянку, осмотру самолета и работами по выпуску со стоянки для самолета Ту-134, а для самолета Ту-154 – и посадкой пассажиров. В случае выполнения осмотра этих самолетов по маршруту двумя специалистами критическими станут работы по посадке пассажиров и заправке топливом. В приведенном варианте ТГ продолжительность транзитного ТО самолета Ту-134 составляет 37 мин, а самолета Ту-154 – 54 мин.

Самолеты Як-42 и Ил-62 представлены ТГ (рис. 4.5 и 4.7) с критическими работами: прием на стоянку, посадка пассажиров, заправка топливом, посадка пассажиров и выпуск со стоянки. Как было сказано ранее, возможности сокращения продолжительности транзитного ТО при таком составе критических работ очень ограничены. Продолжительность транзитного ТО самолета Як-42 составляет 50 мин, а самолета Ил-62 – 63 мин.

У самолета Ил-86 работами, определяющими продолжительность транзитного ТО (рис. 4.8), являются: прием на стоянку, посадка пассажиров, уборка салонов, посадка пассажиров и выпуск самолета со стоянки. Очевидно, что с увеличением числа исполнителей, выполняющих уборку салонов, критическими станут работы по заправке топливом. Продолжительность транзитного ТО самолета Ил-86 составляет 66 мин.

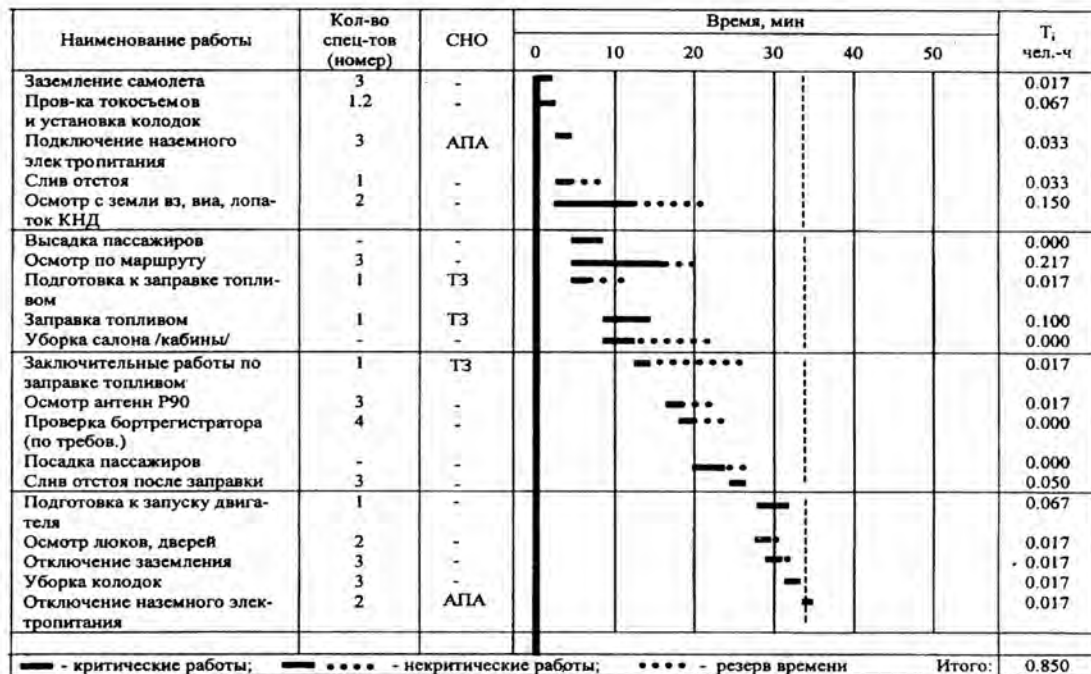


Рис. 4.2. Технологический график транзитного ТО самолета Як-40

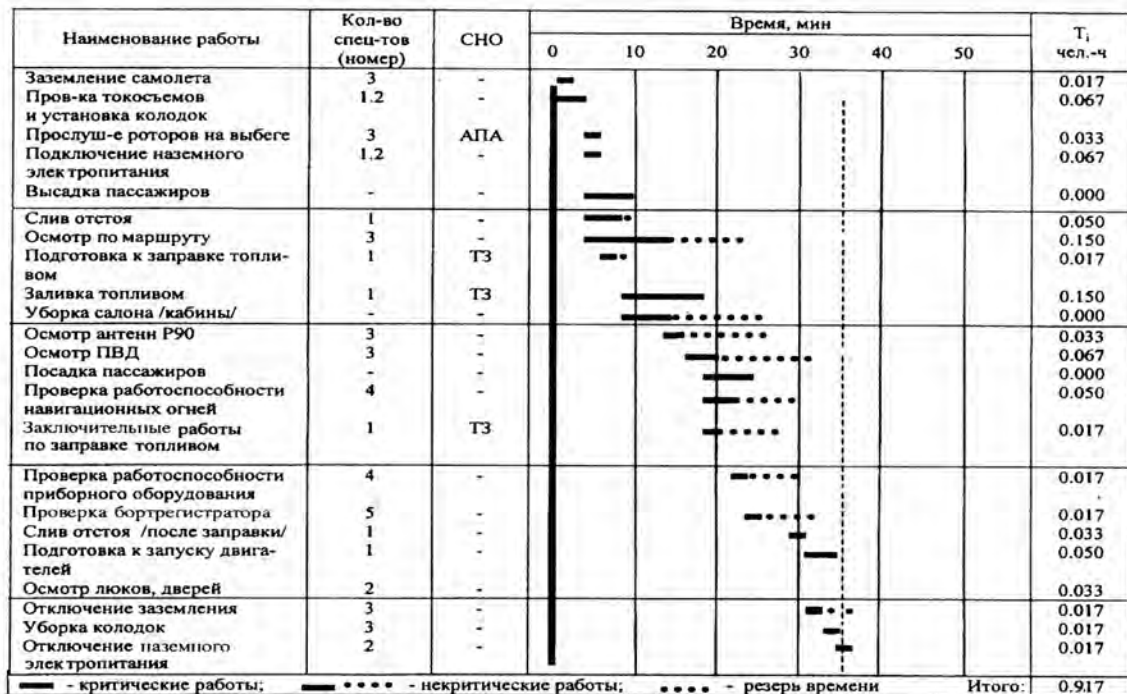


Рис. 4.3. Технологический график транзитного ТО самолета Ан-24

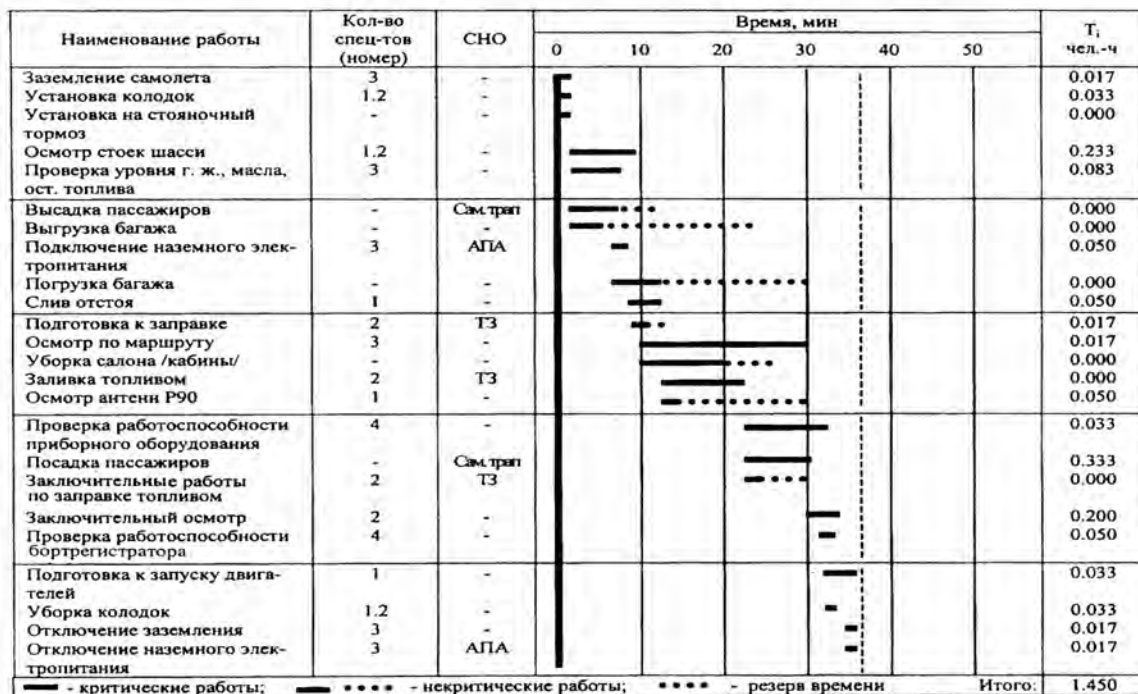


Рис. 4.4. Технологический график транзитного ТО самолета Ту-134

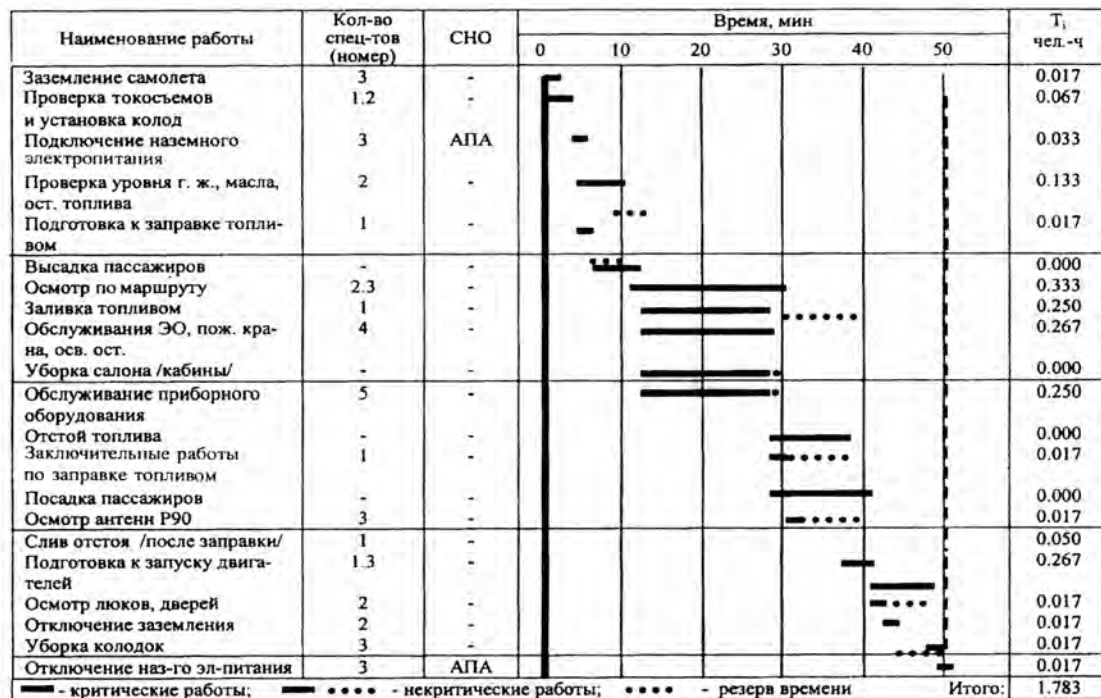


Рис. 4.5. Технологический график транзитного ТО самолета Як-42

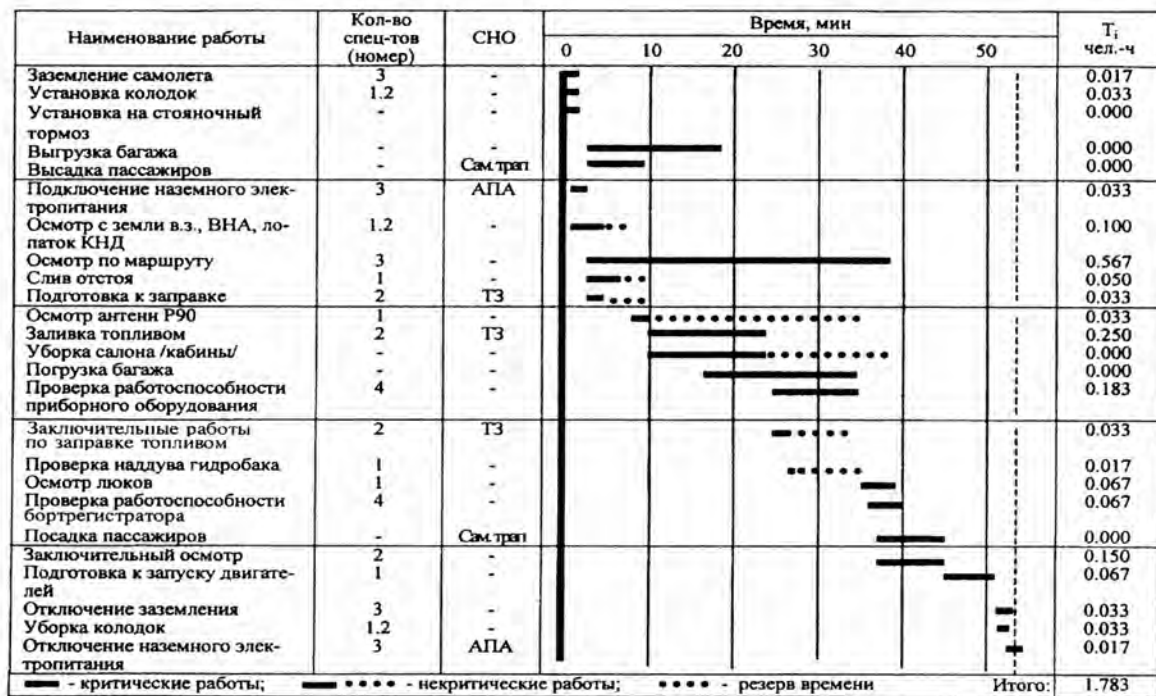


Рис. 4.6. Технологический график транзитного ТО самолета Ту-154

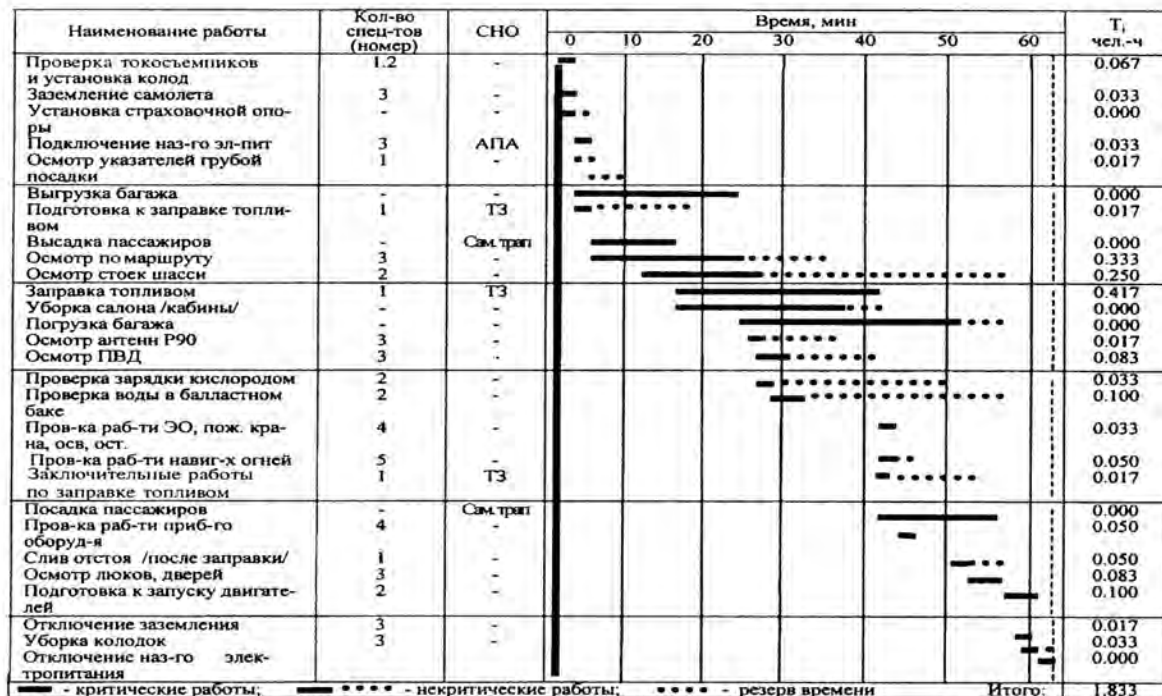


Рис. 4.7. Технологический график транзитного ТО самолета Ил-62

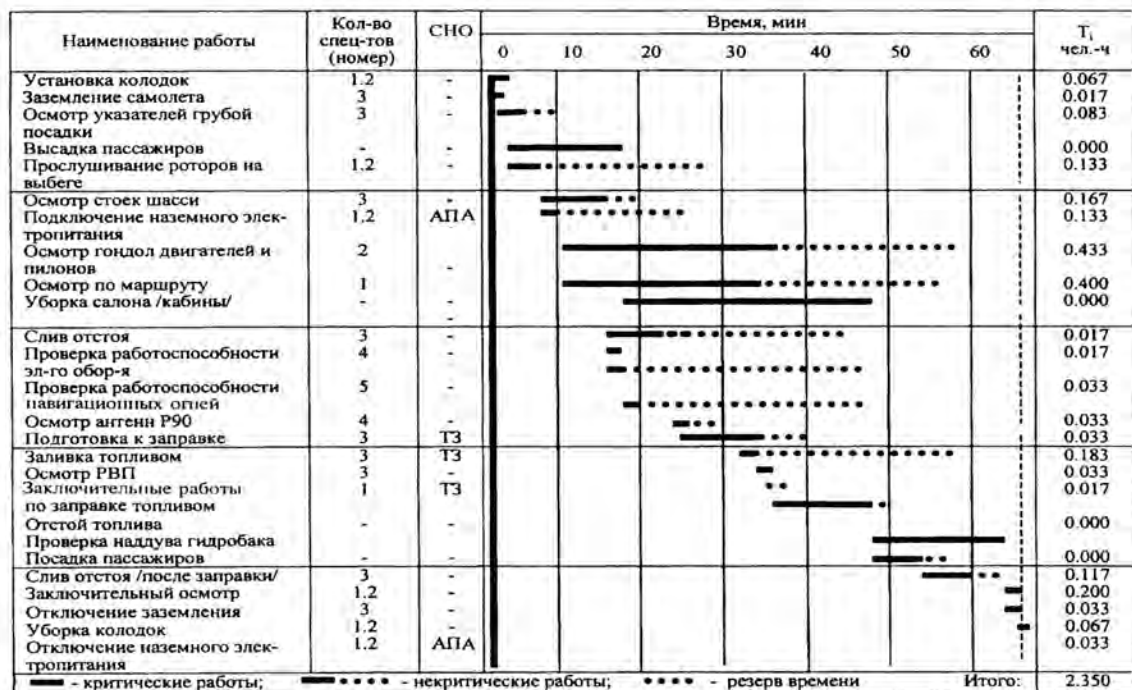


Рис. 4.8. Технологический график транзитного ТО самолёта Ил-86

4.2.2. Междурейсовые простои

Необходимо отметить, что при реальной эксплуатации самолетов их технические возможности используются далеко не полностью. Так, междурейсовые простои в транзитных аэропортах значительно превосходят продолжительность транзитного обслуживания. Исходные данные и результаты расчета междурейсовых простоев представлены в табл. 4.1. Исходными данными для расчета послужили годовой налет самолета — $\tau_{год}$, продолжительность типового полета — τ_n , число полетов в год — $n_{пол}$, число посадок на один парный рейс — m_{noc} , доля времени в рейсе в годовом фонде времени — $\bar{t}_p$, полученные по данным эксплуатации. Продолжительность транзитного обслуживания самолетов взята по ТГ, представленным на рис. 4.2—4.8.

Остальные параметры табл.4.1 были получены расчетом по следующим выражениям:

число вылетов с базового аэропорта

$$n_{баз} = \frac{n_{noc}}{m_{noc}}; \quad (4.1)$$

число транзитных вылетов

$$n_{тр} = n_{баз} (m_{noc} - 1) = \frac{n_{noc} (m_{noc} - 1)}{m_{noc}}; \quad (4.2)$$

суммарная годовая продолжительность транзитного обслуживания

$$t_{тр}^{сум} = t_{тр} n_{тр}; \quad (4.3)$$

доля простоев на транзитном обслуживании в годовом фонде времени

$$\bar{t}_{тр}^{сум} = \frac{t_{тр}^{сум}}{8760}; \quad (4.4)$$

доля годового налета в годовом фонде времени

$$\bar{\tau}_{год} = \frac{\tau_{год}}{8760}; \quad (4.5)$$

доля междурейсовых простоев в транзитных аэропортах

$$\bar{t}_{mp} = \bar{t}_p - (\bar{t}_{zod} + \bar{t}_{mp}^{сум}); \quad (4.6)$$

междурейсовый простой самолета в транзитном аэропорту:
на 1 вылет

$$t_{mp.n} = 8760 \frac{\bar{t}_{mp}}{n_{mp}}; \quad (4.7)$$

на 1 ч налета

$$t_{mp.ч} = \frac{t_{mp.n}}{\tau_n}. \quad (4.8)$$

Приведенные в табл. 4.1 данные показывают, что междурейсовые простои в транзитном аэропорту на один вылет превосходят продолжительность транзитного ТО в 2—3 раза. При этом у самолета Як-40 они возрастают по годам эксплуатации с 1.35 до 1.56 ч из-за снижения интенсивности эксплуатации. Различия в интенсивности эксплуатации сказываются на междурейсовых простоях и для самолетов Як-42, Ил-62 и Ил-96.

Подобное соотношение между продолжительностью транзитного ТО и междурейсовыми простоями позволяет сделать вывод о возможности более интенсивного использования самолетного парка без изменения технических характеристик самолетов. Такой вывод подтверждается опытом эксплуатации самолетов, когда отдельные экземпляры имеют годовой налет от 2400 ч для самолетов Як-40 до 4500 ч для самолетов Ил-86.

4.3. УДЕЛЬНАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Важнейшими показателями, наиболее часто используемыми для оценки совершенства системы технического обслуживания и ремонта, являются $K_{т.то}$ — удельная суммарная трудоемкость технического обслуживания и $K_{т.р}$ — удельная суммарная трудоемкость ремонта. Эти показатели определяются как отношение суммарной трудоемкости T за некоторый период эксплуатации к суммарному налету τ ВС за тот же период

$$K_T = \frac{T}{\tau}, \quad (4.9)$$

причем удельная трудоемкость ТО складывается в основном из удельной трудоемкости $K_{T.ОП}$ оперативного ТО, удельной трудоемкости $K_{T.ПЕР}$ периодического ТО и удельной трудоемкости восстановления $K_{T.В}$ работоспособного состояния

$$K_{T.ТО} = K_{T.ОП} + K_{T.ПЕР} + K_{T.В}. \quad (4.10)$$

При анализе показателей K_T различных типов самолетов необходимо иметь в виду, что удельная трудоемкость периодического ТО и ремонта зависит от трудоемкости форм ТО или ремонта и от количества их выполнений за расчетный период и в общем виде определяется из выражений

$$K_{T.ПЕР} = \frac{\Sigma(T_j \cdot n_j)}{\tau}; \quad K_{T.Р} = \frac{\Sigma(T_i \cdot n_i)}{\tau}, \quad (4.11)$$

где T_j, T_i — трудоемкость форм периодического ТО и ремонта соответственно;

n_j, n_i — количество выполнений j -й формы ТО и i -й формы ремонта за расчетный период.

Удельная трудоемкость оперативного ТО определяется из более сложной зависимости количества выполнений его форм от параметров эксплуатации самолета:

$$K_{T.ОП} = \sum_{r=1}^{r=R} \bar{\tau}_r \left[\frac{T_4 - T_3}{\tau_4} + \frac{T_1 + T_3}{\tau_{сут}} + \frac{T_2}{\tau_{пол}} \cdot \frac{n_{пол} - 1}{n_{пол}} \right]_r, \quad (4.12)$$

где T_1, T_2, T_3, T_4 — трудоемкость соответственно предполетного, транзитного, послеполетного и базового ТО; при этом надо иметь в виду, что формула (4.12) справедлива для случая, когда базовое еженедельное ТО выполняется в летный день. В ином случае первое слагаемое будет иметь вид $\frac{T_4}{\tau_4}$;

$r=1 \dots R$ — номера вариантов применения самолета;

$\tau_{сут}$ — суточный налет для конкретного варианта применения;

$\tau_{пол}$ — продолжительность полета самолета для варианта r ;

$n_{пол}$ — количество полетов за летный день для варианта r ;

$\bar{\tau}_r$ — доля налета самолета для варианта r за расчетный период;

τ_4 — периодичность выполнения базового ТО.

Из приведенного выражения следует, что при сопоставлении величин удельной трудоемкости самолетов необходимо знание особенностей их применения, анализ которых должен определять возможность сопоставления рассматриваемых величин $K_{T,OP}$.

Определение удельной трудоемкости восстановления работоспособного состояния базируется на данных о трудоемкости T_{oi} восстановления (поиск и устранение отказов и повреждений) за рассматриваемый период. Выражение для определения $K_{T,B}$ имеет вид

$$K_{T,B} = \frac{\sum T_{oi}}{\tau}. \quad (4.13)$$

Трудоемкости работ по ТО отечественных самолетов, которые были получены в последние годы в процессе заводских, государственных и специальных испытаний, имеют существенное расхождение с величинами трудозатрат на ТО по данным эксплуатации. Трудоемкость ТО, получаемая по результатам испытаний предприятиями промышленности, существенно меньше, чем по данным эксплуатации. Естественно, что такое различие в трудоемкости ТО приводит к расхождению значений $K_{T,TO}$, рассчитанных по данным промышленности и эксплуатации, что и проиллюстрировано далее.

Значения удельной трудоемкости по данным эксплуатации (табл. 4.2—4.4) определялись на основании данных отчетов МГА о трудоемкости ТО и ее распределении между формами ТО.

Исходные данные для расчета удельной трудоемкости оперативного ТО и результаты расчета приведены в табл. 4.5. Величины трудоемкости форм оперативного ТО определялись для всех типов самолетов по результатам специальных испытаний, проведенных промышленностью, а для самолетов Ил-86 и Як-42 — по результатам совместных испытаний. В целях сравнения полученных значений $K_{T,OP}$ с данными эксплуатации в табл. 4.5 приведены значения $K_{T,OP}$, отличающиеся от $K_{T,OP}$ на удельную трудоемкость $K_{T,y}$ работ по уборке салонов и обработке санузлов в пред-

положении об их выполнении после каждой посадки, а также на удельную трудоемкость работ по восстановлению $K_{т.в}$, принятую равной 15% от $K_{т.оп}$. Для самолета Ил-62 в табл. 4.5 значение $K_{т.у}$ отсутствует, так как трудоемкость уборки учтена в трудоемкости форм оперативного ТО.

Исходные данные и расчет удельной трудоемкости периодического ТО приведены в табл. 4.6. Величины трудоемкости формы Φ_i и дополнительных работ $\Delta \Phi$ к форме Φ_i взяты по результатам хронометража, проведенного в эксплуатации при отработке Норм времени на самолеты Ан-24, Як-40, Ту-134, Ту-154 и Ил-62. Для самолетов Ил-86 и Як-42 значения трудоемкостей форм приведены по данным совместных испытаний.

Величины удельной трудоемкости ТО и ее составляющих для рассматриваемых типов самолетов по данным эксплуатации и по результатам приведенных расчетов представлены в табл. 4.7.

Как видно из табл. 4.4, удельная трудоемкость оперативного ТО по данным эксплуатации превосходит величины удельной трудоемкости ТО по данным промышленности примерно в 2—3 раза. Причем, если по данным промышленности, в основном, с увеличением взлетной массы происходит и увеличение удельной трудоемкости как оперативного, так и периодического ТО, то по данным эксплуатации такая картина справедлива лишь для периодического ТО.

В целом удельная трудоемкость ТО по данным эксплуатации в 2—2,5 раза превосходит удельную трудоемкость ТО, полученную по данным промышленности.

Обращает на себя внимание тот факт, что для самолета Ил-62, имеющего наибольшую величину продолжительности полета, соотношение удельных трудозатрат оперативного ТО по данным эксплуатации и промышленности минимально. Это можно объяснить тем, что при использовании самолета с большей продолжительностью полета за летные сутки на нем выполняется меньшее количество транзитных ТО. При этом работы с неопределенной периодичностью выполнения (о которых говорилось в подразделе 4.2), а именно: буксировка, мойка и уборка, дозаправка систем самолетов выполняются реже. Различия учета периодичности выполнения этих работ в эксплуатирующих предприятиях и в промышленности для самолета Ил-62 в меньшей степени сказываются при расчете удельной трудоемкости, чем для самолета, на-

пример Ту-134, продолжительность полета которого в 2,6 раза меньше.

Трудоемкости форм периодического ТО имеют тенденцию к снижению по времени эксплуатации. Так, у самолета Ан-24 удельная трудоемкость ТО за последние 15 лет эксплуатации снизилась более чем в 1,5 раза.

Анализ приведенных характеристик ТО отечественных типов самолетов, рассмотренных в данном разделе, показывает, что по удельным затратам труда и времени эти характеристики вполне могут быть доведены до уровня соответствующих зарубежных самолетов-аналогов, так как значительная часть этих затрат определяется организацией и планированием ТО, а не ЭТХ конкретных самолетов и их техническими и эксплуатационными качествами. Сокращение междурейсовых простоев даже при существующей организации ТО вполне может обеспечить годовой и суточный налет на уровне зарубежных авиакомпаний, что подтверждается достигнутой интенсивностью эксплуатации отдельных самолетов.

