



С.В. Далецкий

**ФОРМИРОВАНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Российская Академия транспорта
Государственный научно-исследовательский институт
гражданской авиации (ГосНИИ ГА)

С.В. Далецкий

**ФОРМИРОВАНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ
ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

*75-летию ГосНИИ ГА
посвящается*



МОСКВА «ВОЗДУШНЫЙ ТРАНСПОРТ» 2005

Я

е.

ь-
и

в

ля

и
т-

е-
ь-
а-

о-
3

УДК 629.7.017.083.02.004.2

ББК 39.5

Дал 15

Рецензент: профессор, доктор технических наук Чинючин Ю.М.

Дал 15 **Далецкий С.В.**

Формирование эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов гражданской авиации. — М.: Воздушный транспорт, 2005. — 416 с.

В книге рассматриваются вопросы теории и практики формирования, оценки и оптимизации эксплуатационно-технических характеристик (**ЭТХ**) воздушных судов гражданской авиации на всех этапах жизненного цикла ВС: от разработки, изготовления и испытаний до эксплуатации и списания. Даны классификация ЭТХ ВС ГА, их структура и условия формирования в системе технической эксплуатации (**СТЭ**) ВС и рассмотрены теоретические основы и практические методы формирования ЭТХ ВС по составным частям СТЭ, а именно: организация и условие формирования ЭТХ; формирование свойств конструкции ВС; формирование и условия эксплуатации ВС; выбор структуры ТОиР, видов и форм технического обслуживания и ремонта ВС; формирование режимов ТОиР изделий авиационной техники и ВС в целом в этих структурах ТОиР. Рассмотрены основы информационного и материально-технического обеспечения формирования эффективных ЭТХ ВС в процессе эксплуатации. Рассмотрены также некоторые методы формирования ЭТХ ВС у зарубежных разработчиков ВС ГА и их **эксплуатантов**.

Предложенные теоретические методы формирования ЭТХ ВС ГА подтверждены практическими примерами их реализации на основных типах отечественных ВС ГА. Большая часть содержания книги базируется на теоретических и практических работах **автора**, выполненных для отечественных типов ВС ГА при их разработке, испытаниях и эксплуатации.

В книге приведены выдержки из нормативных и методических документов ГА России, разработанных автором, что позволяет использовать материалы книги без **обращения** к указанным документам.

Книга предназначена для авиационных специалистов, занимающихся вопросами проектирования, испытаний и эксплуатации ВС ГА и может быть полезна также преподавателям и студентам авиационных вузов. В книге содержится 72 иллюстрации, 80 **таблиц**, использовано 52 источника литературы.

На обложке представлено воздушное судно гражданской авиации **Як-42**.

Издание осуществлено с авторских оригиналов, представленных на бумажных и магнитных носителях.

При перепечатке ссылка обязательна.

ISBN — 5-88821-062-7

© Издательство «Воздушный транспорт», 2005

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация воздушных судов гражданской авиации (ВС ГА) реализуется последовательной сменой состояний летной и технической эксплуатации ВС по этапам жизненного цикла с начала эксплуатации и до списания каждого экземпляра ВС.

Летная эксплуатация ВС включает использование ВС по назначению, т.е. непосредственно полет, который определяется **летно-техническими** характеристиками (ЛТХ) ВС, а именно: **высота**, скорость и продолжительность **полета**, взлетная и посадочная **масса**, масса коммерческой нагрузки и другие показатели, характеризующие летные качества ВС.

Техническая эксплуатация ВС включает: транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт ВС, которые определяются эксплуатационно-техническими характеристиками (ЭТХ) ВС, устанавливающими способность ВС обеспечивать заданные уровни надежности и готовности ВС к ремонту в реальных условиях эксплуатации с определенными затратами **труда**, времени и средств. ЭТХ ВС представляют собой совокупность показателей, таких как: надежность, эксплуатационная и ремонтная технологичность, интенсивность летной эксплуатации, режимы технического обслуживания и ремонта (**ТОиР**) ВС в целом и другие показатели, характеризующие технические качества ВС.

Летные и эксплуатационно-технические характеристики ВС задаются для разработки ВС, обосновываются на этапах проектирования и изготовления ВС, подтверждаются при испытаниях и реализуются в эксплуатации, поэтому **формирование** ЛТХ и ЭТХ является основой для формирования систем летной и технической эксплуатации ВС на всех этапах его жизненного цикла от разработки и до списания.

Процедуры задания ЛТХ ВС, их обеспечения при проектировании и оценки при испытаниях и в эксплуатации достаточно отработаны и регламентированы руководящей, нормативной, методической и эксплуатационной документацией как отечественной, так и зарубежной разработки.

Задать и обеспечить ЭТХ ВС значительно сложнее, так как их фактическая реализация подтверждается только на этапах эксплуатации ВС в конкретных условиях производственной деятельности авиапредприятий ГА. Следует отметить, что до недавнего времени ЭТХ ВС рассматривались как побочный результат обеспечения летных качеств ВС и, как правило, при разработке ВС не задавались.

Затраты на техническую эксплуатацию каждого экземпляра современных типов ВС, включая доработки, выполнение ТОиР и стоимость запчастей и обо-

рудования за весь срок эксплуатации ВС до списания в **2—3** раза превышают его начальную стоимость. Эффективность процессов технической эксплуатации, выражаемая через ЭТХ ВС, определяет и эффективность эксплуатации в целом как каждого экземпляра ВС, так и всего парка данного типа ВС. Поэтому теория и практика формирования ЭТХ ВС в конечном счете определяет эффективность эксплуатации каждого экземпляра ВС и типа ВС в целом.

Формирование ЭТХ ВС на этапах разработки типа ВС выполняется предприятиями промышленности, а на этапах эксплуатации — предприятиями ГА, при этом различие в методологической базе не позволяет выполнять комплексное формирование ЭТХ ВС во взаимосвязи технических, информационных и организационных составляющих процесса технической эксплуатации на всех этапах жизненного цикла ВС.

Исследования, выполненные в **ГосНИИ ГА**, **ЛИИ им. М.М.Громова**, **МГТУ ГА**, **ЦАГИ**, **ГосНИИ «Аэронавигация»**, **ОКБ-разработчиках** ВС показали **целесообразность** программно-целевого формирования ЭТХ типа ВС в последовательности этапов его разработки, испытаний и эксплуатации с учетом действующих норм и положений отрасли ГА и организационных структур авиапредприятий.

Отсутствие методологии комплексного и адаптивного к условиям эксплуатации ВС формирования ЭТХ ВС по этапам жизненного цикла приводит к неоправданному увеличению сроков формирования эффективных ЭТХ ВС на этапах освоения эксплуатации типа ВС и их корректировке на протяжении всего срока эксплуатации типа ВС до списания, при этом внесение изменений в конструкцию и эксплуатационную документацию находящихся в эксплуатации экземпляров ВС с целью их адаптации к реальным условиям эксплуатации и производственной деятельности авиапредприятий вызывает большие организационно-технические затруднения и значительные дополнительные материальные затраты на обеспечение технической эксплуатации.

В течение последних лет в ГА России с участием автора проведен ряд исследований по разработке систем технической эксплуатации типов ВС: **Ту-204**, **Ту-334**, **Бе-200**, **Як-42** и других - на основе их программы ТОиР с последующей адаптацией полученных результатов к реальным условиям эксплуатации конкретных экземпляров ВС и производственной деятельности авиапредприятий. Внедрение программ ТОиР для указанных типов ВС обеспечило сокращение удельных затрат труда, времени и средств в системе их технической эксплуатации в **1,5–2** раза по сравнению с удельными затратами по аналогичным типам ВС, находящимся в эксплуатации, что подтверждает эффективность **методологии** комплексного и адаптивного формирования ЭТХ ВС на этапах разработки, испытаний и эксплуатации ВС на основе программ ТОиР.

В процессе формирования эффективных ЭТХ для различных типов ВС и реализации полученных результатов в практике их технической эксплуатации в предприятиях ГА определилась необходимость решения следующего комплекса взаимосвязанных задач по:

- формированию основных положений программы ТОиР типа ВС;
- нормированию и оценке ЭТХ ВС на этапах его жизненного цикла;

формированию характеристик форм и видов ТОиР и режимов ТОиР изделий авиационной техники в зависимости от условий эксплуатации ВС;

выбору методов и схем информационного обеспечения процессов эксплуатации ВС как ограничений и условий функционирования системы технической эксплуатации (СТЭ) типа ВС в целом.

Решению указанных задач формирования ЭТХ ВС по результатам теоретических исследований и практического опыта разработки испытаний и эксплуатации различных типов ВС ГА и посвящается данная книга.

Содержание книги базируется на результатах исследований и публикациях автора и изложено с единых методологических позиций по всем указанным направлениям, включая теорию, практику и примеры реализации рассмотренных проблем формирования ЭТХ ВС ГА. Приведенные в книге выдержки из нормативных документов отрасли ГА России, разработанных под руководством и при участии **автора**, обеспечивают непосредственное начальное применение положений этих документов без обращения к цитируемым источникам. **Для** иллюстрации некоторых теоретических положений отдельных разделов в данной книге приведены статистические материалы и другие данные из НИР и прикладных работ, не являющихся предметом авторского права.

1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

1.1. КЛАССИФИКАЦИЯ И АНАЛИЗ ЭТХ ВС

Техническая эксплуатация ВС является процессом, характеризующимся **последовательной** сменой технических и организационных состояний ВС после его использования по назначению и до повторного применения. Технические состояния ВС связаны с объективными закономерностями изменения технических качеств ВС как объекта эксплуатации. Организационные состояния ВС определяют субъективный процесс организации и планирования использования ВС по назначению.

Согласно определению ГОСТ 25866 техническая эксплуатация - это «...**часть** эксплуатации, включающая транспортировку, хранение, техническое обслуживание и ремонт изделия».

С другой стороны, ГОСТ 18322 введено понятие «система технического обслуживания и ремонта — система **ТОиР**», которое определяется как «совокупность взаимосвязанных средств, документации технического обслуживания и ремонта и исполнителей, необходимых для поддержания качеств изделий, входящих в эту систему».

Чтобы поддерживать эксплуатационные качества ВС в процессе эксплуатации системой **ТОиР**, ВС должно обладать некоторыми конструктивно-технологическими характеристиками, определяющими его техническое совершенство в части приспособленности к контролю, поддержанию и восстановлению эксплуатационных качеств на протяжении всего срока эксплуатации ВС от начала и до списания. Эксплуатационные качества ВС принято описывать эксплуатационно-техническими характеристиками (ЭТХ), которые можно определить как «комплекс количественных и качественных показателей, характеризующих техническое совершенство конструкции ВС и его эксплуатационной документации к сохранению, поддержанию и восстановлению эксплуатационных качеств ВС в процессе его технической эксплуатации».

Следовательно, ЭТХ ВС реализуются при последовательной смене технических и организационных состояний ВС и характеризуют эффективность процессов в технической эксплуатации ВС. Поскольку процесс организации и планирования использования ВС по назначению является субъективным для каждого авиапредприятия, должны быть заданы некоторые условия реализации этого

процесса для оценки ЭТХ в ходе эксплуатации ВС. Соответственно и формирование показателей ЭТХ ВС на этапах разработки и испытаний также должно производиться при некоторых заданных условиях и процедурах технической эксплуатации ВС. Поэтому формирование и оценку ЭТХ ВС необходимо **производить** в системе технической эксплуатации (СТЭ) ВС, представляющей «...**совокупность** изделий, средств эксплуатации, исполнителей и устанавливающей правила их взаимодействия документации и процессов, необходимых и достаточных для выполнения задач эксплуатации». Система ТЭ отличается от системы ТОиР включением в СТЭ процессов технической эксплуатации.

Итак, в процессе летной эксплуатации ВС реализуются его **летно-технические** характеристики (ЛТХ) при выполнении полетов, а эксплуатационно-технические характеристики (ЭТХ) ВС реализуются в процессах технической эксплуатации ВС в системе его технической эксплуатации.

Элементы системы ТЭ должны быть взаимосвязаны таким образом, чтобы осуществлялись ее функционирование при минимальных затратах труда, времени и средств на подготовку ВС к полетам, сохранность между полетами и поддержание требуемых технических характеристик ВС, необходимых для обеспечения безопасности полетов и поддержания летной годности.

Эффективность системы ТЭ характеризуется рядом показателей и все из них в той или иной степени связаны с затратами **труда**, времени и средств на обеспечение и сохранение эксплуатационных качеств ВС.

Для обеспечения высокой эффективности системы ТЭ и в целом высокого уровня ЭТХ создаваемого типа ВС соответствующие работы должны выполняться с ранних этапов проектирования, что, к сожалению, в отечественной практике далеко не всегда имело место. Недостаточное внимание отечественных самолетостроителей к проблемам обеспечения технической эксплуатации нового типа ВС приводило, зачастую, к появлению множества **конструктивных, компоновочных и схемных** недостатков создаваемого типа ВС, снижавших уровень ЭТХ ВС, повышению **трудоемкости** ТОиР и снижению эффективности эксплуатации ВС в целом.

Только к концу 70-х — началу 80-х годов создатели авиационной техники по-настоящему повернулись лицом к проблемам обеспечения необходимого уровня ЭТХ в системе ТЭ ВС. Стали формироваться соответствующие разделы Технических заданий и Программы обеспечения ЭТХ ВС, более объемно и квалифицированно отрабатываться разделы «Система ТОиР» в Технических предложениях и Эскизных проектах ВС.

Позднее, для вновь создаваемых типов ВС стали разрабатывать Программы ТОиР, отражавшие переход на качественно новый уровень проектирования и формирования систем ТЭ с учетом реализации принципов эксплуатации по состоянию. В процессе испытаний опытного ВС было методически обеспечено и реализовано на практике определение количественных характеристик систем ТЭ, дополненное развернутой качественной оценкой уровня ЭТХ, эксплуатационной (ЭТ) и ремонтной (РТ) технологичности конструкции ВС и его составных частей, а также характеристик средств ТОиР.

Известно, что создание ВС 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 полученных результатов. В связи с этим процесс формирования системы ТЭ ВС так же, как и процесс создания ВС в целом, является не только оптимизационным, но и итерационным процессом, требующим постоянного анализа и сопоставления результатов, полученных на разных **этапах**, сравнения ЭТХ создаваемого самолета с ЭТХ отечественных и зарубежных аналогов.

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

Эффективность системы ТЭ и уровень ЭТ и ~~и~~ **РТ** ВС принято характеризовать рядом показателей, с использованием **которых**:

- разрабатывают и задают количественные требования и контролируют их выполнение при создании ВС;
- управляют уровнем ЭТ и РТ в процессе проектирования;
- сравнивают уровни ЭТ и РТ различных типов ВС и их составных частей;
- собирают информацию об уровнях ЭТХ ВС и их изменениях в процессе эксплуатации.

Все показатели, используемые для оценки эффективности системы ТЭ и уровней ЭТХ ВС и их составных частей, в той или иной степени связаны с трудоемкостью и продолжительностью ТООР, материальными затратами и **включают** абсолютные, удельные и относительные показатели.

К абсолютным показателям обычно относят величины трудоемкости, **продолжительности** и стоимости выполнения отдельных работ и видов ТООР, 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) – **t_в**.

Последний показатель характеризует среднюю продолжительность работ по поиску и устранению причин отказов и повреждений, выявленных в полете или при ТООР. Среднее время восстановления обычно определяют как сумму трех слагаемых: **t_п** – среднего времени поиска причины (места) **отказа**, /у – среднего времени устранения причины отказа, **t_{п.р}** – среднего времени регулировки после **восстановления**:

$$t_{\text{в}} = t_{\text{п}} + t_{\text{у}} + t_{\text{п.р.}} \quad (1-1)$$

Из выражения (1.1) следует, что показатель **t_в** 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 ЭТХ ВС по существу являются характеристиками системы ТЭ, 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 **легкоосъемности** - k_l 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_0 вида (формы) ТО или **работы**:

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

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

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

Основными показателями, достаточно полно и комплексно **характеризующими** эффективность системы ТЭ и уровень ЭТ и РТ, принято считать удельные показатели, такие как средняя суммарная удельная трудоемкость - K_T ТОиР, средняя суммарная удельная продолжительность - K_P ТОиР, средняя суммарная стоимость - K_C ТОиР. 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:

$$\begin{aligned}
 K_T &= T_{\text{сум}} / t_{\text{сум}}; \\
 K_{\Pi} &= t_{\text{сум}} / t_{\text{сум}}; \\
 K_C &= C_{\text{сум}} / t_{\text{сум}}.
 \end{aligned}
 \tag{1.5}$$

Удельные показатели обычно определяются как в целом для всего объема **ТОиР**, так и для отдельных его составляющих: оперативного ТО - **$K_{\text{т.оп}}$** , периодического ТО (регламентных работ) - **$K_{\text{т.рп}}$** , восстановления (поиска и устранения отказов и повреждений) - **$K_{\text{т.в}}$** , работ по восстановлению ресурса (замене в процессе эксплуатации агрегатов и блоков оборудования, выработавших свой ресурс) - **$K_{\text{т.вр}}$** , заводского ремонта - **$K_{\text{т.р}}$** и **контрольно-восстановительных работ** - **$K_{\text{т.квр}}$** , 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: **$K_{\text{с.зп}}$** - удельные затраты на заработную плату и **$K_{\text{с.м}}$** - удельные затраты на приобретение запасных частей и расходных материалов.

Кроме рассмотренных выше показателей для комплексной оценки системы **ТЭ ВС** используются еще два **показателя**: коэффициент **$K_{\text{г.в}}$** - готовности к вылету и коэффициент **$K_{\text{и}}$** - исправности (или коэффициент **$K_{\text{пл}}$** - планируемого применения). Первый из них представляет собой вероятность того, что после проведения предполетного ТО **ВС** будет готов к вылету по расписанию. Второй соответствует вероятности того, что в любой момент времени нахождения на земле **ВС** 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 **ТЭ** и уровень **ЭТ** и **РТ**, являются функциями значительного числа параметров, отражающих применение **ВС** по назначению. К числу таких параметров, прежде всего, относятся продолжительность полета - **$t_{\text{п}}$** , суточный налет - **$t_{\text{сут}}$** (налет за летный день **$t_{\text{л.д}}$**) и суммарный годовой налет - **$t_{\text{год}}$** каждого экземпляра **ВС**. Средние значения этих параметров, обычно используемые при расчетах **удельных** показателей, связаны между собой следующими зависимостями:

$$t_{\text{год}} = t_{\text{сут}} \cdot n_{\text{сут.г}} = t_{\text{п}} \cdot n_{\text{п}} \cdot n_{\text{сут.г}}, \tag{1.6}$$

где **$n_{\text{сут.г}}$** - число летных суток (летных дней) в году;

$n_{\text{п}}$ - число полетов, выполняемых в течение летного дня.

Среднее число летных суток в году **$n_{\text{сут.г}}$** для удобства расчетов часто представляют как произведение среднего числа летных суток **$n_{\text{сут}}$** в оперативном цикле на среднее число оперативных циклов **$n_{\text{о.ц}}$** в году (под оперативным **цикл** -

лом 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 ТЭ. К такому же эффекту приводит и увеличение числа полетов 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 ТЭ и всего комплекса ЭТХ ВС остается повышение **надежности** (в первую очередь, безотказности и долговечности) функциональных систем и составных частей ВС, а также повышение эксплуатационной и ремонтной технологичности, улучшающее доступность, удобство и безошибочность **ТОиР**.

Состав показателей, характеризующих систему ТЭ, и отдельные ее компоненты разработаны и определены нормативными документами [1,2], а назначение и условия применения показателей подробно изложены, например, в **работах** [3, 4, 5, 6] и в других публикациях.

Чтобы выделить показатели ЭТХ ВС из показателей его СТЭ, рассмотрим структуру количественных показателей СТЭ.

Условия оценки и формирования количественных величин показателей СТЭ показаны на **рис. 1.1** на примере структуры затрат времени выполнения отдельной работы **ТОиР**.

Характеристика составляющих затрат времени на выполнение работы **ТОиР** (см. рис. 1.1) следующая.

Оперативное время $t_{оп}$ характеризует занятость исполнителя, определяется хронометражем работ по технологическим картам и состоит из времени выполнения основной работы и времени выполнения вспомогательных работ.

Суммарное время состоит из оперативного времени, подготовительно-заключительного времени (затрачиваемого на подготовку и приведение в порядок рабочего **места**, средств **ТОиР**, получение **задания**, инструктаж и т.д.), а также включает дополнительное время исполнителя на отдых и личные **надобности**.

Общее время включает суммарное время и время ожидания начала выполнения работы.

Корпоративное время включает общее время и накладное время на организацию и управление производством, обучение специалистов и др. непроизводительные затраты времени на ТЭ ВС по авиапредприятию в целом.

Структура показателей СТЭ, характеризующих затраты труда и средств, в целом подобна структуре времени. Следовательно, оперативные составляющие

показателей СТЭ характеризуют совершенство конструкции ВС, технологии и определяемую ими организацию труда исполнителей, а также квалификацию исполнителей. Поэтому оперативные составляющие показателей СТЭ можно считать эксплуатационно-техническими характеристиками ВС, значения которых формируются в системе ТЭ при ограничениях, установленных разработчиком ВС и нормативными документами отрасли ГА.

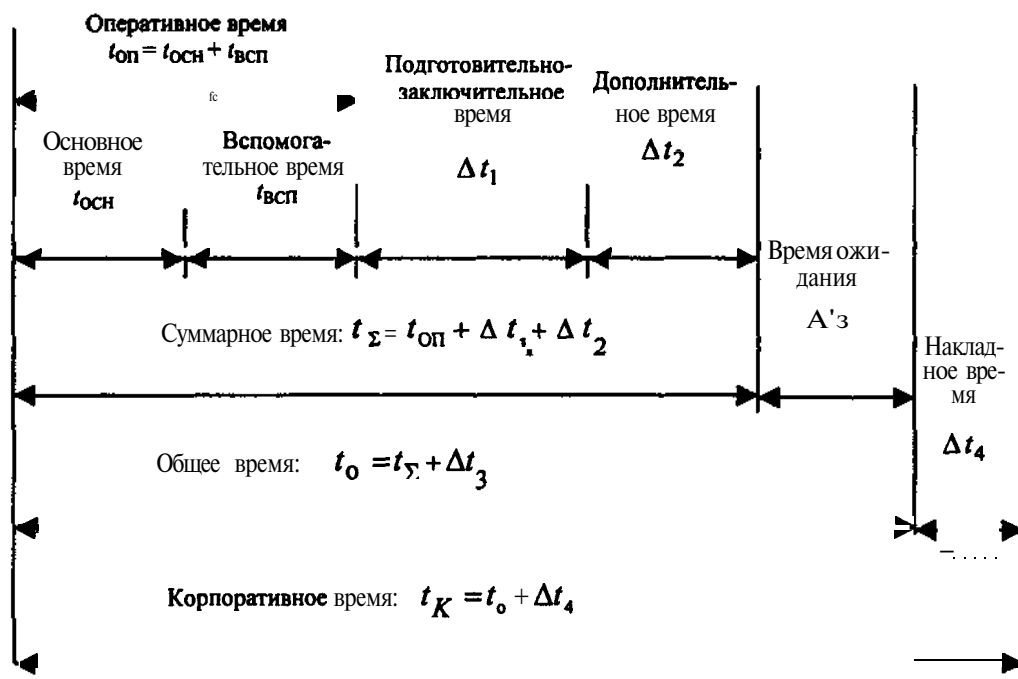


Рис. 1.1. Составляющие времени выполнения работы ТОиР

Следует отметить, что корпоративные (см. рис. 1.1) затраты **труда**, времени и средств включают затраты на содержание организационных структур ТЭ, управление, **материально-техническое, документационное** и информационное обеспечение и т.д., которые из определения системы ТЭ входят в эту систему. Эти затраты необходимы для обеспечения выполнения процессов технической эксплуатации ВС в каждом авиапредприятии.

В табл. 1.1... 1.3 [4] приведены некоторые статистические материалы, характеризующие процессы технической эксплуатации отечественных и зарубежных типов самолетов ГА, анализ которых показал следующее.

$K_{\text{пром}}$ и K_T (табл. 1.1) – характеризуют оперативную составляющую **трудоемкости** ТО для отечественных самолетов и оперативную трудоемкость ТОиР в целом для зарубежных ВС.

$K_T^{\text{эксп}}$ — является обобщенной характеристикой системы технической эксплуатации парка ВС и включает общую удельную трудоемкость ТО и все накладные трудозатраты на ТО, которые в **2...3** раза превышают оперативную трудоемкость ТО.

Для различных авиапредприятий показатель $K_T^{\text{эксп}}$ отличается в 2 и более раз.

Объем транспортной работы (табл. 1.2) определяется **эксплуатантами** в соответствии с производственными задачами и составляет **10–60 %** годового фонда времени, причем для отечественных типов самолетов в условиях плановой деятельности авиапредприятий он составлял не более 40% времени нахождения самолетов в исправном состоянии (табл. 1.3).

Таким образом, управляемое формирование характеристик системы технической эксплуатации ВС возможно только через управляемое формирование оперативных показателей системы ТЭ, а именно: ЭТХ ВС, условий эксплуатации и процессов технической эксплуатации ВС.

Оперативные (или суммарные) значения ЭТХ ВС, выражаемые через систему абсолютных, относительных и удельных показателей **ТОиР**, являются **основой** формирования характеристик СТЭ и их адаптации к производственной деятельности каждого **эксплуатанта**.

В целом структура характеристик СТЭ может быть представлена в виде трех групп: ЭТХ ВС; характеристики видов и форм ТОиР; характеристики организационных состояний ВС в процессе ТЭ (табл. 1.4).

Характеристики видов и форм ТОиР определяют объемы работ ТОиР и последовательность плановых технических состояний ВС в процессе ТЭ. Эти состояния входят в систему ТЭ ВС, так как определяют организационные формы поддержания технических качеств ВС, входящих в систему ТЭ, т.е. являются внешними к ЭТХ ВС характеристиками системы ТЭ, выражаемыми через **абсолютные** показатели ЭТХ ВС, распределенные заданным образом по видам и формам ТОиР.

Кроме плановых состояний СТЭ ВС в авиапредприятиях ГА реализуются организационные состояния ТЭ, виды и формы которых определяются структурой ТОиР и формами организации и управления производственной **деятельностью** авиапредприятий. Эти состояния показаны, например, в табл. 1.3, из которой следует, что состояния, указанные в пп. 9 и 10, являются плановыми состояниями ТОиР, а указанные в пп. **5–8** и **11–19** являются организационными состояниями ВС в процессе ТЭ.

Таким образом, для формирования характеристик СТЭ необходимо кроме ЭТХ ВС определить состав, показатели и условия формирования характеристик видов и форм ТОиР и характеристики организационных состояний ВС. Поэтому формирование ЭТХ ВС объективно возможно только в системе ТЭ каждого типа ВС, так как показатели ЭТХ ВС в целом инвариантны относительно других составных частей системы ТЭ.

Следует отметить, что согласно **рис. 1.1** объективными характеристиками СТЭ являются только оперативные значения показателей ЭТХ и форм ТОиР. Все остальные значения показателей СТЭ формируются в процессе реальной

Показатели систем ТОиР отечественных и зарубежных самолетов

Типы самолетов		m ₀ , т	K _т ^{эксп.} , чел.-ч/ч	K _т ^{пром.} , чел.-ч/ч	K _т ^P > чел.-ч/ч	K _{т.р} > чел.-ч/ч	K _т , чел.-ч/ч	∇ мин	τ _{сут.} , ч	τ _{г.} , ч
отечест- венные	зарубежные									
(средн./макс.)										
Ан-2		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
«Falcon 900»		17,6	—	—	—		3,8***		2,0*	600
F.27		20,5	—	—	—		5,0	20		
F.28		32,1	—	—	—		6,0	20	6,0*/9,0	До 2500
«Gulfstream IV»		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
ВAc.146		36,6	—	—	—		5,0*	12-20	5,1/8,9	2424
B-737		52,4	—	—	—	0,2-0,5	6,3	35	6,9/8,1	3420
МД-81		63,5	—	—	—	0,5	9,2	30	8,4*	3065
B-727		95,0	—	—	—	0,6-1,0	9,6	35-40	6,4	3060
B-757		108,8	—	—	—		7,0*	25-30	7,8/12,9	До 4500
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
B-707		151,5				1,0-1,5	9,0	20-30	6,9/16,0	До 4200
B-767		175,5					10,3	20-30	5,0/7,5	2400
A-330		208,0				1,2	12,2	20-30		До 3000
A-340		252,0				0,9-1,0	18,0	50	12,1	
B-747		322,0				1,5-1,7	13,9	45-60	13,4	3628

*Расчетная оценка

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

***Без учета ремонта

 m_0 - масса пустого самолета; $t_{тр}$ - продолжительность транзитного ТО; $\tau_{сут.}$ - суточный налет ВС; $\tau_{г.}$ - годовой налет ВС;

 $K_T^{эксп.}$, $K_T^{пром.}$, K_T^P , $K_{T.p.}$, и K_T - удельные трудоемкости ($K_T^{эксп.}$ - ТО по данным эксплуатации, $K_T^{пром.}$ - ТО по данным хронометража,

 K_T^P - при ремонте, $K_{T.p.}$ - на ремонт без агрегатов, K_T - общие для зарубежных ВС, по технологическим картам).

Таблица 1.2

Интенсивность эксплуатации отечественных и зарубежных самолетов

№ п/п	Отечественные самолеты							Зарубежные самолеты				
	Тип само- лета	Средняя про- должительность полета, ч	Суточный налет (1987 г.), ч		Годовой налет, ч			Тип самолета	Средняя про- должительность полета, ч	Средний налет (1987 г.), ч		Авиаком- пания
			средний	максимальный	средний (1987г.)	макси- мальный (1987 г.)	сред- ний (1998г.)			суточ- ный	годо- вой	
1	Ан-12	2,65	3,3	12,3	1200	1830	321	L-100-20	—	—	—	—
1	Ан-24	1,29	3,6	14,7	1604	2043	397	F-27	—	2,85	1075	По парку
3	Ил-76	—	2,5	13,8	934	1798	438	C-141B	—	—	—	—
4	Ил-86	2,51	3,3	14,9	1482	2900	843	L-1011	2,6	7,6	2793	По парку
5	Ил-62	4,91	6,7	10,3	2365	3496	877	B-707-320B	3,4	6,9	2512	«American airlines»
6	Ил-96	7,3	6,2 (1999г.)	16,6 (1999 г.)	—	3859 (1999 г.)	2285	DC-10	5,2	12,6	4600	«Swissair»
7	Ту-154	2,65	5,4	13,4	1778	2889	865	B-727-200A	1,2	6,4	2320	«Luft-hansa»
8	Ту-134	1,6	4,7	12,8	17,81	2800	753	B-737-200	1,0	6,6	2409	—
9	Як-42	1,54	4,4	14,8	1573	2043	745	MD-80	1,4	9,2	3360	«Aerome-xico»
10	Як-40	1,18	3,5	11,0	1120	2400	258	F-30	1,2	5,9	2160	По парку
11	Ту-204	2,3 (1998 г.)	2,2 (1998г.)	10 (1998 г.)	—	1635 (1998г.)	804	B-767	—	11,5	4200	«British Airways»

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

п/п №	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
1	Норматив исправности	82	82	82	82	82	82	68	68	68	68
2	Фактическая исправность , в том числе:	84,3	85,3	85,2	85	77,9	81,6	65,2	71,2	59,1	72,2
3	время в рейсе	30,9	27,5	42,4	37,7	42,2	39,0	39,2	38,8	32,2	36,2
4	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
5	в резерве	3,9	4,3	3,2	3,3	2,8	2,7	1,8	2,3	1,3	2,7
6	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
7	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
8	Простои в неисправном состоянии:	15,7	14,7	14,8	15,3	22,1	18,4	34,8	28,8	40,9	27,8
9	на техническом обслуживании	6,5	7,0	7,6	7,4	7,2	7,5	9,2	9,3	8,4	10,3
10	на ремонте	4,6	1,9	4,0	4,4	3,8	4,4	4,8	4,2	11,9	6,0
11	в ожидании ремонта	0,3	—	0,2	0,1	0,1	0,2	—	0,1	0,1	—
12	на восстановлении после повреждения	0,7	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8	0,9	1,1	0,3	0,3
13	из-за отсутствия запчастей	1,5	1,9	1,1	0,9	2,3	0,5	1,2	1,6	1,3	1,0
14	из-за отсутствия авиадвигателей	0,1	—	0,1	0,3	5,8	1,3	6,2	5,4	16,9	6,3
15	на доработках по бюллетеням	0,5	1,2	0,1	0,1	0,5	1,7	8,6	4,7	0,7	1,7
16	из-за рекламаций промышленности	0,4	0,5	0,3	0,2	0,9	0,4	3,2	1,4	0,5	1,23
17	из-за рекламаций АРЗ	0,9	1,3	0,5	1,2	0,9	0,4	0,5	0,9	0,8	0,8
18	на расследования летных происшествий	—	—	0,1	—	—	—	0,2	—	—	—
19	в ожидании списания	0,2	0,5	0,2	0,1	—	0,2	—	0,1	—	0,1

п/п	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
1	Норматив исправности	65	65	64	65	55	55	72	72	65	70
2	Фактическая исправность, в том числе:	55	61,9	69,4	70,9	57,1	52,1	70,1	77,7	65	75,7
3	время в рейсе	15,5	29,1	27,2	36,0	—	26,8	37,3	36,0	—	—
4	Обеспечение вылета в базовом аэропорту:	8,3	8,5	6,3	7,0	—	4,0	3,8	3,7	—	—
5	в резерве	5,2	2,6	4,0	2,7	—	0,7	2,7	2,9	—	—
6	исправные , но не совершавшие полётов	25,6	21,3	30,6	23,7	39,5	19,5	23,1	32,9	38	36,6
7	простои по метеусловиям и из-за запретов полётов	0,4	0,4	1,3	1,1	1,3	0,6	3,2	2,8	1,9	0,7
8	Простои в неисправном состоянии:	45	38,1	37,3	29,1	42,9	47,9	29,9	22,3	35	24,3
9	на техническом обслуживании	19,1	12,9	13,7	14,0	13,8	11	8,7	10	8,8	6,2
10	на ремонте	—	—	—	1,1	13,3	13,5	5,9	3,7	9,5	6,1
11	в ожидании ремонта	—	—	—	—	—	0,1	0,1	0,3	0,3	0,4
12	на восстановлении после повреждения	—	0,9	3,0	1,3	2,0	2,9	3,2	1,9	1,4	0,9
13	из-за отсутствия запчастей	1,1	4,4	0,1	0,7	4,9	1,1	2,2	3,2	7,1	6,1
14	из-за отсутствия авиадвигателей	2,6	11,6	—	0,5	2,9	13,5	0,2	0,4	4,1	0,9
15	на доработках по бюллетеням	1,72	5,9	-	4,2	1,3	4,1	8,7	0,6	0,7	0,3
16	из-за рекламаций промышленности	4,7	2,2	20,5	6,2	2,8	1,4	0,2	0,3	4,6	2,6
17	из-за рекламаций АРЗ	—	—	—	0,5	1,9	0,4	0,7	1,6	0,4	0,3
18	на расследования летных происшествий	0,3	0,2	—	0,6	—	—	—	—	0,1	0,5
19	вождении списания	—	—	—	—	—	—	—	0,3	—	—

Основные характеристики технической эксплуатации ВС

Эксплуатационно-технические характеристики ВС	Характеристики видов и форм ТОиР	Характеристики организационных состояний технической эксплуатации
1. Абсолютные показатели $\tau_{\text{год}}$ - годовой налет ВС; $\tau_{\text{ти}}$ и $\tau_{\text{п}}$ - продолжительность типового и произвольного полетов; $m_{\text{пуст}} \sim \text{масса}$ пустого ВС; $T_{\text{нр}} (T_{\text{мр}})$ 5 tyff ($N_{\text{мр}}$); $t_{\text{нр}} (t_{\text{мр}})$ - назначенный (межремонтный) ресурс ВС в л.ч., полетах, годах; $T_{\text{тр}}$ - трудоемкость транзитного ТО; $t_{\text{тр}}$ - продолжительность транзитного ТО; $t_{\text{в}}$ - среднее время восстановления; $T_{\text{с}}$ - средняя наработка на неисправность при ТО и в полете; $T_{\text{п}}$ - средняя наработка на неисправность в полете 2. Удельные показатели Удельная трудоемкость - $K_{\text{т}}$: $K_{\text{то}}$ -ТО; $K_{\text{тр}}$ - ремонта;	1. Оперативное ТО Формы ТО: А1, А2, Б Вспомогательные работы: ОВ, ОС, ВС; $T_{\text{А1}}$; $T_{\text{А2}}$; $T_{\text{Б}}$ - трудоемкость форм; $T_{\text{ов}}$; $T_{\text{ос}}$; $T_{\text{вс}}$ - трудоемкость вспомогательных работ; $t_{\text{А1}}$; $t_{\text{А2}}$; $t_{\text{Б}}$ - продолжительность форм; $t_{\text{ов}}$; $t_{\text{ос}}$; $t_{\text{вс}}$ - продолжительность вспомогательных работ 2. Периодические ТО Формы ТО: $\Phi_1 \dots \Phi_N$ $\tau(\Phi) \dots \tau(\Phi_N)$ - периодичность форм ТО; $T(\Phi \dots)$ - трудоемкость форм ТО; $t(\Phi \dots)$ - продолжительность форм ТО 3. ТО при хранении $\tau(30) \dots \tau(180)$ - периодичность ТО $t(30) \dots t(180)$ - продолжительность ТО $T(30) \dots T(180)$ - трудоемкость ТО	1. Состояния простоя ВС в базовом а/п по различным причинам, например $\bar{t}_{\text{д}} = t_{\text{д}} / w_{\text{г}}$, где $t_{\text{д}}$ - простой на доработках ВС; $w_{\text{г}}$ - годовой фонд времени; $w_{\text{г}} = 8760 \text{ ч}$ И т.д., см. табл. 1.3. 2. Межрейсовые простои в транзитном а/п по различным причинам $t_{\text{мрп}} = t_{\text{мр}} - t_{\text{тр}}$ 3. Организационные состояния ВС С - специальное ТО О - осмотр Д - доработки З - замена агрегатов СП - списание И т.д.