Расчет междурейсовых простоев самолетов ГА в транзитных аэропортах (конец 80-х годов)

Параметр	Обозначение и размерность	Значения параметров по типам самолетов и годам													
		Як-40		Ан-24		Ту-134		Як-42		Ту-154		Ил-62(М)		Ил-86	
		1984	1987	1984	1987	1984	1987	1984	1987	1984	1987	1984	1987	1984	1987
Годовой налет самолета	$\tau_{\text{год}}, \text{ч}$	1163	1071	1727	1604	1785	1728	918	1573	1670	1733	1874	2182	899	1482
Продолжительность полета	$\tau_{\text{п}}, \text{ч}$	1,18		1,29		1,60		1,54		2,25		4,91		2,51	
Число полетов за год	$n_{\text{пол}}$	986	908	1339	1243	1116	1080	596	1021	742	770	382	444	358	590
Число посадок на один парный рейс	$m_{\text{пос}}$	3,32		3,11		2,83		2,79		2,62		2,38		2,29	
Число вылетов с базового аэропорта	$n_{\text{баз}}$	297	273	431	400	394	381	213	366	284	294	160	186	156	258
Число транзитных вылетов	$n_{\text{тр}}$	689	635	908	843	722	699	383	655	459	476	383	258	202	332
Продолжительность транзитного обслуживания	$t_{\text{тр}}, \text{ч}$	0,55		0,58		0,62		0,83		0,90		1,05		1,10	
Суммарная годовая продолжительность транзитного обслуживания	$t_{\text{тр}}^{\text{сум}}, \text{ч}$	379,0	349,3	526,6	488,9	447,6	433,4	317,9	543,7	413,1	428,4	102,2	270,9	222,2	365,2
Доля простоев при транзитном обслуживании в годовом фонде времени	$\bar{t}_{\text{тр}}^{\text{сум}}, \%$	4,33	3,99	6,01	5,58	5,11	4,95	3,63	6,21	4,72	4,89	4,59	3,08	2,54	4,17

Доля годового налета в годовом фонде времени	$\bar{\tau}_{\text{год}}, \%$	13,28	12,23	19,71	18,31	20,38	19,73	10,48	17,96	19,06	19,78	21,39	24,91	10,26	16,92
Доля времени в рейсе в годовом фонде времени	$\bar{t}_{\text{р}}, \%$	28,5	27,5	38,6	37,7	41,0	39,0	27,2	36,0	37,5	38,8	34,7	36,2	18,6	29,1
Доля междурейсовых простоев в транзитных аэропортах	$\bar{t}_{\text{мр}}, \%$	10,89	11,28	12,88	13,81	15,51	14,32	13,09	11,85	13,72	14,13	8,72	8,21	5,80	8,01
Междурейсовый простой самолета в транзитном аэропорту:															
на 1 час налета	$t_{\text{мр.ч.ч}}$	1,17	1,32	0,96	1,11	1,18	1,12	1,94	1,03	1,17	1,16	0,41	0,57	1,00	0,84
на 1 вылет	$t_{\text{м.р.л.ч}}$	1,39	1,00	1,24	1,44	1,88	1,79	2,99	1,58	2,62	2,60	1,99	2,79	2,52	2,11

Объем и показатели технического обслуживания самолетов местных воздушных линий

Годы	Объем ТО в производственных единицах, тыс.			Доля оперативного ТО в общем объеме, %	Удельные показатели	
	Общий	Периодическое ТО	Оперативное ТО		$K_{т.то}$, чел.-ч/ч нал.	$K_{с.то}$, руб./ч нал.
Самолет Ан-2						
1983	1.650	451	1.199	72.7	4.53	15.51
1984	1.616	487	1.129	69.9	4.66	15.97
1985	1.672	467	1.165	70.9	5.16	17.44
Самолет Л-410						
1983	226.7	26.6	200.1	66.3	15.72	56.23
1984	320.6	32.1	266.5	90.0	16.20	59.76
1985	361.6	32.8	329.0	90.9	15.25	57.55
Самолет Як-40						
1983	691.9	100.4	591.5	65.46	9.66	37.45
1984	670.9	100.9	570.0	64.96	9.76	36.52
1985	631.3	94.9	536.4	64.97	9.29	35.96
Самолет Ан-24						
1983	1.020	169	651	63.4	10.2	39.8
1984	1.037	169	666	63.7	10.0	39.7
1985	970	172	796	62.2	9.6	39.4

Таблица 4.3

Объем и показатели технического обслуживания самолетов ближних магистральных воздушных линий

Годы	Объем ТО в производственных единицах, тыс.			Доля оперативного ТО в общем объеме, %	Удельные показатели	
	Общий	Периодическое ТО	Оперативное ТО		$K_{\text{т.то}}$, чел.-ч/ч нал.	$K_{\text{с.то}}$, руб./ч нал.
Самолет Ту-134						
1983	962	120	842	87.5	15.9	59.11
1984	937	115	822	87.7	14.97	60.84
1985	854*	114	740	86.7	12.73	52.95
Самолет Як-42						
1983	4.0	2.3	1.7	42.5	—	
1984	2.8	0.2	2.6	92.85	22.89	86.36
1985	51.0	8.3	42.7	83.72	19.06	72.88

* Уменьшение объема ТО объясняется сокращением парка из-за списания самолетов старых серий.

Таблица 4.4

Объем и показатели технического обслуживания дальних и средних магистральных пассажирских самолетов

Годы	Объем ТО в производственных единицах, тыс.			Доля оперативного ТО в общем объеме, %	Удельные показатели	
	Общий	Периодическое ТО	Оперативное ТО		$K_{\text{т.то}}$, чел.-ч/ч нал.	$K_{\text{с.то}}$, руб /ч нал.
Самолет Ту-154						
1983	992	273	719	72.5	14.9	66.96
1984	1080	270	810	75.0	14.6	65.32
1985	1070	272	798	74.6	13.3	57.91

Годы	Объем ТО в производственных единицах, тыс.			Доля оперативного ТО в общем объеме, %	Удельные показатели	
	Общий	Периодическое ТО	Оперативное ТО		$K_{т.то}$, чел.-ч/ч нал.	$K_{с.то}$, руб./ч нал.
Самолет Ил-62(М)						
1983	241.8	90.5	151.3	62.6	11.30	55.7
1984	271.2	105.5	165.7	61.1	11.74	58.15
1985	234.1	87.4	146.7	62.7	9.83	49.95
Самолет Ил-86						
1983	113.3	29.2	84.1	74.2	53.7	268.4
1984	143.6	30.4	113.2	78.8	50.1	261.5
1985	193.6	49.6	144.0	74.4	43.0	222.8

Таблица 4.5

Расчет удельной трудоемкости оперативного ТО

Характеристика		Значения параметров по типам самолетов						
		Як-40	Ан-24	Ту-134	Як-42	Ту-154	Ил-62	Ил-86
Трудоем- кость ра- бот, чел.-ч	ВС							0,75
	ОС	0,15	0,18	0,30	0,84	0,34	0,49	2,00
	ОВ	0,27	0,13	0,40	1,79	0,5		1,60
	A ₁	0,30	0,33	0,74	7,70	1,57	1,81	4,50
	A ₂	0,62	1,06	1,07	4,66	1,21	8,95	6,70
	Б	1,50	2,28	3,13	22,46	3,42	8,95	44,8
		9,70	6,20	12,00	51,44	14,42	15,3	
Продолжительность полета, ч		1,0	1,0	1,5	2,0	2,2	4,0	2,5
Количество полетов		6	6	6	4	4	2	4
Периодичность базового ТО, ч		60,0	42,0	90,0	160	88,0	56,0	100
Удельная трудоемкость оперативного ТО, чел.-ч/ч. нал		1,40	1,89	1,78	4,66	1,97	3,5	3,52
Удельная трудоемкость уборки		1,00	1,00	1,33	0,80	0,91	—	2,03
Удельная трудоемкость восстановления		0,20	0,28	0,27	0,70	0,30	0,50	0,50
Суммарная удельная трудоемкость оперативного ТО		2,60	3,20	3,40	6,20	3,20	4,00	6,10

Расчет удельной трудоемкости периодического ТО

Характеристика		Значения параметров по типам самолетов						
		Як-40	Ан-24	Ту-134	Як-42	Ту-154	Ил-62	Ил-86
Трудоем- кость ра- бот, чел.-ч	Ф1 (300 ч)	87,00	159,60	237,90	295,50	350,60	451,70	571,9
	Ф2 (600 ч)	34,24	28,48	52,85	64,10	14,00	10,50	30,23
	Ф3 (900 ч)	55,18	78,90	149,9	229,70	182,04	263,00	410,86
	Ф4(1200 ч)	53,75	11,70	—	65,10	—	—	—
	Ф5(1500 ч)	8,87	—	—	—	—	—	—
	Ф6(1800 ч)	44,79	113,14	160,8	665,60	269,90	400,20	1964,4
	Ф7(2100 ч)	—	—	—	—	—	—	—
	Ф8(2400 ч)	—	—	—	65,10	—	—	2,33
	Ф9(2700 ч)	—	—	29,54	229,70	—	—	—
	Ф10(3000 ч)	58,40	—	—	74,30	—	—	—
Удельная трудоемкость периодического ТО		0,51	0,74	1,15	2,10	1,57	2,11	3,51

Таблица 4.7

Удельная трудоемкость технического обслуживания пассажирских самолетов

Тип само- лета	Оперативное ТО, чел.-ч./ч нал.		Периодическое ТО, чел.-ч./ч нал.			ТО, чел.-ч./ч нал.		$K_{ТОП}^{МГА}$ $K_{ТОП}^{пром}$	$K_{ТТО}^{МГА}$ $K_{ТТО}^{пром}$
	по дан- ным АТБ	по дан- ным про- мыш- ленно- сти	по дан- ным АТБ	по дан- ным ЦНОТ	по дан- ным со- вме- стной оценки	по дан- ным АТБ	по дан- ным про- мыш- ленно- сти и ЦНОТ		
Ан-2	3,67	—	1,51	—	—	5,18	—	—	—
Л-410	13,86	—	1,39	—	—	15,25	—	—	—
Як-40	7,89	2,99	1,40	0,58	—	9,29	3,57	2,6	2,6
Ан-24	7,89	3,68	1,71	0,85	—	9,60	4,53	2,1	2,1
Ту-134	11,04	3,91	1,69	1,35	—	12,73	5,23	2,8	2,3
Як-42	16,41	5,36	3,19	2,41	4,72	19,60	7,77	3,1	2,5
Ту-154	9,92	3,80	3,38	1,81	—	13,30	5,61	2,6	2,4
Ил-62(М)	6,16	4,60	3,67	2,43	—	9,83	7,03	1,3	1,4
Ил-86	32,00	4,69	11,00	4,04	8,77	43,00	8,73	6,8	4,9

Примечание. Приведенные значения показателей учитывают затраты на неплатное ТО.

5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВОДСКОГО РЕМОНТА САМОЛЕТОВ

Значительное влияние на показатели систем ТОиР самолетов ГА оказывают характеристики трудоемкости, продолжительности и стоимости заводского ремонта как самолетов и вертолетов, так и авиадвигателей (АД) их силовых установок.

При планово-предупредительной системе заводских ремонтов самолетов и АД затраты на ремонт составляют значимую (более 15%) долю эксплуатационных расходов на авиатехнику.

Ремонтные формы, выполняемые на разных типах самолетов, называются по-разному, чаще всего это капитальный ремонт — КР или его регламентированная форма — РР. Анализ нормативно-технической документации, регламентирующей проведение КР и РР (организацию, объем и технологию работ), свидетельствует об отсутствии каких-либо принципиальных различий этих форм заводского ремонта. По своей сущности это традиционные плановые ремонты с фиксированными объемами монтажно-демонтажных, контрольных и плановых восстановительных работ, практически не зависящими от технического состояния конкретного самолета.

Основными документами, определяющими организацию, объем и технологию ремонта, являются Руководство по ремонту и Альбом карт контроля. Однако первый из них, разрабатываемый предприятием-изготовителем самолета, не всегда отличается высоким качеством и необходимой полнотой и зачастую не используется при организации работ на заводах ГА. Объемы же контроля, предусмотренные Альбомами карт контроля, нередко существенно превышаются при проведении заводских ремонтов, что сказывается на их трудоемкости и стоимости.

Формирование объемов и технологий, фактически выполняемых при ремонте работ, производится по существу специалистами АРЗ, экономически заинтересованными в увеличении объемов работ и продолжительности ремонта самолетов. Таким образом,

имеющие место статистические (отчетные) показатели заводского ремонта являются во многом отражением организации ремонта на АРЗ, а не фактически потребных объемов контроля и восстановления конструкции самолетов, обусловленных их состоянием в момент поступления на завод.

Одним из основных нормативных документов, содержащим прогнозные оценки трудоемкости и продолжительности ремонта ВС различных классов, являются Нормативы технологического проектирования (НТП) авиаремонтных предприятий ГА: НТП-12—75, ВНТП-12—81 и ВНТП-12—85. Принципы такого прогнозирования можно проиллюстрировать на примере ВНТП-12—81. Все типы самолетов и АД разделены на группы:

- сверхтяжелые самолеты 1-й группы (Ил-86, Ил-76);

- самолеты 1-й группы (Ил-62, Ту-154);

- самолеты 2-й группы (Ту-134, Як-42, Ил-18, Ан-12);

- самолеты 3-й группы (Ан-24, Як-40, Ил-14);

- самолеты 4-й группы (Л-410, Ан-2);

- вертолеты 1-го класса — масса более 10 т (Ми-10К, Ми-6, Ми-8);

- вертолеты 2-го класса — масса от 5 до 10 т (Ми-4);

- вертолеты 3-го класса — масса от 2 до 5 т (Ми-2, Ка-26);

- АД большой мощности — свыше 9 тс тяги (НК-8-2У, Д-30 КУ);

- АД средней мощности — от 3 до 9 тс тяги (Д-30, Д-30КП, АИ-20);

- АД малой мощности — до 3 тс тяги (АИ-24, АИ-25, ТВ-2-117А, ГТД-350);

- поршневые двигатели (АШ-82Т, АШ-62ИР, М-14П, М-14В-26);

- двигатели вспомогательных силовых установок — ВСУ (ТА-6А, ТА-8, АИ-9, ТГ-16).

Для каждой из групп на основе обработки ежегодных отчетных данных АРЗ ГА определены регрессионные оценки трудоемкости ремонта, а также его продолжительности (в часах) и сроков (в календарных днях).

Для перспективных самолетов по НТП предполагается, по-видимому, сохранение традиционной организации и объемов ремонтных работ. Так, в ВНТП-12—85 для групп уже не указываются конкретные типы самолетов и АД, но указываются оценки трудоемкости и продолжительности ремонта по группам самолетов.

С учетом явной тенденции снижения объемов контрольно-восстановительных работ (КВР), выполняемых при технической эксплуатации по состоянию (ТЭС) новых типов самолетов взамен капитального ремонта, такие (в целом завышенные) прогнозные оценки могут обусловить «переразмеривание» АРЗ при их новом строительстве и реконструкции. Поэтому необходимо соответственно относиться к оценкам по НТП, которые рассмотрены далее.

5.1. ТРУДОЕМКОСТЬ И ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТЬ РЕМОНТА

Информация о показателях, характеризующих затраты труда, времени и материальных средств на ремонт самолетов, может быть получена либо непосредственно на АРЗ путем анализа технологической и планово-экономической документации, либо из официальной отчетности АРЗ. Получение информации на АРЗ затрудняется существующей системой учета составляющих затрат, что касается отчетных показателей, то они имеют интегральный характер и не позволяют оценить составляющие затрат.

Основными отчетными показателями АРЗ являются:

средняя трудоемкость ремонта;

средняя продолжительность ремонта.

Для оценки технико-экономических характеристик самолета как объекта ремонта представляют интерес также составляющие затрат на ремонт по видам работ и удельные показатели трудоемкости и продолжительности ремонта. Величины последних определяются как отношение суммы произведений трудоемкости (продолжительности) ремонтных форм на число их выполнения за ресурс самолета до списания (назначенный ресурс) к величине этого ресурса.

Фактические (отчетные) показатели продолжительности и трудоемкости заводского ремонта основных типов самолетов и своеобразные «нормативные» значения этих величин по ВНТП-12—81 приведены в табл. 5.1; в табл. 5.2 представлено типовое распределение трудоемкости ремонта по видам работ для основных групп самолетов.

Аналогичные данные для АД представлены в табл. 5.3 и 5.4.

Показатели ремонта несколько отличаются для разных АРЗ ГА и периодов, за которые взяты оценки, поэтому в основном представлены осредненные показатели за период 1980—1987 гг., которые свидетельствуют о том, что трудоемкость и продолжительность ремонта самолетов очень высоки. Для некоторых типов

самолетов они существенно превышают «нормативную» величину по НТП (например для Ил-76, Ил-62, Л-410), что связано, по-видимому, с неэффективной практикой формирования объема ремонта самими АРЗ при освоении ремонта с последующим «плановым» снижением его трудоемкости.

Основные виды работ при ремонте включают:

- приемку самолета;
- предварительные испытания и дефектацию;
- разборку и промывку (смывку покрытий);
- дефектацию и комплектацию;
- восстановление узлов и агрегатов;
- покраску, ТО систем и агрегатов в объеме Регламента ТО;
- сборку;
- регулировку, доводку и испытания.

При переходе к эксплуатации по состоянию существенно снижается потребность в ремонте и замене комплектующих изделий (КИ) систем самолетов, эксплуатируемых до отказа или до предотказного состояния. Однако КВР, проводимые на планере, не имеют принципиальных изменений, поэтому представляет интерес соотношение объемов работ по планеру и КИ, выполняемых при ремонте. Оценки по самолетам Ил-76Т и Ил-62, полученные на АРЗ № 402 и 243 ГА, приведены в табл. 5.5 и 5.6. Они сделаны в соответствии с экспертными заключениями специалистов АРЗ по распределению объемов работ и относятся к середине 80-х годов.

Представленное распределение трудозатрат показывает, что наиболее трудоемкими видами работ являются демонтажно-монтажные и собственно восстановительные работы (75—85% всех трудозатрат). Вместе с тем доля работ по планеру от общего объема ремонта составляет около четверти (22% у Ил-62 и 27% у Ил-76Т), что свидетельствует о существенных резервах снижения трудозатрат в случае исключения планово-предупредительных ремонтов КИ систем самолетов.

Важным видом работ, выполняемых при ремонте, хотя и не относящимся к нему организационно, являются доработки конструкции планера. Их доля в общем объеме работ проиллюстрирована в табл. 5.7 и 5.8. Из представленных материалов следует, что трудозатраты на доработки относительно невелики и составляют 3—14% общей трудоемкости ремонта.

Характеристики заводского ремонта самолетов и вертолетов ГА

Тип самолета	Норматив (по ВНТП-12—81)				Фактическая		
	продолжительности, ч		времени, дн.		трудоемкости, н.-ч	средняя трудоемкость, чел.-ч	средняя продолжительность, дн.
	Всего	В ангаре	Всего	В ангаре			
Ил-86	1037	815	112	88	110 000	120 000*	160
Ил-76	875	690	93	72	95 000	158 530	
Ил-62	570	470	61	50	48 000	64 200	146
Ту-154	432	365	46	37	37 450	39 080	60
Ту-134	266	227	26	20	22 300	20 272	40
Як-42	358	302	38	31	31 000	18 000**	30**
Ил-18	258	220	23	20	23 500	14 980	
Ан-12	254	213	24	20	23 500	23 580	
Ан-24	205	169	19	16	13 400	14 150	31
Як-40	185	155	17	14	9980	9390	
Ил-14	134	110	13	10	5600		
Л-410	136	114	12	10	2000	17 320	23
Ан-2	100	86	9	7	1400	1760	
Ми-6	244	208	22	19	10 670	10 330	
Ми-8	167	144	16	10	3700	4450	
Ми-4	118	95	10	8	2150	1570	
Ми-2	116	90	10	8	2090	2500	
Ка-26	—	—	—	—	—	2979	28
Ми-10К	244	206	26	21	10 670	9100	
Як-18Т	—	—	—	—	—	1900	
Ан-26	—	—	—	—	—	15 760	
Ан-30	—	—	—	—	—	16 960	

* Оценка АРЗ № 400 ГА при КВР (налет 7200 ч) третьего самолета, которая представляется существенно завышенной.

** Оценка АРЗ № 402 ГА для КВР при ТЭС первых самолетов.

Распределение трудоемкости заводского ремонта самолета по видам работ и технологическим этапам (по ВНТП-12—81)

№ п/п	Вид работы и технологический этап	Трудоемкость этапов и работ (%) от общей трудоемкости ремонта				
		1-я гр. Сверх- тяж.	1-я гр.	2-я гр.	3-я гр.	4-я гр.
1	Приемка и предварительная дефектация	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6
2	Предварительная промывка и очистка самолета					
3	Разборка, демонтаж оборудования и систем планера	6,0	5,8	5,10	4,85	4,85
4	Разборка узлов систем самолета	0,56	0,56	0,56	0,60	1,50
5	Внутренняя смывка и промывка фюзеляжа	1,25	1,25	1,25	1,3	1,7
6	Наружная смывка и промывка фюзеляжа	0,8	0,8	0,8	0,82	1,0
7	Смывка и промывка крыльев и оперения	0,7	0,7	0,75	0,85	0,85
8	Промывка деталей и узлов	1,35	1,60	1,80	1,80	1,80
9	Такелажные работы (см. п. 38)					
10	Дефектация планера и несъемного оборудования	1,2	1,2	1,5	1,5	1,95
11	Дефектация деталей, узлов	1,8	1,8	2,35	2,4	2,5
12	Комплектование самолета в ремонт и сборку	2,64	2,64	2,8	3,0	3,0
13	Клепальные работы	6,0	6,0	6,0	6,0	6,0
14	Слесарно-дюралевые работы	2,15	2,35	2,4	2,5	2,7
15	Меднико-жестянические работы	2,0	2,5	3,0	3,0	3,0
16	Слесарно-ремонтные работы	4,45	4,5	5,0	5,63	7,0
17	Сварочные работы	0,25	0,3	0,3	0,3	0,6
18	Термические работы	0,2	0,25	0,25	0,35	0,35
19	Механические работы	1,9	2,30	2,3	2,3	3,5
20	Деревообрабатывающие и пластмассовые работы	1,5	1,25	1,2	0,6	—
21	Пошивочные работы и обойно-драпировочные	2,35	2,35	2,25	2,0	2,0
22	Ремонт бытового оборудования, включая дефектацию	3,5	3,5	3,1	3,0	3,0
23	Ремонт резиновых изделий и остекления					
24	Ремонт мягких топливных баков	2,1	2,1	2,1	3,0	—
25	Герметизация кессонных топливных отсеков					

№ п/п	Вид работы и технологический этап	Трудоёмкость этапов и работ (%) от общей трудоёмкости ремонта				
		1-я гр. Сверх- тяж.	1-я гр.	2-я гр.	3-я гр.	4-я гр.
26	Лакокрасочные и отделочные работы	3,8	4,2	5,0	5,2	5,65
27	Гальванические работы	1,15	1,15	1,15	1,15	
28	Ремонт шасси	1,7	1,85	1,90	2,25	0,70
29	Ремонт воздушных винтов	—	—	1,5	1,5	2,25
30	Ремонт агрегатов систем самолета	5,7	4,5	4,0	3,7	1,5
31	Ремонт приборного оборудования	4,5	4,5	4,3	3,5	2,0
32	Ремонт электрооборудования	2,3	2,5	3,0	4,5	3,5
33	Ремонт радиооборудования	3,0	3,25	4,5	4,5	4,5
34	Монтаж спецоборудования	10,5	10,0	9,7	8,5	4,5
35	Общая сборка самолета	17,8	17,0	14,0	14,0	8,5
36	Отработка самолета на ЛИС	3,8	3,8	2,74	2,0	14,0
37	Сдача самолета					2,0
38	Прочие работы (вкл. такелаж)	2,25	2,70	2,70	2,8	3,0
39	Итого (100%) трудоёмкость, чел.-ч	110 000	48 000	23 000	13 000	2000

Таблица 5.3

**Характеристики заводского ремонта авиадвигателей
воздушных судов ГА**

Тип двигателя (ВС)	Норматив (по ВНТП-12—81)				Фактическая	
	продол- житель- ности, ч	Продолжительность испытаний, ч		Трудоём- кость, н.-ч	средняя трудоём- кость, чел.-ч	макси- мальная трудоём- кость, чел.-ч
		сдаточ- ных	кон- трольных			
Д-30КУ (Ил-62М, Ту-154М)	310	14	25	5900	5115	5128
Д-30КП (Ил-76)	—	—	—	—	5563	
Д-30 (Ту-134)	185	12	15	3000	2795	3028
АИ-24 (Ан-24)	104	12		1250	1206	1242

Тип двигателя (ВС)	Норматив (по ВНТП-12—81)				Фактическая	
	продолжительности, ч	Продолжительность испытаний, ч		трудоемкость, н.-ч	средняя трудоемкость, чел.-ч	максимальная трудоемкость, чел.-ч
		сдаточных	контрольных			
АИ-25 (Як-40)	80	13		1090	882	1049
ТВ-2-117А (Ми-8)	108	15		800	1603	
ГТД-350 (Ми-2)	—	—	—	670	2920	
М-14В-26 (Ка-26)	—	—	—	140	217	233
М-14П (Як-18)	—	—	—	140	174	
АПШ-62ИР (Ан-2)	56	5		138	155	165
ТА-8 (ВСУ)	—	—	—		920	
ТА-6А (ВСУ)	—	—	—	1090	1140	

**Распределение трудоемкости ремонта авиадвигателей по видам работ
и технологическим этапам (по НТП-12—75 и ВНТП-12—81)**

Вид работы и технологический этап	Трудоемкость (%) видов работ и технологических этапов						
	НТП-12—75				ВНТП-12—81		
	РД-3М-500	АИ-25	АИ-20	АИ-24	БМ	СМ	ММ
Приемка двигателя в ремонт	0,62	0,65	0,60	0,64	0,2	0,3 (с распаков- кой)	0,8
Разборка двигателя (агрегатов)	4,25	2,95	2,53	2,86	4,0 (1,0)	4,6 (1,0)	2,0 (1,0)
Промывка и очистка узлов двигателя (агрегатов)	2,50	3,44	3,01	2,50	3,5 (0,5)	3,0 (0,5)	2,0 (0,5)
Дефектация двигателя без агрегатов (агрегатов)	8,37	1,47	4,52	5,0	7,0 (2,0)	7,0 (2,0)	7,0 (2,0)
Комплектовка двигателя в ремонт и сборка (агрегатов)	4,12	3,44	6,02	6,07	3,0 (1,2)	4,0 (1,2)	4,0 (1,2)
Ремонт корпуса компрессора	4,37	3,08	3,91	2,14			2,0
Ремонт лобового картера	—	3,47	3,31	1,14	3,0	3,0	
Ремонт корпуса камеры сгорания	—	1,64	1,20	1,28			1,7
Ремонт ротора компрессора	1,37	3,08	1,51	1,0	3,0	3,0	2,0
Ремонт ротора турбины	0,94	4,26	1,57	1,0	3,5	3,0	2,0
Ремонт сопловых аппаратов, обтека- телей, дефлекторов	2,87	2,56	3,01	2,57	2,5	2,5	2,5
Ремонт лопаток	3,19	3,44	0,90	0,43	2,0	3,0	3,5
Ремонт деталей газоплотнения ва- лов, подшипников и др.	11,25	2,43	3,01	3,57	2,7	2,7	3,0

Ремонт и сборка камер сгорания, в т.ч. жаровых труб	1,69	3,93	2,41	2,14	4,0	3,8	3,6
Ремонт форсунок	—	2,95	3,01	2,43	1,8	1,8	3,0
Ремонт турбостартера (стартера)	2,5	3,28	—	0,50	2,5	—	—
					реверс тяги		
Ремонт электроагрегатов	2,69	5,74	3,91	5,71	3,0	4,0	4,0
Ремонт агрегатов топливной систе- мы	11,12	5,90	8,13	9,28	6,0	8,0	9,0
Ремонт агрегатов масляной системы	1,0	4,10	3,61	4,28	4,0	4,0	4,0
Ремонт регулятора частоты враще- ния	—	—	3,61	2,64			
Ремонт остальных агрегатов	4,1	4,92	1,51	1,78	3,0	3,0	3,0
Ремонт и сборка редуктора	—	—	3,01	3,14			
Ремонт трубопроводов и др. деталей	0,94	1,64	1,08	1,0	2,0	2,0	2,0
Механические (сварочные) работы	2,5	1,05	3,01	4,64	(3,0)	(2,0)	(1,5)
					4,0	4,0	4,0
Гальванические работы	2,69	1,21	6,02	6,78	3,0	3,0	4,0
Общая сборка двигателя	4,37	9,18	4,04	3,93	7,5	8,6	9,0
Сдаточные испытания двигателя	3,75	1,74	2,41	4,28	2,5	1,5	4,0
Контрольные испытания двигателя	—	2,65	3,31	5,0	5,0	3,0	
Подкраска двигателя	1,19	0,52	0,84	0,86	1,0	1,0	1,0
Консервация и упаковка	2,56	2,13	1,93	1,86	0,8	1,7	1,8

Вид работы и технологический этап	Трудоемкость (%) видов работ и технологических этапов						
	НТП-12—75				ВНТП-12—81		
	РД-3М-500	АИ-25	АИ-20	АИ-24	БМ	СМ	ММ
Контроль ремонта двигателя	2,44	7,21	3,01	3,57	2,0	2,0	3,0
Контроль ремонта агрегатов	0,94	5,90	1,81	1,43	1,6	1,6	1,6
Ремонт электрооборудования	4,94	—	2,77	2,36	1,0	1,0	0,5
Прочие работы, включая такелажные работы	6,75	—	5,42	2,14	2,8	3,3	3,1
Итого (100%) трудоемкость, чел.-ч	1600	3050	1660	5900	1660 3000	670, 800 1080, 1250	
Уровень механизации: машинно-ручные операции	20,5	2,4	25,0	13,9	30,6	45-50	45-58
механизированные и автоматизированные операции	16,0	11,8	20,1	23,2			
Основные типы авиадвигателей по группам	—	—	—	—	НК-8-2У Д-30КУ	АН-20КМ Д-30	ГТД-350 ТВ-2-117 АИ-25 АИ-24

Таблица 5.5

**Распределение трудозатрат на ремонт самолета Ил-76Т
по видам работ**

Вид работы	Трудоемкость, н.-ч		Доля работ по планеру, %
	по планеру	по самолету	
Приемка в ремонт	30	325	9,8
Предварительные испытания и дефектация	490	7495	6,5
Разборка (демонтаж)	5540	14 490	38,2
Промывка (смывка)	2550	8910	28,6
Дефектация	5440	9150	31,0
Комплектация	580	6045	9,6
Восстановление узлов и агрегатов	22 720	49 405	46,0
Покраска	2890	3610	80,0
ТО систем и агрегатов	490	17 100	2,9
Сборка (монтаж)	7580	21 505	35,2
Регулировка, доводка, испытания	1080	19 770	5,5
Ремонт КИ АО и РЭО, электрожгутов, консервация АД и ВСУ	—	28 195	—
Итого	49 340	186 000	26,6

Таблица 5.6

**Распределение трудозатрат на ремонт самолетов
Ил-62 и Ил-62М по видам работ**

Вид работы	Трудоемкость, н.-ч
Смывка, демонтаж, промывка, дефектация планера	2520
Дефектация шасси	159
Ремонт отъемных частей крыла	947
Ремонт центроплана	709
Ремонт шасси	667
Ремонт съемных агрегатов планера	1220
Ремонт 7-го бака	132*
Клепальные работы	1695
Слесарные работы по планеру	92
Слесарно-механические работы по планеру	66
Установка тепловозооизоляции и герметизация отсеков планера	460
Малярные работы	1119
Монтажные работы на планере	2503 (2622*)
Итого по планеру	12 237 (12 491*)
Ремонт КИ АО и РЭО, электрожгутов, консервация АД и ВСУ	44 418
Всего	56 655

* Данные по самолету Ил-62М.

Удельные суммарные показатели трудоемкости и продолжительности ремонта самолетов приведены в табл. 5.9. Для многих самолетов они сопоставимы с аналогичными показателями для ТО (всех его форм), что представляется неприемлемым. Для зарубежных самолетов ГА удельная суммарная трудоемкость, например ремонтной формы D, не превышает 1—2 чел.-ч/ч (табл. 5.10). Такое соотношение обусловлено как завышенной трудоемкостью ремонта отечественных самолетов, так и малым межремонтным ресурсом (большим числом выполнений ремонтов за ресурс до списания). В целом удельная трудоемкость ремонтов отечественных типов самолетов примерно в 10 раз выше их зарубежных аналогов.

Такое же сопоставление по удельной трудоемкости ТО показывает превышение не более чем в 1,5—2 раза, откуда следует, что удельные объемы ремонта отечественных типов самолетов при прочих равных условиях являются завышенными примерно в 5 раз в сопоставлении с технически необходимыми для поддержания и восстановления летной годности этих самолетов.

Таблица 5.7

Объем доработок по плану самолета Ил-76Т, выполненных при ремонте в 1985 г.

Заводской номер самолета	2910	2303	1108	1208
Количество доработок	20	31	43	60
Суммарная трудоемкость доработок, н.-ч	3600	7800	8200	11 000
Доля доработок в общем объеме работ по плану, %	6,8	13,7	14,3	18,2

Следует отметить, что для зарубежных типов самолетов ремонт организационно не выделяется, а рассматривается как трудоемкая форма периодического ТО (С и D), но по содержанию выполняемых работ и их трудоемкости эти формы соответствуют среднему и капитальному ремонту отечественных типов самолетов. При этом межремонтные и иные ресурсы и сроки службы самолетам после выполнения форм С и D не устанавливаются.

Таблица 5.8

**Объем доработок по плану самолета Ил-62, выполненных
при ремонте в 1985 г.**

Заводской номер са- молета	Трудоём- кость ре- монта, н.-ч	Трудоёмкость (число) доработок, н.-ч (число)		Доля доработок в общем объеме работ, %
		выполненных АРЗ № 243	выполненных бригадой МАП	
86533	64 503	1907 (10)	120 (1)	3,1
21302	63 339	3432 (22)	5207 (48)	12,0
86698	60 040	1049 (21)	874 (8)	3,1
86522	61 761	2775 (18)	142 (4)	4,5
86520	57 785	2436 (20)	1575 (3)	6,5
86476	61 165	4794 (26)	3020 (15)	11,3
86498	59 681	4320 (25)	1562 (15)	9,0
86607	61 625	3834 (32)	1265 (15)	7,6
86682	64 711	1241 (27)	1606 (19)	4,2
86503	58 328	6555 (35)	1127 (14)	11,6
3405	59 677	6422 (54)	1543 (25)	11,8
3403	62 594	8132 (47)	1246 (20)	13,0
86620	60 691	5139 (70)	4235 (28)	13,4
86678	61 755	1835 (55)	1801 (21)	5,6
3603	60 558	6447 (49)	999 (19)	10,9
86458	61 283	4267 (55)	2903 (26)	10,5

Таблица 5.9

Удельные показатели заводского ремонта самолетов

Тип самолета	Назначенный (НРФ) ресурс, ч	Межремонтный (МРФ) ресурс, ч	Удельная суммарная трудоёмкость ре- монта, чел.-ч/ч	Удельная сум- марная продол- жительность ремонта, ч/ч
Ил-76Т	30 000	5000	21,1	0,25
Ил-62	35 000	10 000	4,3	0,11
Ту-154	37 500	10 000	5,2	0,92
Ту-134	40 000	6000	2,7	0,61
Як-42	20 000	10 000	1,2	0,23
Ил-18	40 000	5000	2,6	
Ан-12	35 000	4000	5,4	
Ан-24	54 000	5000	2,7	0,06
Ан-26	30 000	6000	2,1	
Ан-30	20 000	4000	3,4	
Як-40	32 000	6000	1,3	
Л-410	20 000	4000	3,5	
Ил-86	20 000	10 000	7,8	

**Характеристики трудоемких (ремонтных) форм
зарубежных самолетов ГА**

Тип самолета	Авиакомпания (страна)	Трудоемкость (продолжительность) формы D, чел.-ч (дн.)	Средняя периодичность, ч	Удельная трудоемкость чел.-ч/ч
B-727	ANSETT (Австралия)	20 000 (15)	16 000	1,0
B-727	Royal Air Maroc (Марокко)	36 600 (25)	30 000	0,6
B-727	(США)	7600	20 000	0,3
B-737	(США)	6900	20 000	0,3
B-747	(США)	10 600	20 000	0,4
B-747	SIA (Сингапур)	50 000 (28)	22 000	1,7
B-747	Air France (Франция)	45 000—50 000 (24—30)	20 000	1,5...1,7
L-1011	Eastern (США)	36 000	20 000	1,2
DC-9	Austrian Airlines (Австрия)	14 000 (21)	20 000	0,5
DC-10	ALITALIA (Италия)	(35)	12 000	
DC-10	Swissair (Швейцария)	26 000—30 000	23 000	0,9...1,0
A-310	Lufthansa (ФРГ)	30 000 (28)	16 000—20 000	1,5...1,1

Примечания: 1. Назначенный ресурс (до списания) принят равным 60 000 ч.

2. Для самолетов фирмы «Boeing» прочерк во 2-й графе означает, что приведены расчетные оценки фирмы для случая реализации программы выборочного контроля элементов планера.

5.2. СТОИМОСТЬ РЕМОНТА

В числе основных отчетных стоимостных показателей АРЗ были:

средняя фактическая себестоимость ремонта;
оптовая цена ремонта.

Аналогично показателям трудоемкости и продолжительности ремонта определяется показатель удельной суммарной стоимости ремонта, базирующийся на фактических затратах АРЗ на проведение ремонта.

Распределение затрат на ремонт в соответствии со структурой основных ремонтных форм для ряда самолетов ГА представлено в табл. 5.11, данные которой свидетельствуют о том, что стоимост-

ные затраты имеют превалирующее значение по сравнению с трудозатратами, что связано с большими объемами полуфабрикатов и запасных частей, используемых при ремонте (их доля превышает 40% фактической себестоимости ремонта). Этот факт объясняется широкой практикой замены демонтированных КИ на новые в случае выявления повреждений (рис. 5.1).

Удельная стоимость ремонта различных типов самолетов приведена в табл. 5.12. В снижении общих затрат на эксплуатацию уменьшение приведенных величин показателей видимо может сыграть не последнюю роль. Однако невозможность прямого сопоставления этих оценок с показателями лучших зарубежных авиакомпаний, а также отсутствие конкуренции в сфере ремонта самолетов в стране не позволяют делать определенные выводы об относительном уровне удельной стоимости ремонта отечественных и зарубежных самолетов ГА.

Вместе с тем косвенная оценка удельной стоимости ремонта отечественных и зарубежных типов самолетов ГА, выражаемая через относительную стоимость нормо-часа, которая в российских авиакомпаниях примерно в 10 раз меньше, чем в зарубежных авиакомпаниях, показывает (табл. 5.9 и 5.10) примерное равенство удельных стоимостных показателей ремонта отечественных типов самолетов и их зарубежных аналогов.

5.3. ПРИНЦИПЫ ОРГАНИЗАЦИИ И ОБЪЕМЫ РЕМОНТНЫХ ФОРМ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ СОСТОЯНИЮ

Эксплуатация по техническому состоянию предусматривает эксплуатацию большинства КИ и агрегатов систем самолетов без ограничения ресурсов и сроков службы. При этом демонтаж КИ с борта самолета производится только при отказе или при предотказном состоянии либо (в исключительном случае) для контроля в лаборатории или для обеспечения доступа к элементам планера, если этого нельзя избежать по конструктивным соображениям.

Такая идеология практически исключает работы по демонтажу, разборке, дефектации и ремонту КИ, традиционно выполняемые при заводском ремонте.

Приведенные результаты анализа свидетельствуют о том, что доля работ, выполняемых на КИ, составляет не менее 70—75% трудоемкости ремонта. Тенденция роста трудоемкости ремонта само-

Затраты на заводской ремонт самолетов ГА в 1986 г.

Тип самолета	Формы ремонта	Трудоемкость форм, н.-ч	Себестоимость/ оп-товая цена ремонта, тыс. руб.	Составляющие себестоимости, %		
				Основная зарплата	Материалы	Запасные части
Ил-62	P1	в среднем 64 200	364/640	в среднем 13,9	9,6	36,3
	P2		391/640		9,1	37,5
	P3		358/640		10,5	32,3
	P4		391/640		10,1	38,0
Ил-76	KBP	186 000	1116/1586	13,2	2,8	53,3
Ту-134	PP1	18 905	122/140	12,9	12,1	46,5
	PP2	20 248	135/200	11,9	11,3	49,0
	PP3	20 272	138/200	11,6	11,6	47,8
Ту-154	P1	в среднем 39 080	257/380	в среднем 13,9	10,4	50,7
	P2		262/380		10,5	50,0
	P3		273/380		10,5	50,0
Ан-24	P1	13 419	60/66		9,5	38,0
	P2	13 449	64/78		8,9	42,0
	P3	14 953	74/92		8,7	47,0
Як-40	KP	9390	58/75	16,6	10,8	43,4
Л-410	KP	17 320*	184*		2,5	54,6
Ан-2	P1	1512	10		14,4	49,9
	P2	1716	11		12,6	51,7
	P3	1835	12		11,6	53,2
	P4	1961	15		9,6	57,3

* Данные для периода освоения ремонта (представляются существенно завышенными).

летов примерно одного класса, например Ил-18 (~15 000 н.-ч), Ил-62 (~50 000 н.-ч), Ил-76 (~160 000 н.-ч), по-видимому во многом связана с ростом числа типов КИ и уровня резервирования (общего числа КИ) и лишь отчасти — с усложнением конструкции планера.

Таблица 5.12

Удельная стоимость заводского ремонта самолетов ГА

Тип самолета	Назначенный (до списания) ресурс, ч	Межремонтный (до 1-го ремонта) ресурс, ч	Удельная суммарная стоимость ремонта, руб./ч
Ил-62	30 000	10 000	25,1
Ил-76	15 000	5000	148,8
Ту-134	30 000	6000	17,6
Ту-154	20 000	6000	35,2
Ан-24	50 000	5000	11,9
Як-40	30 000	6000	7,7
Л-410	20 000	4000	36,8*
Ан-2	20 000	2000	5,4

* Данные для периода освоения ремонта.

В случае полномасштабной реализации эксплуатации по состоянию (ТЭС) самолетов и вертолетов объемы ремонта КИ могут быть существенно снижены, а при рациональном формировании КВР и объем работ по планеру может быть уменьшен и перераспределен между АРЗ и эксплуатационными предприятиями ГА.

Предварительная оценка изменения трудоемкости ремонта на примере самолетов ГА представлена в табл. 5.13. Эта оценка предусматривает:

- сохранение объема доработок неизменным;
- уменьшение объема работ по планеру на 30—40%;
- уменьшение объема работ по КИ на 70—80%.

Все эти мероприятия могут быть реализованы в рамках внедрения ТЭС, реорганизации структуры и принципов планирования и выполнения ремонтных форм ТО.

Выполнение КВР при ТЭС самолетов ГА представлено на рис. 5.2. Поскольку большинство КИ (до 90%) могут эксплуатироваться по состоянию, а технология и объемы работ по замене КИ обеспечивают их выполнение в условиях цехов периодического ТО АТБ, то в предлагаемой схеме выполнение основного объема работ по ТОиР КИ предусматривается на формах 1 и 2 периодического ТО,

В частности, при этом заменяются агрегаты и узлы, выработавшие ресурс, отказавшие и достигшие предотказного состояния. Демонтированные КИ при невозможности их восстановления в АТБ направляются на заводы ГА или промышленности.

По плануру в процессе интенсивной эксплуатации проводятся в основном визуальные осмотры доступных без демонтажа элементов конструкции и несложные восстановительные работы.

Предлагается введение взамен заводского капитального (среднего) ремонта контрольно-восстановительных работ (КВР, специальных ремонтных форм ТО-Р1, Р2). Эти формы имеют своей основной целью углубленный контроль и восстановление технического состояния планера с необходимым демонтажом элементов конструкции планера и агрегатов систем с самолета. Они выполняются в ангарных условиях в ведущей АТБ по типу самолета или на АРЗ. Возможно выполнение таких работ заводами промышленности на договорной основе.

При выполнении ремонтных форм в АТБ целесообразна реализация программ выборочного контроля конструкции планера, а также поэтапное выполнение работ по элементам планера, несущим различную нагрузку и изнашивающимся по-разному.

Реализация указанных мероприятий может снизить удельные показатели ремонта отечественных типов самолетов до сопоставимых значений с зарубежными аналогами по удельным затратам труда и времени. По удельной стоимости ремонта эти затраты сопоставимы и при действующей системе ремонтов, что определяется не техническими характеристиками самолетов, а экономическими факторами, действующими в стране.

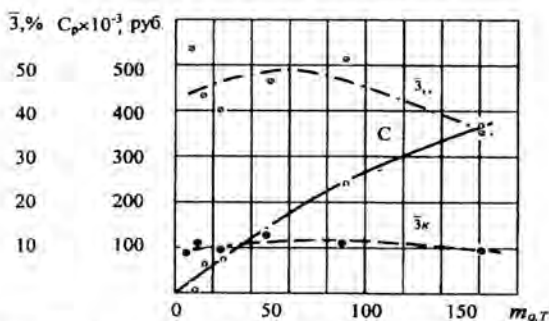


Рис. 5.1. Изменение составляющих затрат на ремонт самолетов в относительных ($\bar{Z}$) и абсолютном (C_p) измерениях по взлетной массе



Рис. 5.2. Схема организации контрольно-восстановительных работ при ТЭС самолетов ГА

Таблица 5.13

Снижение трудоемкости ремонтных форм самолетов ГА при ТЭС по сравнению с технической эксплуатацией по ресурсу (ТЭР)

Вид работы	Трудоемкость ремонтной формы по типам самолетов, н.-ч								
	Ил-62			Ил-76Т			Як-42		
	ТЭР	ТЭС	Сни- жение, %	ТЭР	ТЭС	Сни- жение, %	ТЭР	ТЭС	Сни- жение, %
Работы по ре- монту планера	12 237	8565	30	49 340	34 538	30	7285	4371	40
Работы по ТОиР агрега- тов и КИ (включая кон- сервацию дви- гателей и ВСУ)	44 418	13 325	70	136 660	40 998	70	23 715	7115	70
Общий объем ремонтной формы	56 655	21 890	61	186 000	75 536	59	31 000	11 486	63

6. СЕБЕСТОИМОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ

Традиционная до недавнего времени в ГА система учета прямых эксплуатационных затрат (ПЭР) предусматривала разбивку их по следующим статьям калькуляции:

- авиационные горюче-смазочные материалы (авиаГСМ);
- амортизация самолетно-вертолетного парка (СВП);
- текущий ремонт СВП;
- заработная плата персонала;
- отчисления на социальное страхование;
- аэропортовые расходы.

Распределение затрат по этим статьям для основных типов самолетов представлено в табл. 6.1—6.3.

Такая структура отличается от принятой в зарубежной практике и затрудняет анализ влияния эксплуатационно-технических характеристик на уровень эксплуатационных расходов. В определенной степени принятой системой учета эксплуатационных затрат объясняется то обстоятельство, что большинство экономико-математических моделей для прогнозирования себестоимости эксплуатации, построенных на базе такой системы, практически нечувствительны к изменению ЭТХ, прежде всего для вновь создаваемой авиационной техники. Проведенные ЛИИ им. М. М. Громова исследования позволили произвести перегруппировку затрат по видоизмененной структуре калькуляционных статей, более пригодной для анализа и учета влияния ЭТХ на уровень расходов в эксплуатации. Эта структура включает следующие статьи калькуляции (в скобках указана средняя величина доли статьи в прямых эксплуатационных затратах):

- авиаГСМ (22,6%);
- реновация СВП (17,7%);
- техническое обслуживание и ремонт (19,7%);
- заработная плата летного персонала с отчислениями на соцстрах (21,2%);
- аэропортовые расходы (18,6%).

Доля каждой из статей в общей сумме прямых эксплуатационных расходов приведена в среднем по данным эксплуатации в 1983—1984 гг. без учета Ил-86 и Як-42, для которых отчетные данные о стоимости ремонта отсутствуют, а отчисления на ремонт производятся по прогнозу.

Анализ этих статей расходов позволил установить, что влияние ЭТХ в основном сказывается на двух из них: реновации парка и техническом обслуживании и ремонте. Влияние уровня ЭТХ на остальные расходы либо незначительно (авиаГСМ), либо является косвенным и не зависит от разработчика и изготовителя. Так, например, в аэропортовых расходах часть затрат приходится на средства наземного обслуживания общего применения и эксплуатирующий их персонал, однако эксплуатирующие предприятия оснащаются этими средствами самостоятельно, поэтому нести ответственность за уровень этих затрат поставщик самолета не может.

В свою очередь затраты на ТОиР могут быть представлены в виде следующих расходных статей:

- заработная плата основных производственных рабочих — 30%;
- материальные затраты на закупку и ремонт запасных частей и агрегатов и на расходные материалы ТОиР — 58% (в том числе на ремонт авиадвигателей — 23%);
- накладные (цеховые и общезаводские) расходы — 12%.

Следует отметить, что разделение первых двух статей, относящихся к прямым расходам на ТОиР, на заработную плату и материальные затраты, носит достаточно условный характер. В данном случае к материальным затратам отнесены все расходы на закупку и ремонт комплектующих изделий безотносительно к тому, выполняется ремонт силами эксплуатирующего подразделения, ремонтного предприятия или завода-изготовителя. Поэтому в эти расходы включены и затраты на заработную плату ремонтного персонала. Соответственно в статью «заработная плата основных производственных рабочих» эти затраты не включались, т.е. условно прямые расходы на ТОиР разбиты на два уровня: уровень самолета и уровень его агрегатов (комплектующих изделий).

Таблица 6.1

**Структура себестоимости летного часа самолетов местных
воздушных линий**

Год	Составляющие себестоимости летного часа, руб./ч						Всего
	ГСМ	Аморти- зация	Текущий ремонт	Заработ- ная плата	Отчисле- ния на соцстр.	Аэропорто- вые расходы	
Самолет Ан-2							
1976—1979	18	12	3	36	—	21	90
1981	20	21	4	40	3	33	121
1983—1984	25	22	4	44	7	35	137
1986	24	26	10	41	7	37	148
1987	23	24	10	42	6	37	142
1988	22	21	12	41	6	38	140
Самолет Л-410							
1981	13	175	15	44	3	25	290
1983—1984	22	190	15	56	9	41	275
1986	21	119	26	72	11	35	284
1988	21	170	29	57	9	35	321
Самолет Як-40							
1981	60	100	13	100	7	85	365
1982	110	106	13	105	16	100	440
1983—1984	89	112	13	118	18	118	468
1986	87	91	18	113	17	136	462
1987	84	89	17	103	15	141	449
Самолет Ан-24							
1981	45	65	20	112	8	80	330
1982	75	77	20	140	22	98	425
1983—1984	65	77	20	157	24	107	450
1986	63	74	21	134	20	143	455
1987	62	68	20	126	19	149	444
1988	59	66	23	124	19	150	441

Таблица 6.2

**Структура себестоимости летного часа самолетов ближних
магистральных воздушных линий**

Год	Составляющие себестоимости летного часа, руб./ч						Всего
	ГСМ	Аморти- зация	Текущий ремонт	Заработ- ная плата	Отчисле- ния на соцстр.	Аэропорто- вые расходы	
Самолет Ту-134							
1981	155	160	28	165	12	135	655
1982	250	172	28	190	30	170	840
1983—1984	219	180	28	213	33	200	873
1987	207	163	27	179	27	214	817
1988	203	163	31	178	27	214	816
Самолет Як-42							
1981	150	350	40	103	7	100	750
1983—1984	222	485	40	115	18	140	1020
1986	216	557	35	179	26	221	1234
1987	208	441	32	180	27	246	1134
1988	196	392	36	174	26	242	1066

Таблица 6.3

**Структура себестоимости летного часа дальних
и средних магистральных пассажирских самолетов**

Год	Составляющие себестоимости летного часа, руб./ч						Всего
	ГСМ	Аморти- зация	Текущий ремонт	Заработ- ная плата	Отчисле- ния на соцстр.	Аэропорто- вые расходы	
Самолет Ту-154							
1981	320	350	40	257	18	240	1225
1982	503	365	40	300	47	320	1575
1983—1984	451	410	40	336	52	377	1666
1986	440	369	54	298	44	379	1584
1987	433	333	50	296	44	401	1557
1988	419	312	58	296	45	408	1538
Самолет Ил-62							
1981	420	510	40	224	16	170	1380
1982	673	540	40	270	42	230	1795
1983—1984	673	575	40	302	46	271	1907
1986	536	559	55	219	32	246	1647
1987	515	503	50	220	33	197	1518
1988	534	530	58	229	34	226	1611

Год	Составляющие себестоимости летного часа, руб./ч						Всего
	ГСМ	Аморти- зация	Текущий ремонт	Заработ- ная плата	Отчисле- ния на соцстр.	Аэропорто- вые расходы	
Самолет Ил-62М							
1981	365	515	40	224	16	170	1330
1982	588	560	40	270	42	230	1730
1983—1984	588	605	40	302	46	271	1852
1986	501	583	55	219	32	246	1636
1987	464	498	50	231	35	226	1504
1988	478	468	58	225	34	219	1482
Самолет Ил-86							
1981	520	1190	160	280	20	270	2440
1982	880	2600	160	320	50	350	4360
1983—1984	785	2000	160	358	55	416	3774
1986	784	1483	179	550	81	541	3618
1987	766	1745	167	573	86	612	3949
1988	753	1507	192	563	86	621	3722

Такое разделение затрат дает определенные преимущества при их расчете и обеспечении в процессе создания авиационной техники:

отсутствует привязка к организации ремонта, в том числе комплектующих изделий (силами промышленности или заказчика, в АТБ или на ремпредприятии);

более четко разделяется ответственность поставщиков финального и комплектующего изделий;

облегчается расчет этих характеристик в процессе проектирования с учетом имеющейся информации по надежности и ремонтной технологичности.

Относительно статьи «накладные расходы» в полной мере справедливо замечание, сделанное ранее для аэропортовых расходов, — разработчик и изготовитель самолета нести ответственность за уровень этих затрат не могут, поскольку они в значительной мере определяются эксплуатантом.

Таким образом, можно считать, что влияние ЭТХ на уровень себестоимости летного часа осуществляется через следующие статьи прямых эксплуатационных расходов (ПЭР):

реновацию самолетно-вертолетного парка;

заработную плату основных производственных рабочих при техническом обслуживании и ремонте;

материальные затраты на закупку и ремонт комплектующих изделий (затраты ЗИП).

Расчет указанных статей ПЭР производится по действующему налоговому законодательству стран-эксплуатантов самолетов, поэтому прямое сравнение ПЭР как уровня совершенства самолетов производства различных стран невозможно. Косвенное сравнение ПЭР рассмотрено далее в разд. 8.

7. НЕДОСТАТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАК ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ САМОЛЕТОВ

Основной задачей системы ТОиР воздушных судов гражданской авиации является поддержание и восстановление летной годности ВС и его подготовка к использованию по назначению при обеспечении требуемых уровней надежности и готовности ВС к полетам (регулярности полетов).

Система ТОиР должна обеспечивать:

- подготовку ВС к полету в соответствии с полетным заданием;
- поддержание уровня безотказности изделий АТ, обусловленного требованиями к безопасности и регулярности полетов;
- минимальное число задержек вылета ВС из-за простоев на ТОиР, не превышающее заданного значения;
- поддержание заданного уровня долговечности изделий АТ;
- минимальные трудовые и материальные затраты на ТОиР.

Эффективность системы ТОиР АТ определяет ее способность поддерживать заданные уровни надежности и готовности изделий АТ в заданных (ожидаемых) условиях эксплуатации с определенными затратами труда, времени и материальных средств и представляет собой совокупность свойств ее элементов, таких как: эксплуатационная и ремонтная технологичность изделий АТ; совершенство средств ТОиР; совершенство плана ТОиР; количественный состав, квалификация и специализация инженерно-технического персонала (исполнителей ТОиР).

Таким образом, все процессы и процедуры в системе ТОиР самолета можно разделить на две составляющие:

организационную, обусловленную функционированием системы ТОиР в целом;

техническую, обусловленную непосредственно поддержанием и восстановлением летной годности самолета в процессе его технической эксплуатации, т.е. техническим состоянием самолета.

Техническое состояние самолетов, их узлов и агрегатов в процессе эксплуатации зависит от большого количества факторов, оказывающих на него различное влияние, которые можно разделить на две группы: конструктивно-производственные и эксплуатационные. Последние могут быть как объективными (внешние воздействия на самолет: эксплуатационные нагрузки, температурные режимы и т.п.), так и субъективными, связанными с воздействием обслуживающего персонала (его квалификацией, качеством работы), которые могут способствовать снижению надежности объекта ТОиР и даже приводить к авиационным происшествиям и инцидентам.

В связи с этим в настоящем разделе выполнен анализ надежности самолетов и вертолетов во взаимосвязи с недостатками технической эксплуатации.

Основные причины авиационных происшествий (АП) и инцидентов можно условно разделить на три группы: человеческий фактор, отказы авиационной техники и нерасчетное воздействие внешней среды. Человеческий фактор как причина АП и инцидентов связан преимущественно с ошибками экипажа в технике пилотирования и летной эксплуатации самолета, ошибками специалистов служб управления воздушным движением и обслуживающего персонала, выполняющего работы при эксплуатации и ремонте самолетов и вертолетов. В соответствии с принятым в эргономике определением «Ошибка — это действие или отсутствие действия со стороны оператора (исполнителя), которое не соответствует заданным ему требованиям нормативной или эксплуатационной документации и алгоритмам деятельности».

Рассмотрим примеры некоторых характерных ошибок технического персонала, их причины и последствия.

1. На режиме взлета самолета Ту-134 загорелись табло «Неиспр. дв.» и «Вибрации велики». Взлет прекращен, выкатывание за пределы ВПП. Причиной явился отказ датчика вибрации МВ-25Б вследствие некачественного ТО в базовом аэропорту (неправильная регулировка). Последствия — катастрофа.

2. На режиме взлета вертолета Ми-8 произошел отказ гидросиловика КАУ-30Б вследствие закупорки фильтра в канале питания основной гидросистемы бумажной массой размытого контрольного талона. Фильтр был установлен при ТО. Последствия — катастрофа.

3. При посадке вертолета Ми-6 произошла потеря управляемости вследствие рассоединения серьги рулевого привода и рычага общего шага автомата-перекоса из-за самоотворачивания гайки соединительного кольца, происшедшего из-за нарушения технологии изготовления и монтажа стопорной шайбы на АРЗ. Последствия — катастрофа.

4. На режиме взлета вертолета Ми-6 произошли потеря управляемости с вращением вертолета, пожар. Причина — неустановка 9 из 12 болтов по фланцевому стыку у опоры НР8, что привело к рассоединению хвостового вала. Последствия — катастрофа.

5. При заходе на посадку произошла потеря управляемости вертолета Ми-4 из-за рассоединения качалки продольного управления с гидроусилителем БУ-10П вследствие стопорения гайки болта в АТБ шплинтом, не предусмотренным технологией. Последствия — катастрофа.

6. При заходе на посадку вертолета Ми-8 произошел отказ двигателей из-за засорения топливной системы механическими примесями, занесенными в бак при использовании неисправных средств заправки. Последствия — авария.

7. На режиме взлета самолета Ан-2 произошел отказ двигателя из-за наличия воды в топливной системе вследствие заправки некондиционным топливом. Последствия — авария.

8. Во время посадки на пробеге произошло складывание назад левой стойки шасси самолета Як-42 вследствие неустановки контрольных деталей, предохраняющих шкворень навески от осевых перемещений, при доработках на АРЗ. Последствия — поломка.

9. Неуборка шасси после взлета самолета Ту-154, правая стойка шасси осталась в промежуточном положении из-за рассоединения фланцевого штуцера и корпуса золотникового распределителя вследствие разрушения шпилек крепления, которое не было обнаружено при базовом ТО (невнимательность при осмотре). Последствия — поломка.

10. На взлете произошел подрыв самолета Ил-76 на скорости 240 км/ч вследствие уменьшения фактической тяги двигателей на 4300—4660 кгс из-за невыполнения регулировок взлетного режима в АТБ при периодическом ТО. Последствия — поломка.

Приведенные случаи отражают характер ошибочных действий технического персонала и позволяют эти действия разделить на две группы.

К первой группе следует отнести ошибки, связанные с индивидуальными, преимущественно отрицательными, психофизиологическими свойствами (недисциплинированность, халатность, несобранность и т.п.) конкретных авиационных специалистов (личный фактор), что имело место, например, в случаях № 2, 6, 7, 9, 10.