$K_{тн}$ - поиска и устранения неисправности Удельная продолжительность - K_i : $K_{i,то}$ - ТО; $K_{i,р}$ -ремонта Удельная стоимость - K_c : $K_{сто}$ - ТО; $K_{ср}$ - ремонта; $K_{сз}$ - запчастей 3. Относительные показатели K_l; K_d; $K_{вз}$ - коэффициенты легкости, доступности и взаимозаменяемости, выражаемые через трудоемкость - T, продолжительность - t или стоимость - C основной и вспомогательных работ	4. Ремонт T_k, T_{pp}, T_{pf} - трудоемкость капитального, регламентированного ремонта и ремонтной формы; t_k, t_{pp}, t_{pf} - продолжительность ремонта	4. Простои в ремонте O_p - ожидание ремонта P_p - после ремонта I т.д.

производственной деятельности **эксплуатантов**, имеют корпоративный характер и отражают субъективные показатели организации производственной деятельности **эксплуатанта**.

С другой стороны, характеристики СТЭ, связанные с ЭТХ ВС, реализуются в конкретных условиях эксплуатации ВС и организационных структурах авиапредприятий, характеристики которых являются также и характеристиками системы технической эксплуатации ВС. Таким образом, через формирование оперативных значений ЭТХ ВС и их реализацию при заданной структуре видов и форм ТОиР (в конкретных условиях эксплуатации ВС и принятой организации планирования процессов ТЭ) решается и задача формирования характеристик СТЭ данного типа ВС в каждом авиапредприятии и по парку в целом.

Решение указанных задач требует конкретизации основных положений системы ТЭ ВС гражданской авиации как условий и ограничений на формирование ЭТХ ВС.

1.2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЭ ТИПА ВС

Техническая эксплуатация ВС обеспечивается системой ТЭ, являющейся сложной многофункциональной производственно-технологической системой, функционирование которой в общем случае характеризуется двумя основными условиями:

необходимое - поддержание и восстановление летной годности ВС в **про**цессе эксплуатации;

достаточное - **технич**ко-экономическая эффективность технической эксплуатации ВС.

Реализация указанных условий обеспечивается множеством частных критериев, параметров и факторов, характеризующих свойства составных частей и элементов системы ТЭ, отдельных ее функций и системы в целом.

Деятельность эксплуатантов, летная годность ВС, технико-технологические процессы и процедуры технической эксплуатации ВС ГА регламентируются множеством документов различного уровня, а именно:

- международного (межгосударственные соглашения, циркуляры ИКАО и т.д.);
- федерального (Федеральные авиационные **правила, руководства**, стандарты, инструкции и т.д.);
- авиапредприятия (стандарты предприятия, приказы, распоряжения и т.д.).

Однако нормативные документы, определяющие систему ТЭ как единое целое, а также принципы и условия ее формирования, функционирования и корректировки на различных этапах разработки, испытаний и эксплуатации **каждо**-го нового типа ВС в отечественной ГА до недавнего времени отсутствовали. Это обстоятельство объясняется как отсутствием методологической базы, так и **вто**-ростепенным вниманием директивных органов к проблемам технической эксплуатации ВС в условиях существовавшего государственного регулирования и планирования процессов создания новых типов ВС и внедрения их в эксплуатацию.

Построение сложных многофункциональных технических систем и организация их производства наиболее эффективно обеспечиваются **программно-целевым** планированием, при котором определяются как цели и задачи конкретно решаемой проблемы, так и методы и условия ее практической реализации. Примерами такого программного подхода являются: техническое задание (**ТЗ**) на разработку нового типа ВС, технические условия (ТУ) на серийное производство ВС и комплексы мероприятий (директивные планы) по **организационно-техническому** и материально-финансовому обеспечению решаемых задач.

Теория и практика работ по формированию систем ТЭ новых типов отечественных ВС, выполненных в **90-е** годы, позволяют сформулировать общие принципы формирования характеристик системы ТЭ нового типа ВС на основе **программы** ТОиР, основные положения которой следующие.

Программа ТОиР ВС представляет собой **«...единый** документ, который определяет эффективность системы ТОиР в соответствии с принятыми методами и режимами технической эксплуатации ВС, характеризующими его фактические эксплуатационно-технические характеристики во взаимосвязи с документацией, средствами и исполнителями, и устанавливает порядок обеспечения и корректировки этих характеристик на протяжении ресурса (срока службы) - с начала эксплуатации и до списания ВС» [2]. Следует отметить, что система ТОиР, **дополненная** организационными структурами обеспечения ТЭ, и является системой ТЭ типа ВС.

Программа ТОиР является основой для разработки эксплуатационной и ремонтной документации и должна обеспечивать формирование и внедрение в эксплуатационных и ремонтных предприятиях (в организациях заказчика) системы ТЭ ВС данного типа на протяжении всего срока их службы с начала эксплуатации и до списания.

Требования к содержанию и построению программы ТОиР ВС гражданской авиации определены ГОСТ 28056, некоторые положения которого приведены ниже.

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

Порядок подготовки и корректировки программы ТОиР по этапам разработки, испытаний и эксплуатации ВС 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 ВС;
- государственные испытания - программа ТОиР, скорректированная по результатам государственных испытаний ВС;

- 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 ВС, организации и планирования производственной деятельности эксплуатационных и ремонтных предприятий на протяжении срока службы с начала эксплуатации и до списания ВС.

Программа ТОиР ВС может включать следующие разделы: «Общие положения», «Ожидаемые условия технической эксплуатации», «**Эксплуатационно-технические характеристики ВС как объекта **ТОиР****», «План ТОиР ВС», «Материально-техническое обеспечение ТоиР», «Информационное обеспечение ТоиР», «Эффективность программы ТоиР», приложения.

В каждом разделе программы ТОиР должны быть соответствующие **требования ТЗ (ТТЗ)** заказчика и нормативно-технических документов (**НТД**) к системе ТОиР данного типа ВС, а также сведения о выполнении этих требований по следующим этапам технической эксплуатации: освоение эксплуатации - в течение года после начала эксплуатации типа ВС; гарантийная эксплуатация; послегарантийная эксплуатация.

В разделе «Общие положения» могут содержаться: основание для разработки программы ТОиР; ее цель, назначение, особенности и область применения; связь программы ТОиР с типовой технической документацией; основные направления и этапы формирования системы ТОиР, принципы обеспечения эксплуатационной надежности и эффективности технической эксплуатации ВС данного типа; применяемые методы эксплуатации и стратегии восстановления изделий; основные направления работ по обеспечению ресурсов и сроков службы ВС; особенности организации и планирования деятельности эксплуатационных и ремонтных предприятий; специальные термины, обозначения и сокращения, используемые в программе ТоиР; другие сведения, раскрывающие особенности данной программы ТОиР.

В разделе «Ожидаемые условия технической эксплуатации» приводят совокупность факторов, признанных допустимыми при технической эксплуатации ВС данного **типа**, и планируемые изменения этих факторов с начала эксплуатации и до списания ВС в виде следующих подразделов: «Внешние эксплуатационные факторы», «Условия технического обслуживания», «Условия ремонта», «Технические требования к ТоиР».

Подраздел «Внешние эксплуатационные факторы» может представлять собой сочетание следующих тем: параметры летной эксплуатации ВС; условия внешней среды; варианты применения ВС.

Тема «параметры летной эксплуатации ВС» должна содержать все предельные значения параметров полета ВС (**высота**, скорость, продолжительность, **перегрузки**, полетная масса ВС, характеристика взлетно-посадочной полосы - **ВПП** и т.д.), выход за которые при эксплуатации ВС обуславливает необходи-

мость выполнения работ **ТОиР** в соответствии с эксплуатационной или ремонтной документацией.

Значения параметров, при необходимости, указывают в виде допустимого интервала изменений.

Тема «условия внешней среды» должна содержать все виды ограничений параметров внешней среды: климатических (**температура**, влажность, град, пыль и т.д.), химических (наличие, в воздухе, топливе, жидкостях химических **примесей**), электромагнитных (наличие излучений от источника электромагнитных волн), освещенности рабочих мест и другие, определяющие нормальные **условия** при **ТОиР** **ВС** или обуславливающие необходимость выполнения дополнительных работ при нарушении этих условий.

Значения параметров указывают в виде верхних (нижних) границ.

Тема «варианты применения **ВС**» должна содержать все возможные варианты применения **ВС**: пассажирский, грузовой, специальный или другие - и **включать** интенсивность их эксплуатации (суточный и годовой налет), параметры летной эксплуатации и условия внешней среды, определяющие различие в **режимах** **ТОиР** **ВС**, в соответствии с эксплуатационной и ремонтной документацией.

Подраздел «Условия технического обслуживания» должен содержать все сведения, необходимые для организации и планирования технического обслуживания **ВС** в эксплуатационном предприятии, и включать: структуру регламента **ТО** с указанием правил назначения к выполнению, трудоемкости и продолжительности каждой формы **ТО**, рекомендуемые формы организации выполнения **ТО** (поэтапный, блочный, зонный и т.д.), состав исполнителей (количество, квалификация и специализация и т.д.) по каждой форме **ТО** (включая лабораторные проверки изделий) и их загруженность, организацию и выполнение работ по поиску и устранению неисправностей при **ТО**, организацию и выполнение работ по бюллетеням, плановой замене агрегатов и текущему ремонту.

Подраздел «Условия ремонта» должен содержать сведения, необходимые для организации и планирования ремонта **ВС** и включать: виды и формы ремонтов с указанием правил назначения к выполнению, трудоемкости и продолжительности всех видов и форм ремонтов, рекомендуемые формы организации выполнения ремонтов (поэтапный, блочный, зонный, стендовый и т.д.), перечень специальностей исполнителей и квалификационные требования к ним, **технологические** особенности выполнения ремонтов (по состоянию, **замена**, регулировка, восстановление и т. д.).

Подраздел «Технические требования к **ТОиР**» должен содержать сведения, определяющие технические условия выполнения работ **ТОиР** при техническом обслуживании и ремонте (раздельно) и включать: общие требования к оснащенности (производственные площади, энергосиловое хозяйство, подъемно-транспортные средства и т. д.); технические требования к техническому состоянию оборудования, средств наземного обслуживания и контрольно-проверочной аппаратуры общего и специального назначения, инструмента и оснастки, применяемым при **ТОиР**; технические требования к документации (учет, хранение и условия применения); условия проведения **нормоконтроля** и метрологической

экспертизы средств **ТОиР**, оборудования, измерительной аппаратуры, эксплуатационной и ремонтной документации; нормативные требования к учету выполнения работ **ТОиР** и контролю их качества; особенности условий труда при выполнении работ **ТОиР** и основные требования техники безопасности и пожарной безопасности.

В разделе «**Эксплуатационно-технические**» характеристики **ВС** как объекта **ТОиР**» приводят технические, конструктивные, эксплуатационные и ремонтные характеристики **ВС** как объекта в системе **ТОиР** в виде следующих подразделов: «Технические характеристики», «Конструктивные особенности», «Показатели надежности», «Показатели технологичности и контролепригодности».

Подраздел «Технические характеристики» должен содержать сведения, необходимые для технологической подготовки предприятий к **ТОиР** **ВС** данного типа: общие данные **ВС** (габаритные размеры **ВС**, люков, отсеков, входных дверей); размеры и массы агрегатов **планера**, двигателя, вспомогательных силовых установок (**ВСУ**), основных изделий систем и оборудования; массу и центровку пустого и снаряженного **ВС**, сведения о загрузке (в том числе коммерческой, загрузке топлива и снаряжения); сведения о регулировках (органов управления **ВС**, двигателей, систем и оборудования); применяемые **топлива, масла**, рабочие жидкости и газы; вместимости систем (топливных кессонов, баков **гидравлической**, кислородной, пожарной и др. систем); требуемые характеристики аэродромного электропитания (напряжение, **частота**, мощность, нелинейные искажения).

Подраздел «Конструктивные особенности» должен содержать сведения, необходимые для организации и планирования технологических процессов **ТОиР**: конструктивные и технологические различия по модификациям **ВС**; сведения об агрегатировании (основные технологические разъемы и соединения, схемы размещения **зарядно-заправочных** узлов и их виды, транспортировочные и такелажные узлы); применяемые материалы основной конструкции; сведения о допускаемом обезличивании изделий, сборочных единиц и деталей при **ТОиР**; принятые конструктивные принципы единственности сборки систем, изделий и коммуникаций.

Подраздел «Показатели надежности» должен включать количественные **показатели** надежности, характеризующие **ВС**, его системы и оборудование в ожидаемых условиях летной и технической эксплуатации и в зависимости от вариантов применения. В число обязательных показателей включают:

- показатели безотказности (средняя наработка на отказ для **ВС** в целом и отдельно по функциональным системам и основным изделиям; вероятности возникновения особых ситуаций в полете из-за отказов в функциональных системах);
- показатели долговечности начальные и полные (ресурсы и сроки службы **ВС**; ресурсы и сроки службы изделий, у которых они менее соответствующих величин для **ВС**).

Номенклатуру и значения дополнительных показателей надежности определяют в соответствии с требованиями **ТЗ** заказчика и **НТД** по надежности **ВС**, их систем и оборудования.

Подраздел «Показатели технологичности и контролепригодности» должен включать количественные и качественные характеристики технологичности ВС в целом, его систем и оборудования, отражающие оперативные затраты труда и времени на ТОиР, обеспечение доступа к изделиям, их **легкость**, **контролепригодность** и взаимозаменяемость в ожидаемых условиях ТОиР и вариантах применения ВС.

В разделе «План ТОиР ВС» приводят сведения о всех работах ТОиР и условиях их выполнения на объектах ТОиР в соответствии с эксплуатационной и ремонтной документацией ВС в виде следующих подразделов: «Общая часть», «План ТОиР планера», «План ТОиР функциональных систем».

План ТОиР силовой установки составляет разработчик двигателя как отдельную часть плана ТОиР ВС в соответствии с требованиями данного раздела.

Подраздел «Общая часть» должен содержать сведения об основных положениях плана ТОиР и включать: назначение и особенности плана ТОиР типа ВС; связь плана ТОиР с условиями эксплуатации и характеристиками ВС; 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 неисправностей, с которыми разрешается отправка ВС 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, перечень и условия работ на другом оборудовании, которое не снимается и не заменяется на ВС 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 ВС, подлежащих ТОиР в процессе эксплуатации ВС, а также перечень параметров, контролируемых при ТОиР функциональных систем и изделий.

При установке на ВС однотипных изделий, выполняющих различные функции в одной или нескольких системах, план ТОиР составляют раздельно в соответствии с выполняемыми функциями каждого изделия.

В разделе «Материально-техническое обеспечение ТОиР» приводят сведения об особенностях организации и планирования материального и технического обеспечения эксплуатации ВС в ожидаемых **условиях**, необходимые для организации и выполнения ТОиР ВС на эксплуатационном и ремонтном **предприятиях**, включая условия и нормативы документального, материального и технического обеспечения в системе ТОиР данного ВС в виде следующих подразделов: «Обязательства разработчика и изготовителя», «Обеспечение документации для **ТоиР**», «Обеспечение средствами наземного обслуживания и контрольно-проверочной аппаратурой для ТоиР», «Нормы расхода запасных **частей**, мате-

риалов и инструмента для **ТОиР**», «Подготовка специалистов для **ТОиР**», «Организация материально-технического обеспечения **ТОиР**».

Подраздел «Обязательства разработчика и изготовителя» должен содержать сведения о гарантийных обязательствах изготовителя ВС; сведения об обязательствах изготовителей систем, изделий и оборудования, которые не входят в обязательства изготовителя ВС; сведения о взаимных обязательствах предприятий промышленности и заказчика по обеспечению нормальной технической эксплуатации ВС данного типа на различных эксплуатационных и ремонтных предприятиях с начала эксплуатации и до списания ВС.

Подраздел «Обеспечение документацией для **ТОиР**» должен содержать сведения об эксплуатационной и ремонтной документации в части соответствия стандартам и другим нормативным документам по комплектности, условиям и срокам поставки и особенностям отработки, а также специфике применения документации на эксплуатационных и ремонтных предприятиях в зависимости от условий эксплуатации ВС.

Подраздел «Обеспечение средствами наземного обслуживания и контрольно-проверочной аппаратурой для **ТОиР**» должен содержать перечень, особенности применения и условия обеспечения эксплуатационных и ремонтных предприятий средствами наземного обслуживания, контрольно-проверочной аппаратурой и технологическим оборудованием, необходимыми для **ТОиР** ВС в ожидаемых условиях эксплуатации и **ремонта**, а также сведения о номенклатуре специальных средств и нестандартного оборудования, необходимых для **ремонта** ВС.

Подраздел «Нормы расхода запасных частей, материалов и инструмента для **ТОиР**» должен содержать сведения о планируемых потребностях эксплуатационных и ремонтных предприятий в инструменте, материалах и запасных **частях**, в том числе сведения: о применяемых методиках расчета норм и расчетных условиях; удельные суммарные стоимости запасных частей, инструмента и материалов по ВС в целом, необходимых для **ТОиР** (раздельно для эксплуатационных и ремонтных предприятий); номенклатуре и удельных нормах расхода материалов, применяемых при **ТОиР** ВС (раздельно для эксплуатационных и ремонтных предприятий); особенностях поставки запасных частей и инструмента на эксплуатационные и ремонтные предприятия; общие положения внеплановой **поставки изделий**, материалов и инструмента для восстановления поврежденных ВС.

Подраздел «Подготовка специалистов для **ТОиР**» должен содержать сведения о подготовке разработчиком и изготовителем ВС специалистов эксплуатационных и ремонтных предприятий для **ТОиР** ВС, а также сведения об условиях обеспечения потребностей заказчика в учебных **пособиях**, **плакатах**, стендах, макетах и другом оборудовании, необходимом для освоения, эксплуатации и ремонта данного типа ВС с указанием стоимости **комплекта**, поставщиков, сроков и условий поставки.

Подраздел «Организация материально-технического обеспечения **ТОиР**» должен содержать сведения об особенностях организации взаимодействия за-

казчика, разработчика и изготовителя ВС при материально-техническом обеспечении ТОиР, рекомендуемые организационные формы служб снабжения, организации гарантийного и послегарантийного обслуживания и **ремонта**, сведения об организации работ изготовителя по устранению недостатков ВС, в том числе особенностях взаимодействия **заказчика**, разработчика и изготовителя после окончания серийного выпуска ВС данного **типа**, а также сведения об условиях выполнения работ по модификации конструкции ВС.

В разделе «Информационное обеспечение ТОиР» приводят основные **требования** и рекомендации разработчика и изготовителя ВС к системе **сбора**, обработки и использования информации о техническом состоянии ВС, систем, изделий и оборудования на эксплуатационных и ремонтных предприятиях, излагают основные мероприятия **разработчика**, изготовителя и заказчика по взаимному обеспечению информацией о результатах эксплуатации, испытаний и **исследований** с целью совершенствования конструкции и устранения недостатков ВС, а также приводят отличия информационной системы технической эксплуатации данного типа ВС от действующих систем информации. При отсутствии указанной специфики раздел можно не оформлять с указанием соответствующих ссылок **на НТД**.

Содержание оформляется в виде подразделов: основные положения информационной системы технической эксплуатации; виды носителей информации о ТОиР; применение ЭВМ при ТОиР; программное обеспечение технической эксплуатации.

Подраздел «Основные положения информационной системы технической эксплуатации» должен содержать сведения о назначении, структуре и составе системы **сбора**, обработки и использования информации о техническом состоянии ВС парка в системе ТОиР, общие принципы формирования информационных потоков, правила обработки информации и принятия решений, требования к полноте, достоверности и качеству информации, а также перечень основных нормативных документов, регламентирующих информационное обеспечение технической эксплуатации ВС данного типа.

Подраздел «Виды носителей информации о ТОиР» должен содержать сведения о применяемых при ТОиР документальных формах **сбора, учета, использования** и хранения информации о техническом состоянии ВС; правила заполнения применяемых форм, их **учета**, хранения и передачи другим организациям, а также сведения об особенностях документальных форм контроля и учета **состояния** ВС при выполнении доработок и устранении конструктивно-производственных недостатков.

Подраздел «Применение ЭВМ при ТОиР» должен содержать сведения о бортовых ЭВМ и **устройствах**, применяемых для индикации, сбора и обработки информации о техническом состоянии ВС, включая перечень параметров автоматизированного контроля, а также рекомендуемые типы ЭВМ, применяемые для наземной обработки информации о ТОиР, нормы оснащенности предприятий вычислительной техникой и перечни параметров технического состояния и **процессов** ТОиР, обрабатываемых на ЭВМ.

Подраздел «Программное обеспечение технической эксплуатации» должен **содержать** сведения о применяемых при **ТОиР** алгоритмах контроля, оценки восстановления технического состояния и принятия решений о дальнейшей эксплуатации ВС, а также рекомендуемые программы обработки информации на ЭВМ, условия обеспечения заказчика этими программами и их применение.

В разделе «Эффективность программы ТОиР» приводят суммарные значения показателей эффективности системы ТОиР ВС данного **типа**, обеспечиваемых реализацией данной программы ТОиР для различных вариантов ожидаемых условий технической эксплуатации.

Эффективность программы ТОиР оценивают в начале каждого этапа эксплуатации типа ВС и далее через каждые 3-5 лет эксплуатации ВС по согласованию заказчика и разработчика ВС.

Таким образом, программа ТОиР представляет план формирования системы ТЭ с изложением основных положений и целей этой системы. Следует отметить, что в зарубежной практике нет аналогов указанному стандарту, однако многие задачи из перечисленных выше решаются авиационными правилами (**FAR, JAR**), стандартами (ТСА, ICO) и договорами на поставку авиационной техники, но не в комплексе, как изложено выше, а по отдельным направлениям технической эксплуатации ВС ГА.

Реализация программы ТОиР должна обеспечивать поддержание заданных уровней **безопасности**, регулярности и интенсивности эксплуатации ВС при минимальных затратах **труда**, времени и средств на техническую эксплуатацию ВС.

1.3. ПОНЯТИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ В СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВС

Формирование терминологии применяемой в системе ТЭ ВС является начальным этапом формирования его программы ТОиР. Единство терминов и определений, применяемых в системах ТЭ различных типов ВС, обеспечивает общие принципы построения этих систем, их оценку, сертификацию и т.д. Общая терминология машиностроения в части технической эксплуатации достаточно полно разработана и отражена в стандартах по разработке, испытаниям, эксплуатации и ТОиР объектов техники, таких как: ГОСТ 18322, ГОСТ 25866, ГОСТ 27002, ГОСТ 19919, ГОСТ 14.205 и др.

Однако особенности разработки, испытаний и эксплуатации гражданской авиационной техники, в том числе жесткие требования к обеспечению безопасности полетов и поддержанию летной годности ВС, требуют дополнительного терминологического обеспечения в системах ТЭ, что подтверждено отечественной и зарубежной практикой документального обеспечения эксплуатации ВС различных типов и назначения. Кроме того различия в определениях одинаковых терминов, даваемое стандартами различных систем и уровней, требует выбора единых определений таких терминов в рамках отрасли ГА и авиапромышленности.

Опыт проведения работ в области технической эксплуатации ВС и зарубежная практика позволяют рекомендовать минимальный дополнительный перечень нестандартизованных терминов и их определений, применяемых в системах ТЭ ВС отечественного производства. Этот перечень установлен нормативным документом отрасли ГА [7] и приводится ниже (табл. 1.5).

По стандартизованным терминам следует применять в системах **ТОиР** ВС такие их определения, которые соответствуют особенностям технической эксплуатации ВС гражданской авиации и отражают отечественную и зарубежную практику смысловой нагрузки терминов, применяемых в эксплуатационной документации изделий АТ. Приведенным в табл. 1.5 терминам необходимы следующие пояснения.

Таблица 1.5

Термины и определения, применяемые в системе ТОиР ВС

Термин	Определение
1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ	
1.1. Авиационная техника. АТ	Комплекс физических объектов - пилотируемых и беспилотных самолетов, вертолетов, их двигателей , тренажеров, оборудования и снаряжения, радиотехнических и других средств , а также комплектующих изделий и технических средств, обеспечивающих их эксплуатацию
1.2. Изделие авиационной техники	Единица промышленной продукции авиационной техники , количество которой может исчисляться в штуках или экземплярах . Примечание. Примерами изделий авиационной техники являются самолеты, вертолеты и их составные части.
1.3. Летательный аппарат. ЛА	Изделие авиационной техники, оснащенное необходимыми системами и оборудованием и предназначенное для использования по назначению в зависимости от его типа , класса или для выполнения полетов по специальному заданию
1.4. Воздушное судно. ВС	Летательный аппарат, поддерживаемый в атмосфере за счет его взаимодействия с воздухом, отличного от взаимодействия с воздухом, отраженным от земной поверхности
1.5. Исправное воздушное судно	Комплектный летательный аппарат, имеющий остаток ресурса и срока службы, на котором выполнены установленные операции технического обслуживания, устранены последствия повреждений и отказов в соответствии с требованиями эксплуатационной документации
1.6. Готовое к полету воздушное судно	Исправный летательный аппарат, подготовленный к полету и снаряженный в соответствии с заданием на полет, с оформленной установленной документацией
1.7. Переоборудование воздушно-го судна	Комплекс работ по изменению конструкции летательного аппарата одного варианта в другой в целях изменения его назначения в соответствии с требованиями эксплуатационной документации

Термин	Определение
2. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА	
2.1. Основные понятия	
2.1.1. Объект технического обслуживания (ремонта). Объект ТОиР	Изделие авиационной техники , обладающее потребностью в определенных работах технического обслуживания (ремонта) и приспособленностью к выполнению этих работ
2.1.2. Эксплуатационная технологичность изделия авиационной техники. Эксплуатационная технологичность изделия АТ	Технологичность конструкции изделия авиационной техники по выполнению работ технологического обслуживания
2.1.3. Ремонтная технологичность изделия авиационной техники. Ремонтная технологичность изделия АТ	Технологичность конструкции изделия авиационной техники к выполнению при техническом обслуживании (ремонте) работ по поддержанию и(или) восстановлению надежности
2.1.4. Контролепригодность изделия авиационной техники. Контролепригодность изделия АТ	Свойство изделия авиационной техники , характеризующее его приспособленность к проведению работ по контролю (диагностированию) технического состояния заданными средствами
2.1.5. Временный назначенный ресурс изделия авиационной техники	Часть назначенного ресурса изделия авиационной техники, в пределах которого применение изделия по назначению разрешено нормативной документацией
2.1.6. Работа по техническому обслуживанию (ремонту) изделия авиационной техники. Работа ТОиР	Технологически заверченный комплекс операций технического обслуживания (ремонта), выполняемый на изделии авиационной техники
2.1.7. Межремонтный ресурс	Установленная в нормативно-технической документации наработка изделий между смежными ремонтами
2.1.8. Межремонтный срок службы	Установленная в нормативно-технической документации календарная продолжительность эксплуатации изделия между смежными ремонтами
2.1.9. Послеремонтная гарантийная наработка	Наработка изделия после ремонта , в период которой исполнитель ремонта гарантирует выполнение требований к изделию, указанных в ремонтной документации , при условии соблюдения правил эксплуатации
2.1.10. Объем технического обслуживания (ремонта) изделия. Объем ТОиР	Совокупность работ технического обслуживания (ремонта) изделия авиационной техники и (или) трудоемкость их выполнения
2.1.11. Режим технического обслуживания (ремонта) изделия авиационной техники. Режим ТОиР	Условия выполнения технического обслуживания (ремонта) изделия авиационной техники, включающие перечень и периодичность выполнения работ и , при необходимости , значения эксплуатационных характеристик применяемых средств
2.1.12. Вид технического обслуживания (ремонта) изделия авиационной техники. Вид ТОиР	Техническое обслуживание (ремонт) изделия авиационной техники, выделяемое (выделяемый) по какому-либо отличительному признаку. Примечание. Признаками вида технического обслуживания (ремонта) могут быть этап и условия эксплуатации, наработка , техническое состояние объекта.