Ко второй — ошибки, связанные с недостатками взаимодействия авиационной техники и специалистов (человеческий фактор). Причинами, способствующими ошибкам этой группы, являются некоторые конструктивно-производственные недостатки авиационной техники.

Это, во-первых, недостатки, связанные с невыполнением общих эргономических требований по обеспечению удобства ТО (неудовлетворительная доступность, «затененность» обслуживаемых мест другими агрегатами и т.п.).

Во-вторых, это недостатки, связанные с несоблюдением принципа «единственности сборки», т.е. существование возможности для сборки или регулировки агрегата, узла иным образом, чем это предусмотрено их конструкцией или эксплуатационно-технической документацией, что имело место в рассмотренных случаях № 1, 3, 4, 5, 8.

Ошибочным действиям также способствуют не всегда благоприятные условия эксплуатации: повышенный уровень шума, метеорологические условия (снег, дождь, пониженная температура и т.п.), недостаточная механизация работ. Как правило, ошибки возникают чаще всего в результате комплексного воздействия ряда неблагоприятных факторов, отмеченных выше. Это подтверждается, например, следующими данными анализа эффективности трудовой деятельности специалистов по техническому обслуживанию самолетов Ан-24 в условиях одного из летных училищ гражданской авиации.

Условия и организация труда авиационных техников на оперативных формах ТО (60% ошибочных действий) характеризуются рядом особенностей:

неравномерное распределение нагрузки в течение рабочей смены (50—60% общего объема работ выполняется в течение 3—3,5 ч);

в течение 3—3,5 ч авиационные техники работают в условиях интенсивных шумовых воздействий и 1,5—2 ч — в условиях сильной запыленности рабочего места (в летнее время).

При проведении работ по осмотру, проверке функционирования и восстановлению работоспособного состояния систем планера и силовой установки самолетов Ан-24 наибольшие затраты времени приходится на осмотр (от 2,0 до 2,5 ч, при этом в неудобном положении до 1,0 ч) и восстановление, что приводит к ошибочным действиям — просмотру (не обнаружению) повреждений и отказов (низкое качество дефектации). Они составляли в среднем до 35% общего числа ошибок. При работах по восстановлению ошибочные действия сводились к выполнению работы в неполном объеме (37%) или к нарушению технологии выполнения определенных работ — 22% общего числа ошибок.

В табл. 7.1 приведены наиболее характерные группы ошибочных действий и отношение их числа к общему числу ошибок, приведших к АП под воздействием как личного, так и человеческого факторов. Наибольшее число ошибок совершается техническим персоналом при ТО из-за низкого качества дефектации при осмотрах, а также вследствие нарушения технологии работ по восстановлению работоспособного состояния. Внесение посторонних предметов в топливные и гидравлические магистрали также составляет значительную (20%) часть общего числа ошибочных действий. Это в основном загрязнение топлива при использовании неисправных средств заправки, попадание бумаги в магистрали при выполнении работ с фильтрами и т.п.

Таблица 7.1

Характерные ошибочные действия, приведшие к авиационным происшествиям

Характер ошибочных действий	Число ошибок (%) от общего числа
Неудовлетворительное качество работ по ТО	31
Неправильная регулировка	4
Недозатяжка болтовых соединений	6
Несвоевременное снятие заглушек	2
Нарушение технологии работ по восстановлению и ремонту	37
Внесение посторонних предметов и примесей в магистрали при ТОиР	20

За период 1985—1988 гг. произошло 12 639 инцидентов (предпосылок авиационных происшествий — ПАП), из которых 59% связаны с ситуациями, возникшими в результате отказов авиационной техники. Анализ распределения относительного числа ПАП (за 100% взято число ПАП из-за отказов) по причинам и годам эксплуатации показывает, что ПАП, возникшие из-за ошибок ИАС, при ремонте, и ошибок службы ГСМ, составляют 25%, которые распределяются в соотношении 19,8%; 4,2%; 1,0% для каждой из этих причин соответственно. ПАП из-за ошибок ИАС, как наибольшая составляющая этого вида предпосылок, распределяются следующим образом:

- для самолетов с ГТД — 57%;
- для самолетов с ПД (Ан-2) — 27%;
- для вертолетов — 16%.

Такое распределение может быть объяснено различием в числе соответствующих самолетов и вертолетов, эксплуатируемых на линиях ГА, а также спецификой их применения (ПАНХ, местные авиалинии и т.п.). Эта тенденция иллюстрируется на рис. 7.1, где приведено изменение налета на ПАП вследствие отказов из-за недостатков технической эксплуатации для конкретных типов самолетов ГА. С увеличением взлетной массы самолета и, соответственно, увеличением средней продолжительности полета происходит снижение налета на ПАП по причинам, связанным с недостатками технической эксплуатации.

Наиболее характерные группы ошибочных действий и отношение их числа к общему числу ошибок ИАС, приведших к ПАП, указано в табл. 7.2.

Таблица 7.2

**Характерные ошибочные действия ИАС, приведшие к ПАП
в I полугодии 1989 г.**

Характер ошибочных действий	Число ошибок (%) от общего числа
Нарушение технологии и низкое качество работ по восстановлению и ремонту	68
Попадание посторонних предметов в изделия	2
Отсутствие руководства или плохое руководство рулением	9
Недооснащенность АТБ	1,4
Прочие	19,6

Поскольку число ПАП из-за отказов авиационной техники, связанных с конструктивно-производственными недостатками (КПН), составляет 72% общего числа ПАП вследствие отказов и около 60% общего числа ПАП (рис.7.2), представляет интерес определение функциональных систем, отказы которых (из-за КПН) создают наибольшее число предпосылок. По данным табл. 7.3 наибольшее число предпосылок у самолетов Ан-2, Як-42 и Ил-62М связано с отказами двигателей, для остальных самолетов (Л-410, Як-40, Ан-24, Ту-134, Ту-154, Ил-86) предпосылки создаются вследствие отказов по КПН взлетно-посадочных устройств (шасси). Это обстоятельство вполне объяснимо, так как отказы указанных функциональных систем непосредственно влияют на безопасность полетов, а возможности снижения их влияния на создание соответствующих ситуаций (аварийных и т.п.) достаточно ограничены.

АП, происшедшие из-за ошибок ИТС (ИАС, АРЗ, ГСМ), составляют 7% общего числа происшествий за период 1985—1988 гг., однако последствия, к которым они приводят, являются достаточно тяжелыми. Около половины (46%) таких ошибок за рассматриваемый период привели к авариям и катастрофам. Число инцидентов из-за ошибок технического персонала составляет около 15% их общего числа за рассматриваемый период.

В связи с этим необходимо проведение эффективных мероприятий по предупреждению ошибочных действий ИТС, выполняющего работы по ТОиР самолетов и вертолетов ГА. Анализ основных ошибочных действий, приводящих к АП и инцидентам, показывает, что общими мероприятиями по их предупреждению должны быть следующие:

- систематическое изучение особенностей труда авиаспециалистов и причин допускаемых ими ошибок;

- совершенствование учебной и тренажерной базы в целях повышения знаний конструкции и правил эксплуатации авиатехники;

- рациональное планирование и своевременное осуществление контроля за качеством выполнения работ по ТОиР;

- совершенствование эксплуатационной документации в направлении представления информации (особенно по поиску и устранению отказов и повреждений) в форме, уменьшающей или исключающей возможность возникновения ошибок;

Таблица 7.3

**Перечень систем, отказы которых из-за КПН создают наибольшее число инцидентов (ПАП)
(в сумме в среднем ~ 75% по каждому типу самолета)**

Наименование системы	Относительное число ПАП, вызванных отказами систем, %										Относительное число в общем числе ПАП, %
	Ан-2	Л-410	Як-40	Ан-24	Ту-134	Як-42	Ту-154	Ил-62	Ил-62М	Ил-86	
Система кондиционирования			4,43		7,30						2,49
Радиоаппаратура связи	5,56										2,02
Система электроснабжения	9,11	5,64			3,93				4,30		4,39
Система управления самолета				3,29		22,00		6,67			2,72
Гидравлическая система		5,64	4,93	3,95	7,87					10,53	3,18
Шасси		42,96	54,66	21,05	36,52	12,00	31,70	6,67	11,82	37,71	25,38
Пилотажно-навигационная система								6,67	4,30		1,85
Фонарь, окна					4,49						0,93
Крыло						10,00					0,81
Воздушные винты				12,50							2,20
Двигатель	54,00	16,20	7,39	12,50	11,80	28,00	25,43	21,66	40,85	19,30	27,81
Топливная система двигателя				5,26					4,30	7,89	4,05
Система зажигания	5,33										1,39
Приборы контроля работы двигателя		6,34		11,18			15,67				5,83
Система выхлопа (реверс)								33,33	13,97		3,24

Окончание табл. 7.3

Наименование системы	Относительное число ПАП, вызванных отказами систем, %										Относительное число в общем числе ПАП, %
	Ан-2	Л-410	Як-40	Ан-24	Ту-134	Як-42	Ту-154	Ил-62	Ил-62М	Ил-86	
Навигационная радиоаппаратура			5,43	6,58	3,93						2,02
Суммарное относительное число ПАП	74,00	76,78	76,86	75,31	75,84	72,00	72,8	75,00	75,24	75,43	90,31
Число систем с наибольшим числом отказов, приводящихся к ПАП	4	5	5	8	7	4	3	5	5	4	

совершенствование конструкции самолетов и вертолетов, а также комплектующих изделий в целях наиболее полного учета эргономических требований, улучшения доступности, легкосъемности, решения проблем стандартизации и унификации элементов конструкции с учетом человеческого фактора;

совершенствование процедур сертификации самолетов и вертолетов, которые учитывали бы аспекты эргономики и инженерной психологии в процессе технической эксплуатации.

Отказы и повреждения функциональных систем самолетов являются случайными событиями, происходящими под воздействием большого числа факторов: в результате несовершенства или нарушения установленных правил или норм конструирования, нестабильности (или нарушения) технологических процессов изготовления и ремонта, нарушения установленных правил и условий эксплуатации и др.

Для анализа причин возникновения отказов и повреждений авиационной техники в целях разработки эффективных мероприятий по повышению надежности и безопасности важное значение имеет их классификация по ряду факторов. Устранение недостатков технической эксплуатации как причин отказов и повреждений непосредственно связано с анализом надежности функциональных систем в зависимости от места обнаружения отказов и конкретных факторов, связанных с условиями эксплуатации. Такой анализ был произведен на основе статистических данных о надежности самолетов Ту-134, Як-42, Ту-154, Ил-62М и Ил-86 и их функциональных систем за 1988 г.

В табл. 7.4 приведено распределение отказов и повреждений указанных самолетов ГА по месту обнаружения: в полете, при оперативном ТО и в полете, при оперативном ТО, при периодическом ТО.

При ТО обнаруживалось 55,7% отказов и повреждений рассматриваемой совокупности самолетов и 44,3% в полете. При оперативном ТО обнаруживалось в среднем 22,3% всех отказов и повреждений. При этом разброс относительных значений этой величины не превышает 5%, что свидетельствует о сравнительно одинаковой эффективности состава работ, предусмотренных Регламентом по проверке функционирования и осмотрам систем самолетов; для периодического ТО доля выявляемых отказов несколько выше (33,4%), а также выше и разброс относительных

значений (10%). Это может быть объяснено большим объемом работ по проверкам систем самолетов и, возможно, различиями в структуре их периодического ТО.

Таблица 7.4

**Распределение (%) числа отказов и повреждений
по месту обнаружения для самолетов ГА**

Наименование параметра	Значение параметра по типам ВС					Среднее значение параметра
	Ту-134	Як-42	Ту-154	Ил-62М	Ил-86	
Доля отказов, выявленных в полете	54,4	51,7	40,8	38,0	36,5	44,3
Доля отказов выявленных:						
при оперативном ТО	22,6	21,3	24,0	18,7	24,8	22,3
в полете и при оперативном ТО	77,0	73,0	64,8	56,7	61,3	66,6
при периодическом ТО	23,0	27,0	35,2	43,3	38,7	33,4

Функциональные системы, имевшие наибольшее число отказов за рассматриваемый период, указаны в табл. 7.5. Для всех рассмотренных самолетов наименее надежными являются системы радиоэлектронного и авиационного оборудования: радиоаппаратура самолетовождения, пилотажно-навигационное оборудование, радиосвязное оборудование. По-видимому, это можно объяснить низкой надежностью элементной базы, используемой при создании оборудования указанных систем, а также недостаточным уровнем его схемной надежности. Среди других систем, имевших сниженный уровень надежности, который был бы характерен для всех самолетов, выделяется, кроме указанных, только топливная система как одна из наиболее сложных.

Согласно данным табл. 7.6—7.8 отказы наименее надежных систем выявляются для всех рассмотренных самолетов в основном в полете. В то же время при оперативном ТО лишь у Ту-134 выявляется 47% отказов топливной системы (28) и 32% отказов пилотажно-навигационной системы у Ил-86. При периодическом ТО основная масса отказов выявляется по планеру, что вполне естественно для данного вида работ. Таким образом, комплекс работ по оперативному и периодическому ТО рассмотренных самолетов не позволяет выявлять и, следовательно, предупреждать отказы наименее надежных систем радиоэлектронного и авиационного оборудования. По-видимому, причин этому может быть много, и в частности, недостаточный уровень контролепригодности указан-

ных систем, низкая физическая надежность элементной базы, а также внезапный характер возникновения отказов этого оборудования.

Можно предположить, что значительная часть отказов вносится при ТО — для десяти систем каждого из рассмотренных типов самолетов более 50% отказов обнаруживается в полете. Однако такое предположение не подтверждается результатами анализа относительного числа отказов и повреждений по причинам и типам самолетов ГА, представленного на рис. 7.4. Отказы из-за ошибок ИАС и ошибок при ремонте составляют максимально 8% их общего числа (для Ту-134). В среднем же это 4% общего числа отказов. Причины возникновения отказов, связанных с ошибками ИАС и при ремонте, уже были рассмотрены ранее. Уменьшение их числа возможно за счет реализации комплекса мероприятий по учету человеческого фактора при создании самолетов.

Средний налет (T_C) на отказ и повреждение, выявленные в полете и на земле при всех видах ТО, является одной из основных характеристик надежности самолета. Ее изменение по годам эксплуатации отражает эффективность мероприятий по повышению надежности, а также эффективность системы ТОиР по поддержанию достигнутого уровня безотказности.

Изменение величины T_C для отечественных пассажирских самолетов по годам эксплуатации приведено на рис. 7.3. Уровень значений T_C для большинства самолетов достаточно стабилен.

Установлено, что чем большее количество отказов и повреждений выявляется на земле в процессе ТО, тем меньше вероятность возникновения отказов в полете. Частоту отказов, выявленных в полете, характеризует соответствующий средний налет — $T_{П}$. Его изменение по годам эксплуатации для рассмотренных самолетов ГА приведено на рис. 7.4. Значения этого показателя также достаточно стабильны для периода эксплуатации в три года.

Интересно отметить, что отношение числа отказов, выявляемых в полете, к их общему числу возрастает по годам эксплуатации (рис. 7.5). В среднем за три года наблюдается примерно 10%-ный рост числа отказов, выявляемых в полете.

На рис. 7.6 показано изменение показателей T_C и $T_{П}$ в зависимости от взлетной массы самолетов. Общая тенденция снижения надежности и соответственно значений обоих показателей с увеличением массы (сложности) самолета прослеживается и в данном случае.

Таблица 7.5

**Системы самолетов ГА, имевшие в 1988 г. наибольшее число отказов и повреждений
(в порядке повышения надежности)**

Наименование системы	Ту-134		Як-42		Ту-154		Ил-62М		Ил-86		Место по сумме мест (сред.)	Среднее число отказов от общего числа, %
	Т _{ср} , ч	%	Т _{ср} , ч	%	Т _{ср} , ч	%	Т _{ср} , ч	%	Т _{ср} , ч	%		
Радиоаппаратура самолетовождения	237	15,65	213	18,18	209	11,81	175	10,11	100	13,61	1,4	13,87
Пилотажно-навигационное оборудование			253	15,30	332	7,42	144	12,34	166	8,22	2,5	10,80
Приборы контроля работы двигателя			339	11,44							3,0	(11,44)
Связное оборудование	241	15,42	609	6,36	307	8,05	300	5,90			3,25	8,93
Топливная система	558	6,66	639	6,06	457	5,39	166	10,70			3,34	7,20
Бортовые средства контроля и регистрации полетных данных	630	5,90							147	9,30	3,50	(7,6)
Система автоматического управления полетов					318	7,75					4,0	(7,75)
Система кондиционирования воздуха							222	7,99			4,0	(7,99)
Бытовое оборудование									193	7,05	4,0	(7,05)
Шасси	600	6,31									4,0	(6,31)
Светотехническое оборудование									218	6,25	5,0	(6,25)
В сумме по пяти системам	74,54	49,94	67,55	57,34	61,01	40,42	37,71	47,04	30,68	44,43		
В целом по самолету	37	100,0	38,7	100,0	24,7	100,0	17,7	100,0	13,7	100,0		

Распределение функциональных систем с наибольшим числом отказов (%), выявленных в полете

Ту-134		Як-42		Ту-154		Ил-62М		Ил-86	
№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов
113	88,6	76	100,0	113	85,9	22	63,6	113	64,8
110	85,8	113	88,1	77	75,5	113	61,4	78	63,6
73	78,2	31	85,7	110	74,5	75	58,3	22	59,3
31	77,8	73	75,0	78	71,4	23	52,6	29	56,1
35	75,0	110	69,6	34	66,1	34	52,4	23	55,0
22	73,4	21	67,2	31	62,5	30	50,8	110	52,5
23	72,7	34	62,4	73	62,5	29	50,0	34	51,4
144	70,0	24	61,1	23	59,4	73	49,7	73	48,1
34	67,7	22	58,8	22	57,2	110	47,1	31	41,7
78	66,7	23	56,0	75	50,0	142	46,7	21	39,1

Таблица 7.7

Распределение функциональных систем с наибольшим числом отказов (%), выявленных при оперативном ТО

Ту-134		Як-42		Ту-154		Ил-62М		Ил-86	
№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов	№ сис-темы	Число отказов
49	95,7	74	100,0	49	83,1	80	78,9	80	92,9
76	68,8	56	75,0	80	58,4	74	71,4	49	80,9
77	68,0	49	66,6	29	47,3	49	68,5	71	66,7
80	66,7	80	60,0	38	43,9	32	66,9	75	66,7
26	50,0	72	53,3	32	42,6	38	44,0	32	52,9
28	47,3	26	52,7	79	42,5	27	30,2	26	47,1
79	46,1	29	40,9	24	40,2	142	29,0	52	43,1
56	42,9	38	36,7	52	39,2	72	27,5	24	39,1
32	42,4	32	36,6	72	38,7	52	26,9	31	33,3
38	38,1	33	35,7	33	35,2	75	25,0	34	32,2

Распределение функциональных систем с наибольшим числом отказов (%), выявленных при периодическом ТО

Ту-134		Як-42		Ту-154		Ил-62М		Ил-86	
№ системы	Число отказов	№ системы	Число отказов	№ системы	Число отказов	№ системы	Число отказов	№ системы	Число отказов
54	100,0	53	100,0	54	92,2	31	100,0	53	99,5
53	94,7	54	100,0	55	91,0	57	98,5	54	96,4
57	94,4	55	100,0	53	88,7	54	97,2	57	93,5
55	90,0	57	87,5	71	85,7	55	95,1	76	80,0
72	56,2	52	76,9	76	82,7	53	88,9	55	77,8
52	50,0	25	75,0	57	81,6	26	86,9	35	70,5
142	47,5	35	66,7	26	72,3	56	85,0	25	58,9
27	38,9	79	55,0	56	53,8	35	80,0	30	56,3
79	38,5	27	53,3	72	52,9	79	73,9	27	53,4
24	36,1	29	50,0	28	49,6	33	69,7	26	52,9

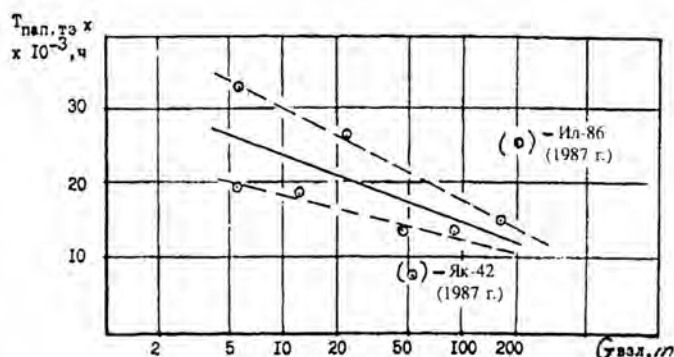


Рис. 7.1. Изменение налета на инцидент (ПАП) вследствие отказов из-за недостатков технической эксплуатации самолетов ГА: Л-410, Як-40, Ан-24, Ту-134, Ту-154, Ил-62(М), Ан-2

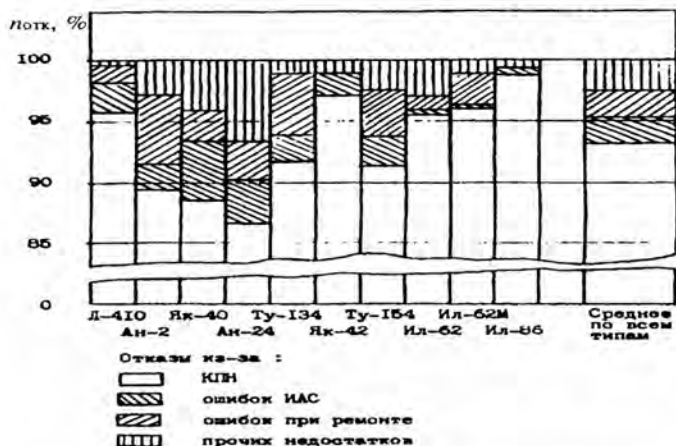


Рис. 7.2. Распределение относительного числа отказов по причинам (по данным за 1986 г.)

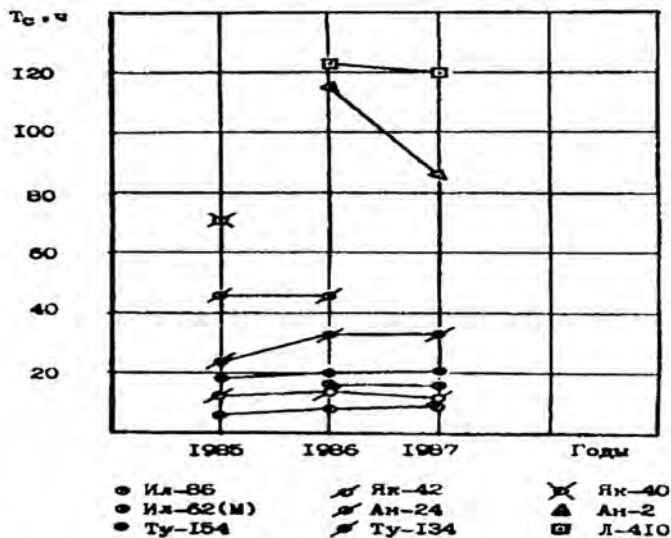


Рис. 7.3. Изменение величины налета на отказ и повреждение, выявленные в полете и на земле, самолетов ГА

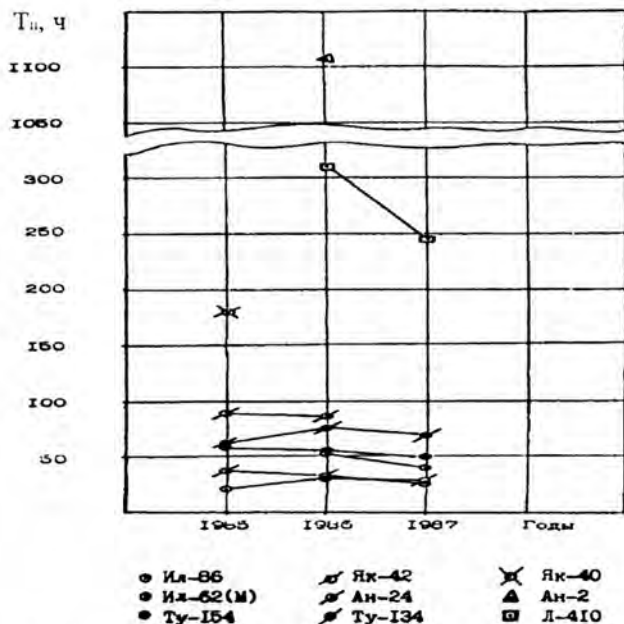


Рис. 7.4. Изменение величины налета на отказ и повреждение, выявленные в полете, отечественных пассажирских самолетов

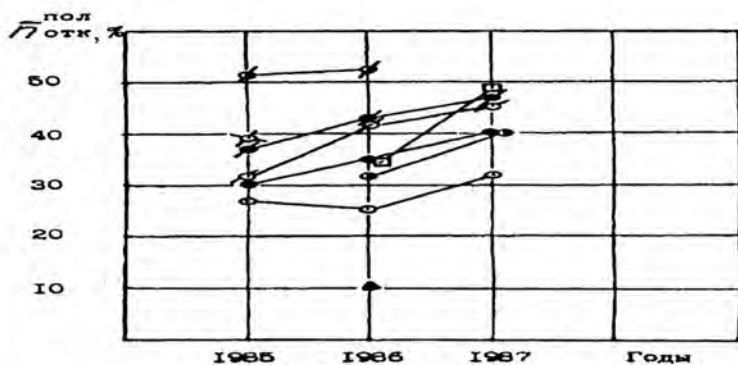


Рис. 7.5. Изменение относительного (%) числа отказов, выявленных в полете

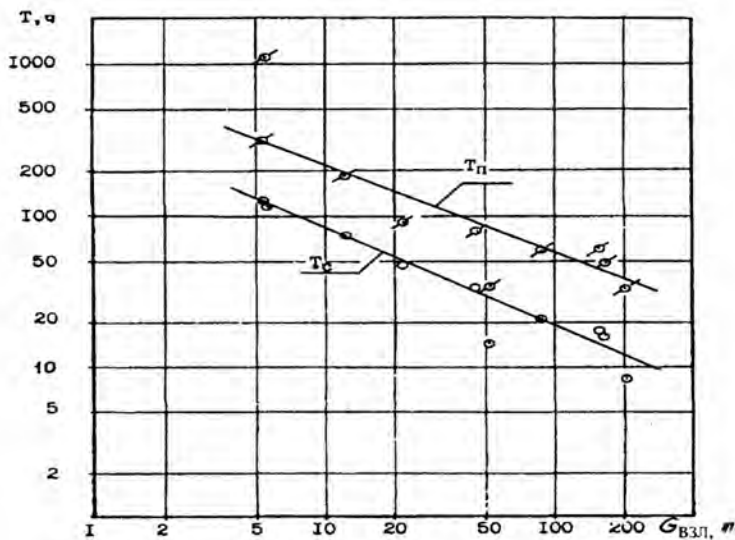


Рис. 7.6. Изменение налета на отказ, выявленный в полете ($T_{\text{п}}$), и на отказ, выявленный в полете и на земле ($T_{\text{с}}$), в зависимости от взлетной массы самолета (по данным за 1986 г.): Л-410, Як-40, Ан-24, Ту-134, Ту-154, Ил-62М, Ан-2, Як-42, Ил-62, Ил-86

Приведенные данные и их анализ позволяют целенаправленно подходить к формированию и оптимизации систем ТОиР отечественных типов самолетов на основе учета технического фактора как интегрального показателя, определяемого уровнем эксплуатационно-технических характеристик типа самолета и, соответственно, влияющего на процессы и процедуры в системе его технической эксплуатации и на эффективность технической эксплуатации самолетов в целом.

8. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЗАРУБЕЖНЫХ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Основным требованием, предъявляемым к современным самолетам ГА, является обеспечение возможности высокой интенсивности и регулярности полетов при необходимых уровнях безопасности и низких эксплуатационных расходах.

К числу определяющих комплексных характеристик (показателей) ТОиР относятся удельные трудозатраты на ТОиР (K_T , K_{TP}) и величины средних годовых и суточных налетов (τ_r , $\tau_{сут}$) самолетов (табл. 8.1). Эти характеристики связаны между собой и обуславливают величины эксплуатационных расходов и прибыльность эксплуатации самолета и парка в целом.

Анализ интенсивности эксплуатации самолетов зарубежных авиакомпаний свидетельствует о том, что в 80-х годах фактическим мировым стандартом стала величина среднегодового налета не менее 2500—3000 ч. В последние же годы в передовых авиакомпаниях эта величина стала приближаться к 4000—4500 ч, т.е. 12 и более часов налета в сутки.

По данным фирмы «Boeing» средняя интенсивность использования 1300 самолетов В-737 в 136 авиакомпаниях мира за последние 20 лет характеризуется величинами среднего суточного налета, равными:

6,8 ч — для В-737 — 100/200;

8,1 ч — для В-737 — 300, что соответствует годовому налету 2500 и 3000 ч.

В авиакомпаниях «Lufthansa» и «Swissair» в конце 80-х годов интенсивность ежесуточного использования, например самолета В-747, возросла до 13—16 ч.

При определении удельной трудоемкости ТОиР в целях сравнения отечественных и зарубежных самолетов важное значение имеет установление учитываемых при расчете составляющих за-

трат и условий эксплуатации. Основными учитываемыми в авиакомпаниях составляющими затрат на ТОиР являются затраты на следующие виды ТОиР:

оперативное ТО (включая ТО в рейсе);

периодическое ТО (формы А, В, С);

осмотры и КВР планера и ряда агрегатов систем в составе самолета с большой периодичностью (форма D);

ТОиР демонтированного оборудования и агрегатов;

ТОиР демонтированных авиадвигателей.