Термин	Определение
2.1.13. Форма технического обслуживания (ремонта). Форма ТОиР	Самостоятельный комплекс работ данного вида технического обслуживания (ремонта), выделяемый эксплуатационной (ремонтной) документацией по отличительному признаку условий применения по назначению или по наработке летательного аппарата
2.1.14. Обменный фонд изделий авиационной техники. Обменный фонд	Постоянный и систематически пополняемый запас исправных агрегатов , предназначенный для замены неисправных объектов технического обслуживания (ремонта)
2.1.15. Эффективность системы технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Эффективность системы ТОиР АТ	Совокупность свойств системы технического обслуживания и ремонта , определяющая ее способность выполнять функции по поддержанию и восстановлению заданных уровней надежности и готовности изделий авиационной техники к использованию по назначению при определенных затратах времени, труда и материальных средств
2.1.16. Экологичность системы технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Экологичность системы ТОиР АТ	Совокупность свойств системы технического обслуживания и ремонта летательного аппарата , определяющих степень ее влияния на окружающую природную среду
2.2. Методы технической эксплуатации изделий авиационной техники	
2.2.1. Метод технической эксплуатации изделия авиационной техники. Метод ТЭ	Совокупность правил выбора критерия предельного состояния изделия, по достижении которого дальнейшее использование изделия по назначению прекращается или приостанавливается
2.2.2. Метод технической эксплуатации до выработки ресурса (срока службы). Метод ТЭР	Метод эксплуатации, устанавливающий критерием предельного состояния изделия величину его наработки, по достижении которой использование изделия по назначению прекращается или приостанавливается, после чего оно подлежит восстановлению или списанию
2.2.3. Метод технической эксплуатации до предельно допустимого значения диагностического параметра. Метод ТЭП	Метод эксплуатации, устанавливающий критерием предельного состояния изделия значение диагностического параметра , по достижении которого использование изделия по назначению прекращается или приостанавливается, после чего оно подлежит восстановлению или списанию
2.2.4. Метод технической эксплуатации до безопасного отказа. Метод ТЭО	Метод эксплуатации, устанавливающий критерием предельного состояния изделия его отказ с полной или частичной потерей работоспособности , после чего изделие подлежит восстановлению или списанию
2.3. Стратегии восстановления технического состояния изделий авиационной техники	
2.3.1. Стратегия восстановления технического состояния изделий авиационной техники. Стратегия восстановления	Совокупность организационных правил выполнения работ по поддержанию и (или) восстановлению надежности изделия

Термин	Определение
2.3.3. Стратегия внепланового восстановления технического состояния изделия. Стратегия внепланового восстановления	Стратегия, при которой плановые работы по поддержанию и (или) восстановлению надежности изделия не проводятся, а при отказе выполняется внеплановое восстановление
2.3.4. Стратегия восстановления технического состояния изделия по результатам контроля. Стратегия восстановления по состоянию.	Стратегия, при которой работы по поддержанию и (или) восстановлению надежности изделия проводятся по результатам контроля технического состояния через установленные интервалы наработки (времени)
2.4. Обеспечение системы технического обслуживания и ремонта	
2.4.1. Авиационно-техническая подготовка. АТП	Комплекс научно-технических и организационных мероприятий, проводимых в целях обучения и повышения квалификации инженерно-технического состава
2.4.2. Свидетельство о допуске специалиста к техническому об- служиванию (ремонту). Допуск	Документ, удостоверяющий готовность специалиста , прошедшего авиационно-техническую подготовку, стажировку по конкретным типам летательных аппаратов, выполнять самостоятельно или под контролем определенные виды работ по техническому обслуживанию (ремонту) с правом (или без него) оформлять техническую документацию
2.4.3. Исполнитель технического обслуживания (ремонта). Исполнитель	Специалист из состава инженерно-технического персонала предприятия, эксплуатирующего (ремонтирующего) авиационную технику, имеющий допуск к выполнению конкретных работ по техническому обслуживанию (ремонту) и выполняющий их
2.4.4. Инженерно-авиационное обеспечение	Необходимый и достаточный комплекс мероприятий, проводимых в целях поддержания исправности, обеспечения интенсивности использования летательных аппаратов , безопасности и регулярности полетов при экономном использовании трудовых и материально-технических ресурсов
2.4.5. Метрологическое обеспечение технического обслуживания (ремонта)	Совокупность взаимосвязанных научно-организационных мероприятий, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений параметров изделий и систем летательного аппарата при технической эксплуатации
2.4.6. Метрологическая поверка средств технического обслуживания (ремонта)	Установление пригодности технологического оборудования, инструментов, средств измерений и контроля технического состояния изделий , используемых при техническом обслуживании (ремонте) авиационной техники
2.4.7. Пожарная безопасность при техническом обслуживании (ремонте)	Совокупность технических средств, типовых правил и пожаропрфилактических мероприятий, установленных нормативно-технической документацией и инструкциями
2.4.8. Дефектоскопия	Совокупность методов, средств неразрушающего контроля и специально подготовленных исполнителей технического обслуживания (ремонта), обеспечивающих выявление дефектов в деталях , узлах и элементах конструкций авиационной техники

Термин	Определение
2.4.9. Нормативный документ технического обслуживания (ремонта)	Документ, устанавливающий требования к техническому состоянию изделия и (или) условиям его технической эксплуатации
2.4.10. Технический документ технического обслуживания (ремонта)	Документ, устанавливающий правила выполнения работ при техническом обслуживании (ремонте) изделия
2.4.11. Организационный документ технического обслуживания (ремонта)	Документ, устанавливающий порядок учета и (или) контроля выполнения работ при техническом обслуживании (ремонте) изделия
2.4.12. Эксплуатационная (ремонтная) документация	Комплекс документов, устанавливающих организационные, нормативные и технические правила технического обслуживания (ремонта)
2.4.13. Программа технического обслуживания и ремонта . Программа ТОиР	Единый документ, который определяет эффективность системы технического обслуживания и ремонта в соответствии с принятыми методами и режимами технической эксплуатации летательного аппарата , характеризующими его фактические эксплуатационно-технические характеристики во взаимосвязи с документацией, средствами и исполнителями, и устанавливает порядок обеспечения и корректировки этих характеристик на протяжении ресурса (срока службы) - с начала эксплуатации и до списания летательного аппарата
2.4.14. План технического обслуживания и ремонта . План ТОиР	Документ, устанавливающий режимы технического обслуживания и ремонта летательного аппарата , его систем и изделий с начала эксплуатации и до списания летательного аппарата . Примечание. План ТОиР является составной частью программы ТоиР .
2.4.15. Бюллетень	Нормативно-технический документ, подготовленный разработчиком или изготовителем изделия и содержащий перечень и порядок выполнения операций, не предусмотренных в действующей эксплуатационной (ремонтной) документации, или изменения этой документации
2.4.16. Ведомость дефектации	Документ, содержащий перечень обнаруженных отказов, повреждений и дефектов изделий авиационной техники и замечания по их техническому состоянию
2.5. Особенности системы технического обслуживания и ремонта	
2.5.1. Доработка авиационной техники. Доработка	Комплекс организационно-технических работ по совершенствованию, модернизации и устранению конструктивно- производственных недостатков изделий авиационной техники, проводимых по бюллетеням в целях повышения надежности изделий или эффективности их эксплуатации
2.5.2. Контрольный полет. Облет	Полет выполняемый в целях проверки работы систем, изделий и агрегатов летательного аппарата после установки нового оборудования, доработок , устранения неисправностей и в случае большого перерыва в полетах

Термин	Определение
3. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ	
3.1. Основные понятия	
3.1.1. Авиационно-техническая база. АТБ	Производственно-структурная служба эксплуатационного предприятия, осуществляющая техническое обслуживание авиационной техники, подготовку летательных аппаратов к полетам (к использованию по назначению) и имеющая для этих целей наземные сооружения , необходимое оборудование и исполнителей
3.1.2. Руководство по технической эксплуатации. РЭ	Документ, содержащий техническое описание и инструкцию по эксплуатации , куда включены все сведения, необходимые для правильной технической эксплуатации авиационной техники и комплектующих изделий для нее
3.1.3. Регламент технического обслуживания. РО	Документ, устанавливающий режим технического обслуживания летательного аппарата данного типа
3.1.4. Регламентная работа	Работа , предусмотренная регламентом технического обслуживания
3.1.5. Технологическая карта технического обслуживания	Документ, определяющий содержание и порядок выполнения работы по техническому обслуживанию, последовательность операций , технические требования, применяемые средства и необходимые трудовые затраты
3.1.6. Дополнительная работа	Работа не предусмотренная регламентом технического об- служивания и выполняемая по необходимости. Примечание. Примерами дополнительных работ являются работы по ликвидации неисправностей, а также связанные с попаданием в отсеки агрессивных или ядовитых веществ, поражением коррозией деталей, узлов в труднодоступных местах , повреждением летательного аппарата вследствие перегрузок и т.д.
3.1.7. Карточка учета неисправно- сти авиационной техники. КУН АТ	Эксплуатационный документ, регистрирующий выявляемые в полете и при техническом обслуживании отказы и неисправности изделий авиационной техники и используемый для определения их надежности и проведения мероприятий по обеспечению безопасности полетов
3.1.8. Карта-наряд на техническое обслуживание	Организационный документ, содержащий задание на проведение формы технического обслуживания данного вида в соответствии с эксплуатационной документацией
3.1.9. Пооперационная ведомость на техническое обслуживание	Нормативный и организационный документ, содержащий объем и перечень работ, выполняемых на изделии авиационной техники в определенной последовательности, целесооб- разной для данной авиационно-технической базы и изделия
3.1.10. Предполетный осмотр	Технический осмотр, проводимый экипажем летательного аппарата по проверке работоспособности и правильности функционирования изделий и систем в объеме требований «Руководства по летной эксплуатации».
	Примечание. Технический осмотр по ГОСТ 16504–81.

Термин	Определение
3.1.11. Разовый осмотр	Технический осмотр совокупности однотипных изделий , проводимый по специальному указанию или бюллетеню. Примечание. Специальное указание может быть обусловлено: появлением на каком-либо изделии дефекта , влияющего на безопасность или регулярность полетов; необходимостью проверки комплектности ЗИП, бортовой документации и т.д.
3.1.12. Инспекторский осмотр	Технический осмотр по определению технического состояния летательных аппаратов , по проверке организации и качества их технического обслуживания или выполнения работ , по проверке состояния средств технического и наземного обслуживания и ведение эксплуатационной документации, проводимый в объеме и в сроки, устанавливаемые нормативно-технической документацией или назначаемые по указанию
3.1.13. Контрольный осмотр	Технический осмотр летательного аппарата , проводимый после его восстановления (в случае повреждения), получения из ремонта , при продлении срока действия удостоверения о годности летательного аппарата к полетам, при продлении ресурса или списании. Примечание. Разовый , инспекторский и контрольный осмотры относятся к специальным видам осмотров
3.2. Виды технического обслуживания*	
3.2.1. Оперативное техническое обслуживание	Техническое обслуживание , выполняемое перед вылетом и после посадки летательного аппарата в целях обеспечения его готовности к полету или стоянке
3.2.2. Базовое техническое обслуживание	Оперативное техническое обслуживание , выполняемое на аэродроме постоянного базирования летательного аппарата до и после выполнения рейса или задания
3.2.3. Транзитное техническое обслуживание	Оперативное техническое обслуживание, выполняемое на промежуточном аэродроме посадки летательного аппарата при выполнении рейса или задания, а также в конечном пункте перед обратным рейсом. Примечание. Промежуточным аэродромом посадки может быть аэродром базирования летательного аппарата .
3.2.4. Техническое обслуживание в стационарных условиях	Техническое обслуживание, выполняемое в специально предназначенных местах , оборудованных специальными средствами технического обслуживания

***Термины** видов технического обслуживания и ремонта по признакам применяемых методов следует образовывать в соответствии с терминами методов технического обслуживания и **ремонта**, например, «Поэтапное периодическое техническое обслуживание», «Поэтапный капитальный ремонт» и т.д.

Термин	Определение
3.2.5. Техническое обслуживание в полевых условиях	Техническое обслуживание, выполняемое на временном аэродроме или специально созданной опорной базе. Примечание. Примерами полевых условий являются места временного базирования летательного аппарата при выполнении авиационных химических работ в сельском хозяйстве, в местах работы геологических партий, экспедиций и др.
3.2.6. Специальное техническое обслуживание	Внеплановое техническое обслуживание, выполняемое после полета в экстремальных условиях, когда внешние воздействия превышали уровень , соответствующий нормальным условиям эксплуатации. Примечание. Примерами экстремальных условий являются попадание летательного аппарата в пыльную бурю, град, грозу, в зону турбулентной атмосферы; грубая посадка , посадка до взлетно-посадочной полосы, посадка с массой, превышающей посадочную
3.3. Методы технического обслуживания	
3.3.1. Поэтапный метод технического обслуживания	Метод технического обслуживания, при котором комплекс операций расчленяется на отдельные этапы и распределяется по видам меньшей трудоемкости с сохранением периодичности операций
3.3.2. Посистемный метод технического обслуживания	Метод технического обслуживания, при котором его организация и специализация исполнителей осуществляются по определенным функциональным системам летательного аппарата
3.3.3. Зонный метод технического обслуживания	Метод технического обслуживания, при котором его организация и специализация исполнителей осуществляются по зонам конструкции летательного аппарата
3.3.4. Метод закрепленного технического обслуживания	Метод технического обслуживания, при котором исполнители выполняют техническое обслуживание только данного летательного аппарата
3.3.5. Бригадный метод технического обслуживания	Метод технического обслуживания, при котором бригада исполнителей, специализирующихся по типам изделий или по операциям технического обслуживания, выполняет их на группе летательных аппаратов одного или нескольких типов
3.3.6. Одноразовый метод технического обслуживания	Метод технического обслуживания, при котором весь объем заданной формы регламента выполняют в течение одного обслуживания до окончания всех регламентных и дополнительных работ
3.3.7. Кооперированный метод технического обслуживания	Метод, при котором операции технического обслуживания и доработки выполняются на нескольких типах летательных аппаратов разных авиационных предприятий одним специализированным предприятием на основе их кооперирования и взаимодействия

Термин	Определение
3.3.8. Метод технического обслуживания летным экипажем	Метод технического обслуживания , выполняемый летным экипажем при посадке на аэродром (или в гидроаэропорту), где не предусмотрен инженерно-технический состав, в объеме предполетного осмотра
4. СИСТЕМА РЕМОНТА 4.1. Основные понятия	
4.1.1. Ремонтный завод	Самостоятельное предприятие, предназначенное для выполнения ремонта изделий авиационной техники, а также для выполнения доработок и переоборудования летательного аппарата
4.1.2. Руководство по ремонту	Документ, содержащий общие указания по организации и технологии ремонта изделия для восстановления его ресурса (срока службы) или восстановления после повреждения (выхода из строя) составных частей изделия
4.1.3. Ремонтный фонд	Изделия, снятые с эксплуатации вследствие отработки ресурса (срока службы), отказа , повреждения, по результатам диагностирования, ремонт которых технически возможен и экономически целесообразен
4.1.4. План-график отхода авиационной техники в ремонт	Документ , устанавливающий на основе перспективного плана налета авиационной техники последовательность (очередность) и сроки начала и окончания ремонта летательных аппаратов, его двигателей и комплектующих изделий, пригодных для ремонта
4.2. Виды ремонта	
4.2.1. Аварийный ремонт летательного аппарата	Внеплановый ремонт, выполняемый для восстановления исправности составной части летательного аппарата после ее повреждения, вызванного внешними воздействиями, не предусмотренными в нормативно-технической документации. Примечание. Повреждение может быть вызвано полетом в экстремальных условиях, наездом на летательный аппарат при стоянке, столкновением с препятствием или другим летательным аппаратом при рулении и т.п.
4.2.2. Ремонт в стационарных условиях	Ремонт, выполняемый в специально предназначенных местах, оборудованных стационарными средствами ремонта
4.2.3. Ремонт в полевых условиях. Полевой ремонт	Ремонт, выполняемый вне завода. Примечание. Примерами полевого ремонта являются ремонт на месте вынужденной посадки летательного аппарата вне аэродрома, в местах временного базирования при выполнении авиационных химических работ в сельском хозяйстве, обслуживании экспедиций и т.п.

Термин	Определение
43. Методы ремонта	
4.3.1. Поэтапный метод ремонта	Метод планового ремонта , при котором объем ремонта изделия расчленяется на части и выполняется поэтапно, дополнительно к объемам определенных видов технического обслуживания
4.3.2. Поэтапно-блочный метод ремонта	Метод планового ремонта , при котором объем ремонта летательного аппарата расчленяется на части по системам, агрегатам , узлам или зонам конструкции и выполняется поэтапно, дополнительно к объемам определенных видов технического обслуживания
4.3.3. Стендовый метод ремонта	Метод ремонта , при котором весь комплекс операций выполняется на одном рабочем месте
4.3.4. Зонный метод ремонта	Метод ремонта , при котором организация всего объема ремонта летательного аппарата и специализация исполнителей осуществляются по зонам конструкции
4.3.5. Индивидуальный метод ремонта	Метод ремонта , при котором один исполнитель выполняет все операции ремонта изделия
4.3.6. Кооперированный метод ремонта	Метод ремонта , при котором объем изделия авиационной техники выполняется кооперированными предприятиями на основе их взаимодействия
4.3.7. Бригадный метод ремонта	Метод ремонта изделия, выполняемого бригадой специализирующихся по операциям исполнителей
5. ПОКАЗАТЕЛИ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА	
5.1. Показатель эффективности системы технического обслуживания и ремонта авиационной техники	Количественная характеристика эффективности системы технического обслуживания и ремонта авиационной техники
5.2. Нарботка на неисправность, выявленную в полете и на земле	Отношение суммарной наработки изделия к математическому ожиданию числа нарушений исправности его составных частей, выявленных в полете и при всех видах технического обслуживания за определенное время эксплуатации
5.3. Средний процент задержанных вылетов из-за неисправности техники	Отношение (в процентах) числа задержек вылетов сверх допустимого времени и отстранений воздушного судна от полета из-за неисправности к общему числу вылетов в рассматриваемый период эксплуатации
5.4. Средняя продолжительность задержки отправлений в рейс по техническим причинам	Отношение количества задержек отправлений самолетов в рейс по техническим причинам к общему количеству задержек отправлений в рейс по тем же причинам
5.5. Удельная суммарная трудоемкость технического обслуживания (ремонта)	Отношение суммарной трудоемкости технических обслуживания (ремонтов) за рассматриваемый этап эксплуатации к величине налета самолетов за этот же этап
5.6. Средняя стоимость восстановления	Математическое ожидание стоимости восстановления работоспособного состояния

Термин	Определение
5.7. Удельная суммарная про -должительность технического обслуживания (ремонта)	Отношение суммарной продолжительности технических обслуживании (ремонтов) за рассматриваемый этап эксплуатации к величине налетов самолетов за этот же этап
5.8. Удельная суммарная стоимость технического обслуживания (ремонта)	Отношение суммарной стоимости технических обслуживании (ремонтов) за рассматриваемый этап эксплуатации к величине налета самолетов за этот же этап
5.9. Удельные суммарные материальные затраты на техническое обслуживание (ремонт)	Отношение суммарной стоимости запасных частей и материалов для технических обслуживании (ремонтов) за рассматриваемый этап эксплуатации к величине налета самолета за этот же этап
5.10. Средняя продолжительность к-й формы технического обслуживания	Математическое ожидание продолжительности выполнения к-й формы технического обслуживания
5.11. Средняя продолжительность к-й плановой работы по ТО	Математическое ожидание времени выполнения к-й плано -вой работы по техническому обслуживанию
5.12. Коэффициент исправности парка воздушных судов	Отношение времени (количества часов или суток), в течение которого (которых) воздушные суда данного типа находились в исправном состоянии к общему фонду календарного времени за отчетный период (сутки, месяц, квартал, год). Примечание. Исправное состояние по ГОСТ 27.002–89.
5.13. Интенсивность использов -ания парка воздушных судов	Средний годовой налет часов на каждое воздушное судно данного типа

Авиационная техника. АТ (п.1.1.)

К авиационной технике относят технические **устройства**, отличающиеся большой конструктивной сложностью: пилотируемые и беспилотные самолеты, вертолеты, их двигатели, планеры, тренажеры, воздушные винты, оборудование и снаряжение, радиотехническую аппаратуру для обеспечения управления воздушным движением, навигацией и посадкой, все комплектующие изделия и технические средства, обеспечивающие эксплуатацию авиационной техники.

Требуемый уровень надежности изделий авиационной техники в эксплуатации обеспечивает система технического обслуживания и ремонта.

Эффективность системы технического **обслуживания** и ремонта авиационной техники. Эффективность системы ТОиР АТ (п.2.1.15.)

Эффективность системы ТОиР, как уже отмечалось выше, определяет ее способность поддерживать заданные уровни надежности и готовности изделий авиационной техники к использованию по назначению.

Степень выполнения этих функций оценивается комплексом показателей, включающим соответственно показатели надежности, регулярности полетов, использования воздушных судов, эксплуатационных затрат. В связи с **трудно**-

ствиями выражения этих показателей в одних единицах измерения эффективность системы ТОиР авиационной техники оценивается по каждой функции путем сравнения фактических значений показателей с базовыми значениями. Общая оценка эффективности производится с учетом значимости каждой группы показателей.

Экологичность системы технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Экологичность системы ТОиР АТ (п.2.1.16.)

Вредными производственными факторами, имеющими место при ТОиР авиационной техники, являются:

- шум и вибрация при работе авиационных двигателей, средств наземного обслуживания и технологического оборудования;
- выхлопные газы авиадвигателей, автомашин, подогревателей, кондиционеров;
- электромагнитные излучения высоких и сверхвысоких частот от бортовых и наземных радиолокационных установок;
- ионизирующее излучение рентгеновской и гамма-дефектоскопической аппаратуры, изотопных приборов;
- пролитые ГСМ и ядовитые жидкости, рассыпанные и распыленные ядохимикаты;
- засоренность воздушного пространства аэрозолями от материалов, применяемых при лакокрасочных работах, гальванических и промывочных процессах, отходы жидкостей при мойке летательных аппаратов и агрегатов.

Для устранения или уменьшения до безопасных уровней вредного влияния производственных факторов при ТОиР авиационной техники на окружающую природную среду на авиапредприятиях и заводах должны быть внедрены защитные устройства, созданы санитарные охранные зоны, установлены специальные правила работы с агрессивными жидкостями, изотопами, радиолокаторами, а также работы при опробовании двигателей и т.п.

Техническая эксплуатация

Техническая эксплуатация - часть эксплуатации, включающая транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт изделия (ГОСТ 25866).

Техническая эксплуатация летательных аппаратов - это комплексная система инженерно-технических и организационных мероприятий, обеспечивающих наиболее эффективное использование возможностей летательных аппаратов, высокую их надежность и безопасность полетов, минимальные простои при техническом обслуживании и ремонте, а также высокий процент исправности и готовности к полету, снижение себестоимости технического обслуживания.

Совершенствование технической эксплуатации обеспечивается проведением научно-исследовательских работ, направленных на совершенствование организационных форм и методов технической эксплуатации летательных аппаратов, повышение их надежности и улучшение эксплуатационной, ремонтной технологичности и контролепригодности.

Техническую эксплуатацию авиационной техники осуществляет инженерно-технический состав, прошедший профессиональную подготовку и обученный по конкретному типу летательных аппаратов.

Процесс технической эксплуатации реализуется последовательной сменой организационных состояний летательного аппарата на земле, в каждом из которых выполняются определенные работы по ТОиР летательного аппарата и его составных частей, чередующихся с состоянием использования летательных аппаратов по назначению.

Методы технической эксплуатации изделий авиационной техники (п.п. 2.2.1., 2.2.2., 2.2.3., 2.2.4.)

Использование изделий авиационной техники по назначению основывается на применении комплекса методов эксплуатации, каждый из которых представляет совокупность определенных правил выбора критерия предельного технического состояния изделия, по достижении которого дальнейшая его эксплуатация прекращается или приостанавливается. Предельные состояния изделия могут быть обусловлены наработкой, снижением или полной потерей работоспособности, соответственно и методы эксплуатации определены до выработки ресурса, до **предотказного** состояния, до отказа (ТЭР, ТЭП, ТЭО). Все методы эксплуатации могут применяться для всех видов изделий.

Реализация методов эксплуатации требует проведения работ по контролю и оценке технического состояния изделий и определения их пригодности к дальнейшей эксплуатации. Общим признаком таких работ является то, что их выполнение не изменяет технического состояния изделий, восстановление **которого** производится последующими работами (регулировкой, ремонтом, заменой) по результатам контроля.

Методы эксплуатации требуют выполнения следующих плановых работ: ТЭР - контроля наработки; ТЭП - контроля, оценки и прогнозирования технического состояния; ТЭО - контроля работоспособности и оценки надежности. Контроль может выполняться непрерывно или периодически в полете или на земле в плановом порядке через установленные интервалы наработки (срока службы) летательного аппарата в соответствии с регламентом технического **об-**служивания.

Стратегии восстановления технического состояния изделий авиационной техники (пп. 2.3.1., 2.3.2., 2.3.3., 2.3.4.)

Изменение технического состояния восстанавливаемых изделий в процессе эксплуатации и как результат снижение показателей надежности (безотказности и долговечности) требует выполнения работ по поддержанию и восстановлению надежности изделий на уровне установленных требований.

Эти работы могут выполняться на основе следующих правил: через интервалы наработки (срока службы) летательного аппарата или каждого отдельного изделия, в плановом порядке или внепланово, независимо от фактического технического состояния или по результатам контроля, которые и определяют различие в стратегиях восстановления изделий.

Выполнение работ по поддержанию и восстановлению надежности изделий (**регулировка**, ремонт и т.д.) изменяет техническое состояние **изделий**, восстанавливая его до нормативных требований эксплуатационной и ремонтной документации.

При любой стратегии восстановления может быть реализован любой метод эксплуатации, так как стратегия восстановления управляет техническим состоянием **изделия**, а метод эксплуатации устанавливает предел использования по назначению независимо от управляющих воздействий. Таким образом, понятия «Метод эксплуатации» и «Стратегия восстановления» характеризуют разные составляющие процесса технической эксплуатации изделий в целях повышения эффективности этого процесса в целом.

Эксплуатационная технологичность изделия авиационной техники.

Ремонтная технологичность изделия авиационной техники.

Контролепригодность изделия авиационной техники (**пп.2.1.2.,2.1.3.,2.1.4.**)

Эксплуатационная (ЭТ) и ремонтная (РТ) технологичность и контролепригодность (КП) являются основными характеристиками изделий в системе ТОиР, определяющими их приспособленность к технической эксплуатации. Потребность изделий в приспособленности к работам ТОиР характеризуется видом изделия (восстанавливаемое, невосстанавливаемое, обслуживаемое и необслуживаемое) и определяется в комплексе с параметрами надежности.

Характеристики ЭТ, РТ и КП определяются видом изделия и поставлены в соответствие видам работ при ТОиР: технологическому обслуживанию, поддержанию и восстановлению надежности, контролю (диагностике) технического состояния. Классификация работ ТОиР дана в ОСТ 54 30054 - 88 [4]. Невосстанавливаемое изделие не требует приспособленности к работам по поддержанию и восстановлению надежности и соответственно может не иметь качеств РТ. Необслуживаемое изделие не требует качеств ЭТ и т.д. Качество изделий по контролепригодности обусловлено применяемыми методами эксплуатации изделия и общими требованиями по безопасности полетов летательных аппаратов.

Исполнитель технического обслуживания (ремонта). Исполнитель (п.2.4.3)

К работам на авиационной технике допускают **инженерно-технический** состав, прошедший в установленном порядке обучение (переучивание) и стажировку.

Специализация исполнителей по определенным видам работ ТОиР летательных аппаратов существенно влияет на эффективность их совместного труда, специфичность которого заключается в нестабильности технологического процесса ТО. В основном в АТБ практикуется бригадный метод организации труда, когда первичной производственной единицей является **бригада**, сформированная из исполнителей различных специальностей, перечень которых определяется по совокупности выполняемых работ.

В зависимости от применяемого метода ТО (системного, зонного и др.) бригада исполнителей специализируется соответственно данному методу.

Универсальная подготовка исполнителей обеспечивает взаимозаменяемость, освоение ими смежных специальностей.

Метрологическое обеспечение технического обслуживания (**ремонта**).
Метрологическая поверка средств технического **обслуживания** (ремонта).
(пп.2.4.5. 2.4.6)

Одной из важнейших составных частей системы технического обслуживания и ремонта АТ является метрологическое обеспечение, научной основой которого является метрология - наука об измерениях, методах и средствах обеспечения их единства и способах достижения требуемой точности.

Основные цели метрологического обеспечения - повышение качества **продукции**, эффективности управления производством и уровня автоматизации производственных процессов, эффективности **научно-исследовательских** и **опытно-конструкторских** работ, экспериментов и испытаний, мероприятий по профилактике, диагностике, контролю условий труда, охране окружающей среды и т.д., а также обеспечение взаимозаменяемости деталей, узлов и агрегатов, создание необходимых условий для кооперирования производств, развития специализации **и** др.

Основные задачи метрологического обеспечения в системе ТООиР:

- установление номенклатуры измеряемых параметров и оптимальных норм точности измерений;
- проведение работ по созданию и внедрению современных методик выполнения измерений и средств измерений, испытаний и контроля, установление состава применяемых при ТООиР средств измерений и средств поверки;
- внедрение государственных и отраслевых стандартов;
- поверка и метрологическая аттестация средств измерений;
- проведение метрологической экспертизы проектов НТД, **конструкторской** и технологической документации.

Цель метрологической экспертизы конструкторской и технологической документации - обеспечение эффективности измерений при контроле изделий в процессе их разработки, изготовления, эксплуатации и ремонта в соответствии с положениями государственных стандартов, устанавливающих метрологические правила, положения и нормы.

Метрологическая поверка средств измерений (СИ) и контрольно-поверочной аппаратуры (**КПА**) осуществляется в соответствии с положениями государственных стандартов, **научно-технической** документации, устанавливающими требования к содержанию и порядку проводимой поверки.

Решение задач метрологического обеспечения в авиапредприятиях осуществляют их метрологические службы и базовая **поверочно-ремонтная** метрологическая лаборатория, **инженерно-технический** состав которых проходит специальную подготовку по метрологии и получает допуск на право выполнения **соответствующих** работ.

Ресурс (срок **службы**)

Учитывая особое место понятий «ресурс (срок **службы**)» в обеспечении и поддержании летной годности ВС дополнительно к стандартизованным их определениям необходимы следующие пояснения.

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 **1-го** ремонта) ресурс (срок службы),
- далее при упоминании ресурса аналогичные требования и положения распространяются и на срок службы изделия.

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

Ресурс до списания задается для ВС в целом и основных комплектующих изделий исходя из требований экономичности при условии обеспечения безопасности эксплуатации. Ресурс до списания может 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 ВС и комплектующие изделия и устанавливается договором на поставку ВС.

Гарантийный ресурс 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 устранять 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 ВС и КИ (договором на выполнение работ).

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

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

Межремонтный ресурс изделия определяется условиями обеспечения надежности и экономичности эксплуатации парка изделий данного типа и устанавливает ограничение по применению этих изделий, независимо от их фактического технического состояния.

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

Межремонтные (до 1-го ремонта) ресурсы могут устанавливаться для ВС в целом и отдельных изделий. Величина межремонтных ресурсов определяется разработчиками ВС и изделий из условий обеспечения ресурса до списания ВС 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) ВС в целом.

Общие принципы формирования системы ресурсов авиационной техники понимаются 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 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 изделиям авиационной техники, которое производится после выполнения комплекса ресурсных работ, обосновывающих безопасную и надежную эксплуатацию изделий в установленных пределах наработки (срока службы) с определением всех необходимых, с позиций безопасности и надежности, условий и ограничений на процессы летной и технической эксплуатации. 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 ВС в целом, часто с использованием специального оснащения, оборудования, документации и специалистов. При этом может быть организационно и экономически целесообразно выполнять **КВР** на специализированных предприятиях, которые осуществляют их качественно, с оказанием дополнительных услуг (таких как восстановление внешнего **вида**, соответствия нормам технических параметров и др.), не связанных непосредственно с безопасностью эксплуатации ВС в целом. В этом случае периодичность выполнения КВР может устанавливаться как межремонтный ресурс в целом для ВС, так и отдельным его изделиям, 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 ВС в целом, а определяется экономической целесообразностью восстановления летной годности ВС и условиями ее поддержания на рассматриваемом интервале (этапе) эксплуатации ВС.

Условия обеспечения летной годности ВС устанавливает **изготовитель**, разработчик и реализует **эксплуатант**, который определяет для себя экономическую целесообразность проведения работ по обеспечению летной годности ВС при отработке назначенного ресурса с целью продолжения дальнейшей эксплуатации ВС. При экономической нецелесообразности выполнения работ по поддержанию летной годности ВС (большой объем доработок и т. д.) эксплуатант может прекратить дальнейшую эксплуатацию экземпляра ВС, хотя технические качества ВС могут обеспечивать **его** дальнейшую эксплуатацию на уровне установленных требований, но с большими затратами средств, труда или времени.

Изложенные выше термины, определения и пояснения к ним положены в основу систем ТОиР ВС гражданской авиации России.

1.4. ДОКУМЕНТАЦИЯ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВС

Взаимосвязь составных частей системы ТЭ ВС, процедуры и процессы функционирования системы ТЭ в целом для парка ВС и для каждого авиапредприятия, эксплуатирующего ВС данного типа, осуществляется на основе документации, действующей в этой системе.

Каждое предприятие, выполняющее или обеспечивающее техническую эксплуатацию типа ВС, должно иметь необходимую документацию, устанавливающую организационные, нормативные и технические правила технического обслуживания и ремонта данного типа ВС, которые гарантируют, что:

- техническое обслуживание, ремонт и доработки ВС производятся по действующей документации в установленные сроки и в установленном порядке;
- технический персонал надлежащим образом подготовлен, а использование, учет и **хранение** эксплуатационной документации производится в установленном порядке;
- каждое ВС имеет летную годность и соответствующим образом оформленную эксплуатационную документацию, подтверждающую сохранение летной годности ВС при дальнейшей эксплуатации на уровне установленных требований и норм.

Эксплуатационная и ремонтная документация (далее - эксплуатационная документация) ВС, обеспечивающая сохранение летной годности, может включать:

- нормативную **документацию**, которая устанавливает требования к **техническому** состоянию ВС и его частей и (или) условиям технической и летной
- эксплуатации ВС. Сюда входят сертификат типа ВС, технические условия **поставки**, государственные стандарты, **нормы**, правила и инструкции государственных органов управления и контроля **ГАРФ**;
- техническую документацию, которая устанавливает правила выполнения работ при техническом обслуживании (ремонта) ВС и его частей. Сюда входят эксплуатационные документы на данный тип ВС и его частей, бюллетени и директивы летной годности, инструкции по технике безопасности, пожарной безопасности, охране труда и охране окружающей среды, относящиеся непосредственно к данному типу ВС и его частям;
- организационную документацию, которая устанавливает порядок учета и (или) контроля выполнения работ при техническом обслуживании ВС и его частей или порядок учета и контроля летной эксплуатации ВС и его частей. Сюда входят ведомости, акты, карты, справки, перечни, задания, заказы и др. документы, используемые в производственной деятельности **эксплуатантов** и других предприятий, проводящих летную и (или) техническую эксплуатацию ВС и его частей.

Каждый из указанных видов эксплуатационной документации, обеспечивающих техническую эксплуатацию и поддержание летной годности ВС и его частей, может включать:

- общую документацию, применяемую при летной и технической эксплуатации всех видов или нескольких типов ВС;
- типовую документацию, применяемую при летной и технической эксплуатации только данного типа ВС;
- » **пономерную** документацию, действительную только для данного экземпляра ВС и его составных частей и применяемую для оформления государственной регистрации и годности каждого ВС к полетам, учета наработки и технического состояния ВС (двигателя, комплектующего изделия), приема и передачи ВС различным службам внутри предприятия **эксплуатанта** или на другое предприятие.

Распределение эксплуатационной документации на общую, типовую и **пономерную** устанавливается техническими условиями к договору на поставку ВС и действующими государственными и отраслевыми нормативными документами (стандарты, инструкции, правила и т.д.).

Схема формирования эксплуатационной документации в авиапредприятии приведена на рис. 1.2.

Каждый блок документации по номенклатуре, содержанию и оформлению может быть определен для типа ВС из данных выше определений видов эксплуатационной документации.

При формировании системы ТЭ типа ВС и адаптации этой системы к условиям конкретного **эксплуатанта** основой всей эксплуатационной документации является эксплуатационно-техническая документация (**ЭТД**) разработчика и изготовителя ВС, которая разделена на типовую и **пономерную**.