Типовое распределение величины K_T между этими видами работ иллюстрирует табл. 8.2 на примере самолета В-737, где приведены осредненные оценки фирмы «Boeing» по всему парку самолетов данного типа при средней продолжительности типового полета $\tau_n = 0,8$ ч. Как следует из представленных материалов, основную долю (около половины) удельной трудоемкости ТОиР зарубежных самолетов составляют трудозатраты на ТОиР демонтированного оборудования и двигателей. В то же время для отечественных ВС при задании требований и оценке показателей эта составляющая в части агрегатов и комплектующих изделий (КИ) вообще не учитывается, а в части авиационных двигателей (АД) учитывается не всегда. Поэтому в табл. 8.1 введена специальная графа с расчетной оценкой суммарной удельной трудоемкости K_T^p , которая включает затраты на ТО ($K_{T,ТО}$), заводской ремонт самолета ($K_{T,Р}$) и ремонт демонтированных изделий, последняя составляющая оценена величиной 30% суммарной величины удельной трудоемкости ТОиР самолета.

$$K_T = K_{T,ТО} + K_{T,Р}$$

Следует также указать, что оценки авиапредприятий ГА (отчетные показатели K_T) связаны с нормативными значениями трудозатрат на ТОиР, используемыми для определения штатных структур предприятий, поэтому они являются существенно завышенными по сравнению с потребными для ТОиР самолета и оперативными трудозатратами, определяемыми, в частности, при испытаниях.

В связи с этим в табл. 8.1 указаны величины $K_T^{\text{эксп}}$ — отчетные показатели авиапредприятий ГА и $K_T^{\text{пром}}$ — оценки ЛИИ им. М.М. Громова и ОКБ, скорректированные с учетом хронометража ТОиР

при испытаниях самолетов. По самолетам Ил-86 и Як-42 приведены согласованные величины, полученные при совместной оценке систем ТОиР этих самолетов в эксплуатации.

Основные характеристики форм ТОиР зарубежных самолетов представлены в табл. 8.3. При их рассмотрении следует учитывать, что трудоемкость, продолжительность и периодичность форм существенно варьируются в разных авиакомпаниях (см., например, данные по самолету В-747). Некоторые характеристики ремонтных форм основных зарубежных самолетов приведены в разд. 5.

Развитие структуры ТОиР в процессе эксплуатации на примере В-737 показано в табл. 8.4.

В целом организация ТОиР в зарубежных авиакомпаниях сходна с отечественной практикой. Практикуется как пирамидальное выполнение форм ТОиР с возрастающей трудоемкостью и увеличением объема работ, так и поэтапное (фазовое) ТО, при котором объемы работ трудоемких форм ТОиР большой периодичности распределяются между формами А и (или) В с созданием этапов равной продолжительности и (или) трудоемкости (табл. 8.5).

Представленные материалы подготовлены фирмой «Boeing» и свидетельствуют о существенной гибкости при организации ТОиР в авиакомпаниях.

Основные преимущества различных схем фазового ТОиР формулируются специалистами фирмы «Boeing» следующим образом:

1. Обеспечение равномерного распределения трудовых ресурсов, выравнивание пиков и спадов в их загрузке.

2. Использование объективно обусловленных режимами эксплуатации простоев АТ (вместо искусственного отвода ЛА на ТОиР), что положительно сказывается на эксплуатационной готовности.

3. Более частое проведение на самолете форм ТОиР, что создает благоприятные условия для устранения допустимых в эксплуатации отказов, устранение которых отложено в соответствии с разрешающим перечнем MEL.

4. Более раннее выявление вновь проявившихся повреждений и отказов конструкции планера и систем, скрытых от летного экипажа.

В качестве типичного примера построения и оформления регламентов ТО зарубежных пассажирских самолетов рассмотрим РО самолетов В-767-269Е, эксплуатируемых в а/к «Kuwait Airways» (КА).

Таблица 8.1

Показатели систем ТОиР отечественных и зарубежных самолетов

Типы самолетов		$m_{от}$, т	$K_T^{эксп}$, чел.-ч/ч	$K_T^{пром}$, чел.-ч/ч	K_T^P , чел.-ч/ч	$K_{т.р.}$, чел.-ч/ч	K_T , чел.-ч/ч	$t_{тр}$, мин	$\tau_{сут}$, ч	$\tau_{г}$, ч
Отечественные	Зарубежные	(средн./макс.)								
Ан-2	Falcon 900 F.27 F.28 Gulfstream IV BAe.146 B-737 MD-81 B-727 B-757	5,0	6,0	5,7	7,4	0,8	—	15	1,4	До 700
Ан-28		6,5	—	2,9**	—	—	—	20		
Як-40		16,1	16,1	4,9	6,4	1,3	—	25-30	3,5/14,7	1163
Ан-24		21,8	12,3	7,2	9,4	2,7	—	25-30	3,6/11,0	1595
		17,6	—	—	—		3,8***		2,0*	600
		20,5	—	—	—		5,0	20		
		32,1	—	—	—		6,0	20	6,0*/9,0	До 2500
		32,5	—	—	—		3,4		2,0*	500
Ту-134		47,6	15,4	7,9	10,3	2,7	—	45	4,7	1728
Як-42		53,5	20,8	9,0	11,7	1,2	—	30-40	4,4/14,8	1573
Ту-204*		93,5	—	9,7	11,6	1,5	—	30	До 16,0	До 3000
Ту-154		98,0	18,5	10,8	14,0	5,2	—	50	5,4/13,4	До 2700
		36,6	—	—	—		5,0*	12-20	5,1/8,9	2424
		52,4	—	—	—	0,2-0,5	6,3	35	6,9/8,1	3420
		63,5	—	—	—	0,5	9,2	30	8,4*	3065
		95,0	—	—	—	0,6-1,0	9,6	35-40	6,4	3060
		108,8	—	—	—		7,0*	25-30	7,8/12,9	До 4500

* Оценка для этапа создания.

** Без учета заводского ремонта (ремонтной формы) двигателей и агрегатов.

*** Без учета ремонта.

Окончание табл. 8.1

Типы самолетов		m_o , т	$K_T^{\text{эксп}}$, чел.-ч/ч	$K_T^{\text{пром}}$, чел.-ч/ч	K_T^p , чел.-ч/ч	$K_{T.p.}^*$, чел.-ч/ч	K_T^* , чел.-ч/ч	$t_{\text{тр}}^*$, мин	$\tau_{\text{суп}}$, ч	τ_r , ч
Отечественные	Зарубежные	(средн./макс.)								
Ил-62		167,0	14,1	11,3	14,7	4,3	—		6,7/10,3	2182
Ил-86		210,0	44,0	9,7	12,6	1,0*	—		3,3/6,9	1482
Ил-96-300*		216,0	—	10,5	12,6	1,7	—		До 16,0	До 4000
		В-707	151,5	—	—	1,0–1,5	9,0	20–30	6,9/16,0	До 4200
		В-767	175,5	—	—	—	10,3	20–30	5,0/7,5	2400
		А-330	208,0	—	—	1,2	12,2	20–30		До 3000
		А-340	252,0	—	—	0,9–1,0	18,0	50	12,1	
		В-747	322,0	—	—	1,5–1,7	13,9	45–60	13,4	3628

* Оценка для этапа создания.

Таблица 8.2

Прямые удельные трудозатраты на ТОиР самолета В-737

Вид работы	Трудоемкость К _т , чел.-ч/ч	Доля общего объема, %
Оперативное ТО: ежедневное, ночное (предполетное) на маршруте, в конечном пункте маршрута и неплановое	1,86	29,8
Периодическое ТО: формы А, В и С (через 125, 750 и 3000 ч налета)	0,79	12,6
КВР на планере и агрегатах: форма D (через 20 000 ч налета)	0,46	7,4
ТОиР демонтированных агрегатов и КИ	1,42	22,7
ТОиР демонтированных двигателей	1,72	27,5
ИТОГО	6,25	100,0

Таблица 8.3

Характеристики форм ТОиР зарубежных самолетов ГА

Тип самолета (авиакомпания)	Форма ТОиР	Периодичность, ч	Продолжи- тельность, ч	Трудоем- кость, чел.-ч
DC-9	Транзитное ТО	1 полет	0,5	
	А	525		
	В	2000		
	С	10 000	7 дней	6500
	Д	20 000	21* день	14 000
В-737	Транзитное ТО	1 полет	0,6	
	А	125	3,0	29
	В	750	8,0	84
	С	3000	32,0	1201
	Д	20 000	257,0	6914
В-727 (ANSETT)	Транзитное ТО	1 полет		
	А	65		
	В	130	8,5	80
	С	8000		8000
	Д	16 000	15 дней	20 000
В-747 (Air France)	Транзитное ТО	1 полет	0,75—1,0	
	А	330	21,0—30,0	95—156
	В	1200	3—4 дня	3000
	С	4500	4 дня	3000
	Д	22 000	15 дней	50 000

* При работе 60 специалистов.

Тип самолета (авиакомпания)	Форма ТОиР	Периодичность, ч	Продолжи- тельность, ч	Трудоем- кость, чел.-ч
B-747 (JAL)	Транзитное ТО	1 полет	0,75—1,0	
	A	250	5,5	85
	B	1000	9,0	128
	C	3000	4—5 дней	5000—6000
	H	3 года	10—17 дней	25 000— 30 000
DC-10 (Swissair)	Транзитное ТО	1 полет	0,3—0,5	
	A	420	8,0	
	C	2100	24,0	
	D	23 000	14** дней	26 000— 30 000
A.310 (Lufthansa)	Транзитное ТО (TC)	1 полет	0,6	0,5
	Базовое ТО (SC)	Еженедельно	4,0	20
	A	250	6,0	40
	C	13 мес.	30,0	700
	K	15 мес.	*	10
	IL	4 года	2 нед.	12 000
	D	8 лет	4 нед.	30 000

* Выполняется совместно с одной из форм ТО.

** При двухсменной работе специалистов.

Таблица 8.4

Развитие структуры ТОиР самолета B-737

Этапы развития структуры ТОиР	Формы ТОиР и их периодичность, ч			
	A	B	C	D
Первоначальная (FAA/MRB, 1967)	25	100	400	6000
Первое изменение (FAA/MRB, 1971)	25	100	400	9000
Третье изменение (FAA/MRB, 1984) для B-737-300	125	750	3000	2000* (4000 пос. или 15 мес.)
Среднее значение по мировому парку	149	629	2895	18 581
Максимальное значение в эксплуати- рующихся а/к	330	1000	4320	27 000
Рекомендуемая фирмой для освоения а/к самолетов моделей B-737- 200 и B-737-300	125	750	3000	20 000 (4000 пос. или 15 мес.)

* Значения для контрольно-восстановительных работ на планере B-737-300.

Организация выполнения форм ТОиР самолета В-737

Вариант структуры ТОиР	Выполняемые формы ТОиР			
Пирамидальная схема ТОиР	A	B	C	D
Поэтапно-блочная или частично фазовая схема ТОиР (различные варианты)	A	B	$C+60\%D/10$	$40\%D$
	$A+B/x$		C	D
	A	$B+C/4$		D
	A	B	$C+D/x$	
	A	$B/2+C/8$		D/4 (ежегодно)
	A	$B+C/4+\%D/x$		$\%D$
Фазовое ТОиР	A	$B+C/4+D/40$		Подновление (ежегодно или раз в 2 года)
	$A+B/x+C/X+D/x$			Подновление
	Оптимизированные, равномерное или непрерывное ТО			

Примечания: 1. Непрерывное ТО предусматривает независимое выполнение всех работ в располагаемые промежутки времени между полетами либо их выполнение малыми пакетами без плановых перерывов в полетах на формы ТОиР.

2. Любой этап формы D может выполняться в рамках ежегодного ТО. Сегменты фазовых этапов ТОиР могут варьироваться по периодичности их выполнения между базовыми формами ТОиР.

РО на самолет В-767 включает все работы по ТО, рекомендуемые фирмой «Boeing» в качестве плановых работ, входящих в MRB-Report. Требования по осмотрам конструкции планера, установленные при сертификационных испытаниях и рассматриваемые как «Ограничения летной годности», включены в главу 9 РО.

Большинство работ РО определены на основе документа MSG-3. Некоторые требования к системе ТОиР и РО явились результатом анализа безопасности при сертификации самолета. Эти требования отмечены значком «*» или «**» в графе «Номер объекта ТОиР».

Регламент состоит из девяти глав и одного приложения. Глава 1 содержит «Введение», замечания обязательного характера, про-

грамму контроля уровня надежности, перечень сокращений и сведения о периодичности осмотров. В главах 2, 3 и 4 представлена программа оперативного ТО, дана схема деления самолета на зоны, показано размещение люков и дверей. Рекомендации по смазке представлены и проиллюстрированы в главе 5. Содержание главы 6, проходящей по классификации АТА под номерами 12—80, представляет программу ТО систем самолета. В главах 7 и 8 в соответствии с зонами самолета дается программа ТО конструкции планера. В главе 9 представлены ограничения летной годности. В приложении даются формы заполнения ведомостей дефектации при осмотре конструкции планера.

В каждой главе РО содержится информация и даются определения, имеющие отношение только к предмету данной главы.

Работы по ТО, включенные в РО, имеют отметку периодичности их выполнения, например 1А, 2А, 1С и т.д. Далее приведено существо указанных форм ТО.

1. Форма SC (Service Check). Содержание этих работ состоит из внешнего осмотра самолета в соответствии с определенным маршрутом осмотра, проверки показаний систем контроля двигателей и сигнализации экипажу (Engine Indicating and Crew Alerting System — EICAS) и обработки записей регистратора параметров полета через 65 ч налета для определения общего состояния самолета и его летной годности. Осмотры должны выполняться также перед вводом в эксплуатацию после того, как самолет простоял в нелетном состоянии в течение 14 или более дней (кроме тех случаев, когда самолет находился на плановом ТО).

2. Форма А. Существуют две (различных) периодичности для выполнения работ по форме А на самолете В-767, которые указаны в графе «Периодичность» РО:

для систем самолета программой зонных осмотров установлена периодичность в 300 ч налета (обозначается как «1А»);

для осмотра элементов конструкции планера установлена периодичность в 300 полетных циклов (обозначается как «S1А»).

3. Форма С. Аналогично форме А периодичность формы С также имеет два вида:

для систем самолета программой зонных осмотров установлена периодичность в 3000 ч налета или 18 мес. (обозначение «1С»);

для элементов конструкции планера установлена периодичность 3000 полетных циклов или 18 мес. («S1С»).

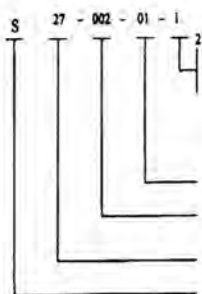
Состояние систем самолета и агрегатов, предназначенных для зонных осмотров, чувствительно к налету, тогда как элементы конструкции планера — к циклам (посадкам) или календарному времени. Подобное разбиение периодичности форм А и С обеспечивает гибкость при планировании выполнения работ на самолете.

Для каждой выполняемой работы по ТО в рамках РО подготавливается рабочая карточка (технологическая карта), которая содержит следующую информацию:

1. Номер карточки (в соответствии с рекомендациями MRB).
2. Номер изделия.
3. Сведения, относящиеся к работе.
4. Обозначение зоны.
5. Обозначение лючка доступа.
6. Иллюстративный материал по конструкции планера.
7. Описание работы.
8. Наименование (изделия, элемента).
9. Периодичность.
10. Код.
11. Расчетные трудозатраты.
12. Квалификация техперсонала.
13. Установленный двигатель (тип, серия).
14. Используемые иллюстрации или текстовый материал Руководства по эксплуатации (ссылки на текст и/или на иллюстрации в Руководстве).

Фирма «Boeing» обязала а/к «КА» пересматривать рабочие карточки каждые 90 дней в соответствии с изменениями, вносимыми в Руководство по эксплуатации. Используемый текст и/или иллюстрации автоматически вносятся на карточки. Любое изменение в Руководстве должно автоматически вноситься на карточку.

Рабочие карточки нумеруются последовательно в соответствии с номером каждой главы по АТА. Нумерация карточек для ТО систем самолета соответствует порядковым номерам, принятым в главе 13 MRB Report. Далее дан пример нумерации рабочей карточки для системы управления полетом самолета (АТА 27).



1 - левые

2 - правые

(Эти цифры используются для того чтобы различить местоположение изделия)

1-я карточка для данного изделия

2-й объект по плану ТОиР (для изделий систем ЛА эта цифра совпадает с номером по АТА)
номер по АТА

значок S применяется только в карточках, используемых для элементов конструкции планера

В РО включен специальный раздел, регламентирующий обязательные расчетные условия и режимы эксплуатации. Некоторые положения этого раздела приведены далее.

1. Ежегодный налет и корректировка РО. Настоящий Регламент составлен исходя из ежегодного налета самолета, равного 2200 ч. В случае значительных отклонений ежегодного использования самолета от данного значения эффективность определенных работ может быть снижена, и эксплуатант обязан будет сообщить об этом в Главное управление гражданской авиации (Directorate General of Civil Aviation) и провести анализ таких работ и их периодичности, чтобы внести коррективы в РО.

Помимо данных корректив, зависящих от налета и вносимых в РО, эксплуатант периодически анализирует содержание РО для того, чтобы быть уверенным, что работы по ТО являются эффективными. Кроме того возможны конструктивные изменения самолета в результате проведенных модификаций или рекомендаций изготовителя.

2. Сертификат на ТО должен быть издан вначале, когда самолет принимается как общественное транспортное средство, или после этого через интервал, не превышающий 120 дней.

3. Ничто в настоящем РО не должно быть истолковано так, чтобы освободить техперсонал от обязанности по поддержанию самолета в исправном состоянии. Любое повреждение или дефект, влияющие на безопасность полета, должны быть устранены перед следующим полетом. Запрещается вносить изменения в РО без утверждения в Главном управлении ГА, Управлении по безопасности в ГА и а/к «КА».

4. Любой осмотр или работа, являющиеся следствием применения данного РО или предписываемые им, должны рассматриваться как минимум того, что необходимо для поддержания данного изделия или агрегата в работоспособном состоянии (Airworthy) пока не наступит очередная проверка (работа).

5. Предполагается, что все осмотры настоящего РО следует выполнять на месте, т.е. не снимая изделия с самолета, кроме тех случаев, когда существуют специальные оговорки или ответственное лицо считает, что для осмотров необходимо снять изделие с самолета. Аналогично, для выполнения зонных осмотров, панели необходимо снять с самолета, кроме тех случаев, когда ответственное лицо считает, что для выполнения работы необходимо снять другие панели. Следовательно, выполнение осмотра в нормальных условиях для любого изделия производится или без снятия панели, или со снятием, т.е. так, как оно предписано РО.

6. Сертификация ответственных лиц, выполняющих ТО, производится в соответствии с требованиями руководящих государственных органов и а/к «КА».

7. Всякий раз (при каждом осмотре) рекомендуется придерживаться (одной) периодичности в часах налета или по календарю. Ответственное лицо может увеличить периодичность осмотров в соответствии с действующими требованиями.

Кроме того в регламенте имеется ряд указаний по технологии и методам ТОиР в части обеспечения безопасности и соответствия нормативным документам.

Основные параметры структуры РО самолета В-767 приведены в табл. 8.6—8.8.

Таким образом, РО на самолет В-767 по своему одержанию и оформлению примерно соответствует программе ТОиР отечественных самолетов ГА, разработка которых определена ГОСТ 28056 и опытная отработка их проведена для самолетов Ту-204, Ту-334, Ил-96, Бе-20 и др.

Типовые технологические графики транзитного ТО для некоторых типов самолетов приведены на рис. 8.1—8.4. К этим графикам даны следующие пояснения.

Самолет DC-10. Взлетная масса — 195 т, максимальное количество пассажиров — 290, расчетный коэффициент — загрузки 0,55 (28 пасс. 1-го класса, 122 пасс. туристического класса) и 1,0 (48 пасс. 1-го класса, 222 пасс. туристического класса). Производительность заправки топливом под давлением — 6000 л/мин через четыре штуцера.

Самолет В-767-200. Взлетная масса — 100 т, максимальное количество пассажиров — 212, коэффициент загрузки — 0,77 (16 пасс. 1-го класса, 150 пасс. туристического класса), темп выхода — 20 пасс./мин, темп входа — 16 пасс./мин через одну дверь. Объем заправляемого топлива — 31 230 л, производительность заправки под давлением — 1040 л/мин через один штуцер.

Самолет А-310. Взлетная масса — 138 т, максимальное количество пассажиров — 237, темп выхода — 28 пасс./мин, темп входа — 18 пасс./мин через одну дверь (две двери). Объем заправляемого топлива — 40 000 л, производительность заправки под давлением — 1040 л/мин через один штуцер.

Самолет F-100. Взлетная масса 43 т, максимальное количество пассажиров — 107.

Таблица 8.6

Характеристики структуры ТОиР самолета В-767-269

Вид ТОиР	Периодичность и условия выполнения
Транзитное ТО	Перед каждым вылетом
Ежедневное ТО	В конце летного дня, если самолет находится в эксплуатации и прибыл в базовый аэропорт, но не реже чем 1 раз в 2 дня вне базового аэропорта
Форма SC	Каждые 65 ч налета, а также перед началом эксплуатации после простоя более 14 дней (кроме простоев на плановом ТО)
Форма А (для систем и зонных осмотров)	300 ч
Форма А (для конструкции планера)	300 пол. циклов
Форма С (для систем и зонных осмотров)	3000 ч
Форма С (для конструкции планера)	3000 пол. циклов или 1 раз в 18 мес.

Пояснения к форме РО самолета В-767

№ ко- лонки	Существо информации
1	Номер изменения
2	Номер объекта ТОиР:
	XX – XX – XX – XX
	буквенный индикатор (A-Z)
	страница Руководства по эксплуатации (РЭ):
	1-100 – поиск отказа,
	2-200 – метод ТО,
	3-300 – профилактика,
	4-400 – демонтаж/монтаж
	5-500 – регулировка
	6-600 – проверка/осмотр
	7-700 – чистка/покраска
	номер (00-99) изделия по РЭ
	номер (00-99) главы РЭ
	номер (12-80) объекта ТОиР по ATA
3	Номер зоны размещения объекта ТОиР
4	Номер люка доступа
5	Формулировка вида работ
6	Категории выявляемых (предупреждаемых) отказов по MSG:
	5 – явный, влияет на безопасность;
	6 – явный, влияет на экономику эксплуатации;
	7 – явный, не влияет на экономику эксплуатации;
	8 – скрытый, влияет на безопасность;
	9 – скрытый, влияет на экономику эксплуатации.
	Категории не указываются для работ, помеченных «*» или «**».
	Отсутствие обеих пометок (звездочек или категории) означает, что работа не включена в MRB Report.
7	Периодичность работы в часах, циклах или в виде условного обозначения формы ТО.
8	Вид работы по ТОиР в соответствии с MSG:
	– смазка;
	– профилактика;
	– профилактика работоспособности;
	– осмотр;
	– проверка параметров функционирования;
	– восстановление на борту;
	– замена.
9	Номер технологической карты

Объем и периодичность работ оперативного ТО самолета В-767-269

№ изм.	Код работы	Зона	Люк	Описание работы	Категория отказа	Периодичность	Вид работы	Номер технологической карты
	12-11-03-3A	197 532 542		Слить топливо из основного и дополнительного левого крыльевого баков, а также из отстойников		ежедн.	SV	28-007-01-1
	12-11-03-3A	198 632 642		Слить топливо из основного и дополнительного правого крыльевого баков, а также из отстойников		ежедн.	SV	28-007-01-2
	12-13-01-3A	411	417B	Проверить уровень масла в двигателе и долить, если необходимо (по индикаторам бака или работы двигателей в кабине экипажа)		транз.	SV	79-111-01-1
	12-13-01-3A	421	427B	Проверить уровень масла в двигателе и долить, если необходимо (по индикаторам бака или работы двигателей в кабине экипажа)		транз.	SV	79-111-01-2
	12-13-04-3A	315	315A	Проверить уровень масла в ВСУ, при необходимости дозаправить	7	транз.	SV	49-021-01
	21-00-00-A	134 136 165		Проверить створки заборных отверстий и выпускной нагнетательный клапан в кабине экипажа на отсутствие посторонних предметов		транз.	IN	21-026-01
	21-32-00-A	121		Проверить клапан стравливания давления по перемещаемому им сигнальному флажку		транз.	IN	21-026-01

	24-33-00-6A	212		Проверить работу аварийной энергосистемы (**) Сертификационные требования на ТО	—	ежедн. (**)	OP	24-010-01
	25-41-00-6A	200		Проверить состояние крышки туалетного сливного отсека и соответствующие уплотнения		ежедн.	IN	25-006-01
	25-52-00-6A	121 122 153 154	821 822	Выполнить визуальную проверку прокладок переднего и заднего грузовых люков на целостность		ежедн.	IN	25-035-01
	25-64-00-AK	200		Проверить наличие и соответствующую укладку аварийного оборудования		ежедн.	IN	

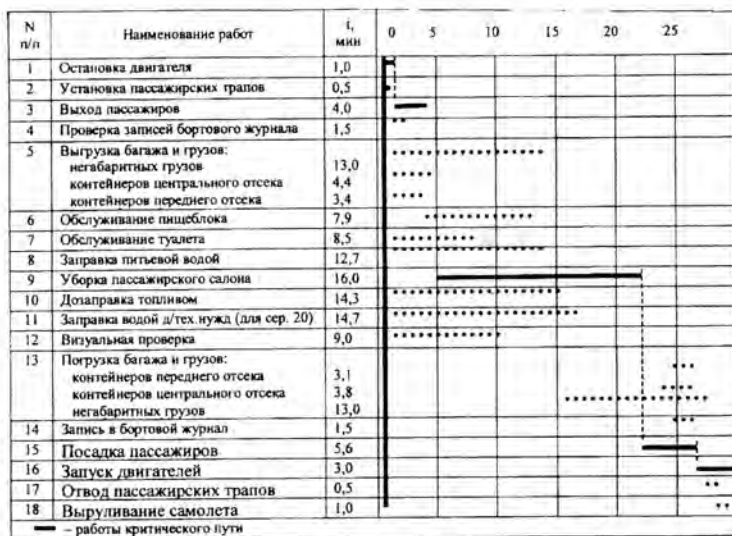


Рис. 8.1. Технологический график транзитного ТО самолета DC-10 серий 10, 20 и 30



Рис. 8.2. Технологический график транзитного ТО самолета B-767-200

Для оценки систем ТОиР самолетов представляет интерес также и ряд частных характеристик, в частности, продолжительность (t) и трудоемкость (Т) или количество исполнителей (N) типовых работ по ТОиР. К их числу, как правило, относят:

- замену АД и колес шасси;
- заправку топливом;
- ряд других работ (мойку и пр.).

Эти работы обуславливают как плановые, так и неплановые простои на ТОиР и влияют на интенсивность и регулярность полетов. В табл. 8.9 приведены данные по заправке топливом и замене АД на самолетах зарубежных авиакомпаний. Продолжительность заправки топливом определяет продолжительность транзитного ТО и зависит от производительности при заправке (Q, л/мин) и количества заправочных штуцеров. Обычно производительность растет с увеличением размеров самолета, но на практике она не превышает 2000 л/мин через один штуцер заправки. Для увеличения суммарной производительности заправки топливом обычно увеличивают количество заправочных штуцеров (до 4-х), через которые одновременно может производиться заправка.

При замене АД возможно два подхода:

традиционная замена с перемонтажом агрегатов со снимаемого двигателя на вновь устанавливаемый;

замена оснащенного двигателя (QEC-Quick Engine Change). В последнем случае существенно сокращается продолжительность и трудоемкость замены, но повышаются требования к материально-техническому обеспечению эксплуатации.

Высокие показатели достигнуты на зарубежных самолетах в части замены агрегатов и блоков оборудования. Так, для 90% конструктивно-сменных блоков самолета L-1011 время замены не превышает 1 ч, а более 700 агрегатов и блоков заменяются за время менее 30 мин. Для самолетов фирмы «Boeing» средняя продолжительность замены агрегатов, влияющих на регулярность полетов, составляет 0,7 ч.

Замена колеса основной стойки шасси самолета А-300 осуществляется за время, не превышающее 20 мин.

Характеристики восстанавливаемости зарубежных самолетов достаточно высоки, что обуславливает невысокий уровень затрат на неплановое ТО. Например, для самолетов фирмы «Boeing» удельная трудоемкость восстановления имеет величину около 0,8 чел.-ч/ч. Это почти в 2 раза ниже аналогичного показателя для отечественных самолетов.

Характеристики типовых работ ТОиР для зарубежных самолетов

Тип самолета	Заправка топливом			Замена АД			
	$t_{\text{зап}}$, мин	Количество штуцеров	$Q_{\text{зап}}$, л/мин (1 штуцер)	неоснащенного		оснащенного	
				$N_{\text{исп}}$	t , ч	$N_{\text{исп}}$	t , ч
B-707-320	12	4	1370	6	8		
B-737	10	1					
B-747	25	4	2000				
B-757	15	2	1230				
B-767			1516				
A-300			1135				
A-310	24	2	1140		4-6/8-10	6 6	0,8(2,5) 1,2(2,8)
L-1011	21						
DC-9	10	1					
BAe. 146	11	1	1050				
DC-10	15	4					
A-320	13	2					1,7/-

Примечание. Характеристики замены двигателей в числителе содержат показатель для хвостового двигателя, а в знаменателе — для крыльевого. Для L-1011 в скобках указаны требования контракта к данному показателю.

Важным показателем системы ТОиР является величина стоимостных затрат на ТОиР самолета. Однако анализ этого показателя невозможен без учета множества организационных и технико-экономических факторов как в эксплуатации, так и на рынке грузоперевозок в целом.

В среднем удельная стоимость ТОиР зарубежных гражданских самолетов колеблется от 200—300 долл./ч для ближнемагистральных самолетов (табл. 8.10) до 1400—1500 долл./ч для самолетов класса B-747 и DC-10, однако эти величины существенно зависят от темпов инфляции и цен на труд (приведенные цифры характерны для американских и европейских авиакомпаний).

При выполнении ТОиР по контрактам в странах «третьего мира» стоимость работ может быть существенно ниже. Так, в США цена выполнения формы D на самолете B-747 составляет ~ 4 млн долл., а в сингапурской авиакомпании «SIA» — уже 1,2 млн долл.

Стоимость ТОиР ближнемагистральных зарубежных самолетов

Составляющие затрат	Величина затрат по типам самолетов, долл./ч		
	F.28Mk4000	BAe.146-100	BAe.146-200
ТОиР планера	53,0	64,6	67,3
ТОиР двигателей	64,8	107,6	107,6
Накладные (косвенные) расходы на ТОиР	67,2	80,1	83,5
Итого	185,0	252,3	258,4

В последние годы за рубежом особое внимание уделяется вопросам совершенствования систем ТОиР самолетов ГА в целях снижения прямых эксплуатационных расходов (ПЭР) за счет снижения темпов роста расходов на ТОиР.

Доля затрат на ТОиР в ПЭР и косвенных эксплуатационных расходов (КЭР) показана в табл. 8.11—8.13. Следует отметить, что с внедрением рыночных отношений доля КЭР в структуре эксплуатационных расходов отечественных самолетов ГА постоянно растет как в процентном, так и в стоимостном отношении.

Таблица 8.11

Структура эксплуатационных расходов отечественных и зарубежных самолетов ГА в 1987г.

Структура себестоимости эксплуатации отечественных самолетов		Структура общих эксплуатационных расходов (ОЭР) зарубежных самолетов, %				
Статьи расходов	%	Статьи ПЭР	B-737	A-300	B-747	B-767
1. Авиа ГСМ	22,8	1. Авиа ГСМ	30	26	28	20
2. Реновация	17,7	2. Реновация	12	9,1	6	12
3. ТОиР	19,7	3. ТОиР	3	6,2	6	4
(в том числе ТО)	(10,6)					
4. Зарплата ЛПС	10,2	4. Зарплата экипажа	3	3,6	8	12
5. Зарплата наземных аэродромных служб	11	5. Косвенные эксплуатационные расходы (КЭР)				
6. Аэропортовые расходы	18,6					
Всего по пп. 5, 6	29,6		52	52	52	52
Итого	100		100	100	100	100

Структура затрат на ТОиР в а/к «Люфтганза» (1987)

Прямые расходы на ТОиР, %			
Планер и системы		Двигатель	
Трудовые затраты	22	Трудовые затраты	6
Материальные затраты	11	Материальные затраты	6
Служебные издержки	3	Служебные издержки	1
Всего	36	Всего	13
Накладные расходы при ТОиР: содержание зданий и сооружений, содержание средств обслуживания, оплата административно-управленческого и служебного персонала			51

Таблица 8.13

Структура общих затрат на ТОиР отечественных
и зарубежных самолетов ГА

Статьи затрат	Затраты на ТОиР, %	
	Отечественные с-ты	Зарубежные с-ты
Трудовые затраты	32,2	28,0
Материальные затраты	51,7	17
Накладные расходы	16,1	51,0
Прочие расходы (служебные издержки)	—	4,0
Всего	100	100

Материальные затраты на ТОиР отечественных типов самолетов примерно в 3 раза выше зарубежных (см. табл. 8.13), и несмотря на более высокий процент накладных расходов в системе ТОиР зарубежных самолетов (51%) относительные общие затраты на ТОиР отечественных самолетов в 1,5—3 раза выше зарубежных аналогов.

При постоянном увеличении абсолютного уровня затрат на ТОиР доля этих затрат в структуре ПЭР зарубежных самолетов уменьшилась с 17% в 1973 г. до 7—10 % в 1985 г. (табл. 8.14).

Затраты на ТОиР в структуре ПЭР зарубежных самолетов

Тип самолета	Доля затрат на ТОиР в ПЭР, %	
	1973 г.	1985 г.
B-737	18	8
B-747	17	9
DC-10	17	10
L-1011	17	10
B-757	—	7
B-767	—	9

На основе проведенного анализа эффективности технической эксплуатации зарубежных типов самолетов интерес представляет прямое сравнение эффективности эксплуатации отечественных и зарубежных типов самолетов. Такое сравнение (по данным к.т.н. Ю. С. Пригородова ЗАО «Саратовский авиационный завод») приведено для самолетов Як-42Д и B-737-300, эксплуатирующихся в авиакомпаниях Китая на одних маршрутах. Из табл. 8.15 следует, что по эффективности эксплуатации в одинаковых условиях Як-42Д в целом не уступает B-737-300, а по рентабельности на отдельных маршрутах и реальных пассажиропотоках Як-42Д превосходит B-737-300. Опыт эксплуатации современных типов отечественных самолетов Ил-96, Ту-204, Ту-214 подтверждает этот вывод. ЭТХ перспективных типов самолетов Ту-334, С-80, Ил-114 и др. не уступают соответствующим ЭТХ зарубежных аналогов.

Разработчик самолета может значительно влиять на ПЭР, которые полностью определяются совершенством конструкции самолета, тогда как КЭР определяют не тип самолета, а совершенство транспортной системы в целом. Несмотря на то, что эффект от снижения затрат на ТОиР в абсолютных цифрах не очень значителен (ТОиР составляет 15—17% от ПЭР), выигрыш от сокращения доли ТОиР в ПЭР значителен. С одной стороны это связано с влиянием режимов ТОиР на интенсивность использования самолетов (сокращение времени на ТОиР ведет к интенсификации использования самолетов и, как следствие, к сокращению реновационных расходов за счет сокращения срока эксплуатации до списания), с другой стороны оптимизация режимов ТОиР не требует значительных капитальных вложений как от разработчика, так и от эксплуатанта самолета.

Формирование и оптимизация режимов ТОиР при существующих требованиях к безопасности полетов обеспечивается зарубежными разработчиками и авиакомпаниями проведением комплексов исследований, включая:

лабораторные и стендовые исследования и испытания агрегатов и систем;

изучение закономерностей изменения надежности ЛА в различных условиях;

анализ конструктивных особенностей ЛА и уровень его эксплуатационной и ремонтной технологичности.

Исследования осуществляются по конкретным программам для типа самолета или его отдельных систем с использованием хорошо развитых систем сбора и обработки информации о техническом состоянии и надежности агрегатов и самолетов в целом. При этом полагается, что совершенство авиационной техники привело к тому, что безопасность полетов в большей степени обеспечивается конструкцией самолета, чем программой эксплуатации, изменяя на этой основе режимы ТОиР применительно к конкретным условиям эксплуатации самолетов и потребностям авиакомпаний.

Основные направления совершенствования режимов ТОиР и системы ТОиР в целом для отечественных типов самолетов рассмотрены далее.

Таблица 8.15

Технико-экономические характеристики эксплуатации самолетов Як-42Д и В737-300 в Китае на совместных маршрутах (1998 г.)

Характеристика	Як-42Д	В-737-300
Год внедрения	1998	1984
Вместимость, чел.	120	148
Удельный расход топлива в крейсерском режиме, кг/пасс.-км	0,0662	0,0667
Максимальная коммерческая загрузка, кг	13 500	16 120
Коммерческая загрузка при макс. заправке, кг	5300	7806
Базовая цена нового самолета, USD	12,5 млн	38—44 млн
Себестоимость летного часа, USD / л. ч	2336	2910
Стоимость топлива и ГСМ, USD/т	334	334
Среднемесячный налет, ч/мес.	156	240

Характеристика	Як-42Д				В-737-300			
	70	80	90	100	70	80	90	100
Варианты загрузки пассажиров, чел.	70	80	90	100	70	80	90	100
Коэффициент загрузки, %	57,8	66,7	74,8	83	48,4	55,8	62,7	69,5
Средний коэффициент загрузки по маршрутам, %	0,58				0,47			
Количество пассажиров, соответствующее окупаемости по маршрутам, чел.	49—72				62—87			
Себестоимость летного часа по типовому маршруту (850 км), USD/чел.	40	36	33	31	44	38	34	33
Приведенные эксплуатационные затраты с учетом приобретения ВС и лизинга по типовому маршруту, USD/км	4	3,4	3	2,6	12,8	11,0	9,8	9
Рентабельность по типовому маршруту, %	-1,3	9,6	17	28	-15	-6	3	12,5

9. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

9.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОГРАММ ТОиР ЗАРУБЕЖНЫХ САМОЛЕТОВ

Основой формирования системы ТОиР зарубежных самолетов является программа ТОиР, некоторые процедуры формирования и совершенствования которых рассмотрим далее. При этом полагается, что реализация программы ТОиР обеспечивает и реализацию ЭТХ самолета, заявленных его разработчиком и поставщиком.

Эксплуатант самолета должен подтвердить свои возможности (технические и материальные) по эксплуатации самолета данного типа в соответствии с программой ТОиР и установленными правилами соответствующим сертификатом качества. Например, эксплуатант США подтверждает соответствие требованиям национальных правил (FAR-121 и связанных с ним дополнительных норм и правил 43, 145, 65 и др.).

Формирование рациональной программы ТОиР имеет своей целью поддержание в эксплуатации необходимого уровня летной годности и эксплуатационно-технических характеристик (безопасности, надежности, эксплуатационной технологичности и контролепригодности) самолета при минимальных затратах на ТОиР.

Общий надзор за обеспечением ЭТХ, эксплуатацией, ТОиР осуществляется за рубежом в рамках Национальной авиационной администрации (CAA), имеющей, как правило, две основных службы (комитета):

- сертификации самолетов и КИ;

- эксплуатационных документов, надзора за эксплуатацией, ТОиР.

На этапах создания самолета специалисты обеих служб участвуют в оценке и контроле ЭТХ через систему постоянных подразделений (директоратов по классам авиатехники, групп и офисов) и временных комитетов. Вопросами ЭТХ создаваемых самолетов в большей мере занимается подразделение второй службы. Именно специалисты этой группы участвуют в работе временных комитетов, создаваемых для анализа и обеспечения летных и эксплуатационно-технических характеристик самолета. Таких комитетов (советов) создается обычно три:

Flight Standards Board (FSB) — комитет по выработке требований к подготовке и квалификации членов экипажа ВС;

Flight Operations Evaluation Board (FOEB) — комитет по подготовке минимального перечня оборудования, отказ которого может быть разрешен при эксплуатации самолета в определенных условиях в течение установленного периода времени;

Maintenance Review Board (MRB) — комитет по надзору за разработкой программы ТОиР.

Два последних комитета FOEB и MRB полностью ориентированы на анализ и оценку ЭТХ. При этом основной объем работ по обеспечению ЭТХ традиционно связывается с разработкой программы ТОиР в соответствии с рекомендациями документа MSG-3 (Maintenance program development document), разработанного смешанной группой специалистов во главе с американской ассоциацией воздушного транспорта (ATA) и принятого всеми авиакомпаниями и поставщиками АТ в мире.

Указанный комитет MRB создается из представителей САА, авиакомпаний-заказчиков и изготовителя (поставщика) самолета, туда входят и представители поставщиков двигателей и, в отдельных случаях, основных комплектующих изделий (КИ).

Состав MRB, формируемого под председательством САА (JAA), невелик. Он предназначен в основном для согласования готовых материалов и утверждения минимальных требований к характеристикам ТОиР и другим ЭТХ, включаемых в отчет MRB по типу самолета. Основная работа по подготовке отчета MRB и формирование полной программы ТОиР проводится рабочим органом при MRB — координационным комитетом по типу самолета (Industry Steering Committee — ISC или просто SC). Этот комитет создается под эгидой авиакомпаний-заказчиков самолета при сопредседательстве представителей авиакомпаний и фирмы поставщика. Представители САА (JAA) участвуют в качестве наблюдателей (рис. 9.1).

В рамках ISC, финансируемого авиакомпаниями и авиастроительными фирмами, создается ряд специализированных рабочих групп (РГ) по системам, планеру, оборудованию и силовым установкам, специалисты которых и проводят анализ ЭТХ по методологии MSG-3 в целях формирования эффективной программы ТОиР. В качестве примера на рис. 9.2 приведена общая схема структуры ISC по самолетам Boeing-757/767.

В табл. 9.1 приведено типовое распределение задач анализа ЭТХ при формировании программы ТОиР, которое свидетельствует о комплексном характере этих работ и практике обеспечения долговечности и безотказности изделий и самолета в целом в той мере, в какой это необходимо для его эффективной эксплуатации.

Общий объем, процедуры и организация работ могут быть прослежены на рис. 9.1—9.6:

сначала РГ подготавливают исходные данные и проводят по MSG-3 анализ ЭТХ систем и агрегатов с выбором состава и периодичности работ, включаемых в план ТОиР самолета;

затем происходит согласование предлагаемой программы ТОиР с САА (JAA) и формирование объема требований, необходимых для сертификации самолета и включаемых в отчет MRB, утверждаемый САА (JAA);

далее на основе отчета MRB и согласованной программы ТОиР изготовитель самолета готовит документ по планированию ТОиР (MPD) и раздел Руководства по эксплуатации «Ограничения летной годности», который утверждается САА (JAA) и является основным документом, ограничивающим ресурсы и сроки службы (в основном до замены) КИ и агрегатов планера исходя из их отказо-безопасности и влияния на летную годность;

завершаются работы специалистами каждой конкретной авиакомпании, которые на основе рекомендуемых САА (JAA) эксплуатационных планов ТОиР (AMS — Airplane Maintenance Schedule) формируют собственный комплект документов, регламентирующих эксплуатацию самолета в авиакомпании и утверждают его в САА (JAA), что является основанием для начала эксплуатации.

В качестве примера рассмотрим процедуры разработки и сертификации программ ТОиР в авиакомпании «British Airways».

Подход авиакомпании «British Airways» (BA) к формированию и сертификации программ ТОиР эксплуатируемых самолетов в целом отвечает изложенным принципам. Следует отметить, однако, некоторые технологические и процедурные особенности.

На рис. 9.7 приведена общая схема организации работ по формированию и сертификации программ ТОиР самолетов в авиакомпании ВА. Кроме участия представителей компании в отработке Отчета MRB она предусматривает дополнительный анализ документа фирмы «Boeing» по планированию ТОиР (MPD) и его адаптацию к условиям эксплуатации самолета в ВА.

Из документа MPD вновь поступающего самолета исключаются все ссылки на элементы, двигатели и т.п., не установленные на конкретной модели самолета данного типа, приобретенного ВА. Дополнительно включаются работы оперативного ТО, сформированные в формы в соответствии с принятыми условиями эксплуатации и одобренные САА. Отработанный таким образом документ — Aircraft manufacture systems (AMS) составляет план ТОиР самолета данного типа в авиакомпании ВА и подлежит одобрению САА, после чего начинается эксплуатации данного типа самолета в ВА.

В процессе эксплуатации AMS подлежит постоянной оценке и корректировке. Такая работа проводится в рамках Программы управления ТОиР самолета (MCP — Maintenance Control Program). Сбор информации в эксплуатации проводится в двух аспектах с выпуском двух типов отчетов:

REACT — отчет по самолету в целом, базирующийся на записях в бортжурнале (Technical Log) и информации о задержках рейсов (Technical Delays);

CPR — отчет о характеристиках комплектующих изделий (компонентов), базирующийся на информации о заменах и доработках КИ. То есть REACT включает всю информацию об отказах и повреждениях самолета, а CPR — только информацию по де-монтированным с борта компонентам.

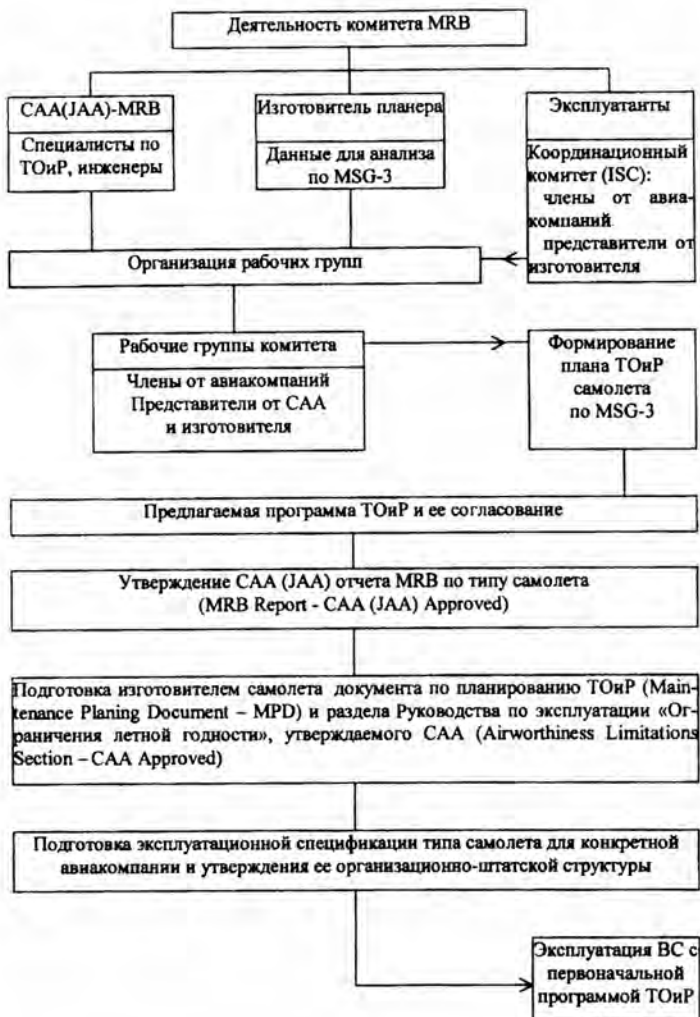


Рис. 9.1. Организация деятельности комитетов MRB и ISC

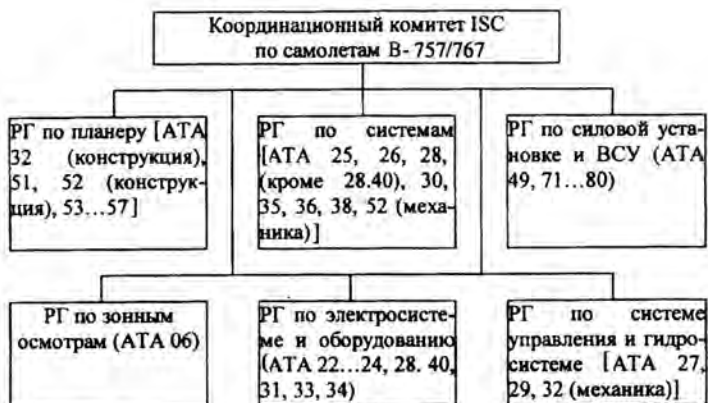


Рис. 9.2. Состав рабочих групп (РГ) координационного комитета ISC по разработке программ ТОиР самолетов В-757/767



Рис. 9.3. Разработка первоначальной программы ТоиР

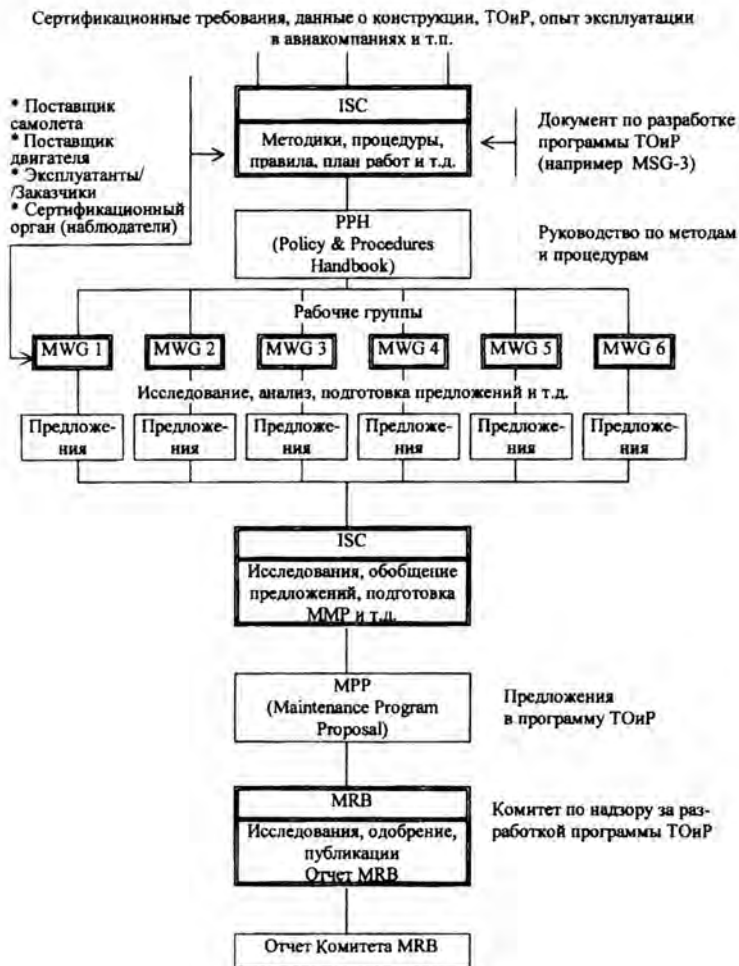


Рис. 9.4. Процесс работы Комитета MRB



SSA — оценка отказобезопасности систем;

DTA — оценка усталостной повреждаемости планера.

Рис. 9.5. Методы анализа технического обслуживания и ремонта

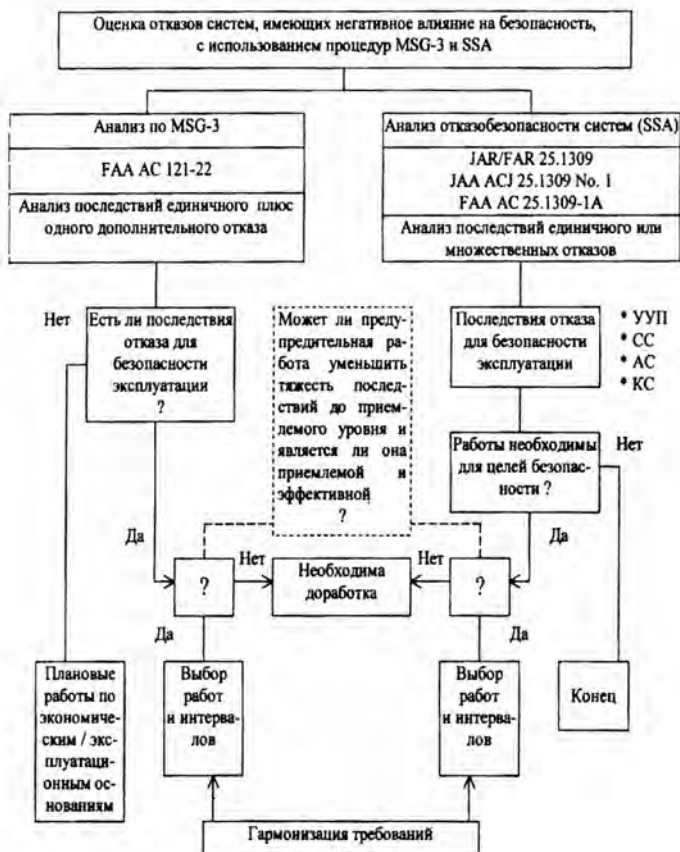


Рис. 9.6. Взаимосвязь анализа по MSG-3 и анализа отказобезопасности систем SSA

**Типовое распределение задач между подразделениями фирмы «Boeing»
при формировании программы ТОиР в соответствии с MSG-3**

Подразделение	Сфера ответственности
Подразделение формирования плана ТОиР (Maintenance Planning)	Основная сфера деятельности координационного комитета и его рабочих групп. Подразделение обеспечивает подбор сопредседателя комитета, работу и взаимодействие между РГ. Отвечает за документирование результатов анализа
Конструкторские подразделения (Project Design)	Обеспечивают подготовку членов РГ до начала анализа. Разрабатывают конструктивные изменения, рекомендованные РГ
Уполномоченные представители FAA на фирме (Staff DER's)	Обеспечивают содействие РГ в процессе анализа за возможных отказов. Координируют все сертификационные требования к ТОиР (certification maintenance requirements — CMR) со специалистами, формирующими план ТОиР
Подразделение эксплуатационной и ремонтной документации (Maintenance Publications)	Специалисты присутствуют на совещаниях РГ. Разрабатывают процедуры и готовят текст руководства по технической эксплуатации, отражающие содержание выбранных в ходе анализа работ по ТОиР
Подразделение гарантийного обеспечения (Product Assurance)	Содействует сопредседателю координационного комитета от фирмы «Boeing» в обеспечении данными по надежности, номерам изделий и другой информацией
Подразделение послепродажного обеспечения эксплуатации (Customer Support)	Содействует сопредседателю от фирмы «Boeing» и РГ при необходимости



Рис. 9.7. Общая схема организации работ по формированию и сертификации программ ТОиР (AMS) в авиакомпании BA

Эта информация обрабатывается техническими службами BA с подготовкой предложений по изменению, при необходимости, плана (AMS) ТОиР самолета. Эти данные передаются также фирме поставщику (например «Boeing») и другим поставщикам КИ для обобщения по типу самолета. В свою очередь, от этих фирм поступает информация об опыте эксплуатации всего парка самолетов данного типа.

Все предложения инженерных отделов BA обобщаются специальным комитетом по управлению технической эксплуатацией самолета (ATCC — Aircraft Technical Control Committee), который рассматривает их и принимает решение о подготовке и представлении CAA официального изменения AMS.

В случае одобрения предлагаемого изменения CAA оно включается в план ТОиР, в противном случае оно вновь рассматривается техническими службами BA и ATCC.

Основным направлением совершенствования AMS является увеличение периодичности отдельных работ по ТОиР и форм ТО в целом.

В авиакомпании ВА существует специальный стандарт (процедурное руководство) по порядку увеличения периодичности выполнения форм ТОиР. В соответствии с ним необходимость увеличения периодичности ТОиР обуславливается задачами оптимизации программ ТОиР в плане снижения удельных затрат на ТОиР на основе опыта эксплуатации в ВА и информации от поставщика самолета.

Практическую организацию работ по конкретному типу самолета производит уполномоченный инженер по качеству совместно с назначенным специалистом планового отдела, работу которых контролирует соответствующий менеджер. Указанные специалисты проводят всю подготовительную работу по сбору материалов и обоснованию изменения периодичности каждой из работ по ТОиР, входящих в рассматриваемую форму ТОиР.

Инженер по качеству отвечает за ряд принципиальных вопросов, включая:

- письменное согласование с САА размера («ступеньки») увеличения периодичности рассматриваемой формы ТОиР и числа подконтрольных форм (sample checks);

- анализ информации об отказах и повреждениях, выявленных и задокументированных при выполнении формы с существующей периодичностью, с разработкой предложений и оформлением соответствующего отчета;

- согласование отчета с уполномоченным менеджером группы и САА.

Общая схема действий предполагает рассмотрение всех работ формы и предложений по увеличению их периодичности на специальном заседании комитета АТСС и принятие решения о возможности их выполнения с увеличенной периодичностью. Принятие решения соответствующим образом документируется. Особое внимание уделяется ответственным агрегатам и составным частям планера (SSI — Structural Significant Items) и объектам ТОиР, отнесенным по методике MSG-3 к числу влияющих на безопасность полетов.

В ряде случаев возможно сразу увеличить периодичность выполнения формы ТОиР, в других — устанавливают промежуточную периодичность с выполнением подконтрольных форм. Это зависит от степени предлагаемого увеличения и числа выполненных со старой периодичностью форм данного вида. При назначении подконтрольных форм ТО специалисты ВА подразделения

Engineering проводят оценку технического состояния самолета и готовят отчет о выявленных отказах и повреждениях. Этот отчет подлежит рассмотрению комитетом АТСС с целью одобрения или неодобрения увеличения периодичности и формирования мер по устранению недостатков. На такие совещания АТСС в качестве наблюдателей приглашаются представители САА.

После согласования всех позиций и определения даты введения новой периодичности формы все материалы представляются в САА для одобрения.

Реализацией указанных процедур, например по самолету B-757, была увеличена периодичность (с 1988 г. по 1990 г.):

inter check 1 (C) — с 4000 ч, 3500 пос., 21 мес. до 4500 ч, 4000 пос., 24 мес.;

inter check 2 (D1) — с 6000 ч, 36 мес. до 8500 ч, 48 мес.;

inter check 4 (D2) — с 12 000 ч, 5 лет до 12 000 ч, 6 лет.

Именно реализацией указанных процедур, показанных в предыдущем разделе (например в табл. 8.4), производится развитие структуры ТОиР зарубежных типов самолетов.

Обобщая изложенное, следует отметить, что зарубежная практика основана на формировании минимально необходимой, по условиям обеспечения и поддержания летной годности самолета, базовой программы ТОиР (MPD), корректировка и адаптация которой конкретным эксплуатантом по установленным процедурам обеспечивает эффективное применение самолета с заданными значениями ЭТХ.

По мере увеличения наработки самолета с начала эксплуатации и расширения условий эксплуатации базовая программа MPD изменяется, к ней добавляются, например, как составные части:

программа поддержания летной годности стареющих самолетов;

программа контроля и профилактики коррозии (PCPC) и др.

Базовая (MPD) и все остальные программы реализуются в эксплуатации в рамках целевой программы контроля и поддержания надежности самолета, имеющейся у каждого эксплуатанта и базирующейся на развитой информационной системе сбора, учета и анализа повреждений АТ, на основе которой принимаются все решения о порядке эксплуатации АТ.

9.2. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМ ТОиР ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САМОЛЕТОВ

Эксплуатационно-технические характеристики отечественных самолетов как показатели технической эксплуатации не задавались и самостоятельно не рассматривались до середины 70-х годов. Задавался только ресурс до списания (НРР) как показатель, обеспечивающий эксплуатацию самолетов в течение 20 лет при плановом налете 1—1,5 тыс.л.ч/год. Насколько условен этот показатель видно из табл. 1.7, так как фактически подтвержденные ресурсы самолетов 60—70-х годов проектирования в 2—3 раза выше. Режимы ТОиР при этом не задавались (см. табл. 1.7), соответственно и какой-либо программы ТОиР по самолету в целом не существовало.

Разработчик определял режимы ТОиР нового типа самолета, как правило, по аналогии с предшествующим типом собственной разработки с максимальным объемом этих работ, который последовательно в эксплуатации адаптировался к особенностям конструкции и условиям эксплуатации вновь созданного типа самолета.

Система ТОиР нового типа самолета формировалась в рамках процедуры подготовки и освоения в гражданской авиации нового типа самолета, которая выглядит следующим образом.

Основанием для начала эксплуатации нового типа самолета в ГА является приказ руководителя отрасли о принятии этого объекта на эксплуатацию по результатам испытаний (заводских, государственных и эксплуатационных — ЗИ, ГИ, ЭИ), которые проводились в соответствии с действовавшими положениями.

Для подготовки к эксплуатации нового типа самолета составляется план подготовки, включающий в том числе и вопросы технической эксплуатации:

- обеспечение ТОиР;
- материально-техническое обеспечение;
- научно-техническое обеспечение;
- контроль готовности ГА к началу эксплуатации;
- обобщение опыта эксплуатации.