Схема формирования типовой ЭТД приведена на **рис. 1.3**, а номенклатура типовой ЭТД - в табл. **1.6**, где перечислены обязательные, дополнительные и рекомендуемые виды ЭТД. Следует отметить, что номенклатура обязательной ЭТД из табл. **1.6** в целом обеспечивает эксплуатанта и организации по ТООР типа ВС всей необходимой информацией для эксплуатации и поддержания летной годности каждого экземпляра ВС, однако состав документов не соответствует зарубежной практике документального обеспечения эксплуатации ВС ГА. Так, применяемые за рубежом программы ТООР по содержанию объединяют программу ТООР (РЭ и РО из табл. **1.6**), при этом разработчик формирует только базовую программу ТООР (т.е. **«типовую»** по принятой классификации) на основе которой каждый **эксплуатант** может сформировать свою программу ТООР, соответствующую его условиям. Методологическая база формирования **программ** ТООР также имеет существенные отличия российской теории и практики от зарубежной (типа **FAR, JAR** и документов ИКАО). Решение некоторых **проблем** по унификации методологической базы, в том числе и при формировании ЭТД, рассматривается в следующих главах.

В целом номенклатура и содержание эксплуатационной документации должны отвечать следующим условиям.

1. Номенклатура, содержание, оформление и правила ведения ЭТД ВС и его составных частей определены:

- Воздушным кодексом РФ;
- Авиационными правилами **АП-21**;
- государственными стандартами: ГОСТ 28056, ГОСТ 18675, ГОСТ **18681** и др.;
- отраслевым стандартом ОСТ 54300 54;
- нормативными документами отрасли ГА РФ;
- Наставлением по производству полетов (**НПП** ГА);
- Наставлением по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники ГА (**НТЭРАТ** ГА) или заменяющим его документом;
- техническими условиями к договору поставки ВС.

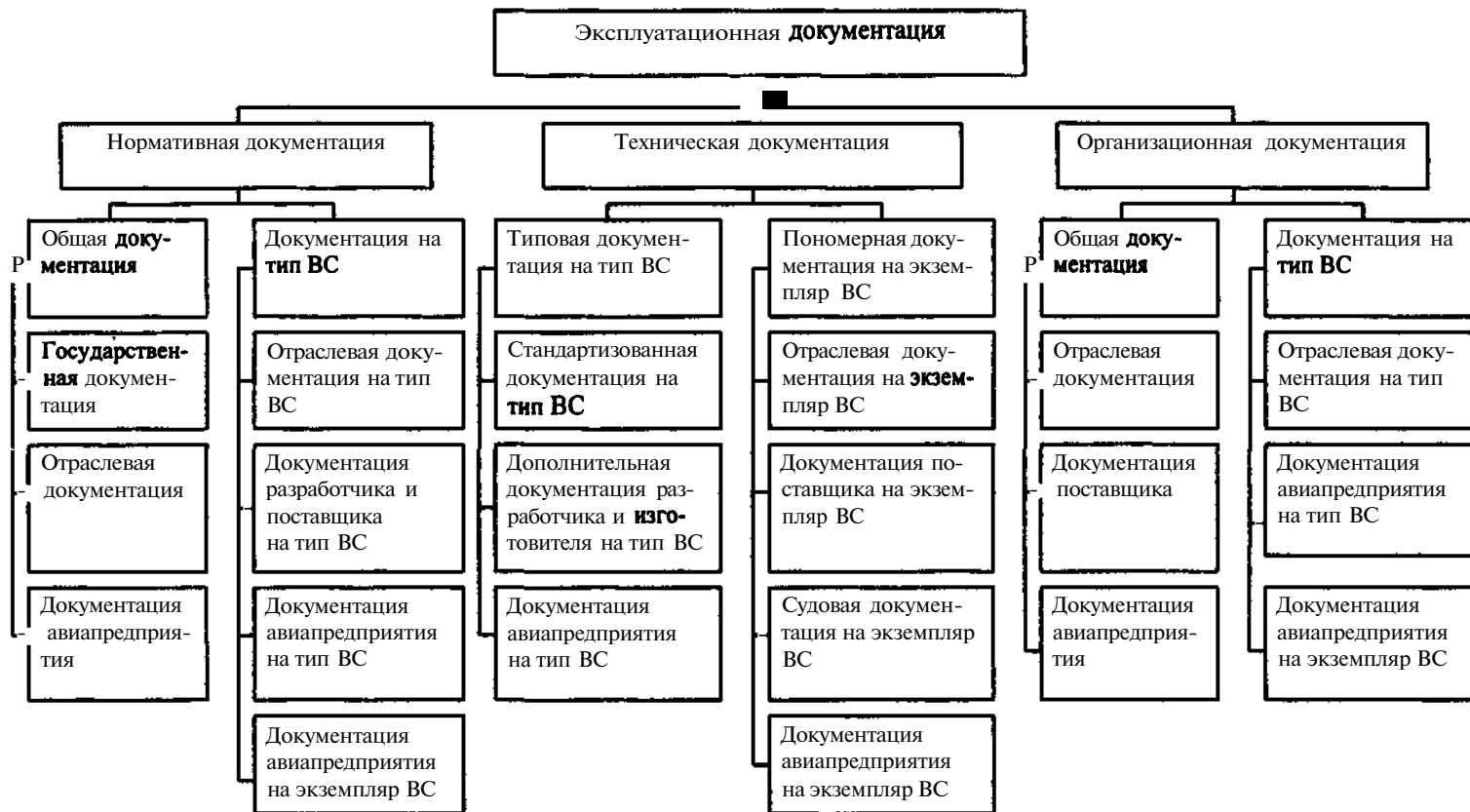


Рис. 1.2. Укрупненная блок-схема формирования эксплуатационной документации в авиапредприятии

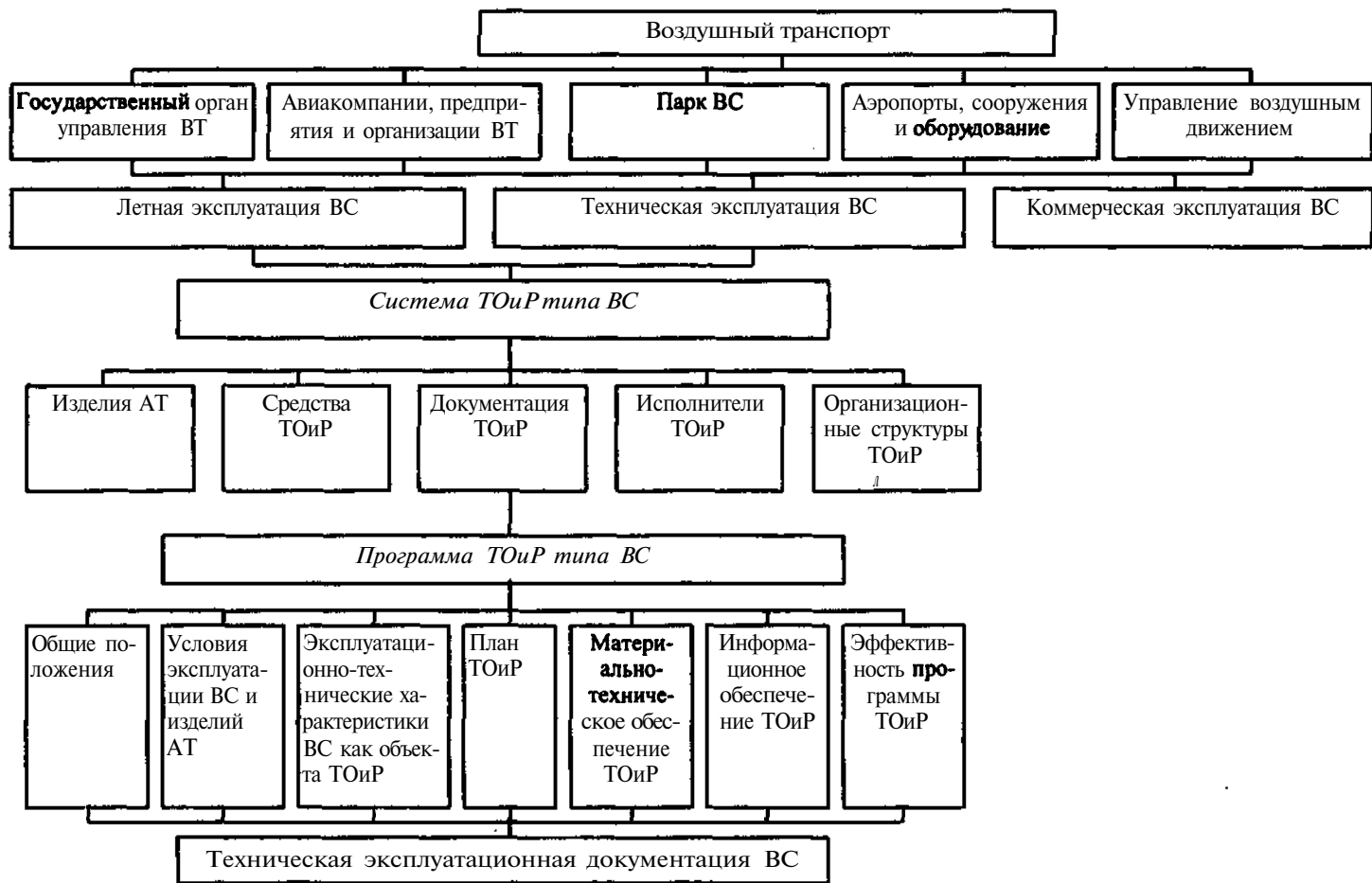


Рис. 1.3. Укрупненная блок-схема формирования типовой эксплуатационной документации на ВС

Номенклатура эксплуатационных и ремонтных документов разработчика и изготовителя ВС

№ п/п	Шифр документа	Наименование документа	Статус документа	Область применения	Форма определения	Примечание
1	–	Программа ТОиР	обязательный	типовой	ГОСТ 28056	–
2	РЛЭ	Руководство по летной эксплуатации	обязательный	типовой-номерной	ГОСТ 24871	–
3	РЭ	Руководство по технической эксплуатации	обязательный	типовой-номерной	ГОСТ 18675	–
4	ид	Инструкция по расчету дальности и продолжительности полета	обязательный	типовой-номерной	ГОСТ 18675	–
5	РО	Регламент технического обслуживания	обязательный	типовой-номерной	ГОСТ 18675 ОСТ 5430054	– *
6	иц	Инструкция по загрузке и центровке	обязательный	типовой-номерной	ГОСТ 18675	–
7	ФО	Формуляр	обязательный	номерной	ГОСТ 18681	На ВС, двигатель и основные изделия (комплексы)
8	ПС	Паспорт	обязательный	номерной	ГОСТ 18681	На КИ
9	ЭТ	Этикетка	обязательный	номерной	ГОСТ 18681	На КИ
10	АЭ	Альбом электросхем	обязательный	типовой-номерной	ГОСТ 18675	Составляется на ВС в целом и сложные КИ
11	зи	Ведомости ЗИП (эксплуатационные)	обязательный	типовой	ГОСТ 18675	Составляется на ВС в целом, двигатель и основные КИ
12	нз	Нормы расхода запчастей на 100 ч эксплуатации	обязательный	типовой	ГОСТ 18675	Составляется на ВС в целом, двигатель и основные КИ
13	нм	Нормы расхода материалов на 100 ч эксплуатации	обязательный	типовой	ГОСТ 18675	Составляется на ВС в целом, двигатель и основные КИ

14	–	Учебно-технические плакаты	дополнитель- ный	типовой	–	Составляется по заявке экс- плуатанта
15	ЭД	Ведомость эксплуатационных документов	обязательный	типовой	ГОСТ 2.601	Составляется на ВС и дви- гатель
16	РК	Руководство по капитальному ремонту	обязательный	ТИПОВОЙ	ГОСТ 18675	Составляется на ВС, двига- тели и КИ
17	АС	Альбом основных документов и ремонтных допусков	обязательный	типовой	ГОСТ 18675	Составляется на ВС и дви- гатели
18	РС	Руководство по среднему ремонту	дополнитель- ный	типовой	ГОСТ 18675	Составляется по заявке
19	УР	Технические условия на капитальный (сред- ний) ремонт	обязательный	типовой	ГОСТ 18675	–
20	–	Чертежи ремонтные	дополнитель- ный	типовой	ГОСТ 2.604	Составляется по заявке
21	КД	Каталог деталей и сборочных единиц	обязательный	типовой	ГОСТ 18675	–
22	ЗИ	Ведомости ЗИП (ремонтные)	обязательный	типовой	ГОСТ 18675	–
23	–	Нормы расхода запасных частей на капиталь- ный (средний) ремонт	обязательный	типовой	ГОСТ 2.602	–
24	–	Нормы расхода материалов на капитальный (средний) ремонт	обязательный	типовой	ГОСТ 2.602	–
25	–	Техническая документация на нестандартное технологическое оборудование, приборы и инструменты	дополнитель- ный	типовой	ГОСТ 2.601 ГОСТ 2.602	Составляется по заявке
26	ВР	Ведомость документов для ремонта	обязательный	типовой	ГОСТ 2.602	–
27	MMEL	Перечень минимально-исправного оборудо- вания для выполнения полета	не установлен	типовой	–	–
28	–	Каталог типовых неисправностей	не установлен	типовой	–	–
29		Программа контроля и предупреждения кор- розии ВС	не установлен	типовой	–	–

Номенклатура и содержание нормативной и технической пономерной документации, характеризующей летную годность ВС и ее сохранение в процессе эксплуатации, определены Техническими условиями поставки ВС и включают в себя по меньшей мере следующие документы:

- перечисленные в табл.1.6 как обязательные номерные;
- содержащиеся на борту ВС в полете в соответствии с требованиями **НПП ГА**.

Номенклатура и содержание организационной документации, применяемой для учета состояния ВС, выполнения работ по сохранению летной годности, **организации** и планирования производственной деятельности **эксплуатантов** должны быть определены при сертификации организаций по ТО и лицензировании **эксплуатанта** для эксплуатации данного типа ВС и основываться на **рекомендациях НТЭРАТ ГА**.

Оформление, учет, хранение и внесение изменений в эксплуатационную документацию ВС и его составных частей производят, как правило, в порядке, установленном нормативными документами общего применения, перечисленными в **п.1**.

Изложенная классификация эксплуатационной документации и общие правила ее формирования разработчиком, изготовителем и **эксплуатантом** ВС достаточны для формирования характеристик ЭТХ ВС как составной части показателей эффективности системы ТЭ данного типа ВС в конкретных условиях эксплуатации, адаптированных организационной документацией каждого эксплуатанта к конкретным условиям его производственной деятельности.

2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ РАБОТ ПО ТЕХНИЧЕСКОМУ ОБСЛУЖИВАНИЮ И РЕМОНТУ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Работы ТОиР, выполняемые в процессе технической эксплуатации ВС, принято классифицировать по технологическим признакам или по этапам выполнения ТОиР [5]. Регламентные работы, выполняемые при ТО ВС, разделены на 4 вида: контроль состояния; **заправочно-смазочные** работы; работы по очистке и промывке; устранение неисправностей и текущий ремонт. Работы, выполняемые при ремонте ВС, разделены по этапам ремонта на виды: **промывка**, разборка и очистка, **дефектация**, ремонт, комплектация в сборку, **сборка**, испытания и контроль качества.

Каждый вид работ делится на группы и далее на подгруппы, объединенные общим технологическим признаком или этапом ТОиР. Указанная классификация хорошо отработана и **закодирована**, однако при всех ее положительных качествах (группировка однотипных **работ**, унификация технологических процессов, специализация исполнителей, единство терминологии и принципов организации выполнения и планирования ТОиР) не позволяет сформулировать **потребность** выполнения этих работ в процессе технической эксплуатации ВС и, соответственно, определить требования к приспособленности конструкции ВС к выполнению тех или иных работ при формировании системы ТЭ.

Выполнение любых работ при ТОиР ВС необходимо рассматривать с позиций целевого назначения работ по их воздействию на процессы технической эксплуатации и состояние ВС.

Известно, что выполнение работ в системе ТЭ должно обеспечивать поддержание и восстановление летной годности АТ и ее подготовку к использованию по назначению при требуемых уровнях надежности и готовности ВС к полетам. По целевому назначению и воздействию на техническое состояние ВС при решении основных задач системы ТЭ, все работы справедливо разделить на следующие виды [3]:

- технологическое обслуживание;
- поддержание и восстановление надежности;
- контроль технического состояния.

Работы технологического обслуживания обеспечивают подготовку ВС к использованию по назначению, стоянке или хранению и приведению его в исходное состояние после этих процессов, не связанных с надежностью.

Работы по поддержанию и восстановлению надежности обеспечивают свойство ВС сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях эксплуатации ВС.

Работы по контролю технического состояния обеспечивают определение фактического технического состояния изделий для принятия альтернативных решений об исправности или неисправности ВС в целом.

Выполнение указанных видов целевых работ сопровождается выполнением вспомогательных работ. Вспомогательные работы не имеют самостоятельного целевого назначения в системе ТЭ ВС, а создают необходимые условия для выполнения целевых работ или обеспечивают возвращение ВС в исходное техническое состояние после их выполнения. Содержание и объем вспомогательных работ определяют приспособленность объекта эксплуатации к целевым работам ТОиР, его техническое совершенство, совершенство применяемых при ТОиР средств, оборудования и **инструмента**, а также качество технологических процессов выполнения целевых работ и совершенство всех видов документации, применяемой при технической эксплуатации ВС.

Рассмотренная классификация целевых работ закодирована и введена нормативными документами [2,8]. Пример кодирования приведен в табл. 2.1. Виды работ разделены на группы по общности технологических признаков и приемов выполнения работ, а группы разделены на подгруппы, конкретизированные в условиях реально выполняемых на ВС работ ТОиР. Дается следующая **характеристика** видов и групп работ ТОиР в системе ТЭ АТ.

Работы технологического обслуживания не изменяют надежности изделий и ВС в целом как объекта эксплуатации в системе ТЭ, а обеспечивают непрерывную реализацию процесса эксплуатации каждого ВС последовательной сменой этапов эксплуатации. Целевое назначение для использования ВС по назначению имеют работы технологического обслуживания по заправке рабочих тел до требуемых норм для обеспечения полета по установленному маршруту, а также работы по подготовке к полету, связанные с приведением систем и оборудования ВС в рабочее состояние, которые выполняются до начала полета (начала руления ВС) техническим персоналом и экипажем. Все другие группы работ технологического обслуживания характеризуют техническое совершенство ВС и его приспособленность к реальным условиям эксплуатации.

Большой объем работ по очистке, стоянке и швартовке свидетельствует о недостаточной защищенности ВС от климатических воздействий и непригодности конструкции к реальным условиям эксплуатации. Аналогичный вывод следует из большого объема работ при хранении. Работы по подготовке, связанные с обеспечением ВС внешними источниками энергии характеризуют автономность его применения и соответственно определяют ограничения на реальные условия эксплуатации.

Классификация целевых работ в системе ТЭ ВС ГА

Виды работ	Содержание работ	Целевое назначение	Коды
Контроль технического состояния	1. Визуальный контроль без применения инструментальных средств	Выявление внешних механических повреждений и разрушений изделий и взаимного положения	111-119
	2. Визуальный контроль с применением инструментальных средств	Выявление внешних механических повреждений элементов изделий с установлением параметров	121-129
	3. Автоматизированный контроль работоспособности	Выявление отказных состояний и параметрическая оценка способности систем и изделий выполнять заданные функции	131-139
	4. Проверка функционирования систем и изделий с помощью бортовых средств или наземной аппаратуры	Выявление отказных состояний и непараметрическая оценка работоспособности	141-149 150-159
	5. Контроль и измерение параметров состояния изделий на борту ВС или в лаборатории	Определение соответствия изделий требованиям нормативно-технической документации и проверка способности выполнять заданные функции	161-169 171-179
	6. Проверка систем и изделий, работающих с избыточным давлением	Определение герметичности и проверка способности выполнять заданные функции	181-189
	7. Неразрушающие методы контроля	Выявление скрытых повреждений и структурных изменений в материалах или изменений в геометрических размерах и физических свойствах	191-199
	8. Контроль надежности изделий	Проверка способности изделий выполнять заданные требования по безотказности и долговечности	201-209
Технологическое обслуживание	1. Заправочные работы	Подготовка ВС к использованию по назначению	211-219
	2. Работы по очистке	Удаление загрязнений, обеспечение аэродинамических характеристик ВС и создание требуемого комфорта экипажу и пассажирам	221-229
	3. Подготовка к использованию	Приведение ВС в состояние готовности к полету	231-239
	4. Стоянка и швартовка	Приведение ВС в состояние готовности к нахождению на земле между полетами	241-249
	5. Хранение	Приведение ВС в состояние защищенности от климатических воздействий при перерывах в полетах	251-259

Виды работ	Содержание работ	Целевое назначение	Коды
Поддержание и восстановление надежности	1. Регулировочные работы	Поддержание значений функциональных параметров и технических норм	301-309
	2. Демонтажно-монтажные работы	Восстановление исправности и работоспособности систем заменой неисправных и отказавших изделий	311-319
	3. Восстановление покрытий	Восстановление защищенности изделий и конструкции ВС от климатических воздействий	321-329
	4. Восстановление деталей	Восстановление геометрических, механических, физических и химических характеристик элементов изделий	331-339
	5. Ремонт изделия	Восстановление работоспособности изделия и (или) параметров безотказности и долговечности	341-349
	6. Зарядка пневно-, гидро- электрических и химических источников энергии	Восстановление работоспособности систем и изделий	351-359
	7. Смазочные работы	Восстановление работоспособности и долговечности изделий	361-369
	8. Работы по промывке	Восстановление работоспособности и функциональных параметров систем и аэродинамических характеристик ВС	371-379
	9. Конструкционная доработка	Восстановление работоспособности изделий и (или) параметров их надежности	381-389

В общем случае технологическое обслуживание обеспечивает реализацию следующих этапов эксплуатации ВС: использование по назначению, стоянку между полетами, подготовку к полету и встречу после полета, а также хранение и транспортирование ВС при перерывах в полетах. Соответственно определению, эти работы не связаны непосредственно с надежностью (безотказностью, долговечностью и ремонтпригодностью) ВС, поэтому в системе ТОиР технологическое обслуживание должно быть отделено от понятий надежности и безопасности эксплуатации ВС и увязано только с конструктивными особенностями каждого типа ВС, проявляющимися на различных этапах его эксплуатации в реальных условиях, при заданных ограничениях на эти условия.

Работы по контролю технического состояния ВС, его систем, изделий и оборудования, независимо от применяемых методов и средств контроля, его глубины и достоверности, не изменяют фактического технического состояния объекта, а восстанавливают информацию о его состоянии в момент контроля. Если в

момент контроля $t = t'$ установлено, что изделие находится в исправном состоянии, то функция надежности $P(t = t')$ данного контролируемого изделия принимает начальное значение $P(t = 0)$ (с учетом достоверности и глубины контроля) и, соответственно, изменяется значение вероятности отказа этого изделия в момент времени непосредственно после контроля, что следует из соотношений показателей надежности, представленных в вероятностной и статистической форме [5] заменой $t = t'$ на $t = 0$:

$$\lambda(t')dt = \frac{f(t')}{P(t')} dt \quad \text{или} \quad \lambda(t')\Delta t = \frac{\Delta n(t', t' + \Delta t)}{N(t')} \Delta t, \quad (2.1)$$

где $f(t)$ – плотность распределения;

$\Delta n[t', t' + \Delta t]$ – число данных изделий, отказавших в интервале;

$N(t)$ – число исправных изделий к моменту t' .

Однако характер изменения $P(t > t')$ после контроля по-прежнему будет определяться $\lambda(t > t')$. Если в момент контроля $t = t'$ установлено, что данное изделие **находится** в неисправном состоянии, то выполняются работы по поддержанию и восстановлению надежности (в том числе и замена изделия на новое), **которые** возвращают изделие в начальное (или нормативно-заданное) техническое состояние. Таким образом, работы по контролю технического состояния, как и определено, не управляют состоянием изделий в эксплуатации, а формируют управляющие воздействия на эти изделия в системе ТЭ.

Визуальный (субъективный) контроль состояния обеспечивает выявление **случайных**, не учитываемых при оценках надежности повреждений и разрушений с внешними проявлениями. Вероятности появления таких повреждений обычно не рассчитываются и не прогнозируются, а оцениваются **экспертно**, по результатам опыта эксплуатации и испытаний.

Работы по проверке функционирования позволяют определить способность объекта контроля выполнять заданные функции в момент контроля и непосредственно после него, согласно (1.1), однако значение $P(t)$ при этом не восстанавливается до исходного значения $P(0)$ т.к. фактическое техническое состояние объекта остается неизвестным.

Работы по контролю и измерению параметров состояния изделий обеспечивают выявление фактического технического состояния и позволяют сделать прогноз о количественных характеристиках состояния изделия в последующий период эксплуатации.

Неразрушающие методы контроля позволяют выявить скрытые повреждения и структурные изменения в изделиях и соответственно уточнить фактическое техническое состояние дополнительно к работам предыдущей **группы**.

Работы по контролю надежности изделий проводятся с целью расчетов фактических показателей надежности по данным эксплуатации, испытаний и результатам контроля для всех вышеназванных групп контрольных работ. При контроле надежности работы непосредственно на изделиях не выполняются, а

производятся обработка информации о техническом состоянии изделий в эксплуатации и на испытаниях и расчеты надежности изделий методами теории надежности и математической статистики.

Работы по поддержанию и восстановлению надежности изделий в процессе эксплуатации, согласно определению, имеют целевое назначение обеспечить требуемую безотказность и долговечность изделий для отработки ресурса (срока службы) до списания ВС с требуемыми уровнями безотказности и готовности к полетам на каждом этапе эксплуатации ВС и на каждом интервале наработки ВС, его систем и изделий. Выполнение этих работ непосредственно обеспечивает разрежение потока отказов и неисправностей изделий в процессе эксплуатации, а также увеличивает или восстанавливает полностью значения показателей долговечности.

Работы по регулировке включают регулировку функциональных параметров, которая обеспечивает поддержание работоспособности изделия на заданном уровне входных, внутренних и выходных значений параметров функционирования изделия: самостоятельно, в составе системы и в составе ВС в целом. Нарушение регулировок приводит к изменению или перераспределению между элементами изделия условий их эксплуатации, нерасчетному **нагрузению** элементов и, соответственно, к изменению показателей долговечности и безотказности изделия.

Аналогичное назначение имеют работы по регулировке соединений. Упорядоченная совокупность деталей, узлов, изделий и их соединений представляет функциональную систему ВС, и нарушение соединений следует рассматривать как введение в систему соответствующих повреждений, которые изменяют безотказность и долговечность системы. Сюда относятся также работы по регулировке взаимного геометрического положения функционально не связанных изделий и элементов, что обеспечивает возможность независимого функционирования различных систем, изделий и оборудования, конструктивно размещенных в ограниченном пространстве планера ВС, и исключает дополнительные внешние воздействия на изделия и их отказы по этой причине. **Демонтажно-монтажные** работы по замене изделий или отдельных их элементов, достигших предельного состояния, обеспечивают восстановление их безотказности и долговечности в функциональной системе ВС до начальных значений, что восстанавливает и систему в целом. Замены изделий проводятся в тех случаях, когда восстановление данного изделия как части данного ВС экономически нецелесообразно или невозможно по организационным причинам. В дальнейшем замененные изделия восстанавливаются или списываются в соответствии с правилами технической эксплуатации этих изделий.

Работы по восстановлению покрытий (защитных или упрочняющих) **обеспечивают** поддержание долговечности элементов от поверхностных воздействий эксплуатационных факторов.

Работы по восстановлению геометрических размеров и форм деталей обеспечивают устранение постепенно развивающихся неисправностей и внезапных случайных повреждений, что восстанавливает прочность и условия **нагружения**

деталей в процессе эксплуатации. Эти работы восстанавливают безотказность и долговечность деталей как элементов изделия и изделия в целом. Такое же значение имеют и работы по восстановлению физико-механических, химических, электрических и других характеристик материалов деталей, выполнение которых обеспечивает разрежение потока отказов и неисправностей изделий из-за изменения прочности, упругости, твердости и других характеристик материалов. К работам этой группы относятся все виды термообработок, восстановление оптических, электрических, химических, тепловых и других качеств материалов, обеспечивающих работоспособность изделия в реальных условиях эксплуатации.

Работы по ремонту изделий в целом обеспечивают восстановление их исправности и, соответственно, безотказности и долговечности до начальных или заданных значений, однако основной целью этих работ является продление долговечности изделий для обеспечения отработки ресурса (срока службы) ВС до списания.

Работы по зарядке источников энергии обеспечивают поддержание заданных условий эксплуатации изделий, потребляющих эту энергию, что обеспечивает их безотказность и **долговечность** на уровне, соответствующем этим условиям эксплуатации. Аналогичное значение имеют и работы по промывке и смазке.

Работы по конструктивной доработке изделия изменяют конструкцию отдельных его элементов с целью изменения условий их эксплуатации, что обеспечивает поддержание безотказности и (или) долговечности изделия в целом вследствие его эксплуатации в более благоприятных условиях.

Вспомогательные работы ТООР входят составной частью в технологические процессы выполнения целевых работ, поэтому они не выделяются в самостоятельный вид. **Так**, работы по подготовке к применению **инструмента**, средств и оборудования для **ТООР**, не относясь непосредственно к объекту ТООР, обеспечивают технологическую подготовку к целевым работам. Работы по подготовке объекта к ТООР создают условия для выполнения целевых работ ТООР, приводя объект ТООР в состояние, необходимое для проведения целевых работ в соответствии с заданной технологией. Сюда входят следующие работы: подключение объекта к источникам энергии или отключение от них, слив жидкостей, сброс давлений, разборка **объекта**, демонтаж и установка объекта на проверочный стенд, имитация **нагруженности** и условий эксплуатации и т.д., а также работы, обеспечивающие контроль или восстановление начального состояния объекта в функциональной системе ВС после выполнения на нем целевых работ ТООР. Работы по обеспечению доступа к объекту ТООР, не касаясь самого **объекта**, обеспечивают технологическую подготовку ВС к проведению целевых работ, включая вскрытие люков, демонтаж агрегатов и элементов конструкции, препятствующих выполнению целевых работ по заданной технологии или (и) демонтажу изделия в сборе.

Работы по оформлению технической, производственной и другой документации, действующей в системе ТЭ ВС, являются составной частью технологического процесса выполнения целевых работ ТООР и обеспечивают организацию,

исполнение, контроль и принятие решений о технической эксплуатации каждого объекта ТООР и ВС в целом.

Таким образом, данная классификация целевых работ дает полную характеристику воздействия видов и групп работ ТООР на состояние ВС в процессе технической эксплуатации, что обеспечивает целенаправленный выбор конкретных работ ТООР для систем, изделий и элементов как объектов ТООР с целью обеспечения процессов эксплуатации ВС с требуемыми показателями безопасности полетов и эффективности эксплуатации.

Дополнительно к указанной классификации работ ТООР по их воздействию на техническое состояние объекта эксплуатации работы **ТООР**, выполняемые в системе ТЭ ВС, следует разделить по организационным принципам назначения их к выполнению в системе ТЭ на две группы: плановые работы и внеплановые работы.

Плановые работы ТООР - это такие работы, выполнение которых обусловлено действующей документацией для заданных условий эксплуатации и этапов жизненного цикла данных объектов ТООР независимо от фактического технического состояния каждого конкретного объекта ТООР и его реальной потребности в данных работах.

Внеплановые работы ТООР - это такие работы, необходимость выполнения которых определяется фактическим техническим состоянием конкретного объекта эксплуатации по результатам выполнения плановых работ ТООР, или отказом изделий, или эксплуатацией изделий в нерасчетных условиях.

Разделение работ ТООР на плановые и внеплановые позволяет разделить все работы в системе ТЭ на постоянную и переменную составляющие. Плановые работы ТООР выполняются постоянно и характеризуют техническое совершенство ВС, его систем, изделий и оборудования и их приспособленность к реальным условиям эксплуатации. Внеплановые работы выполняются при необходимости и характеризуют эффективность плановых работ ТООР, целесообразность и обоснованность их выполнения, а также определяют соответствие заданных и реальных условий эксплуатации ВС.

Соотношение объемов плановых и внеплановых работ ТООР характеризует эффективность системы ТЭ ВС в целом. Большая доля внеплановых работ свидетельствует о неэффективности плановых работ или их несоответствии фактической потребности объектов ТООР в конкретных работах. С другой **стороны**, большая доля плановых работ еще не свидетельствует об эффективности системы ТЭ в целом, т.к. объем плановых работ может быть завышен, необоснован и среди этих работ могут быть такие, целесообразность выполнения которых не подтверждается техническим состоянием объектов ТООР и условиями их эксплуатации. Задача состоит в оптимальном выборе такого соотношения плановых и внеплановых работ ТООР, которое обеспечивает эффективность системы ТЭ в целом при решении ее основных задач с минимальными затратами труда, времени и средств на техническую эксплуатацию ВС данного типа в реальных условиях эксплуатации каждого экземпляра ВС.

Следует отметить, что любая целевая работа из рассмотренной выше классификации может быть как плановой, так и внеплановой, кроме работ технологического обслуживания по подготовке ВС к применению, которые всегда являются плановыми.

Рассмотренная классификация работ ТОиР по их воздействию на техническое состояние объекта эксплуатации позволяет определить место и роль каждой работы ТОиР в процессе технической эксплуатации ВС с позиций формирования потребности каждого изделия в конкретных работах ТОиР. Любая целевая работа ТОиР может быть выполнена как при техническом обслуживании, так и при ремонте, следовательно, понятия «техническое обслуживание» и «ремонт» отделяются от содержания выполняемых работ и увязываются только с организацией выполнения ТОиР, что обеспечивает интеграцию процессов ТОиР в единый процесс технической эксплуатации, обеспечивающий решение основных задач системы ТЭ ВС в логической последовательности этапов формирования необходимых объемов целевых работ ТОиР и их последующего распределения по видам обслуживания и ремонта в соответствии с действующими положениями экономики и организации производства авиапредприятий и ремонтных заводов и на основе заданных ограничений по условиям и качеству выполнения каждой целевой работы ТОиР.

Таким образом, при формировании системы ТЭ возникает задача определения потребности объектов ТОиР в целевых работах ТОиР и установлении планового или внепланового принципа их выполнения. Решение этой задачи требует классификации объектов ТОиР относительно их потребности в выполнении целевых работ различных видов и групп, которая рассматривается ниже.

2.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ В СИСТЕМЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Основными характеристиками изделий авиационной техники в системе ТЭ ВС являются уровни их эксплуатационной и ремонтной технологичности, которые определяют их приспособленность к технической эксплуатации. С другой стороны, потребность изделия АТ в работах ТОиР характеризуется видом изделия (восстанавливаемое и невосстанавливаемое, обслуживаемое и необслуживаемое, ремонтируемое и неремонтируемое) и определяется в комплексе с параметрами надежности. Очевидно, что приспособленность изделия АТ к выполнению работ ТОиР в системе ТЭ ВС должна определяться потребностью каждого изделия в выполнении этих работ. Приведенная в разделе 2.1. классификация работ ТОиР позволяет дать следующие уточнения понятий и определений эксплуатационных качеств изделий в системе ТЭ ВС [7]:

- эксплуатационная технологичность (ЭТ) - технологичность конструкции изделия авиационной техники к выполнению работ технологического обслуживания;
- ремонтная технологичность (РТ) - технологичность конструкции изделия авиационной техники к выполнению при техническом обслуживании (ремонте) работ по поддержанию и (или) восстановлению надежности;

- контролепригодности(**КП**) - свойство изделия авиационной техники, характеризующее его приспособленность к проведению работ по контролю (диагностированию) технического состояния заданными средствами.

Данные определения стандартизованы в отрасли ГА, не противоречат стандартам общего машиностроения и ставят каждое понятие в соответствие одному виду работ, что определяет конкретное место и роль указанных понятий в системе ТЭ. Понятие «ремонтпригодность» исключается, т.к. его функции полностью входят в определения **РТ** и **КП**.

Соответственно данным определениям изменяются и определения видов изделий:

- обслуживаемое изделие - объект, имеющий потребность в работах технологического обслуживания в ожидаемых условиях эксплуатации;
- необслуживаемое изделие - объект, не имеющий потребности в работах технологического обслуживания в ожидаемых условиях эксплуатации;
- восстанавливаемое изделие - объект, для которого потребность в работах по поддержанию и восстановлению надежности установлена в эксплуатационной и (или) ремонтной документации для ожидаемых условий эксплуатации;
- невосстанавливаемое изделие - объект, для которого потребность в работах по поддержанию и восстановлению надежности не установлена в эксплуатационной и (или) ремонтной документации для ожидаемых условий эксплуатации.

Данные определения ставят вид изделия в соответствие одному виду целевых работ, а понятия «ремонтируемое изделие» и «неремонтируемое изделие» не имеют самостоятельного **значения**, т.к. относительно вида работ они **полностью** входят в понятия «восстанавливаемое» и «невосстанавливаемое», согласно которым ремонтные работы не выделены в самостоятельный вид.

Применение указанных определений позволяет классифицировать изделия относительно видов целевых работ **ТОиР** и планового или внепланового принципов назначения их к выполнению.

Понятие «обслуживаемость» увязано только с работами технологического обслуживания, поэтому только обслуживаемое изделие должно обладать качествами эксплуатационной технологичности, которые определяют приспособленность ВС к ожидаемым условиям эксплуатации и не связаны с летной **годностью** и исправностью ВС. Свойства ЭТ вводятся в систему ТЭ ВС директивно в виде **ограничений**, которые определяют техническое совершенство ВС относительно ожидаемых условий его эксплуатации и соответствие ожидаемых и реальных условий эксплуатации ВС. При их несоответствии у необслуживаемого изделия может появиться потребность в работах технологического обслуживания, и чтобы избежать этого, на этапах проектирования и изготовления ВС требуется обоснованная и достоверная оценка ожидаемых условий эксплуатации.

Понятие «восстанавливаемость» увязано только с работами по поддержанию и восстановлению надежности, поэтому только восстанавливаемое изделие должно обладать качествами ремонтной технологичности, которые определяют приспособленность изделия как составной части ВС к выполнению этих работ в

ожидаемых условиях эксплуатации ВС, что также требует качественной и количественной оценки влияния этих условий эксплуатации на техническое состояние изделий. Свойства РТ вводятся в систему ТЭ ВС в виде ограничений на летную годность ВС в процессе его эксплуатации до списания.

Понятие «контролепригодность» увязано только с работами по контролю технического состояния, которые являются общими для всех изделий АТ. Потребность изделий в этих работах определяется требованиями к летной годности ВС в процессе эксплуатации, которые, в зависимости от характеристик надежности изделий и последствий отказов, формируют требования к контролю по глубине, достоверности, режимам, методам и технологиям. Согласно действующим нормативам ВС, допускаемое к полету, должно быть полностью исправно или при наличии отказов и неисправностей они должны входить в перечень допустимых отказов и неисправностей (**MMEL/MEL**), но в обоих случаях для принятия решения о допуске ВС к полету требуется информация о техническом состоянии ВС, получаемая по результатам контроля.

Комплекс указанных определений с единых методических позиций позволяет формировать потребность изделий АТ в работах ТОиР. С этих позиций ВС в целом рассматривается как объект эксплуатации, летная годность и готовность которого к применению обеспечивается выполнением работ ТОиР на отдельных его элементах (**системах**, изделиях, **узлах**, деталях). В ВС как объекте ТОиР выделены две группы элементов: конструктивные и неконструктивные [11]:

1. Конструктивный элемент (**Е**) - отдельное, входящее в состав ВС изделие (агрегат, **блок**, узел, деталь), представленное физически отделяемыми образцами.

2. Неконструктивный элемент (**Г**) - физически не отделяемые элементы, обеспечивающие необходимую активную связь или функционирование конструктивных элементов и представленные в виде распространенной материальной сущности или зафиксированного труда.

Очевидно, что элементы любой группы могут быть как обслуживаемые, так и необслуживаемые, но относительно потребности в работах по поддержанию и восстановлению надежности в каждой группе могут быть выделены следующие категории:

Е₁ - невосстанавливаемые, несменяемые элементы, которые с заданной вероятностью отработают ресурс (срок службы) до списания ВС;

Е₂ — невосстанавливаемые, сменяемые элементы, которые с заданной вероятностью потребуют периодической замены при отработке ресурса (срока службы) до списания ВС;

Е₃ — восстанавливаемые, несменяемые элементы, которые с заданной вероятностью отработают ресурс (срок службы) до списания ВС при условии периодического восстановления;

Е₄ - восстанавливаемые, сменяемые элементы, которые с заданной вероятностью потребуют периодического восстановления и периодической замены при отработке ресурса (срока службы) до списания ВС;

Г₁ - невосстанавливаемые элементы, которые с заданной вероятностью сохранят свои свойства при отработке ресурса (срока службы) до списания ВС;

- G_2 - восстанавливаемые элементы, которые с заданной вероятностью потребуют полного возобновления своих свойств при отработке ресурса (срока службы) до списания ВС;
- G_3 — восстанавливаемые элементы, которые с заданной вероятностью потребуют частичного возобновления своих свойств при отработке ресурса (срока службы) до списания ВС;
- G_4 - восстанавливаемые элементы, которые с заданной вероятностью потребуют периодического частичного возобновления и периодического полного возобновления своих свойств при отработке ресурса (срока службы) до списания ВС.

Для конструктивных элементов критерием их годности к применению является нормативное значение функции надежности (P_H), которая в общем случае монотонно убывает при увеличении наработки. Годность неконструктивных элементов, характеризуется нормативным значением параметра качества (P_H), зависимость которого от наработки в общем случае, может быть произвольного вида.

Классификация конструкции, изделий и оборудования современных типов ВС гражданской авиации, находящихся в эксплуатации и на этапах разработки, приводится в табл. 2.2 и 2.3.

Из приведенных определений и классификации элементов формулируются следующие заключения.

Элементы $E \setminus$ не имеют потребности к восстановлению и соответственно не нуждаются в свойствах РТ. Отказ таких элементов должен классифицироваться как событие крайне маловероятное ($X = 10^{-7} - 10^{-9}$ 1/ч полета), и при отработке ресурса (срока службы) до списания ВС функция надежности этих элементов с заданной доверительной вероятностью должна быть не менее заданного нормативного значения (рис. 2.1, а). Однако элементы $E \setminus$ являются основными в конструкции ВС и его систем, и случайный отказ таких элементов наиболее опасен по возможным последствиям, поэтому в процессе эксплуатации допустим контроль работоспособности или исправности элементов $E \setminus$ с целью выявления возможных конструктивных и производственных недостатков или случайных повреждений при нарушении ожидаемых условий эксплуатации.

Элементы E_2 имеют потребность в периодической замене, которая может выполняться как плановая через интервалы наработки, так и внеплановая по результатам контроля состояния. Замена элементов E_2 восстанавливает летную годность ВС, поэтому РТ не определяет эксплуатационных качеств таких элементов. После замены элементы E_2 могут восстанавливаться или списываться, что определяется только по экономическим и организационным соображениям. В эксплуатации должны контролироваться наработка или состояние элементов E_2 для определения моментов замены, а также может выполняться контроль исправности (работоспособности) для выявления случайных отклонений в техническом состоянии. При отработке ресурса до списания (T_H) ВС i -е элементы E_2 (i) заменяются ($n_i - 1$) раз на новые (рис. 2.1, б).

Элементы E_3 периодически восстанавливаются, поэтому должны обладать свойствами РТ, показатели которой определяют эксплуатационные качества этих элементов в системе **ТОиР** ВС. Восстановление этих элементов может выполняться планово или внепланово, поэтому в процессе эксплуатации должны контролироваться их наработка или техническое состояние для определения моментов замены и может проводиться контроль исправности (работоспособности) для выявления случайных отклонений в техническом состоянии. Восстановление безотказности ВС при восстановлении элементов E_3 на протяжении T_H показано на рис. 2.1, в, г. В варианте в полагается, что в моменты t_i производится частичное восстановление элемента E_3 таким образом, чтобы после $(n_i - 1)$ -го восстановления на интервале $(T_H - t_i; T_H)$ обеспечивалось с требуемой вероятностью условие $P(t \leq T_H) \geq P_H$.

Элементы E_4 являются наиболее слабыми по долговечности и стабильности эксплуатационных качеств и имеют потребность в периодическом восстановлении каждого $(n_i - 1)$ раз и замене при n_i -м восстановлении на новое. Эти элементы должны обладать высоким уровнем РТ, обеспечивающим выполнение работ по восстановлению и замене. Восстановление летной годности ВС при восстановлении E_4 показано на рис. 2.1, д, е для вариантов полного и неполного восстановления через интервалы t_i с заменой через $t_i \cdot n_i$, что аналогично изложенному для элементов E_2 и E_3 .

Для определения моментов восстановления и замены элементов E_4 необходим контроль наработки или технического состояния, а также допустим контроль исправности (работоспособности) для выявления случайных отклонений в техническом состоянии.

Значение функции $P(t)$ в произвольный момент времени для элементов группы E определяется законом и параметрами распределения случайных величин ξ_i , определяющих реализацию случайной наработки элемента E до первого отказа, но во всех случаях функция $P(t)$ определяет надежность «стареющих» элементов E согласно их моделям надежности. Экспоненциальное распределение ξ_i соответствует смыслу рис. 2.1, а для элементов E с постоянной интенсивностью отказов при $\lambda < 10^{-9}$ 1/ч, однако модель «стареющего» изделия может быть получена также и сложением экспоненциальных распределений для всех его элементов E .

Характеристики элементов группы G в целом аналогичны соответствующим элементам группы E , что показано на рис. 2.2 для случая монотонно убывающего по наработке параметра качества P .

При монотонно возрастающем параметре качества P схема сохраняется перестановкой начального и нормативного значений P с отсчетом наработки от T_H . Постоянное по наработке значение P соответствует смыслу рис. 2.2, а, а дискретное, периодическое или ступенчатое изменение среднего значения P свидетельствует о конструктивной ошибке или производственном недостатке данного элемента G .

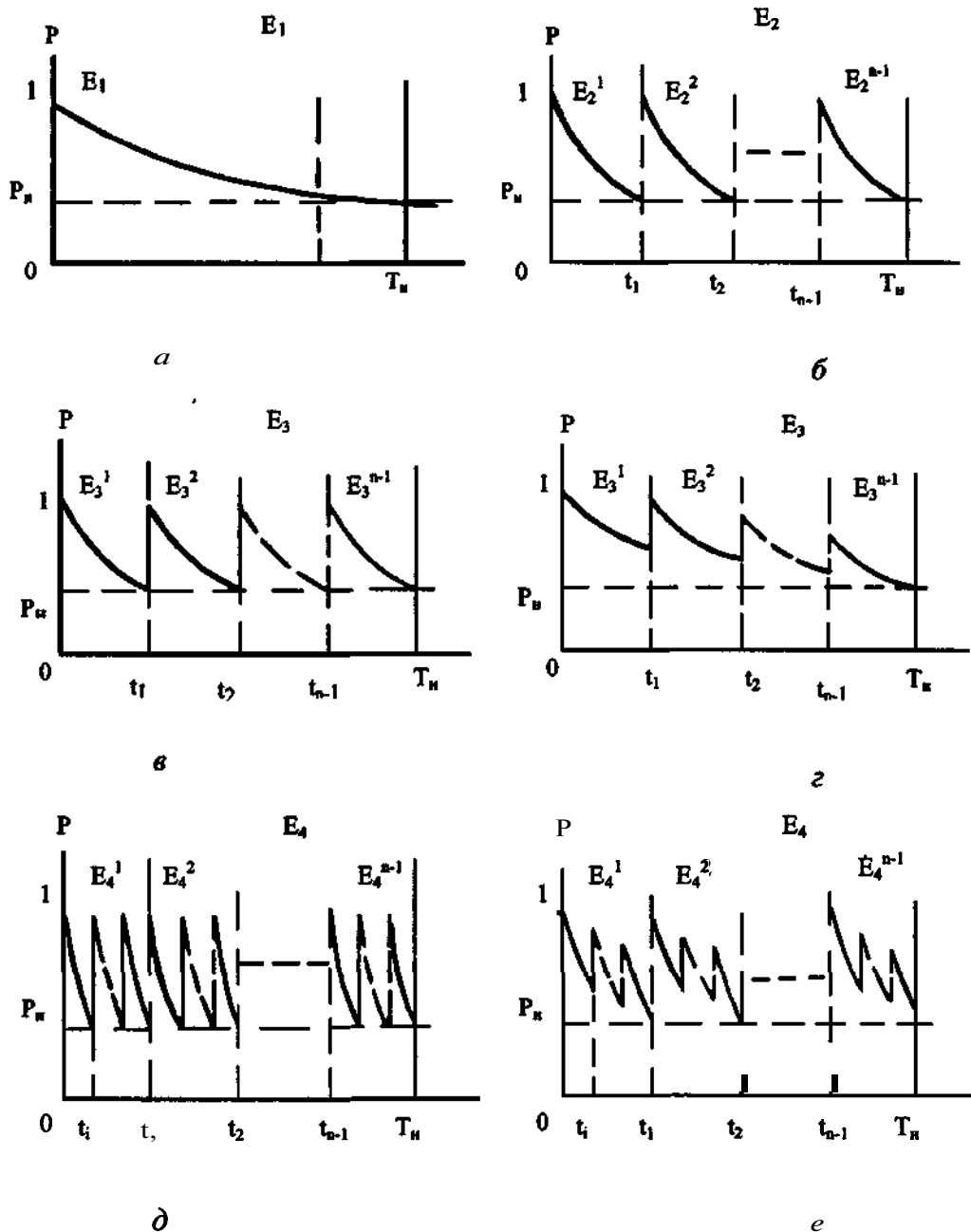


Рис. 2.1. Изменение надежности конструктивных элементов в процессе эксплуатации ВС

Элементы G_1 имеют потребность только в работах по контролю исправности для выявления нерасчетных изменений состояния. РТ элементов G_2 должна

обеспечивать возможность полного восстановления их качеств, что соответствует замене, для чего необходим контроль наработки и исправности. РТ элементов G_3 должна обеспечивать частичное возобновление их качеств, для чего необходимы работы по контролю наработки и (или) исправности, по результатам которых через интервалы t_i выполняются восстановления (рис. 2.2, в).

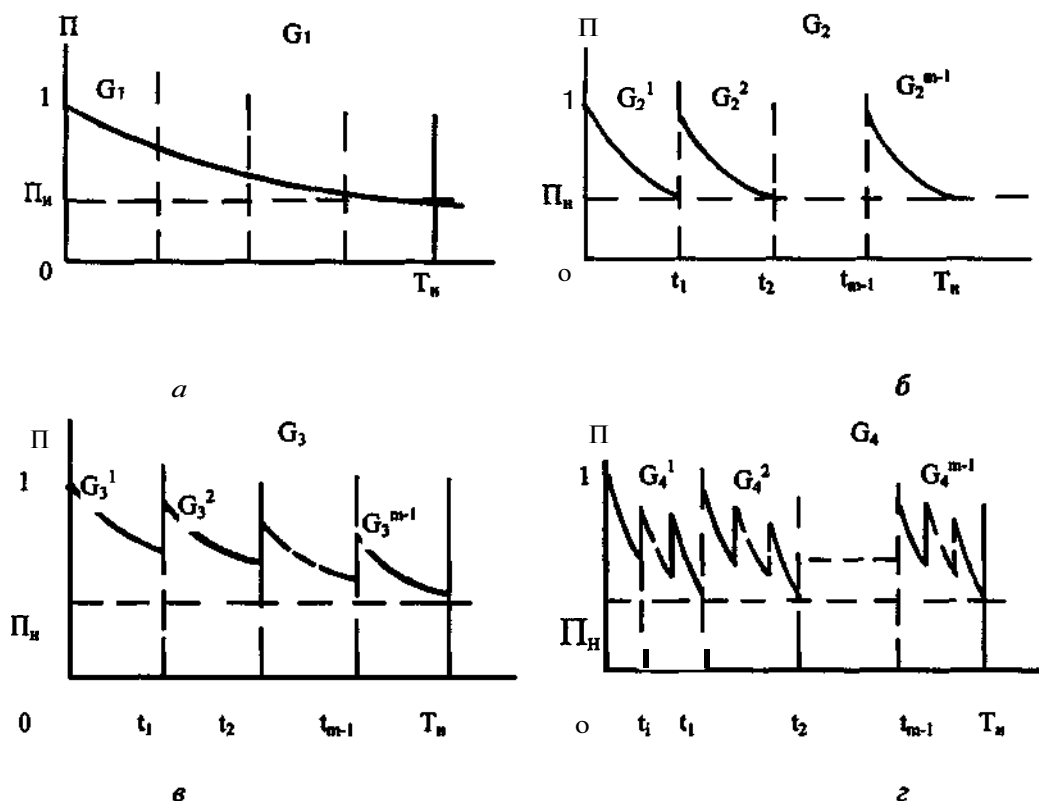


Рис. 2.2. Изменение параметров качества неконструктивных элементов в процессе эксплуатации ВС

РТ элементов G_4 как наиболее нестабильных по сохранению эксплуатационных качеств должна обеспечивать частичное и полное возобновление их качеств, для чего необходимы работы по контролю наработки, исправности или работоспособности, по результатам которых выполняется восстановление (рис. 2.2, г).

Глубина членения систем, изделий и оборудования ВС на категории элементов E и G определяется той задачей, которая решается на конкретном этапе формирования системы ТЭ ВС. На этапе проектирования ВС, элементы необходимо рассматривать на уровне деталей, их соединений и покрытий, что позволяет избежать ошибок в определении требуемых характеристик ЭТ, РТ и КП. На этапе изготовления и испытаний ВС достаточен уровень сборочных единиц

(узлов, блоков, агрегатов), их соединений и функциональных параметров, что позволяет оценить обоснованность конструктивных решений в реальных условиях эксплуатации.

Таблица 2.2

**Укрупненная классификация изделий и оборудования ВС
по категориям конструктивных элементов**

Элемент	Изделия, агрегаты, узлы и детали конструкции планера , систем и оборудования ВС
E₁	Базисные элементы конструкции планера (лонжероны, балки, силовые шпангоуты и нервюры , силовые элементы центроплана , кессоны крыла , узлы стыковки крыла , киля, стабилизатора с фюзеляжем и т.д.). Несъемное оборудование систем ВС (кронштейны, трубы, качалки, фитинги). Несъемное оборудование АиРЭО (жгуты электропроводки, монтажные жгуты, антенны и т.д.)
E₂	Неремонтопригодные элементы планера с ограниченным ресурсом (направляющие, съемные кронштейны, фитинги , подшипники , узлы навески крышек люков). Неремонтопригодные агрегаты систем (штуцера , горловины, датчики, тросы, тяги, короба , концевые выключатели, клапана и т.д.). Неремонтопригодные изделия АиРЭО (реле, контакторы, переключатели, преобразователи, антенные блоки, индикаторы, датчики, АЗС и т.д.), остекление
E₃	Несиловые элементы планера (обшивки негерметичных частей, зашивки, зализы, законцовки); ремонтпригодные агрегаты систем (трубы СКВ, СРД , ПОС , распределительные устройства , электрические разъемы и т.д.)
E₄	Ремонтпригодные изделия и агрегаты систем (насосы, приводы, краны, агрегаты шасси); ремонтпригодное оборудование АиРЭО (комплексы, передатчики, приемники, РЛС, антенны), бытовое оборудование, светотехническое оборудование, двигатель

Таблица 2.3

**Укрупненная классификация соединений, сборок, рабочих тел и покрытий ВС
по категориям неконструктивных элементов**

Элемент	Соединения, сборки, рабочие тела и покрытия изделий, систем и оборудования ВС
G₁	Стыковые соединения силовых элементов планера (центроплана с фюзеляжем, крыла , киля и стабилизатора), стенки с полками лонжеронов , балок, шпангоутов , заклепочные швы герметичных частей фюзеляжа и киля, узлы крепления несъемного оборудования систем ВС (шасси, управления, СКВ, СРД ПОС, ПОЖ, бытового, грузового и т.д.), оборудования АиРЭО (жгутов, антенн, приборов) на планере
G₂	Ремонтпригодные стыковые соединения силовых элементов конструкции планера , полностью заменяемая смазка в изделиях самолетных систем и оборудования, бытовое оборудование (облицовка салонов, крепления коробов , панелей), полностью восстанавливаемые защитные, лакокрасочные покрытия и герметики , ремонтные регулировки изделий и оборудования

Элемент	Соединения, сборки, рабочие тела и покрытия изделий, систем и оборудования ВС
G_3	Подтяжка заклепочных швов конструкции планера , выборка люфтов соединений элементов конструкции, подкраска , восстановление покрытий в местах коррозии, восстановление герметизации соединений, регулировка в узлах управления, крепления в люках, створках
G_4	Рабочая жидкость гидросистемы и маслосистемы силовой установки, спецжидкости и газы, винтовые соединения в съемных элементах планера (зашивки, зализы, законцовки), регулировки заменяемых или снимаемых с ВС изделий и оборудования самолетных систем и АиРЭО , мягкий инвентарь бытового оборудования, все виды соединений, стыковок и крепления съемных агрегатов и изделий самолетных систем, АиРЭО, планера

Таблица 2.4

Классификация элементов по приспособленности к целевым работам ТОНР

Категории элементов	Вид элемента	Приспособленность к работам					Характеристики		
		по восстановлению	по замене	по контролю			ЭТ	РТ	кп
				наработки	исправности	работоспособности			
E_1	обслуживаемый	—	—	—	+	—	+	—	+
E_1	необслуживаемый	—	—	—	—	+	—	—	+
E_2	обслуживаемый	—	+	+	+	+	+	—	+
	необслуживаемый	—	+	+	+	+	—	—	+
E_3	обслуживаемый	+	—	+	+	—	+	+	+
	необслуживаемый	+	—	+	—	+	—	+	+
E_4	обслуживаемый	+	+	+	+	+	+	+	+
	необслуживаемый	+	+	+	+	+	—	+	+
G_1	обслуживаемый	—	—	—	+	—	—	—	+
	необслуживаемый	—	—	—	+	—	—	—	+
G_2	обслуживаемый	+	+	+	+	+	+	+	+
	необслуживаемый	+	+	+	+	+	—	+	+

Категории элементов	Вид элемента	Приспособленность к работам					Характеристики		
		по восстановлению	по замене	по контролю			ЭТ	РТ	КП
				наработки	исправности	работоспособности			
G_3	обслуживаемый	+	–	+	+	–	+	+	+
	необслуживаемый	4	–	+	–	+	–	+	+
G_4	обслуживаемый	+	+	+	+	+	+	+	+
	необслуживаемый	+	+	+	–	+	–	+	+

На этапе эксплуатации ВС категории элементов определяются на уровне сменных блоков, восстанавливаемых деталей, эксплуатационных и технологических разъемов, узлов стыковки и крепления, а также входных и выходных параметров функционирования (регулируемых и нерегулируемых) систем и изделий, что позволяет адаптировать фактическую потребность ВС в работах ТОиР к реальным условиям их эксплуатации и производственной деятельности авиапредприятий.

Обобщенная классификация элементов E и G по их потребности в работах ТОиР и соответствующие требования по обеспечению характеристик ЭТ, РТ и КП этих элементов приведены в табл. 2.4, согласно которой априорно могут быть заданы исходные эксплуатационные качества элементов на этапе проектирования ВС.

Например, обслуживаемые элементы E не имеют потребности в целевых работах по восстановлению и замене, но могут иметь потребность в работах по контролю исправности, соответственно должны быть обеспечены качества ЭТ и КП этих элементов. Обслуживаемый элемент E_4 имеет потребность во всех видах целевых работ и должен обладать хорошими характеристиками ЭТ, РТ и КП, а необслуживаемый элемент E_4 в характеристиках ЭТ не нуждается и т.д.

Применение данной классификации обеспечивает ранжирование требований к изделиям АТ как объектам ТОиР по видам, группам и категориям элементов, которые определяют потребность в выполнении различных видов целевых работ ТОиР и соответственно формируют требования по приспособленности ВС к этим работам. Определив категорию элемента на любом этапе проектирования, изготовления, испытаний и эксплуатации АТ, можно сформулировать требования к эксплуатационным качествам этого элемента в системе ТЭ ВС и оценить выполнение этих требований. Но формулировка и оценка требований к эксплуатационным качествам элементов требует нормативной базы для их **расчета**, т.к. в общем случае требования каждого элемента могут быть удовлетворены **полностью**, однако эффективность эксплуатационных качеств ВС в целом как объекта в системе ТЭ может быть реализована при этом на различных уровнях.

2.3. НОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВС

Нормирование эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) является начальным этапом формирования характеристик СТЭ и проектирования ВС как объекта ТЭ. Заказчик ВС задает такие требования к эксплуатационным качествам, которые обеспечивают эффективную техническую эксплуатацию ВС в ожидаемых условиях эксплуатации, а разработчик реализует такие конструктивные решения при проектировании, которые обеспечивают техническое совершенство ВС и реализацию нормативных требований заказчика. ЭТХ **включают** в себя показатели эксплуатационной и ремонтной технологичности, надежности и контролепригодности ВС в системе ТЭ согласно рассмотренной классификации целевых работ ТОиР относительно групп и категорий элементов конструкции ВС, его систем, изделий и оборудования.

Современное ВС гражданской авиации представляет комплекс сложных многофункциональных систем, каждая из которых включает **50–100** типов изделий и, соответственно, значительно большее число элементов *E* и *G* по классификации раздела 2.2. Жесткие ограничения на геометрическую конфигурацию планера ВС, а следовательно, и на условия размещения в нем систем, изделий и оборудования ВС определяют ограничения на приспособленность различных изделий и оборудования к выполнению целевых работ ТОиР, которые препятствуют удовлетворению потребности элементов *E* и *G* в этих работах согласно видам и категориям элементов. Следует учитывать, что приспособленность ВС в целом к технической эксплуатации реализуется в реальных условиях эксплуатации, характеризующихся многообразием переменных факторов воздействия на составные части каждого конкретного экземпляра ВС данного **типа**, что определяет дополнительные требования к приспособленности этих изделий и **оборудования** к целевым работам ТОиР во всех ожидаемых условиях эксплуатации ВС.

Разработчик и изготовитель ВС обеспечивают приспособленность его систем, изделий и оборудования для выполнения на них всех необходимых работ ТОиР с установленными режимами и в ожидаемых условиях эксплуатации **согласно** эксплуатационной документации. Однако **эксплуатанта** интересует конечный результат технической эксплуатации ВС, выражаемый характеристиками СТЭ типа ВС в целом, а не приспособленностью отдельных составных частей ВС к выполнению работ ТОиР. Как показывает **практика**, обобщенное **нормирование** требований по приспособленности отдельных составных частей систем, изделий и оборудования ВС к целевым работам ТОиР без учета их потребности в этих работах и условий эксплуатации ВС и на этой основе **нормирования требований** на ВС не определяют характеристики СТЭ типа ВС в целом. Задача обеспечения приспособленности ВС к эффективной технической эксплуатации может быть решена нормированием требований по приспособленности ВС в целом к ожидаемым условиям эксплуатации и последующим распределением нормативов между **системами**, изделиями и оборудованием ВС в соответствии с их классификацией по видам и категориям (см. табл. 2.2 - 2.4) в **приводимой** далее последовательности этапов.

1. Нормирование ЭТХ для типа ВС.
2. Распределение нормативов ЭТХ для ВС между системами, изделиями и оборудованием ВС.
3. Выбор элементов E и G систем и изделий для обеспечения заданных требований к ВС в целом.
4. Оценка соответствия ЭТХ ВС нормативным требованиям на этапах проектирования, испытаний и **эксплуатации**.

Таким образом, принципы нормирования ЭТХ ВС как исходный этап формирования характеристик **СТЭ** определяют методологию и содержание всех последующих этапов по созданию ВС как эффективного объекта технической эксплуатации.

Результаты исследований и анализ отечественного и зарубежного опыта разработки, испытаний и эксплуатации различных типов ВС ГА показали, что эффективность технической эксплуатации ВС в реальных условиях достаточно полно может характеризоваться следующими комплексными показателями:

- удельной средней суммарной трудоемкостью ТО $-K_{\text{ТТО}}$ (чел.-ч/ч налета);
- удельной средней суммарной трудоемкостью ремонта $-K_{\text{ТР}}$ (чел.-ч/ч налета);
- средней продолжительностью транзитного ТО $-t_{\text{T}}$ (мин);
- вероятностью восстановления исправности в заданное время $-P_{\text{в}}\{t_{\text{зад}}\}$;
- удельной средней стоимостью материалов и запчастей $-K_{\text{с.м.з}}$ (дол. США/ч налета).

Показатели $K_{\text{ТТО}}$ и $K_{\text{ТР}}$ характеризуют затраты труда при ТОиР на единицу наработки ВС, t_{T} - простой ВС при плановом оперативном использовании по назначению, а $P_{\text{в}}$ - характеризует регулярность полетов через показатели надежности и технического совершенства ВС, которые отражает и показатель $K_{\text{с.м.з}}$.

В общем случае, Γ -й комплексный показатель эффективности есть функционал (6) вида [10]:

$$P_{i3} = P_{i3H} \theta \left\{ f_{ij}(\Delta x_j), \varphi_{in}(\Delta k_n) \right\}, \quad (2.2)$$

где P_{i3}, P_{i3H} - показатели эффективности, реальные и нормативные **соответственно**;

$f_{ij}(\Delta x_j) \quad j=1, k_f$ функции влияния условий эксплуатации;

$\varphi_{in}(\Delta k_n) \quad n=1, l_i$ - функции влияния категории и вида элементов.

Задача нормирования сводится к выбору P_{i3H} , функционально связанных с f_{ij} и φ_{in} и обеспечивающих объективную оценку их значений на всех этапах **разработки** ВС и формирования программы ТОиР как основы системы технической эксплуатации ВС.

В результате выполненных исследований показатели ЭТВ ВС - P_{i3H} **нормированы** относительно следующих функций:

- массы пустого ВС $-f(m), T$;

- средней наработки на неисправность – $f(T_c)$, ч;
- продолжительности типового полета – $\varphi(\tau_{\text{тп}})$, мин;
- среднего суточного налета – $\varphi(w_c)$, ч.

Все другие виды связей из (2.2) есть постоянные ограничения на характеристики СТЭ, вводимые для данного типа ВС и ожидаемых условий его эксплуатации.

Функция $f(m)$ характеризует связь значений показателей ЭТХ с массой пустого ВС данного **типа**, которая при современных методах проектирования в целом характеризует конструктивно-технические особенности ВС, его класс и **соответственно** часть характеристик технической **эксплуатации**, обусловленных классом ВС.

Функция $f(T_c)$ характеризует связь значений показателей ЭТХ с качеством проектирования и изготовления, проявляющемся через показатели безотказности ВС, его изделий и оборудования в реальных условиях испытаний и эксплуатации.

Функция $\varphi(\tau_{\text{тп}})$ характеризует связь величины простоев ВС на основной форме оперативного обслуживания при регулярной эксплуатации с продолжительностью полета и, соответственно, с удельными объемами работ технологического обслуживания и классом ВС, а через технологические процессы выполнения этих работ – с техническим совершенством ВС, проявляющемся в приспособленности отдельных изделий и оборудования ВС к данным видам работ в принятых условиях эксплуатации и организации выполнения оперативного технического обслуживания.

Функция $\varphi(w_c)$ связывает объемы работ технологического обслуживания через удельную частоту выполнения ТО в начале и конце летного дня с принятой структурой оперативных форм ТО и продолжительностью оперативного **цикла**, которые, в свою очередь, характеризуют совершенство эксплуатационной документации, реализованное через принятые методологические принципы формирования регламента ТО на основе учета конструктивных **особенностей** ВС, условий его эксплуатации, организации процессов ТЭ, и применяемых методов эксплуатации изделий и средств их обслуживания.

Нормирование комплексных показателей ЭТХ ВС относительно указанных функций связи, включая выбор вида функций, выполнено на основе обработки на ЭВМ статистических данных о процессах технической эксплуатации отечественных и зарубежных типов ВС с учетом существующих тенденций развития конструкций и методов эксплуатации ВС гражданской авиации с применением известных методов статистического оценивания и прогнозирования параметров [11, 12, 13].

Нормативные значения показателя $K_{\text{тто}}$ определены с учетом применения прогрессивных методов эксплуатации изделий ВС в целом, но без учета затрат на поиск и устранение отказов и неисправностей ВС и представлены следующей зависимостью:

$$K_{\text{ТТО}} \leq \frac{1,35}{\tau_{\text{ТП}}} m_{\text{пуст}}^{0,301} + \left(0,301 + \frac{3,78}{7 w_c} \right) m_{\text{пуст}}^{0,503} \quad (2.3)$$

или упрощенно

$$K_{\text{ТТО}} = \left(\frac{1,35}{\tau_{\text{ТП}}} \right) m_{\text{пуст}}^{1/3} + \left(0,3 + \frac{3,8}{7 w_c} \right) m_{\text{пуст}}^{1/2},$$

где $\tau_{\text{ТП}}$ - продолжительность типового полета, ч;

$m_{\text{пуст}}$ - масса пустого ВС, которая представлена номограммой на рис. 2.3, т.