В обеспечение ТОиР обычно учитывались работы по обеспечению предприятия-эксплуатанта: СНО общего и специального применения, КПА, стендами, группкомплектными, средствами механизации, учебными пособиями, тренажерами, ЭТД, средствами и программами обучения ИТС, производственными и служебными помещениями, ангарами, спецтранспортом.

В этом разделе плана подготовки должны были быть также определены:

- потребности конкретных авиапредприятий по указанному обеспечению ТООР;

- работы по формированию системы ТООР;

- работы по организации участков, служб, лабораторий по ТООР;

- обеспечение ИТС эксплуатационной, организационной и распорядительной документацией, инструкциями по охране труда и технике безопасности, стандартами, методиками и программами обучения ИТС.

Научно-техническое обеспечение включает проведение ГИ и ЭИ, в том числе формирование и проверку комплекта ЭТД, перечней СНО, КПА, формирование и уточнение технологий обслуживания, отработку структуры служб ИТС и организации выполнения видов и форм ТО.

Контроль готовности авиапредприятия к началу эксплуатации нового типа самолета осуществляется специальной оперативной группой, назначаемой органом управления ГА (федеральным или региональным), результаты работы которой оформляются соответствующим актом.

После начала эксплуатации нового типа самолета проводятся работы по обобщению опыта эксплуатации с целью контроля состояния АТ, сбора и учета недостатков техники и документации, СНО и КПА, организации авторского надзора, уточнения ТУ на поставку и разработку мероприятий по повышению безопасности полетов и эффективности технической эксплуатации.

Указанный порядок в целом может быть принят за основу для формирования и сертификации (т.е. подтверждения соответствия установленным нормативам и правилам) системы ТООР в авиапредприятии, учитывая при этом, что основой системы ТООР в авиапредприятии для новых типов самолетов должна являться программа ТООР.

Сертификация АТБ (организации по ТО) применительно к самолету определяет и подтверждает ожидаемые условия его эксплуатации, которые включают совокупность факторов, признанных допустимыми при технической эксплуатации данного типа самолета, в том числе внешние эксплуатационные факторы, условия ремонта, технические требования к ТООР.

Внешние эксплуатационные факторы включают: параметры летной эксплуатации, условия внешней среды, варианты применения самолета.

Параметры летной эксплуатации должны включать все предельные значения параметров полета (высота, скорость, масса и т.д.), выход за которые обуславливает необходимость выполнения работ ТОиР в соответствии с ЭТД.

Условия внешней среды определяют условия при ТОиР или необходимость выполнения работ ТОиР при эксплуатации самолета за установленными ограничениями на параметры внешней среды, куда относятся факторы: климатические, химические, электромагнитные и т.д.

Варианты применения самолета включают все возможные его модификации и определяют различия в режимах ТОиР по вариантам применения в соответствии с ЭТД.

Условия ТО должны включать все сведения, необходимые для организации и планирования ТО ВС в эксплуатационном предприятии, в том числе: структуру ТО с указанием правил назначения к выполнению, трудоемкости и продолжительности каждой формы ТО, рекомендуемую организацию выполнения ТО (поэтапную, блочную, зонную и т.д.), состав исполнителей (число, квалификация и специализация) по каждой форме ТО (включая проверки изделий вне самолета), организацию работ по поиску и устранению повреждений при ТО, организацию выполнения работ по бюллетеням, замене агрегатов и текущему ремонту.

Условия ремонта должны включать сведения, необходимые для организации и планирования ремонтов, а также виды и формы ремонтов с указанием правил назначения к выполнению, трудоемкости, продолжительности всех видов и форм ремонтов, рекомендуемые формы организации ремонтов (поэтапный, блочный и т.д.), перечни специальностей исполнителей и квалификационные требования к ним, технологические особенности ремонтов (по состоянию, заменой, восстановлением и т.д.).

Технические требования к ТОиР должны включать сведения, определяющие условия выполнения ТОиР в авиапредприятиях и на ремонтных заводах (раздельно) и включать: общие требования к оснащенности (производственные площади, энергосиловое хозяйство, подземно-транспортные средства и т.д.); технические требования к состоянию СНО, КПА, оборудования, инструмента и оснастки, применяемых при ТОиР; технические требования к до-

кументации (учет, хранение и условия применения); условия проведения нормоконтроля и метрологической экспертизы средств ТОиР, оборудования, измерительной аппаратуры, ЭТД; нормативные требования к учету выполнения работ ТОиР и контролю их качества; требования техники безопасности и пожарной безопасности.

Технологии выполнения всех работ ТОиР должны быть включены в Руководство по технической эксплуатации самолета, которое входит в номенклатуру обязательных ЭТД. Принципы формирования состава работ и режимов ТОиР являются функцией программы ТОиР.

Обеспечение ЭТД, комплектность и условия применения ЭТД входят в раздел «Материально-техническое обеспечение ТОиР», куда включаются также сведения о правах и ответственности эксплуатанта, поставке и обеспечении нормальной технической эксплуатации самолета, в том числе и об обеспечении СНО, КПА, оборудованием, оснасткой, запчастями и программы подготовки специалистов для ТОиР данного типа самолета.

Указанные процессы достаточно успешно применялись в условиях централизованного планирования деятельности всех предприятий авиатранспортной системы, однако унификация этих процессов не позволяет интенсифицировать деятельность отдельно взятого авиапредприятия, эксплуатирующего один или несколько конкретных типов самолетов.

В условиях резкого расширения деятельности ГА России для обеспечения более интенсивного использования парка ВС и повышения эффективности процессов технической эксплуатации новых типов самолетов появилась необходимость в разработке новых норм, процедур и правил в области технической эксплуатации отечественных типов самолетов. Такая нормативная и методическая база стала формироваться с середины 70-х годов и продолжается в настоящее время, в том числе и при участии авторов, по следующим основным направлениям:

- нормирование, оценка и совершенствование ЭТХ ВС;
- разработка программ ТОиР новых и перспективных типов самолетов;
- разработка государственных норм и правил в части технической эксплуатации самолетов по типу американских FAR и европейских JAR.

В части ЭТХ были разработаны в 1980 г. и пересмотрены в 1990 г. «Общие технические требования и эксплуатационно-технические характеристики воздушных судов гражданской авиации» — ОТТ ЭТХ ВС ГА-90, которые задают нормы ЭТХ новых и перспективных типов отечественных самолетов на уровне аналогов зарубежного производства. К числу нормируемых ЭТХ отнесены:

- объединенная удельная оперативная трудоемкость ТОиР;
- объединенная удельная оперативная продолжительность ТОиР;
- удельные суммарные затраты на ТОиР;
- средняя оперативная продолжительность замены двигателя и колеса;
- средняя продолжительность задержки отправок в рейс;
- вероятность восстановления работоспособного состояния;
- полнота контроля функциональных отказов, приводящих к особым ситуациям;
- полнота контроля отказов;
- коэффициент регулярности полетов;
- ресурс до списания;
- коэффициент готовности к вылету.

В части формирования программ ТОиР отечественных типов самолетов в 1989 г. разработан ГОСТ 28056–89 «Построение, изложение, оформление и содержание программы ТОиР». Некоторые положения этого ГОСТа приводятся далее.

Ответственным исполнителем программы ТОиР является головной разработчик самолета. Программу ТОиР составляют на самолет в целом. Разработчики покупных изделий (комплексов, двигателей, систем и отдельных изделий) представляют главному разработчику самолета согласованные с ним программы ТОиР изделий для использования при составлении программы ТОиР самолета. Требования к содержанию программ ТОиР изделий, необходимые для обеспечения их технической эксплуатации, устанавливает головной разработчик на основании требований технического задания на самолет.

Порядок разработки и корректировки программы ТОиР по этапам разработки, испытаний и эксплуатации должен быть следующим:

- техническое предложение — план-проспект программы ТОиР;
- эскизный проект (макет) — проект программы ТОиР;

заводские испытания — проект программы ТОиР, скорректированный по результатам заводских испытаний самолета;

государственные испытания — программа ТОиР, скорректированная по результатам государственных испытаний;

эксплуатационные испытания — программа ТОиР, утвержденная заказчиком;

период эксплуатации — корректировка программы ТОиР.

Программа ТОиР должна содержать все сведения, необходимые для разработки эксплуатационной и ремонтной документации, формирования системы ТОиР, организации и планирования производственной деятельности эксплуатационных и ремонтных предприятий на протяжении срока службы с начала эксплуатации и до списания самолета.

Программа ТОиР самолета может включать следующие разделы:

общие положения;

ожидаемые условия технической эксплуатации;

эксплуатационно-технические характеристики самолета как объекта ТОиР;

план ТОиР;

материально-техническое обеспечение ТОиР;

информационное обеспечение ТОиР;

эффективность программы ТОиР;

приложения.

В каждом разделе программы ТОиР должны быть изложены соответствующие требования ТЗ (ТТЗ) заказчика и нормативно-технических документов (НТД) к системе ТОиР данного типа самолета, а также выполнение этих требований по следующим этапам технической эксплуатации:

освоение эксплуатации — в течение года после начала эксплуатации данного типа;

гарантийная эксплуатация;

послегарантийная эксплуатация.

Из указанного следует, что программа ТОиР фактически определяет все условия и процедуры формирования системы ТОиР в авиапредприятии, т.е. содержит все положения, изложенные ранее, при подготовке к внедрению в эксплуатацию нового типа самолета, в том числе подготовку и сертификацию авиапредприятия. Собственно к программе ТОиР в зарубежном понимании ее функ-

ций относится только раздел ГОСТа, определяющий «План ТОиР самолета».

В разделе «План ТОиР самолета» приводят сведения о всех работах ТОиР и условиях их выполнения на объектах ТОиР в соответствии с эксплуатационной и ремонтной документацией.

Раздел может представлять собой сочетание следующих подразделов:

«Общая часть»;

«План ТОиР планера»;

«План ТОиР функциональных систем».

План ТОиР силовой установки составляет разработчик двигателя как отдельную часть плана ТОиР самолета в соответствии с требованиями данного раздела.

Подраздел «Общая часть» должен содержать сведения об основных положениях плана ТОиР и включать: назначение и особенности плана ТОиР данного типа самолета; связь плана ТОиР с условиями эксплуатации и характеристиками самолета; перспективы и направления совершенствования плана ТОиР по этапам эксплуатации; плановые и неплановые виды ТОиР и правила их назначения к выполнению; перечень доказательной документации по плану ТОиР; минимальный перечень исправного оборудования, необходимого для вылета (перечень отказов и повреждений, с которыми разрешается отправка самолета в рейс или эксплуатация до очередной формы ТО).

Подраздел «План ТОиР планера» должен содержать перечень и условия выполнения работ ТОиР на силовых элементах, узлах и агрегатах планера, шасси, системах штурвального управления и изменения конфигурации и другом оборудовании, которое не снимается и не заменяется при плановых видах ТОиР, а также перечень параметров, контролируемых при ТОиР планера.

Подраздел «План ТОиР функциональных систем» должен содержать перечень и условия выполнения работ ТОиР на функциональных системах и комплектующих изделиях, подлежащих ТОиР в процессе эксплуатации, а также перечень параметров, контролируемых при ТОиР функциональных систем и изделий.

При установке на самолет однотипных изделий, выполняющих различные функции в одной или нескольких системах, план ТОиР составляют раздельно в соответствии с выполняемыми функциями каждого изделия.

Целью разработки программы ТОиР является снижение эксплуатационных затрат при сохранении летной годности и конкурентоспособности самолетов. Опыт эксплуатации свидетельствует о том, что стоимость ТОиР может быть снижена путем внедрения эксплуатации по техническому состоянию без выполнения излишних работ по ТОиР и плановых замен компонентов. Понятно, что в общей постановке при наличии всей необходимой исходной информации количественное подтверждение эффективности программы ТО означает обеспечение заданных вероятностных показателей безопасности и эффективности применения самолета при минимизации удельных затрат на ТО (например, в долларах на 1 ч полета). При таком подходе основной трудностью является количественное подтверждение выполнения проектных требований к самолету, требующее адекватной аналитической модели для оценки влияния ТОиР на критерии безопасности и эффективности самолета.

Реальной альтернативой строгому количественному подходу является рациональное сочетание качественного инженерного анализа по выбору методов технической эксплуатации и работ по ТОиР с количественной оптимизацией периодичности ТОиР на основе математической модели влияния планового ТОиР на надежность и безопасность бортовых систем. Это позволит формализовано анализировать влияние возможных отказов систем и их компонентов на безопасность, регулярность полетов и экономичность самолета. Такой рациональный подход был предложен в 70-х годах авиакомпанией United Airlines и стал позднее широко известен как методический документ по разработке программы планового ТОиР ATA MSG-3. Этот документ признан FAA США, JAA Евросоюза и широко используется разработчиками и эксплуатантами.

К сожалению, в силу отсутствия хорошей (простой, но корректной) математической модели методика MSG-3 очень слабо формализована. Фактически это не инженерная методика, а что-то вроде «библии» для экспертной элиты. Было бы очень полезным сделать этот документ больше похожим на рабочее руководство, которыми авиационные инженеры и специалисты по ТОиР пользуются в своей ежедневной работе.

С начала 70-х годов российские специалисты накопили большой опыт работ в области планирования ТОиР с использованием принципов Reliability Centered Maintenance — RCM [4], основан-

ных на анализе надежности. Как западными, так и российскими специалистами был выявлен ряд недостатков методологии MSG-3. Накопленный опыт позволил предложить оригинальный методический подход, основанный на принципах RCM и MSG-3, который был опубликован в виде специального руководства по разработке программы ТОиР.

Вместе с тем, для того чтобы новый подход получил признание западных авиационных специалистов, он должен стать частью известного документа MSG-3 в рамках программы его регулярных изменений. Кроме того, возможно рассмотрение военных приложений указанного метода.

Общая идея методологии предполагает логическое развитие использования данных анализа надежности и отказобезопасности (Failure Mode and Effect Analysis — FMEA) для планирования ТОиР, начиная с ранних этапов проектирования и испытаний самолета. Принципы обеспечения летной годности достаточно просты (рис. 9.8). В большинстве случаев отказы авиатехники неизбежны. Все возможные отказы самолета можно разделить на две группы:

явные для летного экипажа при выполнении им своих обычных обязанностей;

скрытые, то есть неявные для экипажа.

Скрытые отказы должны своевременно выявляться и устраняться в ходе плановых работ по ТОиР для поддержания летной годности. Периодичность работ должна быть оптимизирована для достижения минимальных затрат на ТОиР при сохранении заданных вероятностей отказов.

В группе явных отказов любой опасный единичный отказ должен быть в принципе исключен либо, при отсутствии технической возможности, вероятность такого отказа должна быть ограничена в соответствии с нормами летной годности. Явные отказы резервированных элементов обычно не влияют на безопасность полета и могут рассматриваться аналогично скрытым отказам — должны быть установлены работы по их выявлению и устранению, и периодичность этих работ должна быть оптимизирована. Эти работы имеют ту же физическую природу, что и работы, включенные в программу ТОиР, но они образуют отдельный документ — «Минимальный перечень оборудования» (MMEL), подлежащий утверждению полномочным органом в области летной годности в составе Руководства по летной эксплуатации. Потом этот документ используется эксплуатантом в его Руководстве по производству полетов.



Отказы резервированных элементов

Неявные

Явные

Опасные единичные отказы

- Обеспечение приемлемой вероятности отказов
- Система предупреждения и помощи экипажу
- Плановый контроль предотказного состояния (если он эффективен)

- Отказы могут включаться в Минимальный перечень оборудования (MMEL/MEL)
- Обеспечение приемлемой вероятности отказов с учетом полетов по MEL
- Плановый контроль при ТОиР не обязателен, используются данные бортовых систем сбора полетной информации

- Элемент подлежит плановому контролю при ТОиР
- Обеспечение приемлемой вероятности отказа с учетом периодичности контроля резерва при ТОиР
- Плановый контроль резерва при ТОиР с учетом данных бортовых систем сбора полетной информации

Рис. 9.8. Принципы обеспечения летной годности

Для скрытых отказов период восстановления равен периодичности плановых проверок системы при ТОиР с последующим устранением отказов. Для явных же отказов (по перечню MMEL) эта периодичность равна разрешенному времени полетов с отказавшим компонентом (при условии, что этот отказ выявлен во время полета).

При анализе отказов резервированных элементов конструктор самолета всегда имеет выбор. Иногда более эффективно не выявлять такой отказ (не загружать экипаж и не затрачивать средства на системы сигнализации об отказе), а предусмотреть плановые работы по ТОиР. В других случаях более предпочтительным является бортовой контроль отказов в полете — тогда отказы резервированных элементов должны быть охвачены процедурами Минимального перечня оборудования (MMEL).

Исходные данные для анализа и планирования ТОиР кроме общих технических данных о конструкции и работе систем включают результаты анализа надежности и последствий возможных

отказов (FMEA): виды отказов систем и их элементов, средние вероятности их возникновения и влияние отказов на применение самолета.

Анализ планового ТОиР ВС состоит из двух основных частей:

1. Выбор методов технической эксплуатации и работ по ТОиР по каждому из возможных видов отказов.

2. Оптимизация периодичности выполнения работ, включенных в план ТОиР.

Есть также третья часть анализа резервированных систем — разработка Минимального перечня оборудования (MMEL) в дополнение к программе планового ТОиР.

Если конструкция системы или компонента либо их компоновка на самолете не удовлетворяют нормам летной годности или эксплуатационным требованиям, то предлагаются меры по совершенствованию конструкции самолета.

Вторая часть процесса разработки программы ТОиР может быть разделена на три основных этапа.

1. Определение так называемых функций отказности для каждого вида отказа системы и функции удельных затрат на ее ТОиР. Эти функции определяются как зависимости, включающие следующие критерии и параметры: физические параметры отказов и их последствия для безопасности полетов и выполнения полетного задания, нормативные вероятности отказов, виды и параметры периодичности рассматриваемых работ по ТОиР. При этом используются следующие данные (параметры): виды отказов компонентов и их вероятности; продолжительность типового полета и его основных этапов; неизвестные значения периодичности работ по ТОиР, подлежащие оптимизации; затраты на плановые и неплановые работы по ТОиР (в затратах труда или их стоимостном выражении).

2. Оптимизация индивидуальной периодичности работ по ТОиР с использованием функции Лагранжа и методов выпуклого программирования. Математическая модель для этого метода разработана.

3. Заключительным шагом является установление рациональных значений периодичности работ по ТОиР. Это требует интеграции индивидуальных работ с их оптимальными периодичностями выполнения в соответствующие плановые виды (формы) ТОиР с известными базовыми значениями периодичности.

ОКБ им. С. В. Ильюшина представляет хороший пример практического применения предлагаемой математической модели и методики выполнения работ. Впервые подобные работы были организованы при создании самолета Ил-86, который был тщательно проанализирован совместно со специалистами ЛИИ им. М. М. Громова для оценки надежности и отказобезопасности бортовых систем. Была также предпринята попытка выполнить логический анализ по методике, подобной старой версии документа ATA MSG-2 для разработки программы ТОиР Ил-86, но без полной увязки этой работы с результатами анализа отказобезопасности (FMEA).

Анализ надежности, отказобезопасности и разработка программы ТОиР самолета Ил-96-300 проводились на основе указанной методологии, начиная с ранних этапов создания самолета. При анализе рассматривались все элементы функциональных систем самолета без их разделения на «важные» и «второстепенные», как это предусмотрено ATA MSG-3. Всего рассмотрено около 800 типов объектов ТОиР (агрегатов, узлов, блоков), а общий объем работ составил около 30 000 чел.-ч.

Результаты анализа позволили снизить объем ТОиР самолета Ил-96-300 по сравнению с объемом ТОиР самолета Ил-86 на 30% и обеспечить соответствие основных показателей самолета мировому уровню. Это было достигнуто не только вследствие оптимизации программы ТОиР, но и благодаря раннему выявлению и устранению недостатков в эксплуатационной технологичности самолета. Большинство компонентов самолета (около 100 % их типов и до 90 % общего числа компонентов) могут эксплуатироваться по техническому состоянию и успешно работают сейчас без ограничений ресурсов и сроков службы.

Дальнейшие работы по совершенствованию указанной методологии фокусируются на ее применении для оценки надежности цифровых систем и разработке методики оптимизации Минимальных перечней оборудования (MMEL). Существует также технологическая проблема автоматизации метода для реализации системного подхода к обеспечению и оценке безопасности, надежности и эксплуатационной технологичности в рамках современных CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life-cycle Support). Широко используемые электронные среды CALS и e-business реально нуждаются в объектно-ориентированных приложениях для конкретных технических дисциплин.

Необходимо заметить, что рассматриваемая методология может найти применение в других отраслях промышленности и видах транспорта. Она может использоваться для оценки надежности и безопасности большинства сложных технических систем (энергостановок, кораблей и др.) с циклическими сценариями применения, позволяющими создать формализованное описание возможных отказов и степени их опасности.

По мере формирования современной нормативной базы ГА в части технической эксплуатации ВС ГОСТ 28056 должен быть адаптирован для отражения международных правил и процедур. Для решения этой задачи ЛИИ им. М.М. Громова и ГосНИИ ГА совместно с ведущими ОКБ к началу 90-х годов были выпущены методические документы, определяющие методологию формирования программы ТОиР. Основным из них и является упомянутое «Руководство для конструкторов и эксплуатантов по разработке и сертификации программы ТОиР функциональных систем ВС — РДК-Э», которое выполняет в отечественной практике функции документа ATA MSG-3.

Указанная методология имеет следующие преимущества перед ATA MSG-3:

1. Большее число рассматриваемых при анализе значимых факторов.
2. Более строгая формализация анализа с рассмотрением всех возможных видов отказов.
3. Количественная оптимизация периодичности работ по контролю резервированных элементов.
4. Возможность удобной интеграции разработки программы ТОиР с анализом надежности и отказобезопасности ВС, и с формированием Минимальных перечней MMEL/MEL.

Подход к формированию нормативной базы отечественной ГА, интегрированной с документами ИКАО и зарубежной практикой, проиллюстрирован на рис. 9.9 и в табл. 9.2. Возможная структура основных авиационных правил в сфере создания и эксплуатации ВС приведена на рис. 9.10.

Практически указанные методы и процедуры проверены при формировании программ ТОиР новых отечественных типов ВС: Ил-96-300, Ту-204, Ту-334, Бе-200, Ми-38 и др.

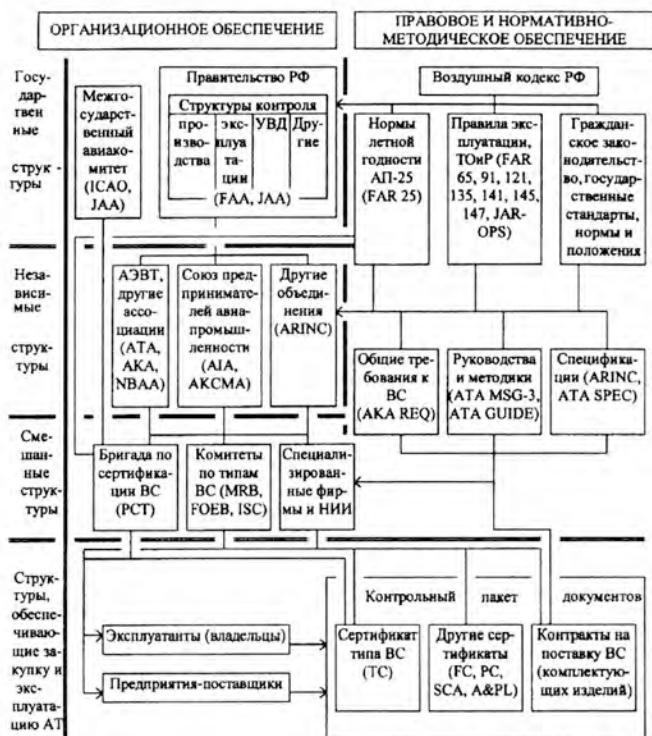


Рис. 9.9. Общая схема нормативного обеспечения создания и эксплуатации воздушных судов гражданской авиации (в скобках указаны организации и документы из международной практики)

Иерархическая схема нормативных документов по вопросам эксплуатации, ТОиР авиатехники

Организация	Правила полетов	Состав и периодичность ТОиР	Технология и правила ТОиР
ИКАО	DOC. 9388	DOC. 9389, 9642, 9760	Приложения 6 и 8 к Конвенции о ГА
ГСГА Минтранса РФ (с возможным участием МАК)	ФАП—ЭКС (на основе JAR—OPS и FAR-121, 91)	ФАП—ЭКС, ФАП—145	ФАП—ЭКС, ФАП—145
ГСГА РФ	НПП ГА (может входить в состав ФАП—ЭКС)	Руководство по летной годности (РЛГ ГА)	НТЭРАТ ГА (может входить в состав РЛГ ГА)
Авиакомпания	Инструктивный материал по подготовке Руководства эксплуатанта по регулированию ТОиР (типовое Руководство)		
	Руководство по производству полетов	Руководство по регулированию ТОиР (включая адаптированную программу ТОиР)	Адаптированное РЭ (может быть в составе Руководства по регулированию ТОиР)
Поставщик ВС (ОКБ и завод)	ГОСТ 24867, Руководство по летной эксплуатации (РЛЭ)	ГОСТ 28056, Программа ТОиР	ГОСТ 18675, Руководство по технической эксплуатации (РЭ)

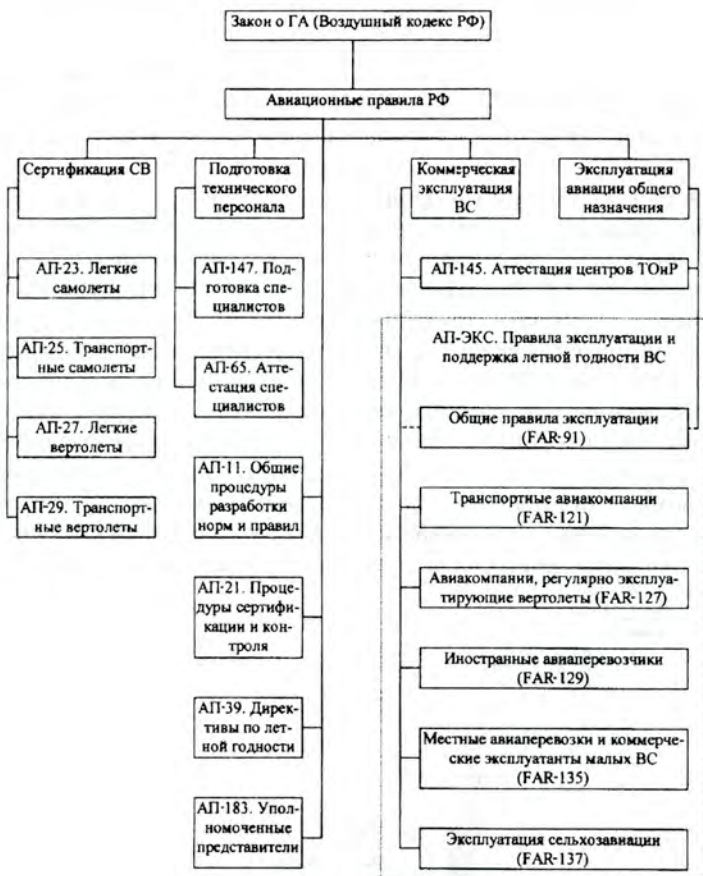


Рис. 9.10. Возможная структура основных АП в сфере создания и эксплуатации ВС

Примечание. Названия частей АП даны сокращенно в интересах обобщенного представления их структуры.

9.3. ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ САМОЛЕТОВ

Техническая эксплуатация самолетов ГА, как показано ранее, сопровождается значительным объемом работ, выполняемых НИИ и предприятиями отрасли и направленных на повышение уровня эксплуатационно-технических характеристик самолетов, совершенствование методов и организации их ТОиР. Внедрение таких работ приводит к улучшению показателей эффективности систем технического обслуживания и ремонта изделий авиационной техники. На рис.9.11, показано изменение по годам эксплуатации величины удельной трудоемкости ТОиР основного парка отечественных самолетов ГА, свидетельствующее о том, что за период с 1975 г. по 1985 г. т.е. за десять лет, этот показатель улучшился примерно в два раза. Повышается уровень исправности парка и сокращаются простои самолетов на техническом обслуживании и ремонте.

Очевидным направлением дальнейшего улучшения технико-экономических показателей эксплуатации отечественных самолетов ГА является увеличение их годового налета. Как следует из данных, приведенных на рис. 9.12, простой самолетов в исправном

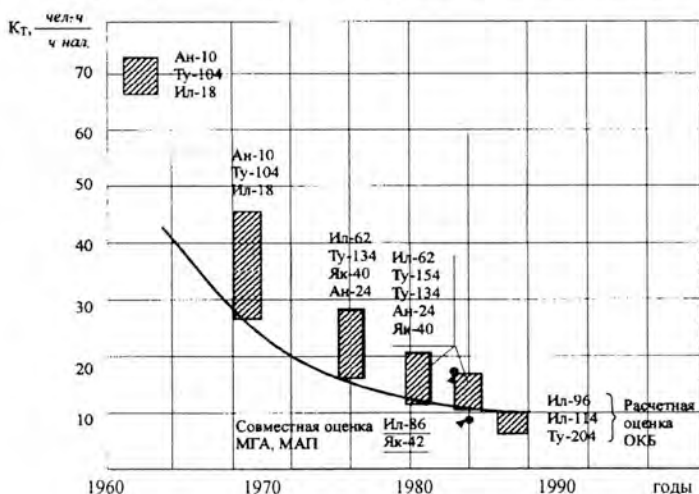


Рис. 9.11. Изменение удельной трудоемкости ТОиР отечественных типов самолетов ГА по времени (по данным МГА)

состоянии составляет по парку основных типов ~ 40 % годового фонда времени и около 15 % составляют простои в неисправном состоянии из-за отсутствия запасных частей, что в сумме превышает половину годового фонда времени (~ 55 %).

В частности, велики междурейсовые простои в ожидании вылета (сверх продолжительности транзитного ТО). В среднем они равны (см. рис. 9.12) ~ 12 % годового фонда времени. Их сокращению может способствовать широкое применение минимальных перерывной оборудования для вылета с допустимыми отказами.