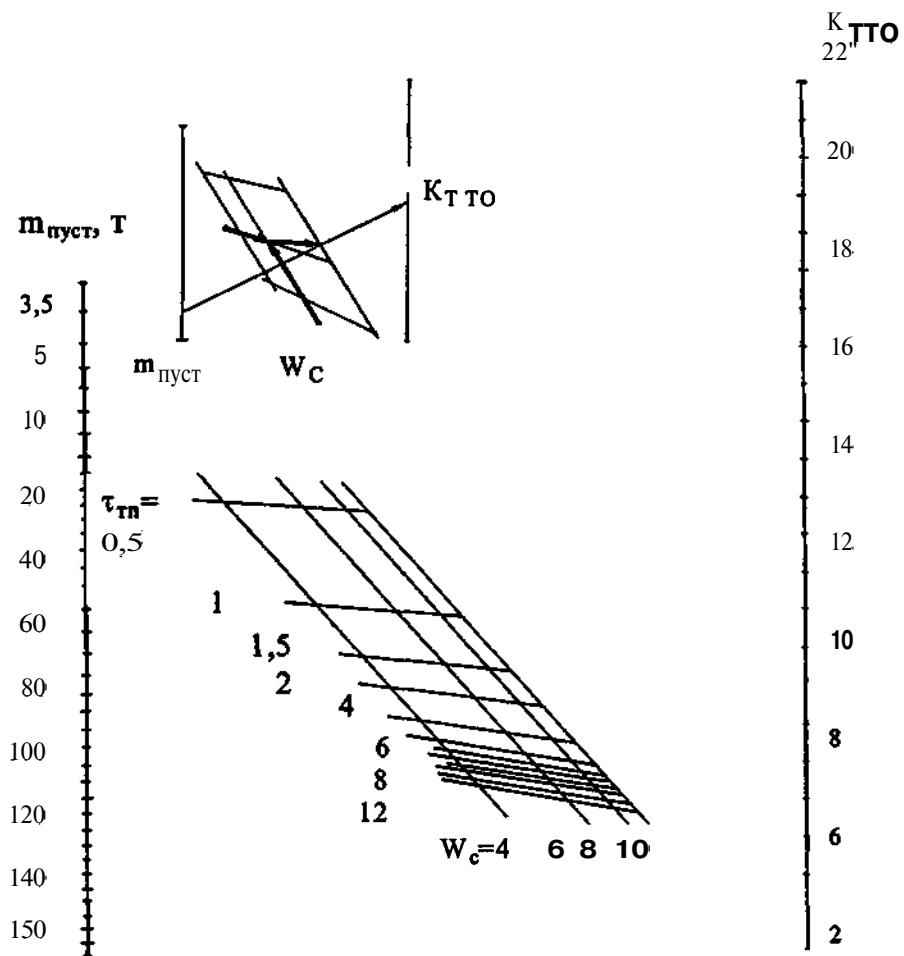


Рис. 2.3. Номограмма для определения нормативных значений удельной трудоемкости технического обслуживания $K_{\text{ТТО}}$, чел.-ч/ч полета.

Для конкретного типа ВС нормативное значение $K_{\text{ТТО}}$ (рис. 2.3) определяется проекцией точки пересечения заданных значений $\tau_{\text{ТП}}$ и $w_{\text{С}}$ параллельно оси абсцисс до ее пересечения с прямой, соответствующей максимальному суточному налету $w_{\text{С}} > 10$ ч и далее с **прямой**, проведенной через эту точку и заданную массу пустого ВС на оси ординат, пересечение которой со шкалой нормативных значений $K_{\text{ТТО}}$ является искомой величиной показателя.

Нормативные значения показателя $K_{\text{ТР}}$ определены с учетом применения прогрессивных стратегий ремонта изделий ВС в целом и представлены зависимостью

$$K_{\text{ТР}} \leq 0,301 m_{\text{пуст}}^{0,503} \quad \text{или} \quad K_{\text{ТР}} = 0,3 m_{\text{пуст}}^{1/2}. \quad (2.4)$$

При указанных выше условиях значения $K_{\text{ТР}}$ полностью определяются массой пустого ВС, а все остальные факторы в системе **ТОиР** являются одинаковыми для всех ВС парка на каждом этапе отработки ресурса (срока службы) до списания.

Разделение общей удельной средней трудоемкости **ТОиР** на $K_{\text{ТТО}}$ и $K_{\text{ТР}}$ отражает сложившуюся структуру организации выполнения ремонта как самостоятельного вида восстановления АТ. Если ремонт организационно не выделяется, то общая удельная трудоемкость **ТОиР** может быть определена из выражения

$$K_{\text{ТТО}} \leq \frac{1,35}{\tau_{\text{ТП}}} m_{\text{пуст}}^{0,301} + \left(0,602 + \frac{3,78}{7w_{\text{С}}} \right) m_{\text{пуст}}^{0,503} \quad (2.5)$$

или

$$K_{\text{ТТО}} = \frac{1,35}{\tau_{\text{ТП}}} m_{\text{пуст}}^{1/3} + \left(0,6 + \frac{3,8}{7w_{\text{С}}} \right) m_{\text{пуст}}^{1/2}.$$

Упрощенная форма выражений 2.3 — 2.5 применяется для расчетов и обеспечивает достаточную точность оценок ЭТХ.

Нормативные значения $t_{\text{Т}}$ нормированы относительно продолжительности типового полета и представлены зависимостями вида:

$$a) \ t_{\text{Т}} = \begin{cases} 0,25; \tau_{\text{ТП}} \leq 1; \\ 0,25 + \frac{1}{6}(\tau_{\text{ТП}} - 1); 1 \leq \tau_{\text{ТП}} \leq 4; \\ 0,75; \tau_{\text{ТП}} \geq 4; \end{cases} \quad б) \ t_{\text{Т}} = \begin{cases} 0,5; \tau_{\text{ТП}} \leq 1 \\ 0,5 + \frac{1}{6}(\tau_{\text{ТП}} - 1), \\ 1,0; \tau_{\text{ТП}} \geq 4 \end{cases} \quad (2.6)$$

которые показаны на рис. 2.5. Вариант *a)* - для ближних и средних магистральных ВС, *б)* - для дальних магистральных ВС. Такое разделение обусловлено тем, что состав работ технологического обслуживания, выполняемых при транзитном **ТО**, является минимально необходимым для любого типа ВС, а объемы

этих работ определяются классом ВС через компоненты системы ТО. Значения t_T в (2.6) заданы при условиях выполнения только плановых работ предупредительного ТО по действующему регламенту ТО данного типа ВС и технологическому графику подготовки одиночного ВС с применением средств ТО, предусмотренных для транзитного аэропорта.

Нормативные значения $P_B(t_{зад})$ нормированы относительно $7c$ и t_T и определяются из номограмм, представленных на рис. 2.6, где T_C - наработка на отказ и неисправность, выявленные в полете и при всех видах ТО для ВС в целом.

Безотказность изделий и оборудования, выраженная через T_C для ВС в целом, определяет частоту появления неисправностей за единицу наработки ВС и, соответственно, количество неисправностей, накопившихся за типовой полет и подлежащих устранению при транзитном ТО (т.е. неисправностей, не входящих в перечень **MMEL/MEL**), а продолжительность транзитного ТО определяет располагаемое время для их устранения при принятом условии, что продолжительность устранения различных видов отказов и неисправностей подчиняется логарифмически-нормальному закону распределения случайных величин.

Трудозатраты на поиск и устранение неисправностей, по статистическим данным, в процессе эксплуатации составляют 30 - 40% от заданного норматива $K_{ТТО}$

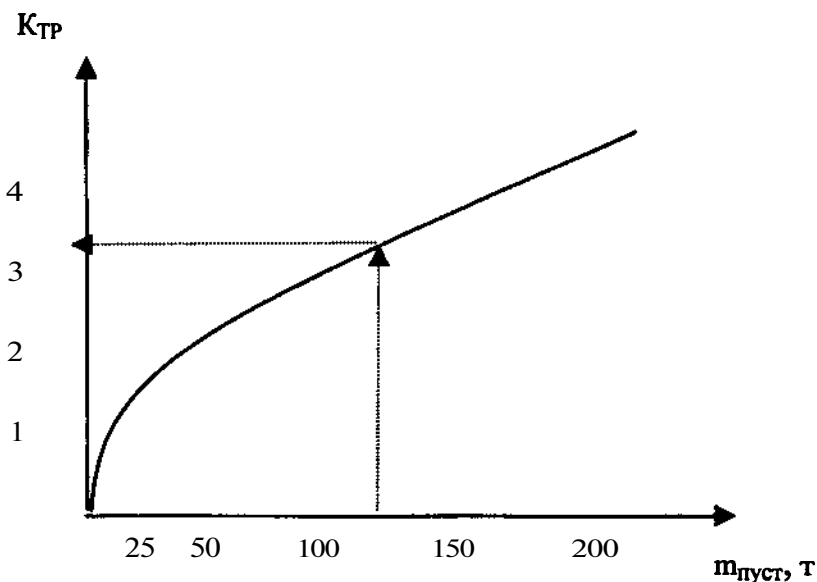


Рис. 2.4. Нормативные значения удельной трудоемкости ремонта $K_{Тр}$ (чел.-ч/ч налета)

Показатель $P_B(t_{зад})$ является ключевым в плане обеспечения эксплуатационной надежности ВС по конструктивно-производственным факторам, так как ставит альтернативу выбора категорий элементов, используемых в конструкции,

системах и оборудовании ВС, включая структурные схемы размещения элементов в системах.

Применение в конструкции и системах элементов категорий E_1 и E_2 , обладающих повышенной надежностью, увеличивает значение T_c , что, в свою очередь, повышает значение $P_B(t_{\text{зад}})$ и обеспечивает выполнение нормативных требований к регулярности при более низких показателях контролепригодности и ремонтпригодности. Применение элементов категорий E_3 и E_4 требует более высокой приспособленности конструкции к восстановлению, чтобы в условиях более частого проведения работ по устранению неисправностей обеспечить выполнение требований к регулярности за счет сокращения продолжительности работ по поиску и устранению неисправностей. Такой же результат может быть достигнут резервированием элементов систем, что позволяет расширить перечень **MMEL/MEL** и перенести работы по восстановлению исправности ВС с транзитного ТО на другие формы с большим резервом располагаемого фонда времени.

Разработанная система показателей ЭТХ ВС позволяет задавать нормативные требования к перспективным типам ВС гражданской авиации и оценивать их выполнение на этапах разработки, испытаний и эксплуатации **ВС**. Приведенные нормативы были разработаны для самолетов и введены межведомственным нормативным документом [14] в 1980 г.

При проектировании нового типа ВС в **ТЗ** на его постройку ВС задаются ожидаемые условия эксплуатации и соответствующие им нормативные значения ЭТХ. Разработчик ВС вправе использовать любые конструктивно-технологические принципы при проектировании элементов систем и оборудования при условии выполнения заданных требований ЭТХ для ВС в целом. Принятую идеологию обеспечения ЭТХ разработчик ВС доводит до разработчиков отдельных комплектующих изделий в виде **ТТ** на эти изделия, включая выбор категорий элементов.

На этапах разработки, испытаний и эксплуатации ВС периодически оцениваются фактические значения показателей ЭТХ и определяются нормативные их значения, соответствующие реальным условиям. Выполнение ограничений

$$K_{\text{ТТО(фак)}} \leq K_{\text{ТТО}}, \quad t_{\text{Т(фак)}} - t_{\text{Т}},$$

$$P_B(\text{фак}) \geq P_B, \quad (2.7)$$

где индексы «фак» соответствуют фактическим значениям показателей на данном этапе оценки ВС, является критерием выполнения нормативных требований по ЭТХ ВС в целом в реальных условиях.

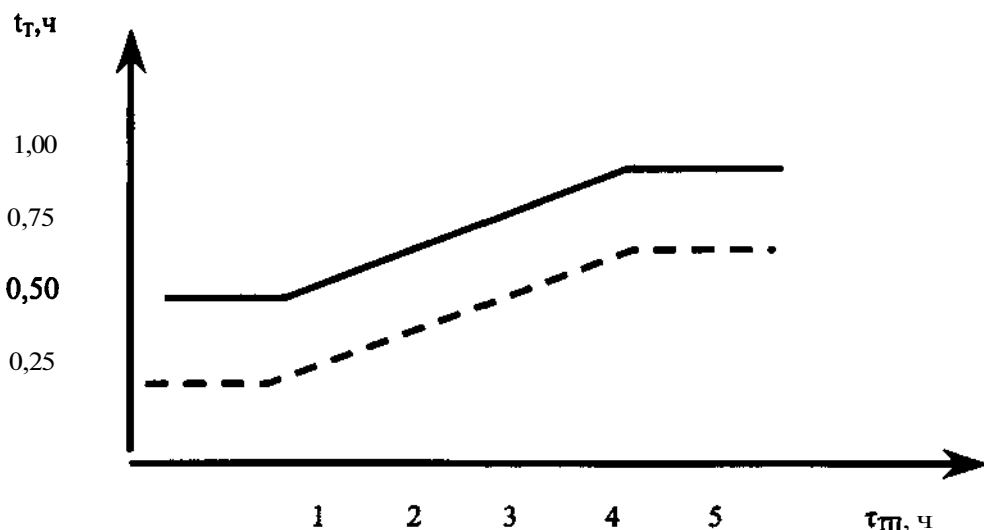


Рис. 2.5. Зависимость нормативных значений продолжительности транзитного технического обслуживания

Поскольку значение показателя K_{TP} может быть получено не ранее проведения опытного **ремонта**, на предшествующих этапах жизненного цикла ВС ожидаемое значение показателя $K_{TP(ОЖ)}$ определяется из выражения

$$K_{TP(ОЖ)} = \frac{K_{TTO(фак)}}{K_{TTO}} \cdot K_{TP}. \quad (2.8)$$

При формировании номенклатуры показателей ЭТХ и их нормативных значений, разделение работ ТООиР по видам и на плановые и неплановые не производится, так как это частные характеристики комплектующих изделий, а не ВС в целом. Все показатели в их взаимосвязи характеризуют эксплуатационные качества ВС по конечным характеристикам СТЭ ВС, а значения нормативных показателей ЭТХ в комплексе устанавливают адаптивное соотношение видов работ ТООиР и принципов их выполнения. **Так**, большой относительный объем неплановых работ при общем выполнении норматива по K_{TTO} приводит к невыполнению норматива по $P_{\{t_{зал}\}}$, а большой объем работ технологического обслуживания при тех же условиях приводит к невыполнению норматива по t_T и т.д.

Некоторые характеристики ЭТХ ВС и систем технической эксплуатации отечественных и зарубежных самолетов приведены в табл. 1.1 и 2.5 [4].

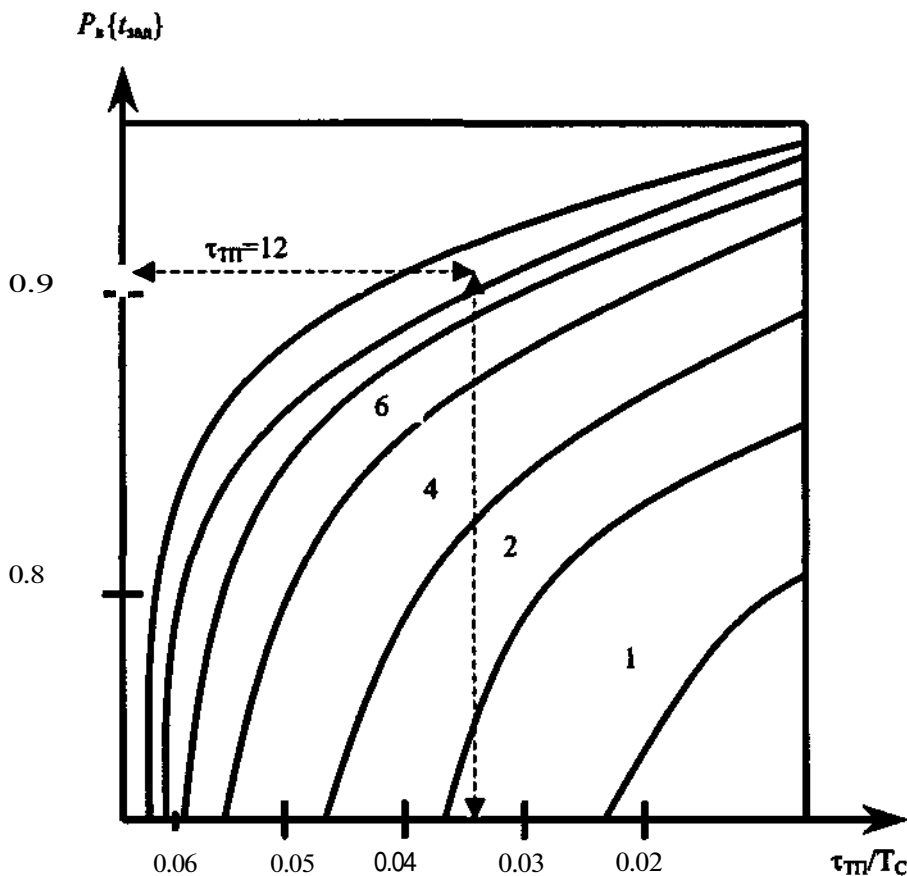


Рис. 2.6. Зависимость для определения нормативных значений вероятности восстановления в заданное время $P_{\pi}\{t_{зад}\}$

Разработанные нормативные показатели ЭТХ перспективных типов ВС определены при расчетном назначенном ресурсе T_H ВС в 30 000 л.ч, который является базовым для отечественных типов самолетов. При увеличении T_H очевидно будет возрастать доля элементов конструкции категорий $E_2 - E_4$, поддержание и восстановление технического состояния которых будет приводить к увеличению доли работ по поддержанию и восстановлению надежности (B_H) и соответствующему увеличению затрат на ТОиР ВС в целом. Статистические результаты обработки оперативных ЭТХ отечественных и зарубежных типов ВС ГА показывают, что соответствующие нормативные показатели $K_{ТТО}$ и $K_{ТР}$ при увеличении $T_H > 30\,000$ л.ч, должны увеличиваться на 2-3% на каждые 1000 л.ч эксплуатации ВС. Например, если ВС задан $T_H = 45\,000$ л.ч (самолет Ту-204), то соответствующий показатель $K_{ТТО}$, рассчитанный по (2.3) или номограмме (рис. 2.3), должен быть умножен на коэффициент 1,45 при эксплуатации самолета в интервале (30 000 - 45 000 л.ч).

С другой стороны, увеличение ресурса T_H для ВС в целом может быть достигнуто за счет увеличения числа агрегатов с ограниченным ресурсом и соответствующего увеличения замен этих агрегатов, что приводит к увеличению расходов на запчасти для обеспечения отработки увеличенного ресурса T_H . Аналогично возрастают расходы на запчасти при эксплуатации ВС сверх расчетных назначенных ресурсов (табл.4.9).

Нормы удельной стоимости (на 1 ч налета) материалов и запчастей на обеспечение технической эксплуатации ВС могут быть получены из соотношения

$$C = K_N \cdot K_{с.м.з} \cdot 30\,000, \quad (2.9)$$

где C - начальная стоимость базовой модели ВС, рассчитанной под ресурс $T_H=30\,000$ л.ч, дол. США;

K_N - корректирующий коэффициент расхода запчастей и материалов, зависящий от интервала наработки ВС:

$K_N = 2$ - в интервале (0 – 15 000 л.ч);

$K_N = 1$ - в интервале (15 001 - 30 000 л.ч);

$K_N=0,5$ - при наработке ВС свыше 30 000 л.ч;

$K_{с.м.з}$ - стоимость запчастей и материалов на ТЭ ВС, дол. США/ч налета.

Показатель $K_{с.м.з}$ является регулирующим, а не нормативным, т.к. стоимость запчастей и материалов на ТЭ ВС в той или иной форме может быть включена в цену ВС согласно условиям контракта поставки.

Следует отметить, что показатели ЭТХ t_T и $P_B\{t_{зд}\}$ не изменяются при увеличении T_H , т.к. /т определяется уровнем эксплуатационной технологичности ВС, а $P_B\{t_{зд}\}$ - надежностью изделий и оборудования ВС, регламентируемой НЛГ, независимо от величин T_H , и условиями применения перечней ММЕЛ/МЕЛ.

В табл. 2.5 приведены значения $K_{тто}$ для некоторых типов ВС ГА, из которой следует:

значения $K_{тто}$, по данным промышленности и совместной оценки при испытаниях ВС, получены **хронометражом** работ по технологическим картам и определяют оперативную составляющую $K_{тто}$ согласно рис. 1.1, т.е. определяют ЭТХ ВС в заданной структуре видов и форм ТО при заданных ЭТД технологиях выполнения работ ТО согласно регламенту ТО;

значения $K_{тто}$ по данным АТБ определяют корпоративную трудоемкость ТО и согласно рис. 1.1 включают все затраты труда на ТО ВС при существующих у **эксплуатантов** структуре и организации процессов ТЭ, т.е. являются фактическими характеристиками СТЭ типа ВС у **эксплуатанта**, в данном случае, МГА СССР.

Различие в величине оцениваемых показателей определяет и различие в нормируемых показателях ЭТХ ВС и фактических характеристиках СТЭ данного типа ВС у конкретных эксплуатантов, т.е. оперативные значения характеристик СТЭ определяют ЭТХ ВС и структуру ТОиР согласно программе ТОиР

Таблица 2.5

Удельная трудоемкость технического обслуживания пассажирских самолетов

Тип самолета	Оперативное ТО, чел.-ч/ч налета		Периодическое ТО, чел.-ч/ч налета			ТО, чел.-ч/ч налета		$\frac{МГА}{К_{ТОП}} \cdot \frac{прок}{К_{ТОП}}$	$\frac{МГА}{К_{ТТО}} \cdot \frac{прок}{К_{ТТО}}$
	по данным АТБ	по данным промышленности	по данным АТБ	по данным ЦНОТ	по данным совместной оценки	по данным АТБ	по данным промышленности 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 неплановое ТО.

данного типа ВС, а корпоративные значения характеристик СТЭ определяют реализацию программы ТОиР данного типа ВС у конкретного **эксплуатанта** в реальных условиях его производственной деятельности.

Для практического применения указанные принципы нормирования эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ) ВС реализованы в нормативном документе [6], основные положения которого приводятся ниже.

1. Типовые условия эксплуатации

Типовые условия эксплуатации определяют исходные расчетные условия, при которых должны задаваться, оцениваться и подтверждаться эксплуатационно-технические характеристики ВС, и распространяются на все типы перспективных ВС, если в ТЗ заказчика по согласованию с разработчиком, не установлены иные требования.

Заданию в ТЗ подлежат следующие показатели, характеризующие типовые условия эксплуатации ВС и обеспечиваемые его разработчиком:

- продолжительность типового полета ВС;
- средний годовой налет на ВС парка;
- продолжительность подготовки ВС к повторному вылету.

Продолжительность типового полета ВС задается на основе технико-экономического обоснования характеристик ВС (скорость полета, масса ВС), характеристик аэропортов (требований к **ВПП**), назначения и регионов применения ВС (средняя протяженность трасс, наличие запасных аэродромов по трассам, планируемых особенностей использования ВС).

Минимальный средний годовой налет, обеспечиваемый системой ТОиР, для ВС нормируется в зависимости от продолжительности типового полета по табл. 2.6.

Таблица 2.6

Значения среднего годового налета перспективных ВС ГА

Продолжительность типового полета ВС τ_n , ч	Средний годовой налет на ВС τ_r , ч налета
$1,0 \text{ ч} \leq \tau_n < 1,5 \text{ ч}$	2500
$1,5 \text{ ч} \leq \tau_n < 2,5 \text{ ч}$	3000
$2,5 \text{ ч} < \tau_n < 5 \text{ ч}$	3500
$\tau_n > 5 \text{ ч}$	4000

Средний годовой налет, обеспечиваемый системой ТОиР, для вертолетов задается экспертно, в зависимости от назначения и планируемых особенностей использования.

Продолжительность подготовки ВС к повторному вылету определяется технологическим графиком подготовки одиночного ВС, который включает все виды работ, предусмотренные регламентом технического обслуживания в техно-

логической последовательности их выполнения после завершения полета и перед началом последующего полета в течение летного дня без перерыва в использовании ВС.

Окончанием полета считается момент полной остановки двигателей, окончанием подготовки к повторному вылету считается момент окончания запуска двигателей без учета задержек по причинам, связанным с организацией полетов.

Продолжительность подготовки ВС к повторному вылету устанавливается в зависимости от продолжительности типового полета и максимального числа пассажиров (массы груза) по табл. 2.7.

Таблица 2.7

Продолжительность подготовки к повторному вылету перспективных самолетов ГА

Продолжительность типового полета, ч	Число пассажиров (масса груза)	Продолжительность подготовки к повторному вылету
$\tau_n \leq 2,5$	До 100 чел. (до 5 т)	25
	101–200 чел. (5–10 т)	30
	201 чел. и более (свыше 10 т)	40
$\tau_n > 2,5$	До 100 чел. (до 5 т)	30
	101–200 чел. (5–10 т)	35
	201 чел. и более (свыше 10 т)	45

Продолжительность подготовки вертолета к повторному вылету устанавливается в зависимости от максимальной грузоподъемности и потребности в дозаправке топливом, по табл. 2.8.

Таблица 2.8

Продолжительность подготовки к повторному вылету перспективных вертолетов ГА

Максимальная грузоподъемность	Продолжительность подготовки к повторному вылету, мин	
	С дозаправкой топливом	Без дозаправки топливом
До 0,5 т	15	10
0,5–2 т	20	15
Свыше 2 т	30	20

Перспективные уровни **эксплуатационно-технических** характеристик ВС определяют количественные характеристики эксплуатационной и ремонтной технологичности, контролепригодности и надежности ВС в зависимости от его назначения, класса и типовых условий эксплуатации.

Указанные ниже уровни обеспечивают необходимую эффективность технической эксплуатации ВС и распространяются на все типы перспективных ВС, если ТЗ и другой нормативной документацией на ВС не установлены иные уровни.

2. Эксплуатационная и ремонтная технологичность

Показатели, характеризующие ЭТ и РТ ВС:

- удельная суммарная оперативная трудоемкость $ТОиР (K_{ТС})$;
- удельная суммарная оперативная продолжительность $ТОиР (K_{П})$;
- удельные суммарные материальные затраты на техническое обслуживание и ремонт;
- средняя оперативная продолжительность замены двигателя;
- средняя оперативная продолжительность замены колеса;
- средняя продолжительность задержки отправок в рейс по техническим причинам;
- вероятность восстановления работоспособного состояния.

Значения удельной суммарной оперативной трудоемкости $ТОиР$ определяются для типовых условий эксплуатации в зависимости от массы конструкции ВС (m_K), продолжительности типового полета ($\tau_{П}$) по табл. 2.9. для базовой величины ресурса ВС до списания, равной 30 000 л.ч для самолетов и 12 000 л.ч для вертолетов.

Таблица 2.9

Значения показателя $K_{ТС}$ для перспективных ВС ГА

Масса конструкции, $m_K, т$	Удельная трудоемкость $K_{ТС}$ (чел.-ч/ч налета) при $\tau_{П}, ч$				
	до 1	до 2	до 4	до 8	более 8
10	4...5	3...4	2...3	—	—
11-20	6...7	5...6	4...5	—	—
21-40	7...8	6...7	5...6	—	—
41-60	8...9	7...8	6...7	5...6	—
61-80	9...10	8...9	7...8	6...7	5...6
81-100	—	9...10	8...9	7...8	6...7
101-120	—	10...11	9...10	8...9	7...8
более 120	—	—	10...11	8...9	7...8

При отличии заданного ресурса ВС от установленных базовых величин полученное по табл. 2.9. значение суммарной удельной оперативной трудоемкости $ТОиР (K_{ТС})$ увеличивается (уменьшается) на 0,5 чел.-ч/ч налета для каждого увеличения (уменьшения) ресурса в интервалах через 15 000 л.ч для самолетов, 6 000 л.ч для вертолетов по табл. 2.10.

Приведенные в табл. 2.8. значения $K_{ТС}$ включают удельную трудоемкость $ТО$ ВС (с учетом ремонтной формы или $КВР$), удельную трудоемкость ремонта двигателей и демонтированных в эксплуатации агрегатов и блоков оборудования.

При этом средняя трудоемкость ремонта двигателя не должна превышать величины

$$T_{р.дв} \leq 0,3P_{взл.}, \quad (2.9)$$

где $P_{взл.}$ – взлетная тяга двигателя, кгс;

Удельная трудоемкость ремонта демонтированных агрегатов и блоков оборудования принята равной

$$K_{т.р.агр.} = 0,15(K_{т.р.}^{вс.} + K_{т.р.}^{дв.}), \quad (2.10)$$

где $K_{т.р.}^{вс.}$ и $K_{т.р.}^{дв.}$ – удельные трудоемкости ремонтной формы (КВР) ВС и двигателя.

Значения удельной суммарной оперативной продолжительности ТОиР (K_n) определяются в зависимости от установленной продолжительности подготовки к повторному вылету и продолжительности типового полета:

$$\begin{aligned} \text{для самолета } K_n &= 0,4 + t_{п.в.}/\tau_n; \\ \text{для вертолета } K_n &= 0,2 + t_{п.в.}/\tau_n, \end{aligned} \quad (2.11)$$

где $t_{п.в.}$ – оперативная продолжительность подготовки к повторному вылету с дозаправкой топлива;

τ_n – продолжительность типового полета.

Значение K_n задано при условии, что продолжительность ТО определена технологическими графиками выполнения каждой формы ТО, а продолжительность восстановлений (ремонтов) ограничивается только технически обоснованным объемом работ на ВС.

Значения удельных суммарных материальных затрат на ТОиР ($K_{с.м.з.}$) определяются в зависимости от стоимости ВС и заданной величины ресурса:

$$\begin{aligned} \text{для самолета } K_{с.м.з.} &= 0,000010 \cdot C \cdot 1 + \left(- \frac{T_{в.с.} - 30000}{30000} \right); \\ \text{для вертолета } K_{с.м.з.} &= 0,000015 \cdot C \cdot 1 + \left(\frac{t_{р.с.} T_{в.с.} - 12000}{12000} \right), \end{aligned} \quad (2.12)$$

где C – стоимость полностью укомплектованного ВС, дол. США на год введения ВС в эксплуатацию;

$T_{рс}$ – ресурс ВС до списания, ч.

Значение $K_{с.м.з.}$ включается в $TЗ$ на разработку ВС и должно быть подтверждено результатами испытаний и доказательной документацией таким образом,

чтобы среднее значение $K_{с.м.з}$ не превысило его нормативного значения за период отработки всего срока службы ВС с начала эксплуатации и до списания.

В суммарные материальные затраты на ТОиР включают стоимость всех изделий, заменяемых по отработке назначенных ресурсов или отказам, стоимость ремонта отказавших агрегатов, стоимость обменного фонда и стоимость всех материалов, расходуемых на восстановление ВС за период отработки ресурса ВС до списания, а также стоимость СНО, КПА и оборудования, предназначенных для использования только при поиске и устранении отказов и повреждений и восстановлении технического состояния ВС.

Таблица 2.10

Значения поправки к величине $K_{ТД}$ зависимости от ресурса до списания ВС

Ресурс до списания $T_{р.с.}$, ч. налета		$\Delta K_{ТД}$, чел.-ч/ч налета
Самолет	Вертолет	
0 ... 15 000	0 ... 6 000	-1
15 000...29 999	6 000...11 999	-0,5
30 000	12 000	0
30 001...45 000	12 001...13 000	+0,5
45 001...60 000	18 001 ...24 000	+1,0
Более 60 000	Более 24 000	+1,5

Средняя оперативная продолжительность замены одного двигателя не должна превышать **4-кратной** продолжительности подготовки к повторному вылету, установленной для ВС.

Работы по снаряжению и подготовке двигателя к установке на ВС не включаются в заданное время.

Средняя оперативная продолжительность замены любого колеса не должна превышать установленной продолжительности подготовки к повторному вылету ВС.

Средняя продолжительность задержки отправок в рейс по техническим причинам ($t_{з.о.}$) в связи с поиском и устранением отказа или повреждения, препятствующего вылету, не должна превышать установленной продолжительности подготовки к повторному вылету ВС.

Значения вероятности восстановления работоспособного состояния (в заданное время) при устранении отказов и повреждений, препятствующих дальнейшей эксплуатации, должны быть не менее:

для самолетов - 0,9;

для вертолетов - 0,8.

Заданное время восстановления работоспособного состояния при подготовках к повторному вылету определяется как продолжительность данной **подготовки** (из типовых условий эксплуатации) плюс международный норматив на

задержку **вылета**, равный 5 мин. Заданное время восстановления **работоспособного** состояния в остальных случаях устанавливается равным продолжительности соответствующей формы ТО, определенной технологическим графиком.

3. Контролепригодность

Могут устанавливаться следующие показатели контролепригодности ВС и функциональных систем (ФС):

- полнота контроля функциональных отказов, приводящих к особым ситуациям;
- полнота контроля отказов;

Значение полноты контроля бортовыми средствами функциональных отказов, приводящих к особым ситуациям в полете и не отнесенных к категории практически невероятных, в целях информирования экипажа должно быть равно 1.

Значение полноты контроля отказов, препятствующих вылету ВС и контролируемых при всех видах ТО бортовыми, наземными средствами контроля и **органолептическими** методами, должно быть равно 1. При этом средства и методы контроля должны обеспечивать своевременное выявление **предотказного** состояния систем, переходящего в функциональный отказ. При оценке не учитываются отказы, не влияющие на безопасность полетов, а также отказы, не препятствующие вылету ВС в соответствии с Перечнем допустимых отказов (MMEL).

Значение полноты контроля всех возможных видов отказов всеми средствами и методами контроля (включая органолептический контроль) при эксплуатации ВС должно быть равно 1.

Полнота контроля отказов, не приводящих к особым ситуациям, с использованием бортовых (встроенных) средств контроля должна определяться из условия выполнения заданных требований по времени проведения оперативного ТО с учетом **технико-экономической** целесообразности.

В ТЗ на разработку ВС могут также устанавливаться следующие показатели надежности ВС:

- коэффициент регулярности полетов K_{rp} ;
- ресурс до списания $T_{p.c}$;
- коэффициент готовности к вылету $K_{г.в}$.

Значения показателей безотказности составных частей ВС должны обеспечивать заданные в ТЗ показатели надежности ВС в целом, а также установленные в Нормах **лётной** годности значения вероятностей особых ситуаций из-за отказов систем.

Значения ресурса до списания $T_{p.c}$ приведены в табл. 2.11. Срок службы до списания для всех типов самолетов устанавливается равным 25 лет, для всех типов вертолетов - 20 лет, если по согласованию заказчика и разработчика не определены другие сроки службы ВС.

Значение коэффициента готовности к вылету должно быть не менее 0,98.

Значения ресурсов до списания перспективных ВС ГА

Вид ВС	Число пассажиров (масса груза)	Минимальная величина ресурса до списания, ч налета
Самолеты	До 100 чел. (до 5 т)	35 000
	101...200 чел. (5...10 т)	45 000
	Свыше 201 чел. (свыше 10 т)	60 000
Вертолеты	До 0,5 т	12 000
	0,5...2 т	18 000
	Свыше 2 т	24 000

Значения коэффициента регулярности полетов $K_{р.п}$, определяемого как вероятность того, что в полете не возникнет отказ, приводящий к прерванному взлету или вынужденной посадке, устанавливаются как

$$K_{р.п.} = 1 - \frac{K_{1000ВП}}{1000}, \quad (2.13)$$

где $K_{1000ВП}$ – среднее число прерванных взлетов и вынужденных посадок на 1000 взлетов.

4. Качественные характеристики приспособленности конструкции ВС к проведению ТОиР. Эксплуатационная и ремонтная технологичность

1. Общие рекомендации к эксплуатационной и ремонтной технологичности

1.1. Конструктивное исполнение и расположение изделия на борту ВС должны обеспечивать возможность безошибочного выполнения на нем в соответствии с принятой технологией всех работ, предусмотренных эксплуатационной документацией, с минимальными затратами труда и времени. Чем чаще обслуживается (осматривается, контролируется, смазывается, заменяется) изделие в эксплуатации, тем лучше должны быть его доступность и удобство выполнения работ. В частности, должен быть обеспечен хороший доступ с инструментом для осмотра и проверки всех стыковочных узлов составных частей силовой конструкции ВС.

1.2. Компонировка изделий и элементов конструкции ВС должна обеспечивать возможность совмещения максимального числа работ по ТО, выполняемых различными специалистами при минимальном количестве межоперационных переходов. В этих целях предпочтение должно отдаваться зонному методу компоновки, формированию специализированных по системам технических отсеков.

1.3. Конструктивное исполнение агрегатов, блоков оборудования, элементов конструкции и их креплений в сочетании с маркировкой должны исключать

возможность неправильного монтажа изделий и неправильного подсоединения коммуникаций.

1.4. Обеспечение доступа к агрегатам и блокам оборудования для выполнения профилактических, **осмотровых** и контрольных работ (**смазка**, замена фильтров, проверка тарированной затяжки болтов крепления, подключение средств контроля) не должно сопровождаться **демонтажом** рядом расположенных элементов конструкции, агрегатов и блоков.

1.5. Расположение наружных точек оперативного технического и коммерческого обслуживания должно обеспечивать одновременное (в соответствии с технологическим графиком) подсоединение всех средств наземного обслуживания и контроля, выполнение работ при подготовке ВС к полету, посадку и высадку пассажиров, загрузку и выгрузку багажа, а также выполнение других **снаряджательных** работ.

1.6. Доступ ко всем точкам планового оперативного ТО (в особенности при предполетном и междуполетном ТО) должен обеспечиваться «с земли» без применения внешних средств доступа (лестниц, **стремяннок**, подставок и т.п.).

1.7. Для подсоединения наземных средств обслуживания и средств контроля должны использоваться только стандартизованные и унифицированные разъемы, штуцера и узлы, исключаяющие необходимость применения дополнительных переходных устройств.

1.8. Снятие агрегатов, блоков и узлов конструкции с борта ВС и их разборка в лаборатории для контроля технического состояния и профилактического **об**служивания должны производиться только в отдельных, специально обоснованных, случаях и только при ремонтных формах и формах ТО большой периодичности.

1.9. Количество специального инструмента и приспособлений, используемых при ТО изделия на борту ВС, должно быть минимальным.

1.10. Агрегаты, блоки оборудования, узлы конструкции ВС должны быть защищены от попадания рабочих жидкостей, атмосферных осадков, грязи, **п**осторонних предметов и инструмента.

1.11. Элементы конструкции, наиболее подверженные воздействию коррозионных процессов, в том числе элементы резьбовых соединений, должны иметь надежную антикоррозионную защиту.

1.12. Детали из неметаллических материалов не должны интенсифицировать коррозию металлических деталей, находящихся с ними в контакте, должны быть устойчивыми к воздействию микроорганизмов и насекомых.

1.13. Подходы к участкам и элементам конструкции, подверженным **корро**зионным повреждениям, должны допускать применение инструментального контроля за их коррозионным состоянием при эксплуатации ВС.

1.14. Форма элементов и компоновка основных силовых узлов конструкции должны исключать возможность накопления влаги, образования застойных зон; в первую очередь должна исключаться возможность накопления влаги в нижней части фюзеляжа. В тех местах, **где** возможно скопление влаги, должна быть обеспечена возможность ее удаления.

1.15. Особое внимание должно быть уделено защите конструкции от **коррозии** в местах установки аккумуляторов, расположения буфетов и туалетов.

1.16. Исполнительные заслонки должны иметь механическую индикацию их фактического положения.

1.17. В местах возможной утечки горячего воздуха или газа должны быть расположены термоиндикаторы в виде пластин или колец для сигнализации об утечках.

1.18. Подключение аэродромных источников энергоснабжения должно сигнализироваться световым табло (лампой) в кабине пилотов.

2. Эксплуатационные люки

2.1. Размеры, форма и расположение эксплуатационных люков должны обеспечивать удобный доступ, в том числе в зимней и другой специальной одежде, к обслуживаемым (контролируемым) элементам конструкции, агрегатам и блокам оборудования и прежде всего к штуцерам и контрольным щиткам заправки, слива и зарядки бортовых систем, другим узлам подсоединения средств наземного обслуживания и контроля и всем объектам оперативного ТО.

2.2. Все крышки люков, вскрываемых при предполетном и междуполетном ТО, а также большинства остальных люков, вскрываемых при оперативном ТО, должны открываться без применения инструмента, иметь шарнирную подвеску и фиксироваться в открытом положении.

Для крепления крупногабаритных крышек люков-панелей, обеспечивающих доступ в технические отсеки, должны использоваться **штырьевые** замки, открываемые централизованно с помощью специальной рукоятки-ключа.

2.3. Размеры люка и освещенность обслуживаемого через люк агрегата должны обеспечивать возможность визуального контроля выполняемой работы.

2.4. При выборе формы, размеров и расположения люков следует учитывать следующие факторы:

- виды работ, выполняемых через люк;
- виды инструментов и приспособлений, используемые при выполнении работ через люк;
- вид спецодежды исполнителя работы;
- частоту и продолжительность работ;
- компоновку и глубину расположения агрегатов, узлов и блоков за люком;
- освещенность ниши люка.

2.5. На крышках люков или в непосредственной близости от них должна наноситься информация об их принадлежности и назначении в соответствии с действующими международными (национальными) стандартами.

2.6. Должен быть предусмотрен обогрев механизмов открывания входных, грузовых, аварийных дверей для исключения их примерзания в зимнее время.

3. Системы и узлы заправки и зарядки рабочими жидкостями и газами

3.1. Расположение заправочных штуцеров должно обеспечивать удобство заправки, быстрое подсоединение и отсоединение заправочных наконечников без изгибов шлангов и рукавов и без применения лестниц, стремянок и других средств обеспечения доступа.

3.2. **Подсоединительные** размеры, приемная способность, конструкция, количество и расположение на ВС заправочных (сливных) устройств должны соответствовать международным стандартам, а при их отсутствии - государственным и отраслевым стандартам.

Расположение и конструкция сливных устройств должны обеспечивать полный слив жидкостей из баков, систем и агрегатов при стояночном положении ВС. Количество сливных точек должно быть минимальным.

3.3. Системы и агрегаты ВС, подлежащие заправке рабочими жидкостями и газами, должны быть оборудованы средствами контроля и управления процессами заправки, расположенными вблизи штуцеров заправки в месте, удобном для наблюдения и управления оператором, производящим заправку.

3.4. Для выполнения процессов заправки через высокорасположенные штуцеры должны применяться средства заправки, оборудованные подвижными рабочими площадками, обеспечивающими подъем оператора вместе с заправочным шлангом на необходимую для удобной работы высоту.

3.5. Системы централизованной заправки должны иметь **устройства**, предохраняющие элементы заправляемой системы от разрушения в процессе заправки из-за переполнения емкостей, резкого повышения давления и других причин.

3.6. Конструкция и расположение заправочных и сливных устройств должны исключать возможность попадания жидкостей на технический персонал, в конструкцию ВС и на поверхность аэродрома при заправке и сливе.

4. Смазываемые агрегаты и узлы

4.1. Число точек смазки и количество сортов применяемых смазок должно быть минимальным.

4.2. При создании шарнирных соединений предпочтение должно отдаваться материалам, не требующим смазки, и конструкциям с невозобновляемой смазкой.

4.3. Смазываемые поверхности и заполняемые смазками полости должны надежно удерживать смазку и иметь защиту от попадания грязи и влаги.

4.4. Для всех точек смазки должны быть обеспечены удобный подход с приспособлениями для смазки и возможность визуального контроля процесса смазки.

4.5. Конструкция шарнирных соединений должна обеспечивать надежное поступление смазки ко всем трущимся поверхностям и заполнение ею смазываемых полостей.

4.6. Применяемые типы масленок должны быть унифицированы по конструкции и размерам «под ключ» и окрашены в оранжевый цвет.

4.7. Периодичность выполнения смазочных работ, как правило, должна соответствовать периодичности выполнения трудоемких форм периодического ТО (предпочтительнее - ремонтной формы).

4.8. Смазка винтовых механизмов, шкворней и кареток закрылков должна обеспечиваться без снятия их с самолета.

4.9. Конструктивное исполнение и расположение агрегатов и блоков оборудования должно обеспечивать возможность удаления с них пыли с помощью пылесоса.

5. Обеспечение *легкосъемности и взаимозаменяемости*

5.1. Крепление агрегатов, снимаемых (заменяемых) в процессе эксплуатации, должно быть **быстроразъемным**, обеспечивающим удобное выполнение **монтажно-демонтажных** работ с наименьшими затратами времени.

5.2. Конструктивное выполнение узлов крепления и соединительных узлов коммуникаций должно исключать возможность неправильной установки изделия и неправильного подсоединения коммуникаций.

5.3. Применение проволоочной **контровки** креплений изделий, снимаемых (заменяемых) в процессе эксплуатации, должно быть исключено. Она допускается только для неразъемных в эксплуатации соединений элементов силовой конструкции.

5.4. Болты крепления агрегатов и узлов конструкции ВС не должны самопроизвольно проворачиваться и выпадать.

5.5. Для агрегатов массой **20–30** кг должна быть обеспечена возможность снятия и установки силами двух человек.

Агрегаты, масса которых превышает 30 кг, должны иметь такелажные узлы, позволяющие использовать подъемные устройства для их снятия и установки. Вблизи таких агрегатов должны устанавливаться трафареты с указанием порядка выполнения монтажно-демонтажных работ с использованием подъемных устройств.

5.6. Проверка момента затяжки болтов, крепежные работы при снятии и установке панелей, **крышек**, люков должны выполняться без применения второго инструмента.

5.7. Замена агрегатов топливной и гидравлической систем (насосов, датчиков, кранов и т.п.) должна выполняться без слива топлива и жидкости из баков ВС.

5.8. Панели интерьера должны иметь быстродействующие замки и легко сниматься для обеспечения доступа к расположенным за ними агрегатам и электропроводке.

5.9. Изделия и элементы конструкции ВС, подлежащие замене в эксплуатации, должны обладать геометрической и функциональной взаимозаменяемостью и, как правило, не требовать при замене выполнения дополнительных подгоночных и регулировочных работ.

5.10. Для обеспечения геометрической взаимозаменяемости изделий и элементов **конструкции**, заменяемых в процессе эксплуатации, необходимо предусматривать унифицированные технологические компенсаторы (прокладки, шайбы, регулировочные муфты и т.п.), номенклатура которых должна быть минимальной.

5.11. При модификации изделия должна сохраняться (обеспечиваться) его взаимозаменяемость с базовым изделием.

5.12. В конструкции ВС должно применяться максимальное количество стандартизованных и унифицированных агрегатов, блоков, узлов и деталей, выполненных в соответствии с государственными и отраслевыми стандартами.

5.13. Конструкция шасси должна позволять производить снятие с ВС и установку на ВС полностью смонтированной передней и основных стоек шасси.

5.14. Замена замков и узлов крепления должна производиться без расклейки обшивки и предварительного демонтажа других деталей.

5.15. **Теплозвукоизоляция** должна быть легкоъемной (особенно в подпольной части фюзеляжа), со свободным доступом к местам ее крепления. Крепление **теплозвукоизоляции** должно исключать накопление конденсата воды и загрязнение топливом, маслами и другими жидкостями при нарушении герметичности систем ВС.

5.16. Соединения агрегатов и трубопроводов СКВ должны осуществляться **быстросъемными** стяжными хомутами или специальными замковыми устройствами с допустимым термическим запасом.

б. Авиационные двигатели

6.1. Конструкция двигателя должна быть модульной, при формировании **модулей** должен учитываться **операционно-технологический** принцип, обеспечивающий возможность сокращения времени и трудоемкости замены модулей в эксплуатации. Замена модуля не должна требовать проведения подгоночных и регулировочных работ.

6.2. Каждый модуль должен представлять собой законченный конструктивно-технологический узел, обладающий геометрической и функциональной взаимозаменяемостью, который может быть заменен новым или отремонтированным без разборки соседних модулей в условиях эксплуатирующих подразделений. Замена модулей «холодной» части двигателя должна производиться без снятия двигателя с самолета.

6.3. Конструкция модуля должна обеспечивать его автономность: он должен позволять самостоятельное изготовление, транспортировку, хранение и установку на двигатель без дополнительных работ.

6.4. Соединения трубопроводов и электропроводов должны располагаться в плоскости разъема модулей двигателя.

6.5. **Система**, автоматизированного контроля должна обеспечивать регистрацию параметров газоздушного тракта и других параметров, необходимых для оценки технического состояния двигателя, поиска места **отказа**, а также **экспресс-анализ** информации с выявлением опасных отклонений параметров от нормативных уровней, отказов и выдачей необходимых сообщений летному экипажу.

6.6. В целях снижения массы, упрощения ТОиР и снижения эксплуатационных расходов автоматизированная **система** контроля двигателя должна быть интегрирована с автоматизированной системой управления режимами работы двигателя и основной системой контроля ВС.

6.7. Осмотр внутренних элементов конструкции двигателя с помощью бароскопа не должен требовать выполнения каких-либо **монтажно-демонтажных** работ.

6.8. Все агрегаты и блоки, снимаемые с двигателя в процессе эксплуатации, должны располагаться «в один слой» на нижней половине двигателя (в пределах примерно четверти периметра).

6.9. Замена элементов конструкции, агрегатов и блоков не должна **сопровождаться** их регулировкой и балансировкой. Количество видов и типоразмеров крепежных деталей должно быть минимальным. Крепежные детали должны быть стандартными. Должны применяться самозапирающиеся фиксирующие **устройства**, самозатягивающиеся болты и гайки без использования **контровочной** проволоки.

6.10. Левый и правый двигатели должны быть взаимозаменяемыми.

6.11. Количество видов и типоразмеров крепежных деталей должно **быть** минимальным. Крепежные детали должны быть стандартными.

6.12. Взамен **контровочной** проволоки должны применяться **самозапирающиеся** фиксирующие **устройства**, самозатягивающиеся болты и гайки.

6.13. Электропровода должны иметь самозапирающиеся **быстроразъемные** соединения с индикацией и маркировкой. Крепление проводов к двигателю должно обеспечивать их удобное и быстрое снятие.

6.14. Трубопроводы должны иметь быстроразъемные шарнирные соединения, устанавливаемые над двигателем.

6.15. Дозаправка агрегатов двигателя расходными материалами в процессе эксплуатации должна быть **исключена**, кроме случаев их замены.

6.16. На крупногабаритных панелях и крышках люков отсека силовой установки должны выполняться **лючки**, пользование которыми исключало бы необходимость вскрытия панелей и люков для местного осмотра или обслуживания агрегатов при оперативном ТО.

6.17. Конструкция двигателя и наземные средства должны обеспечивать возможность расконсервации устанавливаемого и консервации снятого двигателей как на борту ВС, так и вне его, без прокрутки двигателя с использованием энергосистем ВС.

6.18. Разработка конструкции двигателя и технологии его ТОиР должны производиться с учетом имеющихся в эксплуатирующих подразделениях средств технического обслуживания, вспомогательного оборудования и инструментов, номенклатура и количество которых должны быть минимальными.

6.19. Снятие и установка **двигателя**, его **подготовка**, включая, при необходимости, монтаж и демонтаж агрегатов, переставляемых со снимаемого на устанавливаемый **двигатель**, должны выполняться с использованием тележки одного **типа**.

7. Бортовое оборудование

7.1. Блоки бортового оборудования должны размещаться в **специализированных** технических отсеках и крепиться с помощью стандартных **быстроразъемных** устройств ограниченной номенклатуры.

7.2. Регулировка и настройка систем бортового оборудования, выполняемые в случае необходимости после замены приборов, агрегатов и блоков, должны выполняться без использования специальной аппаратуры и приспособлений.

7.3. Регулирующие элементы блоков оборудования должны располагаться на его лицевой стороне.

7.4. Электропроводка и трубопроводы должны присоединяться к агрегатам и блокам оборудования с помощью стандартных разъемов и штуцеров, обеспечивающих надежный контакт в электрических соединениях, герметичность соединений трубопроводов, а также легкий и быстрый их демонтаж.

7.5. Штепсельные разъемы должны устанавливаться только в горизонтальном **положении**, соединяться и разъединяться без применения инструмента. Они должны быть защищены от попадания в них жидкости.

7.6. Экраны, оплетки, разъемы должны иметь конструкцию, обеспечивающую надежный электрический контакт и соединение их с корпусами агрегатов и блоков.

7.7. Запас длины электропроводов в местах установки штепсельных разъемов должен обеспечивать трехкратную замену разъемов. Несъемные электрогугты должны иметь резервные провода.

7.8. Электроприводные устройства должны иметь такую конструкцию и крепления, которые обеспечивали бы их **легкосъемность** и быстрое отсоединение от исполнительных элементов.

7.9. На полках, этажерках, панелях, используемых для размещения оборудования, должны быть хорошо видны надписи с указанием наименования установленных блоков.

7.10. Бортовые аккумуляторы должны иметь блокировку, исключающую их соединение с **бортсетью** при измененной полярности.

Конструкция контейнеров и аккумуляторных отсеков должна исключать возможность попадания электролита на конструкцию ВС.

Контролепригодность

1. Все средства эксплуатационного контроля применительно к конкретному ВС, устанавливаемые на борту и размещаемые на земле, в совокупности с объектом контроля должны составлять систему средств эксплуатационного контроля, обеспечивающую решение следующих **задач**:

- контроль работоспособности (функционирования) функциональных систем ВС;
- поиск мест отказов (диагностирование) с целью восстановления работоспособности отказавшей ФС;
- прогнозирование работоспособности изделий АТ;
- контроль за соблюдением летным экипажем установленных правил пилотирования и управления бортовыми системами в полете (контроль действий экипажа);
- контроль работоспособности ФС и оценки действий экипажа при расследовании причин летных происшествий (ЛП) и предпосылок к ним;

- накопление и статистическая обработка информации с целью долгосрочного прогнозирования состояния **ФС**, обобщения опыта эксплуатации **ВС** (работы **ФС** и действий экипажа);
2. Основными средствами, обеспечивающими контроль технического состояния **ВС** в полете и при оперативном **ТО**, должны **быть** бортовые средства контроля (**БСК**), решающие задачи по п. 1.
3. Обеспечение контролепригодности должно быть предусмотрено на:
- системном уровне для решения перечисленных задач контроля;
 - агрегатном уровне для решения задач оценки работоспособности и поиска мест отказов в отдельных **конструктивно-сменных единицах**, демонтированных с **ВС**.
4. Применительно к каждой из указанных задач эксплуатационного контроля обеспечение контролепригодности изделий **АТ** на системном уровне должно предусматривать:
- разработку методов, алгоритмов и циклограмм контроля (регистрации), указаний по использованию результатов контроля;
 - установление перечня и основных характеристик контролируемых параметров и стимулирующих сигналов;
 - формирование бортовой сети сбора информации (выбор и установка датчиков, точек съема информации, прокладка линий связи, обеспечение помехозащищенности и т.п.);
 - формирование конструкции изделия, обеспечивающей его приспособленность к инструментальному и **органолептическому** контролю.
5. Применительно к задачам оценки работоспособности **КСЕ**, поиска в ней отказов (повреждений) обеспечение контролепригодности на агрегатном уровне должно предусматривать:
- установление номенклатуры **КСЕ**, демонтируемых с **ВС**, для проведения контроля;
 - установление номенклатуры **КСЕ**, после замены которых требуется регулировка **ФС**;
 - разработку алгоритмов и методов контроля **КСЕ**;
 - формирование перечней и характеристик контролируемых параметров и стимулирующих сигналов, а также необходимой номенклатуры;
 - энергопитания **КСЕ** во время контроля;
 - глубину поиска мест отказов **КСЕ** **ФС** **ВС**, заданную **СК** и обеспечиваемую из условия удовлетворения заданных значений среднего времени восстановления **ФС** и **ВС** в целом.
6. Значения полноты контроля и глубины поиска отказов в **КСЕ**, контролируемых с помощью наземных автоматизированных средств, должны определяться разработчиком **ВС** и указываться в **ТЗ** на **ФС**. При этом целесообразными являются максимальные (близкие к единице) значения полноты контроля и глубины поиска отказов с применением **НАСК** демонтированного **оборудования**.

7. Восстановление работоспособности функциональных систем ВС должно осуществляться посредством замены неисправных КСБ без их последующей регулировки и подстройки на борту ВС.

8. Контролепригодность топливных систем должна обеспечивать контроль параметров для своевременного выявления:

- достижения резервного (аварийного) остатка топлива;
- утечек топлива;
- недопустимых внутренних перетеканий топлива;
- засорения фильтров;
- перегрева топлива;
- недопустимого падения давления после подкачивающих насосов.

9. Система пожарной сигнализации должна обеспечивать:

- выдачу сигнала о пожаре не позднее, чем через 3 с с момента возникновения пожара;
- выдачу сигнала о прекращении пожара;
- практическую невероятность выдачи ложных сигналов путем применения **«кворумных»** логических схем;
- непрерывный самоконтроль.

10. В гидравлических системах должен быть предусмотрен контроль:

- своевременного выявления утечек жидкости;
- недопустимых внутренних перетеканий;
- недопустимого изменения давления в участках, где оно нормируется;
- недопустимого изменения давления наддува, давления в аккумуляторах;
- перегрева жидкости;
- засорения фильтров;
- отказов отдельных элементов системы;
- перехода на аварийные источники гидропитания.

Должны быть предусмотрены места отбора проб жидкости, контроля зарядки аккумуляторов и давления при наземном ТО.

11. Контролепригодность систем кондиционирования воздуха и регулирования давления должна обеспечивать своевременное выявление:

- недопустимого изменения температуры входящего воздуха;
- прекращения подачи воздуха;
- несрабатывания бортовой части системы включения наземной системы кондиционирования (при наземном ТО);
- недопустимого изменения давления и скорости изменения давления в кабине;
- неисправностей системы управления **давлением**, скоростью его изменения и коррекцией (при наземном ТО);
- неправильного положения кранов и клапанов;
- непереключения СКВ на ручное или резервное управление.

12. Контролепригодность шасси и системы торможения колес должна обеспечивать своевременное выявление:

- невыпуска или неуборки шасси;
- нефиксацию хотя бы одной стойки в выпущенном ее положении;
- недопустимого повышения температуры элементов колес;
- отказов тормозов.

13. Контролепригодность системы управления самолетом должна обеспечивать своевременное выявление:

- неправильного положения органов управления и механизации крыла;
- отказов каналов управления.

14. Контролепригодность систем электроснабжения должна обеспечивать своевременное выявление:

- недопустимого изменения параметров электроэнергии;
- отказов источников питания и перехода на резерв.

Целесообразность применения указанных качественных характеристик ВС подтверждена практикой эксплуатации ВС различных типов и современным уровнем развития транспортной авиации. Эти требования к исполнению конструкции ВС, его систем и оборудования представляются очевидными, но их реализация в комплексе обеспечивает выдерживание количественных значений ЭТХ ВС и эффективность системы ТЭ в целом.

Достоверность изложенных принципов нормирования количественных и качественных ЭТХ ВС подтверждена практикой разработки, испытаний и эксплуатации самолетов типа **Як-42** и **Ил-86**, что позволило разработать указанный нормативный документ [15], на основе которого заданы или уточнены требования к ЭТХ перспективных типов ВС, таких как Ту-324, Ту-334, **Бе-200**, **Ан-70**, **Ми-38** и других.

3. ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Формирование ЭТХ ВС в системе ТЭ требует формирования условий **эксплуатации** ВС как составной части системы ТЭ. С учетом требований норм летной годности для оценки условий эксплуатации необходима их классификация по роли и месту в системе ТЭ типа ВС для выделения основных и второстепенных условий и формирования требований по сертификации только основных условий эксплуатации, как требуется по **НЛГ**. Составленная на основе работ [3, 16, 17] классификация условий эксплуатации приводится ниже.

Любые функциональные, надежностные, конструктивные и технологические качества ВС ГА как объектов эксплуатации закладываются при проектировании, обеспечиваются при изготовлении, подтверждаются при испытаниях и реализуются в процессе эксплуатации, представляющей «стадию жизненного цикла изделия, на которой реализуется, поддерживается и восстанавливается его **качество**»⁴. Формирование системы ТЭ, основной задачей которой «является поддержание и восстановление летной годности АТ и ее подготовка к использованию по назначению при обеспечении требуемых уровней надежности и готовности АТ к полетам с минимальными трудовыми и материальными затратами на **ТО-иР**», должно производиться при действующих в эксплуатации ограничениях. Такие ограничения устанавливаются условиями эксплуатации, представляющими «совокупность факторов, действующих на изделие при его эксплуатации».

Полная и объективная качественная и количественная характеристика условий эксплуатации ВС обеспечивает формирование эффективной системы ТЭ, и напротив, неполная или неправильная оценка условий эксплуатации может привести к полному или частичному невыполнению основной задачи системы ТЭ типа ВС.

По этапам жизненного цикла изделий АТ условия эксплуатации характеризуются последовательной сменой состава и значений эксплуатационных факторов в их совокупности и могут быть разделены на:

- расчетные условия эксплуатации - совокупность факторов, учитываемых при проектировании, изготовлении и испытаниях изделий;
- ожидаемые условия эксплуатации — совокупность факторов, признанных **допустимыми** при эксплуатации изделий;

⁴ Здесь и далее приведенные определения взяты из действующих стандартов.

- реальные условия эксплуатации - совокупность факторов, действующих на изделие в сложившихся в эксплуатирующей организации условиях.

В каждом виде условий эксплуатации выделяются типовые условия - «совокупность наиболее вероятных значений эксплуатационных факторов» на данном этапе жизненного цикла изделий.

Адекватность **расчетных**, ожидаемых и реальных условий эксплуатации обеспечивает качество эксплуатации изделий и характеризует неизменность действующих в системе ТЭ типа ВС ограничений по этапам жизненного цикла изделий. Несовпадение этих условий приводит к изменению качества эксплуатации изделий и эффективности системы ТЭ, вплоть до невозможности **нормальной** эксплуатации и прекращения использования изделия АТ по назначению.

Это обусловлено требованиями норм летной годности ВС к безопасности полетов, которые должны выполняться во всех указанных условиях эксплуатации таким образом, чтобы вероятность появления особой ситуации в полете (усложнение условий **полета**, опасная, аварийная и катастрофическая ситуации) в результате отказов и неисправностей, воздействия условий эксплуатации, конструктивных и функциональных особенностей ВС, ошибок и нарушений исполнителями правил эксплуатации не превышала установленной нормативной величины.

Выделяя долю **ТОиР** в обеспечении безопасности полетов ВС, можно сказать, что доля безопасности полетов по безотказности ВС в целом поддерживается и восстанавливается системой ТЭ в реальных условиях эксплуатации каждого экземпляра данного типа ВС.

В связи с тем, что нормативные документы регламентируют требования к безотказности раздельно по функциональным системам (ФС) ВС, **представляющим** «совокупность конструктивных элементов и агрегатов, предназначенных для выполнения определенных функций, связанных с полетом», целесообразно характеризовать условия эксплуатации ВС относительно функциональных систем ВС.

Тогда обобщенное **воздействие** y' -х условий эксплуатации ВС на надежность его **i -й** ФС проявляется через воздействие отдельных эксплуатационных **факторов** и может быть представлено функционалом вида

$$P_{i,j}(t) = P_{i0}(t) \prod_{l=1}^n \varphi_{l,j}(\Delta x_{l,j}), \quad (3.1)$$

где $P_{i,j}(t)$ — функция надежности **i -й** ФС **y' -х** условиях эксплуатации;

$P_{i0}(t)$ — функция надежности **i -й** ФС в типовых условиях;

$\varphi_{l,j}(\Delta x_{l,j})$ — относительные функции связи надежности **i -й** ФС с **j -м** эксплуатационным фактором.

Реальные эксплуатационные факторы, характеризующие воздействие на надежность ФС, в эксплуатации могут быть разделены по общности действия на

три группы: функциональные, региональные и технические. Функциональные факторы связаны с выполнением функций систем при использовании ВС по назначению, региональные факторы связаны с воздействием на ВС внешней среды, а технические факторы связаны с процессами в системе ТЭ. Общими для всех ФС ВС являются следующие виды факторов:

Функциональные факторы: параметры летной эксплуатации (высота, **скорость**, продолжительность полета, полетные массы и нагрузки и т.д.), условия полетов (качество **ВПП**, аэродромные условия, турбулентность), режимы работы изделий и агрегатов, **наработка**, действия экипажа.

Региональные факторы: климатические условия (**температура**, влажность, давление и т.д.), коррозионная активность среды, календарный срок эксплуатации.

Технические факторы: режимы ТОиР, технология ТОиР, организация ТОиР, квалификация исполнителей, средства ТОиР и документация.

В соответствии с Нормами летной годности ВС (Авиационные правила: 23, **25, 27, 29**) ожидаемые условия эксплуатации могут включать в себя [18]:

а) параметры состояния и факторы воздействия на ВС внешней среды:

- барометрическое давление, **плотность**, температура и влажность воздуха;
- направление и **скорость ветра**, горизонтальные и вертикальные порывы воздуха и их градиенты;
- воздействие атмосферного **электричества**, обледенения; град, снег, дождь, птицы;

б) эксплуатационные факторы;

- состав экипажа ВС;
- класс и категория аэродрома, параметры и состояние ВПП;
- вес и центровка для всех предусмотренных конфигураций ВС;
- режимы работы двигателей и продолжительность их работы на определенных режимах;
- возможные конфигурации - варианты геометрических форм ВС, соответствующие различным этапам и режимам полета (взлету, набору высоты, крейсерскому полету, снижению, экстренному снижению, заходу на посадку и посадке, уходу на второй круг);
- характеристики воздушных трасс, линий и маршрутов;
- состав и характеристики наземных средств обеспечения полета;
- минимумы погоды при взлете и посадке;
- применяемые топлива, **масла**, присадки и другие расходные технические жидкости и газы;
- периодичность и виды технического обслуживания, назначенный ресурс, срок службы ВС и его функциональных систем;

в) параметры (режимы) полета:

- высота полета;
- горизонтальные и вертикальные скорости;
- перегрузки;
- углы атаки, скольжения, крена и тангажа;

- сочетания этих параметров для предусмотренных конфигураций ВС.

В необходимых случаях в ожидаемые условия эксплуатации включаются и другие данные, определяемые особенностями применения конкретного типа ВС. Ожидаемые условия эксплуатации входят в качестве ограничений, условий и методов эксплуатации ВС в **его** эксплуатационную документацию.

Эксплуатационные ограничения должны быть указаны в соответствующих разделах эксплуатационной документации (РЛЭ, РЭ, РО) в виде, обеспечивающем возможность контроля со стороны летного и наземного персонала.

Требования **НЛГ** определяют способность ВС совершать безопасный полет во всем диапазоне установленных для него ожидаемых условий эксплуатации при условии, что остальные компоненты авиационной транспортной системы функционируют нормально, а эксплуатация объекта осуществляется в пределах назначенного ресурса и в соответствии с установленными сроками и порядком технического обслуживания.

Эксплуатационная документация по номенклатуре, оформлению и содержанию должна соответствовать типу ВС и документам общего назначения, определяющим правила технической эксплуатации [19].

Таким образом, ожидаемые условия эксплуатации, устанавливаемые НЛГ, в целом также распределяются на три группы, но не по общности их воздействия на техническое состояние ВС, а относительно использования ВС по назначению. Поэтому далее рассмотрены условия эксплуатации ВС относительно их роли в системе ТЭ.

Каждый ***j*-й** эксплуатационный фактор может быть определен непрерывно или дискретно в некоторой ограниченной области DJ , причем каждый последующий этап жизненного цикла изделия включает полностью области определения эксплуатационных факторов на всех предыдущих этапах.

Тогда с учетом классификации факторов на три группы надежность ***i*-й** функциональной системы ВС в j -х условиях эксплуатации может быть представлена в виде

$$P_{ij}(t) = P_{i0}(t) \prod_{j=1}^n f_i(\Delta x_{ij}) \prod_{j=1}^m \varphi_i(\Delta k_{ij}) \prod_{j=1}^l \theta_i(\Delta O_{ij}), \quad (3.2)$$

где $P_{ij}(t)$ - надежность ***i*-й ФС** в ***j*-х** условиях эксплуатации ВС;

f_i, φ_i, θ_i - относительные функции связи надежности ***i*-й ФС** с функциональными, региональными и техническими факторами эксплуатации, соответственно;

x_{ij}, k_{ij}, O_{ij} - функциональные, региональные и технические факторы, действующие на ***i*-ю ФС** в y -х условиях;

n, m, l - количество учитываемых факторов по ***i*-й ФС** в y -х условиях эксплуатации ВС.