Сокращение этих видов ТО и простоя самолетов в исправном состоянии на 15 % (до уровня ~ 40 %, что примерно соответствует зарубежному уровню) позволит увеличить средний годовой налет парка примерно до 2200—2300 ч. Дальнейшее увеличение годового налета может быть осуществлено путем сокращения простоев на ТОиР, которые составляют (см. рис. 9.11) в среднем 25 % годового фонда времени. Снижение простоев на ТОиР возможно путем улучшения организации и сокращения регламентов, прежде всего, оперативного ТО, в том числе — продолжительности транзитного обслуживания.

Продолжительность транзитного ТО может быть сокращена, в частности, за счет совмещения посадки — высадки пассажиров и заправки самолета топливом, как это практикуется в зарубежных авиакомпаниях (см. рис. 4.1 — 4.4).

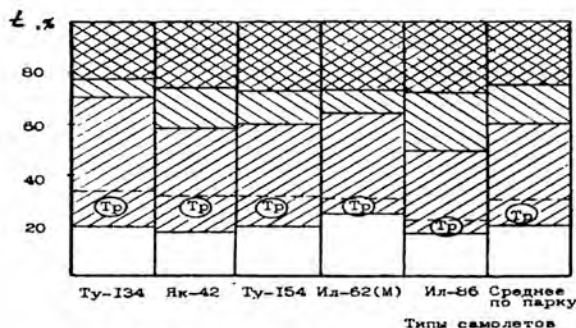
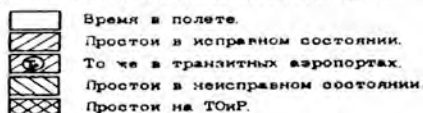


Рис. 9.12. Распределение календарного годового фонда времени по состоянию самолетов ГА в 1987 г.:



Одной из первоочередных из числа организационно-технических и методических задач, решение которых является существенным резервом совершенствования вновь создаваемых или модифицируемых систем ТОиР отечественных пассажирских самолетов, можно назвать создание единой системы оценки и анализа характеристик эксплуатационной технологичности, в основе которой должна быть заложена методология двухуровневой оценки показателей ТОиР самолета.

Такая система должна обеспечивать, с одной стороны, объективную оценку эксплуатационной технологичности самолета (1-й уровень), а с другой, — учет полных затрат эксплуатирующих организаций, связанных с выполнением ТОиР (2-й уровень).

При разработке системы информационного обеспечения необходимо, в частности, предусмотреть совместное с эксплуатантами отслеживание характеристик систем ТОиР при эксплуатации самолетов путем проведения периодических совместных оценок систем ТОиР в базовых АТБ.

Среди других основных задач, требующих для своего решения проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, необходимо отметить следующие:

- совершенствование методов и средств обеспечения эксплуатационной технологичности при создании самолетов: доступности, легкосъемности, эргономичности (в т.ч. обеспечения рациональных компоновочных решений), предусматривающих, в частности, учет характеристик систем ТОиР в системе автоматизированного проектирования (САПР) самолета и других CALS — технологиях;

- дальнейшее совершенствование на основе отработанного методического обеспечения программ ТОиР самолетов и регламентов их ТО, направленное на исключение неэффективных работ по ТОиР, увеличение периодичности их выполнения с целью снижения трудоемкости и продолжительности ТОиР;

- разработка методов формирования оптимальных перечней средств ТОиР на основе оценки их эффективности в составе комплекса средств для АТБ и (или) парка самолетов;

- разработка и реализация в рамках САПР методов формирования рациональной системы ТОиР создаваемого самолета на основе комплексной взаимосвязи всех ее составляющих (объекта ТОиР, средств, исполнителей и программ ТОиР) с учетом выполнения требований к безопасности и регулярности полетов;

разработка и совершенствование методов оценки характеристик систем ТОиР при создании и испытаниях самолетов, в т.ч. оценки эффективности регламентов ТО;

совершенствование материально-технического обеспечения эксплуатации самолетов, включая обоснование гарантийных обязательств и фондов запасных частей.

Особо следует рассмотреть положение дел с разработкой и внедрением методов эксплуатации по состоянию, что является одним из радикальных путей совершенствования технической эксплуатации самолетов. Целью внедрения методов эксплуатации по состоянию (ТЭС) является существенное снижение затрат (прежде всего, стоимостных) на ТОиР авиатехники, что достигается значительно более полным использованием «запасов» работоспособности каждого изделия, так как при ТЭС оно восстанавливается при достижении предельного состояния, определяемого отказом и предостказным состоянием. При этом, безусловно, обеспечивается выполнение требований по безопасности и регулярности полетов.

Преимущества концепции технической эксплуатации по состоянию были быстро оценены и реализованы зарубежными авиакомпаниями и самолетостроительными фирмами.

В нашей стране первые работы, связанные с изучением проблемы внедрения методов ТЭС начали проводиться с конца 60-х годов, в которых рассматривались эти методы и их применение на зарубежных самолетах гражданской авиации, исследовались теоретические и практические вопросы, связанные с разработкой и внедрением этих методов в отечественной гражданской авиации.

В 1963 году было разработано «Положение о замене по техническому состоянию комплектующих изделий самолетов гражданской авиации».

Исследования по разработке методов ТЭС отечественных самолетов ГА и их систем были начаты на предприятиях промышленности в 1976 году и проводились далее в соответствии с Координационными планами совместных работ предприятий и организаций ГА и промышленности (1976—1980 гг., 1980—1985 гг.). В соответствии с этими планами были разработаны и внедрены необходимые методические и организационно-технические документы, регламентирующие порядок и устанавливающие методологию разработки и внедрения ТЭС гражданской авиационной техники (новая редакция «Положения о порядке разработки и внедрения эксплуатации по состоянию самолетов гражданской авиации», 1980 г., «Общие требования к программе технического

обслуживания и ремонта самолетов гражданской авиации», 1985 г., «Методические указания по назначению методов эксплуатации по состоянию элементов функциональных систем самолетов ГА», 1977 г., частные методики ОКБ им. С. В. Ильюшина и ОКБ им. О. К. Антонова применительно к самолетам Ил-86, Ан-28, Ан-74 и др.). Помимо указанных документов разработаны и внедрены методические документы для назначения методов эксплуатации по состоянию авиационных газотурбинных двигателей, изделий радиоэлектронного оборудования, авиационного электрооборудования, систем кондиционирования воздуха и ряда других систем.

В 1980—1981 гг. была завершена разработка усовершенствованных регламентов технического обслуживания самолетов Ту-134 и Ту-154, обеспечивающих возможность реализации эксплуатации по состоянию комплектующих изделий и систем бортового оборудования этих самолетов (табл.9.3). Подобный регламент к началу эксплуатации был разработан и для самолета Ил-86.

Таблица 9.3

Распределение изделий самолета Ту-154 по методам технической эксплуатации

Функциональная группа оборудования	Кол-во изделий в системе	Метод технической эксплуатации			
		ТЭР		ТЭС (ТЭП, ТЭО)	
		кол-во	%	кол-во	%
Пилотажно-навигационное оборудование	37	8	21,6	29	78,4
Радиоэлектронное оборудование	61	12	19,7	49	80,3
Электрооборудование	468	9	1,9	459	98,1
Система жизнеобеспечения	199	10	5,0	189	95,0
Итого по системам	765	39	5,1	726	94,9

Однако в целом в силу ряда объективных и субъективных причин практическая реализация методов эксплуатации по состоянию отечественных гражданских самолетов продвигалась крайне медленно.

Это объясняется, в частности, тем, что в условиях плановой деятельности авиапредприятий и централизованного их обеспечения материальными ресурсами, в том числе и запчастями, нет заинтересованности в повышении эффективности технической эксплуатации самолетов.

При переходе к рынку положение изменилось в корне. Любая замена КИ производится за счет авиапредприятия, поэтому методы эксплуатации по состоянию стали применяться более широко.

Так, например, комплекс работ по переводу на эксплуатацию до безопасного отказа КИ самолета Як-42, выполненный в 1995—1998 гг. на основе положений и документов, приведенных в разд. 9.2 настоящего издания, позволил перевести на ТЭС 560 типов КИ, что составляет около 80 % их номенклатуры и соответствует уровню зарубежных типов самолетов.

Аналогичные работы ОКБ им. С. В. Ильюшина и опыт чехословацкой авиакомпании ČSA показывают, что самолеты Ил-62, создававшиеся для ресурсной эксплуатации, могут успешно эксплуатироваться с применением новых методов обслуживания без капитальных ремонтов в заводских условиях, взамен которых при участии ОКБ им. С. В. Ильюшина авиакомпанией ČSA введены ремонтные формы, выполняемые в АТБ этой авиакомпании, что позволило практически вдвое сократить простой этого самолета при ремонте (рис. 9.13).

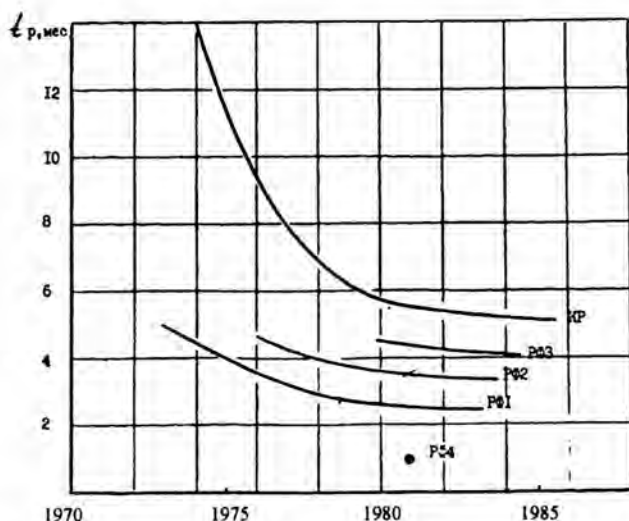


Рис. 9.13. Изменение средней продолжительности капитального ремонта (КР) на АРЗ и ремонтных форм (РФ) в АТБ авиакомпании ČSA самолета Ил-62 по годам эксплуатации

Самолеты следующего поколения — Ил-86 и Як-42 эксплуатируются уже без капитальных ремонтов, с выполнением контрольно-восстановительных работ (типа формы Д за рубежом) через 10 000 ч с индивидуальным увеличением их периодичности до 15 000 ч. Для всех перспективных типов самолетов (Ту-204, Ил-96-300, Ту-334, Ан-70 и др.) система ТОиР формируется на основе программы ТОиР без капитальных ремонтов с нормированными ЭТХ согласно ОТТ ЭТХ ВС ГА-90.

Опыт эксплуатации самолетов Ту-134 с использованием усовершенствованного регламента, сформированного применительно к новым методам эксплуатации (табл.9.4), а также планы ТОиР, разработанные для функциональных систем самолетов Ил-86, Ан-28, Ан-72(74), а также новых типов самолетов Ил-96-300 и Ил-114 свидетельствуют о возможности эксплуатации по состоянию большинства элементов систем этих самолетов при существенном сокращении в этом случае трудозатрат и стоимостных затрат на ТОиР.

Таблица 9.4

Сравнительные данные о трудоемкости регламентных работ самолета Ту-134 по результатам подконтрольной эксплуатации с использованием исходного и усовершенствованного регламента ТО в Бориспольском ОАО (Украинское управление ГА) в 1981 г.

Форма регла- ментных работ	Периодичность формы τ		Трудоемкость работ по формам, выполняемых				Суммарная трудоемкость форм, чел.-ч	
			на самолете, чел.-ч		в лаборато- рий, чел.-ч			
	Регламент исходный	Регламент усовершенст- вованный	(PO) _{исх.}	(PO) _{ус.}	(PO) _{исх.}	(PO) _{ус.}	(PO) _{исх.}	(PO) _{ус.}
Ф1	300	330	85,0	84,7	91,5	39,1	176,5	123,8
Ф2	900	1000	177,3	123,4	277,6	71,2	454,9	194,6
Ф3	1800	2000	274,4	198,8	360,2	176,0	634,6	374,8
Суммарная трудоемкость работ за межремонтный ресурс 6000 ч, чел.-ч			2460,1	1784,2	3102,9	1034,8	5563	2819
Удельная трудоемкость ремонтных работ, чел.-ч/ч налета			0,410	0,297	0,517	0,173	0,927	0,470
Относительное снижение трудоем- кости, (PO) _{ус.} /(PO) _{исх.}			0,725		0,335		0,507	

При переводе на эксплуатацию по состоянию большинства агрегатов самолетов с разработкой рациональных перечней контрольно-восстановительных работ, которые могут выполняться в объеме, определяемом налетом на агрегатах, эксплуатируемых по ресурсу, и силовой конструкции планера трудоемкость и стоимость ремонтных форм может быть снижена в 2—2,5 раза, что кардинальным образом улучшит технико-экономические показатели эксплуатации отечественных гражданских самолетов (рис. 9.14).

В целях повышения технико-экономических показателей эксплуатации и внедрения эксплуатации по техническому состоянию самолетов Ил-96-300, Ил-114, Ту-204 и других вновь создаваемых и эксплуатируемых типов самолетов и вертолетов реализуются следующие предложения:

- генеральным (главным) конструкторам самолетов предоставляется право изменять, а при необходимости и отменять межремонтные и назначенные ресурсы комплектующих изделий (за исключением авиадвигателей) в соответствии с предусмотренными для них программами ТОиР методами эксплуатации без обязательного согласования с разработчиками этих изделий;

- при разработке программ ТОиР самолетов и вертолетов, переводимых на ТЭС или создаваемых для эксплуатации по состоянию, предусматривается отмена межремонтных ресурсов с заменой заводских ремонтов, основанных на технологии капитальных ремонтов, дополнительной формой регламентных работ большой периодичности (контрольно-восстановительные работы);

- на ОКБ генеральных (главных) конструкторов самолетов возлагается отработка перечней КВР одновременно с формированием регламента ТО (программы ТОиР).

В целях совершенствования процедур обращения к эксплуатационной и ремонтной документации, ее хранения и корректировки целесообразно отработать технологии ее создания и использования на основе безбумажной технологии.

Проведение указанных работ в комплексе по направлениям вполне может обеспечить эффективность технической эксплуатации отечественных типов самолетов, как вновь создаваемых, так и длительное время находящихся в эксплуатации, на уровне их зарубежных аналогов.

$t_{mp,r}$

$K_T \times 10^{-1}, \frac{\text{чел.ч}}{\text{ч нал.}}$

$K_{T.P.} \times 10^{-1}, \frac{\text{чел.ч}}{\text{ч нал.}}$

$T_P \times 10^{-5}, \text{чел.ч}$

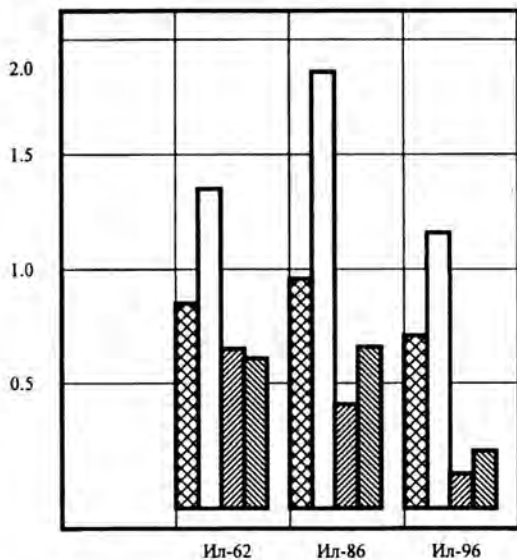


Рис. 9.14. Основные показатели ТОиР самолетов Ил-62, Ил-86 и Ил-96:

-  – продолжительность t_{mp} транзитного ТО.
-  – удельная суммарная трудоемкость K_T ТОиР.
-  – удельная трудоемкость $K_{T.P.}$ ремонтной формы.
-  – трудоемкость T_P ремонтной формы.

ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Аб	— послеполетная форма оперативного ТО
АД	— авиационный двигатель
АП	— авиационная промышленность
АРЗ	— авиаремонтный завод
Ат	— транзитная форма оперативного ТО
АТБ	— авиационно-техническая база
Б	— форма базового ТО
ВПП	— взлетно-посадочная полоса
ВС	— вспомогательные работы по встрече самолета
ГА	— гражданская авиация
ГСМ	— горюче-смазочные материалы
ГТД	— газотурбинный двигатель
ИАС	— инженерно-авиационная служба
КИ	— комплектующее изделие
КПН	— конструктивно-производственный недостаток
КР	— капитальный ремонт
ЛТХ	— летно-технические характеристики
МАП	— Министерство авиационной промышленности
МГА	— Министерство гражданской авиации
НТП	— нормы технических параметров
ОАО	— объединенный авиационный отряд
ОВ	— вспомогательные работы по обеспечению вылета самолета
ОКБ	— опытно-конструкторское бюро
ОС	— вспомогательные работы по обеспечению стоянки самолета
ПАНХ	— применение авиации в народном хозяйстве
ПД	— поршневой двигатель
ПО	— производственное объединение
ПС	— вспомогательные работы после ночной стоянки в начале летного дня

ПЭР	— прямые эксплуатационные расходы
РО	— регламент технического обслуживания
РПО ГА	— региональное ПО ГА
РР	— регламентные работы
РТ	— ремонтная технологичность
РЭО	— радиоэлектронное оборудование
СВП	— самолетно-вертолетный парк
ТГ	— технологический график
ТКБ	— технолого-конструкторское бюро
ТОиР	— техническое обслуживание и ремонт
ТУ	— технические условия
ТЭО	— техническая эксплуатация до отказа
ТЭП	— техническая эксплуатация до предотказного состояния
ТЭР	— техническая эксплуатация по ресурсу
ТЭС	— техническая эксплуатация по состоянию
УГА	— территориальное управление ГА
ЦНОТ	— Центр научной организации труда
ЭТ	— эксплуатационная технологичность
ЭТД	— эксплуатационная и техническая документация
ЭТХ	— эксплуатационно-технические характеристики
$t_{\text{зап}}$	— время заправки самолета топливом, мин
t_p	— доля времени в рейсе в годовом фонде времени
$t_{\text{пр}}$	— доля междурейсовых простоев в транзитных аэропортах в годовом фонде времени
$t_{\text{пр.л}} \text{ и } (t_{\text{пр.ч}})$	— междурейсовый простой в транзитном аэропорту на один вылет (на один час налета)
$t_{\text{пр}}$	— продолжительность транзитного ТО, ч
$t_{\text{пр}}^{\text{сум}}, (t_{\text{пр}}^{\text{сум}})$	— суммарная (относительная) продолжительность транзитного ТО, ч
τ	— время пребывания самолета в полете, ч
$\tau_{\text{год}}$	— средний годовой налет самолета, ч
$\bar{\tau}_{\text{год}}$	— относительная величина среднего годового налета
τ_n	— продолжительность полета
τ_4	— периодичность выполнения еженедельного или базового ТО, ч налета

$\tau_{\text{сум}}$	— суммарный налет, ч
$\tau_{\text{сут}}$	— средний суточный налет, ч
τ_r	— относительный налет по r-ому варианту
$\tau_{\text{pp.ч}}$	— периодичность формы регламентных работ, ч
$Q_{\text{зап}}$	— величина подачи топлива при заправке, л/мин
Φ_i	— номер формы периодического ТО
$K_{\text{с.ТО}}$	— средняя удельная суммарная стоимость ТО, руб./ч налета
K_T	— средняя удельная трудоемкость (индексы: ТО — технического обслуживания в целом; ОП — оперативного ТО; РР — периодического ТО (регламентных работ); В — восстановления; Р — ремонта), чел.-ч/ч налета
$K_{T,y}$	— удельная трудоемкость уборки салонов, чел.-ч/ч налета
m_o	— взлетная масса самолета, т
$m_{\text{пос}}$	— число посадок на один парный рейс
$N_{\text{исп}}$	— число исполнителей работ по ТОиР
$N_{\text{баз}(i,j)}$	— число выполнений базового, форм оперативного и периодического ТО
$n_{\text{пол}}$	— число полетов
$n_{\text{пос}}$	— число посадок
$n_{\text{тр}}$	— число выполнений транзитного ТО
T	— трудоемкость работы, формы ТО, чел.-ч
$T_1...T_4$	— трудоемкость предполетного (1), транзитного (2), послеполетного (3) и еженедельного или базового (4) ТО, чел.-ч
T_i	— трудоемкость i-й формы оперативного ТО, чел.-ч
T_j	— трудоемкость j-й формы регламентных работ, чел.-ч
$T_{\text{и}}$	— трудоемкость поиска и устранения i-го отказа, чел.-ч
$T_{\text{р.н}}$	— назначенный ресурс, ч

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 28056-89. Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику. Построение, содержание и оформление программы технического обслуживания и ремонта самолета. М.: Изд-во стандартов, 1989.
2. *Деркач О. Я.* Формирование систем технического обслуживания самолетов при их создании. — М.: Машиностроение, 1993.
3. *Деркач О. Я., Петров А. Н.* Еще раз о технико-экономической эффективности эксплуатации воздушных судов и влиянии на нее среднего годового налета. — «Проблемы безопасности полетов», апрель 1999, вып. 4.
4. *Деркач О. Я.* Какой ресурс нужен коммерческому самолету? — «Авиаглобус», 2001, № 8.
5. Методы определения эксплуатационно-технических характеристик самолета и вертолета. *Бочаров В. И., Деркач О. Я., Буслаев О. Б., Полтавец В. А., Шичко Л. Л.* — М.: Машиностроение, 1991.
6. Методика определения характеристик эксплуатационной технологичности самолетов и вертолетов гражданской авиации. ЛИИ, 1988.
7. Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР (НПП ГА—85). М.: Воздушный транспорт, 1985.
8. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации (НТЭРАТ ГА — 93). М.: Воздушный транспорт, 1994.
9. Общие технические требования к эксплуатационно-техническим характеристикам самолетов и вертолетов гражданской авиации. МАП — МГА, 1990.
10. ОСТ 5430054-88 «Система ТОиР АТ. Регламент технического обслуживания самолета (вертолета)». ЦНТИ ГА, М, 1988.
11. Инструкция 54-003-029-89. «Система ТОиР АТ. Термины и определения». ЦНТИ ГА, М, 1990.
12. *Далецкий С. В.* «Оптимизация режимов технического обслуживания и ремонта самолетов местных воздушных линий». ЦНТИ ГА, М, 2000.

13. *Далецкий С. В.* «Проблемы формирования системы ТОиР воздушных судов гражданской авиации». МАИ, М, 2001.

14. *Далецкий С. В.* «Проектирование системы ТОиР воздушных судов гражданской авиации». МАИ, М, 2001.

15. *Смирнов Н. Н., Ицкович А. А.* «Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию». М.: Транспорт, 1987.

16. *Петров А. Н., Томич В. К.* Исследование и разработка определения рациональной периодичности технического обслуживания функциональных систем летательных аппаратов. — Труды ЛИИ № 524, 1987.

17. *Петров А. Н., Карпенко В. А.* Опыт разработки и сертификации программы технического обслуживания и ремонта самолета Ил-96-300. — «Техника воздушного флота», том LXVIII, 1994, № 3(608).

18. *Петров А. Н.* Поддержание летной годности воздушных судов — что впереди? — Еженедельник «Воздушный транспорт», март 1999, № 11-13.

19. *Петров А. Н.* Пути совершенствования эксплуатационной документации отечественных воздушных судов с учетом требований ИКАО и международных стандартов. — «Инженерно-авиационный вестник», 2000, № 7(37).

20. *Петров А. Н.* Воздушное законодательство и стандарты ИКАО. — «Авиаглобус», 2000, № 6.

21. Принципы и правила назначения методов технической эксплуатации и видов работ по техническому обслуживанию и ремонту элементов функциональных систем летательного аппарата. / *В. М. Бакаев, О. Я. Деркач, И. О. Крылык, А. Н. Петров, А. Н. Сорокин.* — Труды ЛИИ № 527, 1987.

22. Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации. Эксплуатация воздушных судов. Части I, II, III. ИКАО, 1998.

23. Приложение 8 к Конвенции о международной гражданской авиации. Летная годности воздушных судов. ИКАО, 1988.

24. Руководство по сохранению летной годности. Doc. 9642, ИКАО, 1995.

25. Руководство для конструкторов и эксплуатантов по разработке и сертификации программы технического обслуживания и ремонта функциональных систем воздушных судов (РДК-Э). ЛИИ, ГосНИИ ГА, 1993.

26. Статистический ежегодник ИКАО. Статистика гражданской авиации мира. 1996. Международная организация гражданской авиации. Двадцать второе ежегодное издание. Doc. 9180, декабрь 1998.

27. ATA MSG-3: Operator/Manufacturer Scheduled Maintenance Development (Revision 2001.1), ATA, 2001.

28. ATA World Airlines and Suppliers Guide, ATA, January 1994.

29. *Bradbury S. J.* MSG-3 as Viewed by the Manufacturer (Was it Effective?), — SAE Technical Paper Series #841482, 1984.

30. Code of Federal Regulations. Chapter 14: Federal Aviation Regulations, vol. I, III...IX, GPO USA, 2000.

31. *Edwards T. M., Wilson R. G.* Maintenance Program Analysis for Aircraft Structures of the 80's: MSG-3. — SAE Technical Paper Series, 1980, N 801214.

32. Joint Aviation Requirements-Operations. Part 1, 3. JAA, 1998.

33. *Nowlan F. S., Heap H.F.* Reliability-Centered Maintenance, 1978.

34. Requirements for Future Advanced Short/Medium Range Aircraft, AEA, 1983.

35. Statistical Summary of Commercial Jet Airplane Accidents Worldwide Operations: 1959—1999, Boeing, 2000.

36. *Susova G. M., Petrov A. N.* Markov Model-Based Reliability and Safety Evaluation for Aircraft Maintenance-System Optimization. IEEE Proceedings of the Annual Reliability & Maintainability Symposium, 1997, p.p.29—36.

37. World Airlines Technical Operations Glossary (WATOG), 10th Edition, ATA, IATA, ICCAIA, 1983.

38. Glenister R. Systems and Procedures for Ensuring Safety. — Engineering Quality, BA Engineering Publication, April, 1994.

39. Руководство по организации работ в области летной годности. Doc. 9389-AN/919, ИКАО, 1993.

40. BA Local Procedures Manual. CHECK CYCLE ESCALATIONS. LPD84-014, Issue 2, November 1995.

41. Maintenance Program Report. No: 550 — Petrolair 'A' Check Escalation, 1994.

42. A. N. Petrov, V. A. Karpenko. **Experience of Development and Certification of the IL-96-300 Maintenance Program.** Proceedings of the Aircraft Flight Safety International Conference, 1993, p.p. 676—681.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	3
1. ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ТОиР САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	6
2. ПАРАМЕТРЫ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ	32
2.1. Ресурсы и сроки службы изделий авиационной техники....	32
2.2. Параметры и интенсивность эксплуатации самолетов.....	50
3. ИСПРАВНОСТЬ ПАРКА И РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ГОДОВОГО ФОНДА ВРЕМЕНИ ПО СОСТОЯНИЯМ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ	55
4. ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ.....	70
4.1. Условия оценки характеристик и структура технического обслуживания самолетов	70
4.2. Характеристики транзитного технического обслуживания и междурейсовые простои	77
4.2.1. Характеристики транзитного ТО	77
4.2.2. Междурейсовые простои	88
4.3. Удельная трудоемкость технического обслуживания	89
5. ХАРАКТЕРИСТИКИ ЗАВОДСКОГО РЕМОНТА САМОЛЕТОВ	100
5.1. Трудоемкость и продолжительность ремонта	102
5.2. Стоимость ремонта	114
5.3. Принципы организации и объемы ремонтных форм при эксплуатации по техническому состоянию	115
6. СЕБЕСТОИМОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ	120
7. НЕДОСТАТКИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАК ПРИЧИНЫ ОТКАЗОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ САМОЛЕТОВ	126
8. ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЗАРУБЕЖНЫХ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	144
9. НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	169
9.1. Общие принципы формирования и совершенствования программ ТОиР зарубежных самолетов	169

9.2. Общие принципы формирования и совершенствования систем ТОиР отечественных самолетов	182
9.3. Основные направления совершенствования технической эксплуатации отечественных самолетов	198
ПРИНЯТЫЕ СОКРАЩЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ	207
ЛИТЕРАТУРА	210

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Далецкий Станислав Владимирович, 1944 г. р. Окончил Московский авиационный институт (1969), к.т.н., с.н.с. Начальник отдела Государственного научно-исследовательского института гражданской авиации (ГосНИИ ГА), эксперт-аудитор Межгосударственного авиационного комитета (МАК). Почетный авиастроитель, Почетный работник транспорта России. Автор более 100 научных работ. Область научных интересов — проектирование, испытания и эксплуатация воздушных судов гражданской авиации.

Деркач Олег Яковлевич, 1928 г.р. Окончил Московский авиационный институт (1951), к.т.н., с.н.с. Начальник научно-исследовательской лаборатории Летно-исследовательского института им. М. М. Громова (ЛИИ). Автор более 100 научных работ по обеспечению, оценке и совершенствованию характеристик систем ТОиР, эксплуатационной и ремонтной технологичности воздушных судов и стоимости их технической эксплуатации.

Петров Андрей Николаевич, 1957 г. р. Окончил Московский авиационный институт (1980), к.т.н., с.н.с. Начальник научно-исследовательского отделения надежности, безопасности и проблем эксплуатации Летно-исследовательского института им. М. М. Громова (ЛИИ), эксперт-аудитор Межгосударственного авиационного комитета (МАК), член Группы экспертов ИКАО по летной годности (AIRP). Автор более 70 научных публикаций. Активный участник работ по созданию, сертификации и поддержанию летной годности авиатехники в части ее эксплуатационно-технических характеристик.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

**Станислав Владимирович Далецкий
Олег Яковлевич Деркач
Андрей Николаевич Петров**

Редакторы *Котенко Н. И., Ладанова Н. Ю.*
Технический редактор *Азарова М. Ю.*
Корректор *Горбунова А. Н.*

Лицензия ИД № 00674 от 5 января 2000 г.

Подписано в печать 21.01.2002. Формат 60×90/16.
Бумага офсетная. Офсетная печать. Усл. печ. л. 13,5.
Тираж 330 экз. Заказ 8911. Изд. № 477.

Издательство «Воздушный транспорт»
103012, Москва, Старопанский пер., д. 5.

Отпечатано с готового оригинал-макета
в Производственно-издательском комбинате ВИНТИ,
140010, г. Люберцы Московской обл., Октябрьский пр-т, 403.
Тел. 554-21-86