Надежность $P_{i0}(t)$ функциональной системы ВС в расчетных условиях эксплуатации определяется известными методами теории надежности. **Относитель-**

ные функции связи f_i, φ_i, θ_i определяются по данным эксплуатации, испытаний и исследований на основе известных математических методов планирования эксперимента и рассмотрены ниже.

Обобщенная качественная характеристика каждой из трех групп эксплуатационных факторов по их воздействию на надежность функциональных систем ВС следующая.

Группа технических факторов по своему воздействию на надежность объекта эксплуатации является поддерживающей и восстановительной. Режимы ТОиР назначаются с целью обеспечения использования объекта эксплуатации по назначению, контроля состояния, поддержания и восстановления его надежности до необходимых или требуемых уровней. Технология ТОиР определяет качество работ и соответственно достижение целей, обусловленных назначенными режимами ТОиР. Такую же роль выполняет и фактор квалификации исполнителей.

Факторы организации ТОиР являются вспомогательными по отношению к вышеуказанным, непосредственно с надежностью объекта не связаны и обеспечивают возможность реализации воздействия технических факторов на объект эксплуатации. Все технические факторы имеют директивно заданные уровни, однородные для всех ВС данного типа. Однородность уровней обеспечивается применением единых документации, **технологий, квалификации**, исполнителей и организации ТОиР с контролем представителей Государственного органа управления воздушным транспортом (**ГОУВТ**), разработчика и изготовителя ВС за соблюдением установленных правил ТОиР, при изменении которых уровни факторов изменяются дискретно. Ограничения на области определений технических факторов определяются потребностью объектов эксплуатации в работах ТОиР, приспособленностью ВС к их выполнению и совершенством процессов их выполнения и организации. Корректировка уровней технических факторов производится директивно, по результатам исследований, испытаний и опыта эксплуатации ВС с целью обеспечения максимального соответствия фактического уровня воздействия на объект эксплуатации технически обоснованному и минимально необходимому уровню для поддержания и восстановления надежности объекта эксплуатации. Определение необходимых уровней технических факторов и составляет предмет оптимизации системы ТЭ. За период эксплуатации ВС каждого типа уровни технических факторов в допустимой области могут изменяться в 2-3 и более раз (табл. 4.9) [4].

Указанные характеристики технических факторов обеспечивают их оценку и оптимизацию статистическими методами.

Группа функциональных факторов определяет все виды **нагружений** и **силовых** воздействий на объект эксплуатации и его элементы при использовании по назначению, что вызывает изменение состояния объекта и соответственно отражается на надежности.

Параметры летной эксплуатации ВС определяют **нагруженность** элементов конструкции планера и внешние нагрузки на элементы систем и оборудования в зависимости от высоты **полета**, скорости, массы ВС и других факторов, **посто-**

янно действующих в полете. Условия полетов характеризуют аналогичное воздействие на планер ВС и элементы систем, связанное с особенностями использования ВС по назначению в конкретных **условиях**, и отражают переменную составляющую **нагруженности** планера и внешних нагрузок на **элементы** систем и оборудования, соответствующую различиям в условиях полетов каждого ВС парка. Режимы работы изделий и агрегатов определяют уровни их внутренних структурных нагрузок и воздействий на элементы изделий и агрегатов в процессе выполнения системами ВС заданных функций по обеспечению полета ВС. Режимы работы систем, изделий и оборудования, как правило, функционально связаны с параметрами летной эксплуатации и условиями полета ВС в целом. Действия экипажа в полете определяют различия в уровнях всех реально действующих нагрузок на ВС, изделия и оборудование относительно таких воздействий в типовых условиях эксплуатации. Нарботка ВС, его систем и оборудования определяет продолжительность действия всех указанных выше **функциональных** факторов и соответственно безотказность и долговечность изделий АТ в процессе эксплуатации. Функциональные факторы определены непрерывно, а область их определения имеет ограничения, обусловленные требованиями **безопасности** полетов и установленные директивно по результатам испытаний. В пределах установленных ограничений воздействие этих факторов на конкретные ВС парка является неоднородным и может различаться по уровню в **3–5** и более раз (рис. 3.1 – 3.4; табл. 3.1 – 3.3).

При общей неоднородности значений этих факторов для ВС парка они статически устойчивы и однородны для ВС каждого авиапредприятия, что объясняется следующим:

1. Полеты каждого ВС данного авиапредприятия осуществляются случайным образом по ограниченному количеству маршрутов ограниченным количеством экипажей.
2. Условия и параметры полетов по маршрутам заданы и фактически **расположены** в узком интервале возможных значений, что подтверждено результатами многих исследований.

Достоверная оценка и прогнозирование реальных значений функциональных факторов обеспечивают эквивалентность **расчетных**, ожидаемых и реальных воздействий на ВС и обоснованность режимов **ТОиР** для любого ВС парка. Неоднородность воздействия функциональных факторов на ВС разных авиапредприятий обеспечивает неоднородность процессов изменения состояния ВС, что необходимо учитывать при исследованиях этих процессов статистическими методами оценки и моделирования.

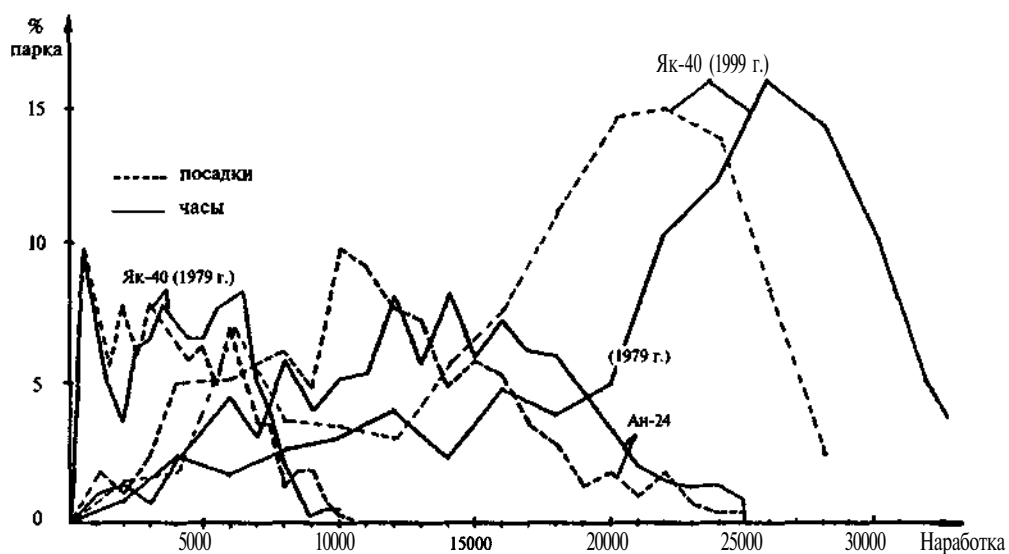
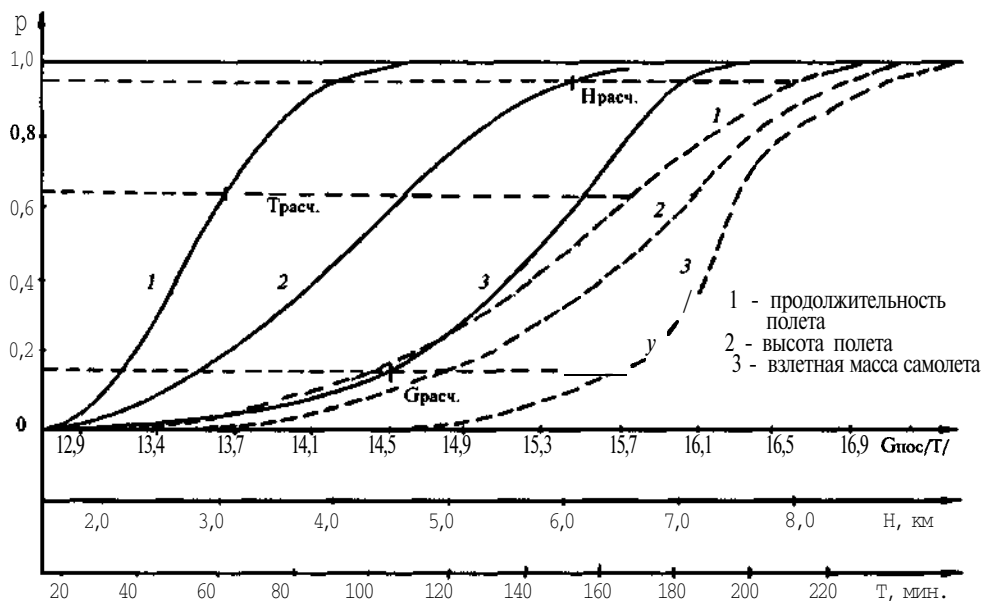
Таблица 3.1

Параметры «типовых» полетов основных типов отечественных самолетов гражданской авиации

№ п/п	Параметр, обозначение и размерность	Значения параметров по типам самолетов												
		Як-40 (1997 г.)	Ан-24 (2000г.)		Ту-134 (1999 г.)	Як-42 (1984–1986 г.)	Ту-154 (1998 г.)	Ил-62(М) (1986 г.)			Ил-86 (1985 г.)			
			Модифика- ции				Модифи- кации	Ил-62	Ил-62М	с усил. крылом Ил-62М	Внут- ри- союз- ные линии	Между- на- родные линии	Средние значения парамет- ра	Казах- ское УГА
			Б	РВ										
1	Продолжитель- ность полета τ, ч	1,69	1,15	1,54	1,65	1,96	2,38	6,7 3,8	5,0 7,1	7,1 5,2	2,33	2,65	2,42	3,9
2	Масса ВС при взлете, т	15,96	20,00	20,15	45,3	52,3	85,22	150 131,1	133,9 149,4	149,2 136,8	191,5	192,8	191,8	204,0
3	Масса ВС при посадке , т				40,1	47,1	70,7	96,9 100,3	97,7 97,8	98,8 99,1	165,6	162,5	164,7	161,0
4	Масса топлива при взлете, т	3,63	2,85	3,81	9,8	10,15	24,14	65,0 44,3	50,4 64,1	62,6 52,0	43,1	50,2	45,0	57,9
5	Масса топлива при посадке, т	1,61	1,25	1,48	4,55	4,90	8,89	11,9 13,5	14,2 12,5	12,3 14,2	17,4	19,9	18,0	14,8
6	Масса коммерче- ской нагрузки, т	1,74	2,08	1,42	6,4	9,33	9,50	13,9 15,7	11,2 14,2	13,5 11,0	29,43	22,46	27,6	29,3
7	Средняя высота полета , км	6,8	5,33	5,11		8,64	10,6	9,5 10,2	10,2 9,8	9,3 10,2	9,7			

Интенсивность эксплуатации отечественных и зарубежных самолетов

№ п/п	Отечественные самолеты							Зарубежные самолеты				
	Тип самолета	Средняя продолжи- тельность полета, ч	Суточный налет (1987 г.), ч		Годовой налет, ч			Тип самолета	Средняя продолжи- тельность полета, ч	Средний налет (1987 г.), ч		Авиакомпа- ния
			средний	макси- маль- ный	средний (1987 г.)	макси- мальный (1987 г.)	средний (1998 г.)			суточный	годовой	
1	Ан-12	2,65	3,3	12,3	1200	1830	321	L-100-20				
2	Ан-24	1,29	3,6	14,7	1604	2043	397	F-27		2,85	1075	По парку
3	Ил-76		2,5	13,8	934	1798	438	C-141B				
4	Ил-86	2,51	3,3	14,9	1482	2900	843	L-1011	2,6	7,6	2793	По парку
5	Ил-62	4,91	6,7	10,3	2365	3496	877	B-707- 320B	3,4	6,9	2512	«American airlines»
6	Ил-96	7,3	6,2 (1999 г.)	16,6 (1999 г.)	—	3859 (1999 г.)	2285	DC-10	5,2	12,6	4600	«Swissair»
7	Ту-154	2,65	5,4	13,4	1778	2889	865	B-727- 200A	1,2	6,4	2320	«Lufthansa»
8	Ту-134	1,6	4,7	12,8	17,81	2800	753	B-737- 200	1,0	6,6	2409	
9	Як-42	1,54	4,4	14,8	1573	2043	745	MD-80	1,4	9,2	3360	«Aeromexi- co»
10	Як-40	1,18	3,5	11,0	1120	2400	258	F-30	1,2	5,9	2160	По парку
11	Ту-204	2,3 (1998 г.)	2,2 (1998 г.)	10 (1998 г.)	—	1635 (1998 г.)	804	B-767		11,5	4200	«British Airways»



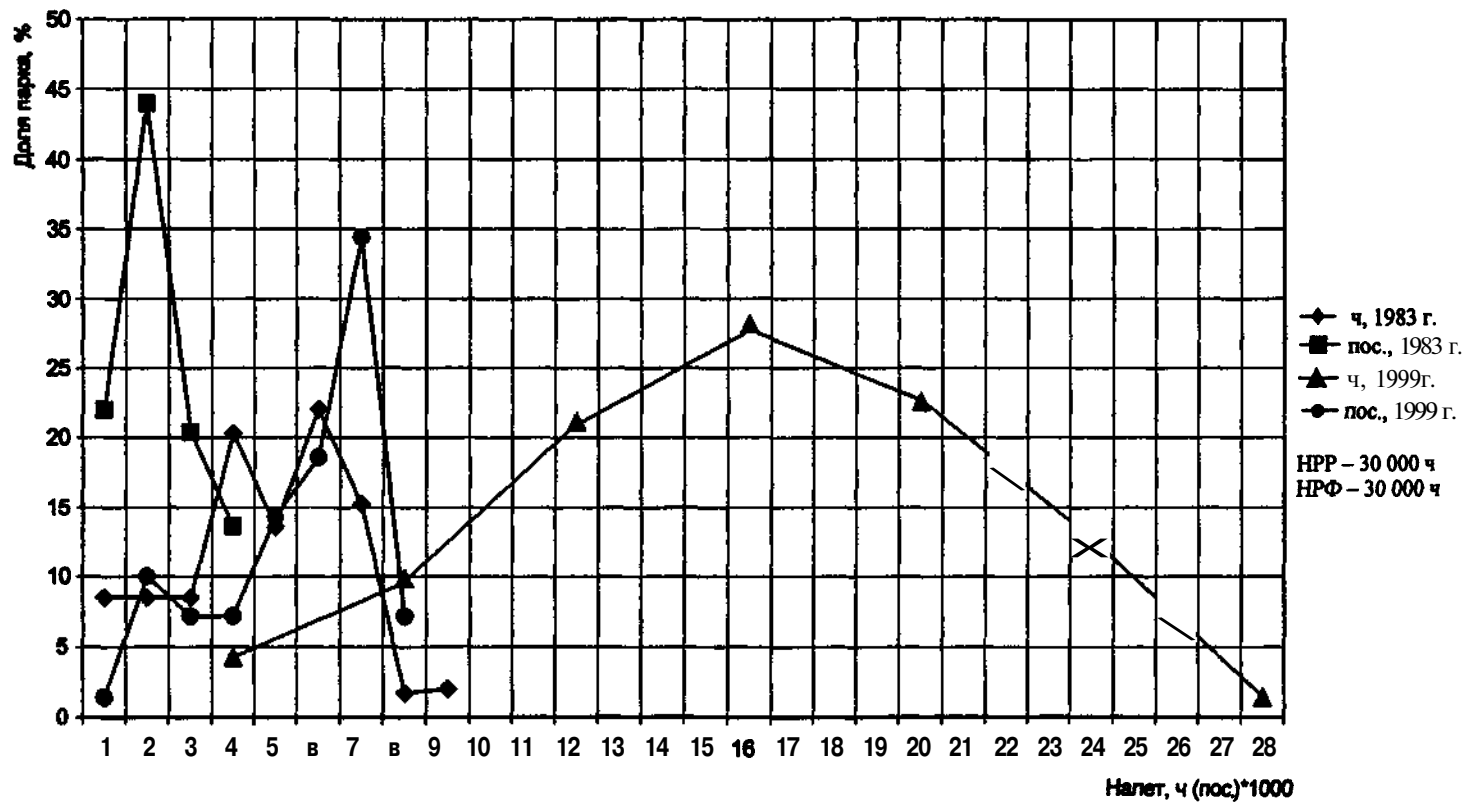


Рис. 3.3 Распределение парка самолетов Ту-154Б

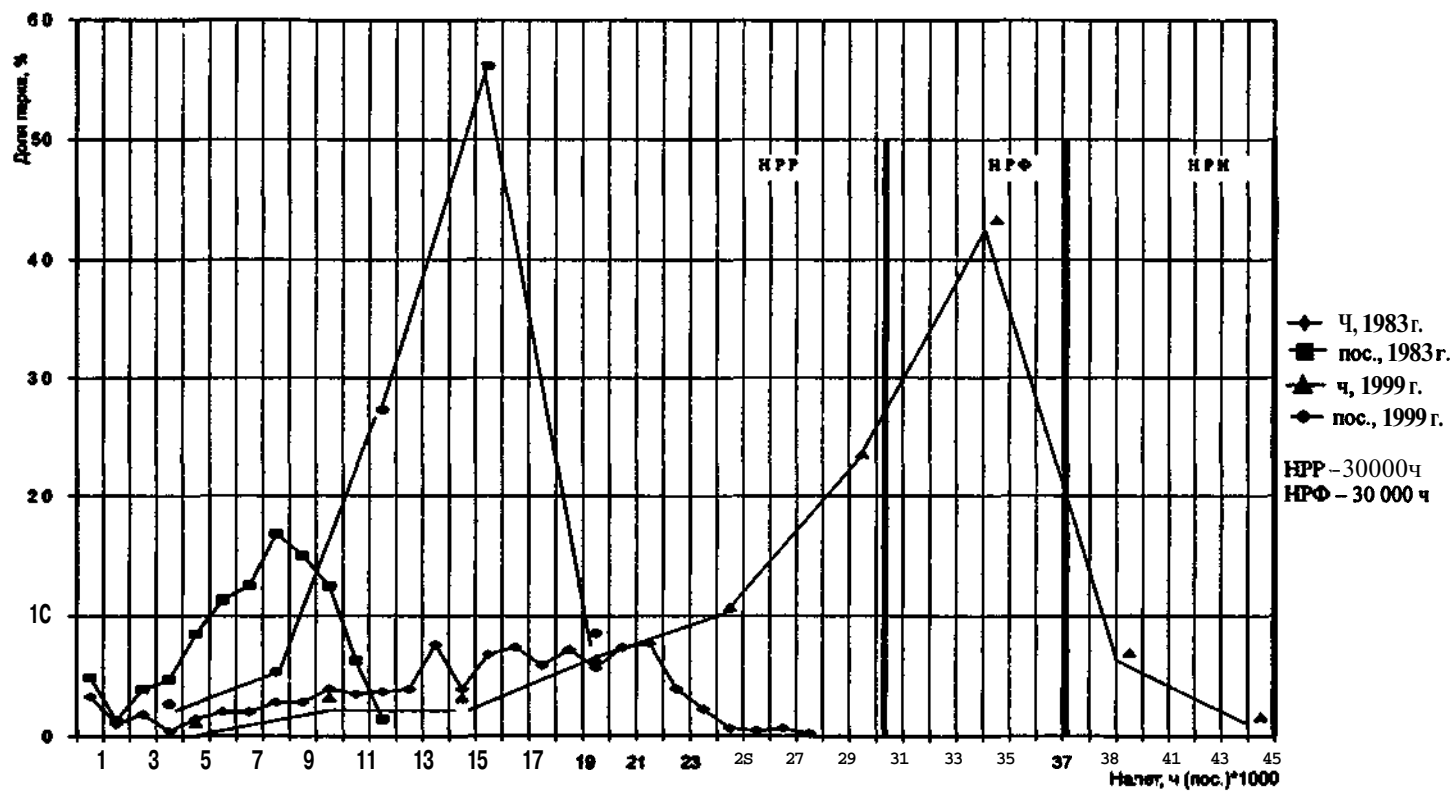


Рис. 3.4. Распределение парка самолетов **Ил-86**

Таблица 3.3

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 (1.11.88-10.11.89)
	1984	1985	1986	1987	За период с 1.11.88 по 10.11.89		с начала эксплуатации на 01.01.87/на 10.11.89	за период с 1.11.88 по 10.11.89	
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	

Группа региональных факторов определяет все виды несиловых внешних воздействий окружающей среды на объект эксплуатации и его элементы на протяжении срока службы изделий с момента их изготовления и до списания. Уровень воздействия этих факторов определяется параметрами окружающей среды, временным интервалом эксплуатации и защитными свойствами элементов конструкции и изделий. Аналогично функциональным факторам значения региональных факторов однородны для ВС каждого авиапредприятия и неоднородны для ВС всего парка.

Исследованиями показана статистическая неустойчивость взаимосвязи уровней воздействия региональных факторов на техническое состояние изделий и обобщенных значений уровней региональных факторов. Защитные свойства элементов изделий обусловлены их **физико-химическими** свойствами, которые функционально связаны с составом, материалами и технологией изготовления деталей. Это определяет внутреннюю неоднородность статистических данных о воздействии региональных факторов на состояние изделий и приводит к **неадек-**

ватности результатов статистических методов исследований реальным физическим и химическим процессам изменения состояния каждой отдельно взятой детали изделия. Поэтому роль региональных факторов эксплуатации в системе ТЭ типа ВС целесообразно оценивать не статистическими методами, а методами эмпирического анализа результатов эксплуатации аналогов в конкретных **региональных** условиях с построением, при **необходимости**, статистических моделей для конкретных деталей изделий в реальных региональных условиях эксплуатации.

Преобладающее воздействие на элементы конструкции ВС оказывают следующие региональные факторы: температура и влажность воздуха; солнечная активность и инсоляция; атмосферные осадки, их вид и количество; прочность и состав грунта; **загрязненность**; засоленность грунта и воды; **биологические** факторы; ветер, количество и состав химических примесей в атмосфере и грунте и т. д.

Воздействие региональных факторов на элементы конструкции планера ВС проявляется в разрушении лакокрасочных и защитных покрытий и появлении очагов коррозии. Наибольшее влияние на снижение надежности планера и механических систем оказывает коррозия (снижение статической прочности, нарушение герметичности, ухудшение чистоты поверхности). Качественная оценка факторов развития коррозии при формировании режимов ТОиР ВС дана в работе [17], основные заключения которой следующие. На скорость развития коррозии металлов в атмосфере больше всего влияют следующие факторы: влажность воздуха; степень загрязненности воздуха газами, парами кислот, частицами солей; длительность контакта электролита с металлической, поверхностью, температура воздуха и др., т. е. множество факторов в их сочетании. Роль некоторых факторов иллюстрируется известными графиками на рис. 3.5 и рис. 3.6 [20].

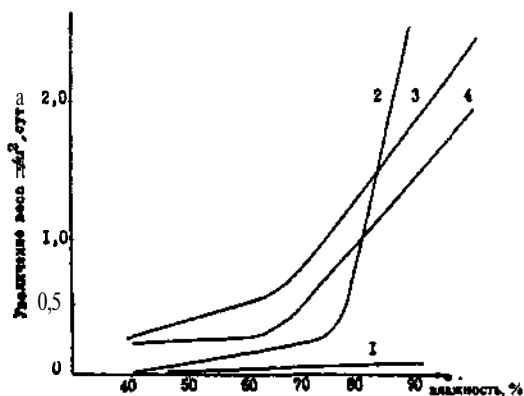


Рис. 3.5. Зависимость скорости коррозии **алюминиевых** сплавов от относительной влажности **воздуха**: 1 – Д16 и В95 – чистая атмосфера; 2, 3 – Д16 в присутствии 1% SO₂ и C12, соответственно; 4 – В95 в присутствии 1% SO₂

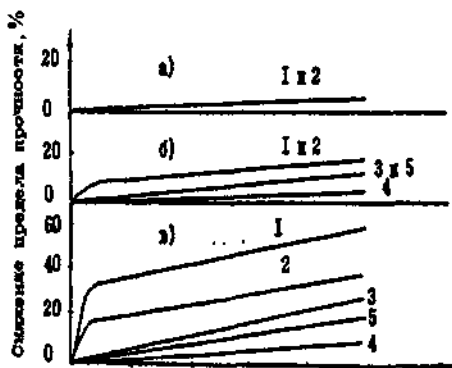


Рис. 3.6. Изменение предела прочности **образцов** из алюминиевых сплавов вследствие коррозии во времени в различных атмосферах: а) – сельская; б) – промышленная; в) – морская атмосфера; / – Д16 **неплакированный**; 2 – АВ; 3, 5 – А2; 4 – Д16 **плакированный**.

Толщина образцов – 0,9 мм

Так, из приведенных на **рис.3.5** зависимостей скорости развития коррозии от относительной влажности воздуха и его состава следует, что при наличии в воздухе 1% SO_2 и Cl_2 скорость развития коррозии алюминиевых сплавов увеличивается в четыре-восемь раз и резко возрастает при относительной влажности воздуха **66–75%**. Рис. 3.6 иллюстрирует зависимость снижения предела прочности алюминиевых сплавов из-за коррозии от загрязненности воздуха во времени. Для листового материала толщиной 1,5–2 мм за период **15–20 лет** (что равно или менее срока эксплуатации ВС) снижение статической прочности достигает 40%.

При возникновении очагов коррозии резко ухудшаются усталостные характеристики конструктивных элементов ВС в условиях их циклического **нагружения**. Очаги точечной коррозии, являясь концентраторами напряжений, инициируют возникновение усталостных повреждений. При поверхностной атмосферной коррозии, чаще всего возникающей на алюминиевых **сплавах**, ухудшается чистота поверхности, что может снижать усталостную прочность до 40%. В местах соединения элементов вследствие ухудшения чистоты поверхности увеличивается контактное **трение**, что способствует развитию коррозии трения. Касательные напряжения в области контакта элементов являются причиной зарождения трещин, которые, достигнув критической величины, развиваются дальше уже под действием общих **напряжений** в элементе. Совместное воздействие **коррозионных** и усталостных процессов на элемент конструкции может приводить к снижению усталостной прочности алюминиевых сплавов на **50–80% [21, 22]**.

Опыт эксплуатации ВС различных типов показывает, что какой-либо фактор, ранее не учитывавшийся, может оказать решающее влияние на развитие коррозии на элементах конструкции планера и систем ВС.

Кроме того конструктивное исполнение некоторых зон в современных ВС способствует возникновению и развитию коррозии. К таким зонам относятся:

- подпольная часть **гермофюзеляжа** и элементы по стыку с ней (вследствие скопления **конденсата**, образующегося при перепаде температур);
- зона несливаемого остатка топлива в кессонах крыла (вследствие скопления воды при отстое топлива);
- стыки панелей обшивки по нервюрам и лонжеронам крыла (вследствие конденсации атмосферной влаги или ее попадания во время осадков);
- зона установки аккумуляторов (вследствие попадания электролита);
- зона санузла (вследствие попадания спецжидкостей на элементы конструкции);
- негерметичные части крыла и фюзеляжа (вследствие попадания атмосферных осадков через стыки или технологические люки).

Поэтому оценить воздействие всего многообразия региональных факторов на различные элементы конструкций транспортных ВС с помощью статистических методов довольно сложно. Необходимо изучение конкретных факторов, способствующих развитию коррозии на конкретных элементах конструкции ВС с учетом материалов, используемых для их изготовления. Таким образом, задача оценки, контроля и борьбы с коррозией является самостоятельной задачей обес-

печения длительной эксплуатации ВС, которая решается в рамках специальных программ (для зарубежных типов ВС – программы РСРС – программы контроля и профилактики коррозии). Однако с помощью экспертного качественного анализа условий эксплуатации можно сформулировать обобщенные рекомендации по оценке коррозионной активности среды в зоне базирования ВС. Появление коррозии наиболее вероятно на ВС, эксплуатирующихся в базовых **аэропортах**, где:

- большое количество солей и примесей в воздухе;
- большое количество дней в году с относительной влажностью более **75%**;
- большое количество дней в году с возможной конденсацией атмосферной влаги на элементы конструкции (выпадение росы);
- высокая среднегодовая температура воздуха.

Применение указанных рекомендаций при формировании групп ВС для **про**-ведения на них исследования с целью оптимизации режимов ТОиР повышает вероятность своевременного обнаружения атмосферной коррозии на элементах конструкции. Необходимо отметить, что широко используемые методы оптимизации режимов ТОиР на основе статистических данных о наработке и отказах и **неисправностях**, выявленных на ВС в процессе эксплуатации, неприемлемы для оценки закономерностей возникновения и развития коррозионных повреждений, т.к. статистические методы не **учитывают** региональные факторы, а только наработку ВС (изделия).

Из табл. 3.4, в которой приводятся климатические характеристики **некоторых** аэропортов базирования отечественных типов ВС, следует, что наиболее **коррозионно-активные** условия эксплуатации в аэропорту Баку. Обобщение опыта эксплуатации самолетов типа **Як-40, Ту-134** и других показало, что **коррозионные** повреждения элементов конструкции этих самолетов появляются, в основном, на ВС, базирующихся в аэропорту Баку.

Это подтверждает обоснованность качественных рекомендаций по оценке региональных условий эксплуатации ВС различных типов.

Качественная оценка условий эксплуатации ВС возможна только во **взаимосвязи** с отказами и неисправностями, появляющимися под воздействием этих эксплуатационных факторов, что требует некоторой классификации отказов и неисправностей в системе ТЭ типа ВС, рассматриваемой ниже.

Под воздействием функциональных и региональных факторов в процессе эксплуатации ВС в изделиях и элементах ФС появляются и накапливаются отказы и неисправности, которые должны предупреждаться или устраняться воздействием технических факторов в системе ТЭ.

**Климатические характеристики некоторых аэропортов базирования ВС
отечественного производства**

Город	Среднегодовая относительная влажность воздуха, %	Среднегодовая температура воздуха, °С	Количество солей в осадках, г/м ³	Кол-во дней в году с влажностью > 80%, %	Кол-во дней в году с выпадением росы
Баку	74,8	13,7	100-200	43,4	167
Рига	80,5	5,4		64,6	107
Одесса	78,1	9,9	40 – 50	47,2	104
Минск	80,3	5,2		63,5	81
Свердловск	72,2	0,5	50 – 100	31,3	76
Ташкент	52,9	14,6		6,9	71
Москва	71,5	5,1		32,3	54
Владивосток	71,8	3,2		34,4	45

По физической сущности и характеру проявления неисправности отказы элементов **ФС** классифицируются по группам [3]:

а) для конструктивных элементов (**E**):

- трещины, деформации и разрушения от повторяющихся нагрузок;
- механический износ;
- разрушения и деформации от разовых нерасчетных **нагрузений** или режимов работы;
- старение (потеря физических или химических свойств материалов);
- механические повреждения при ТОиР;
- коррозия материалов;

б) для неконструктивных элементов (**G**):

- ослабление соединений;
- потеря свойств смазок и спецжидкостей;
- разрушение **ЛКП** и других защитных покрытий;
- нарушение регулировок;
- нарушение контактов в электроцепях и приборах.

В каждой группе возможна конкретизация отказов и неисправностей до уровня изделий и элементов **ФС** по различным признакам (конструктивным, технологическим, функциональным и т.д.) при сохранении приведенной выше общности группового признака.

Появление и развитие каждой группы неисправностей, как правило, обусловлено воздействием нескольких эксплуатационных факторов (региональных и функциональных) в комплексе. С другой стороны, действие одного эксплуатационного фактора может приводить к появлению различных по характеру неисправностей в разных элементах **ФС**. Появление неисправности или отказа **одного** вида может инициировать развитие другой. Так, механические повреждения,

износ или разрушение защитных покрытий металлических деталей способствуют появлению очагов коррозии, наличие которых, в свою очередь, ускоряет развитие механических повреждений. Примерная схема взаимосвязи эксплуатационных факторов (функциональных и региональных) с видами неисправностей и отказов изделий, агрегатов и оборудования ВС приведена на рис. 3.7.

Проведение качественного анализа условий эксплуатации ВС обеспечивает сокращение объема работ по последующему количественному анализу условий эксплуатации, необходимому при выборе конкретных **инженерно-конструкторских** решений и эксплуатационных ограничений при формировании системы ТЭ типа ВС в целом или отдельных его элементов.

3.2. СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ АТ

При формировании ЭТХ ВС в системе ТЭ для оценки параметров, определяющих управляемое воздействие на ВС для поддержания и восстановления его эксплуатационных качеств, необходимо решить оптимизационную задачу соответствия работ ТОиР фактической потребности изделий АТ в их выполнении. Такое соответствие определяется реализацией эффективной стратегии ТОиР каждого изделия ВС в реальных условиях эксплуатации. Формально стратегия ТОиР может **быть** эффективной для одиночного ВС, группы ВС или всего **парка**, однако требования норм летной годности ВС по безопасности полетов по надежности АТ устанавливаются для всего парка ВС данного **типа**, что является ограничением и для формирования режимов ТОиР отдельных изделий комплектации ВС.

С другой стороны, режимы ТОиР определяются состоянием изделий АТ в эксплуатации, а изменение состояния обусловлено действием эксплуатационных факторов, классифицированных качественно в предыдущем разделе. Ниже рассматриваются особенности решения задачи количественной оценки состояния изделий АТ в реальных условиях эксплуатации ВС статистическими методами. Статистическая связь условий эксплуатации и технического состояния изделий АТ эффективно определяется известными методами планирования эксперимента [23,24,25], особенности применения которых для изделий АТ **следующие**.

Статистический эксперимент для изделий АТ, находящихся в эксплуатации, всегда является пассивным, т.к. изменить условия эксплуатации или установить заданные уровни эксплуатационных факторов (кроме технических) невозможно из-за действующих директивных и функциональных ограничений, указанных в предыдущем разделе. Значения эксплуатационных факторов статистически устойчивы относительно аэропортов базирования ВС [17].

Техническое состояние конкретного типа изделий АТ должно **характеризоваться** обобщенным параметром оптимизации, объективно отражающим изменение состояния изделия в процессе эксплуатации и обладающим следующими свойствами:

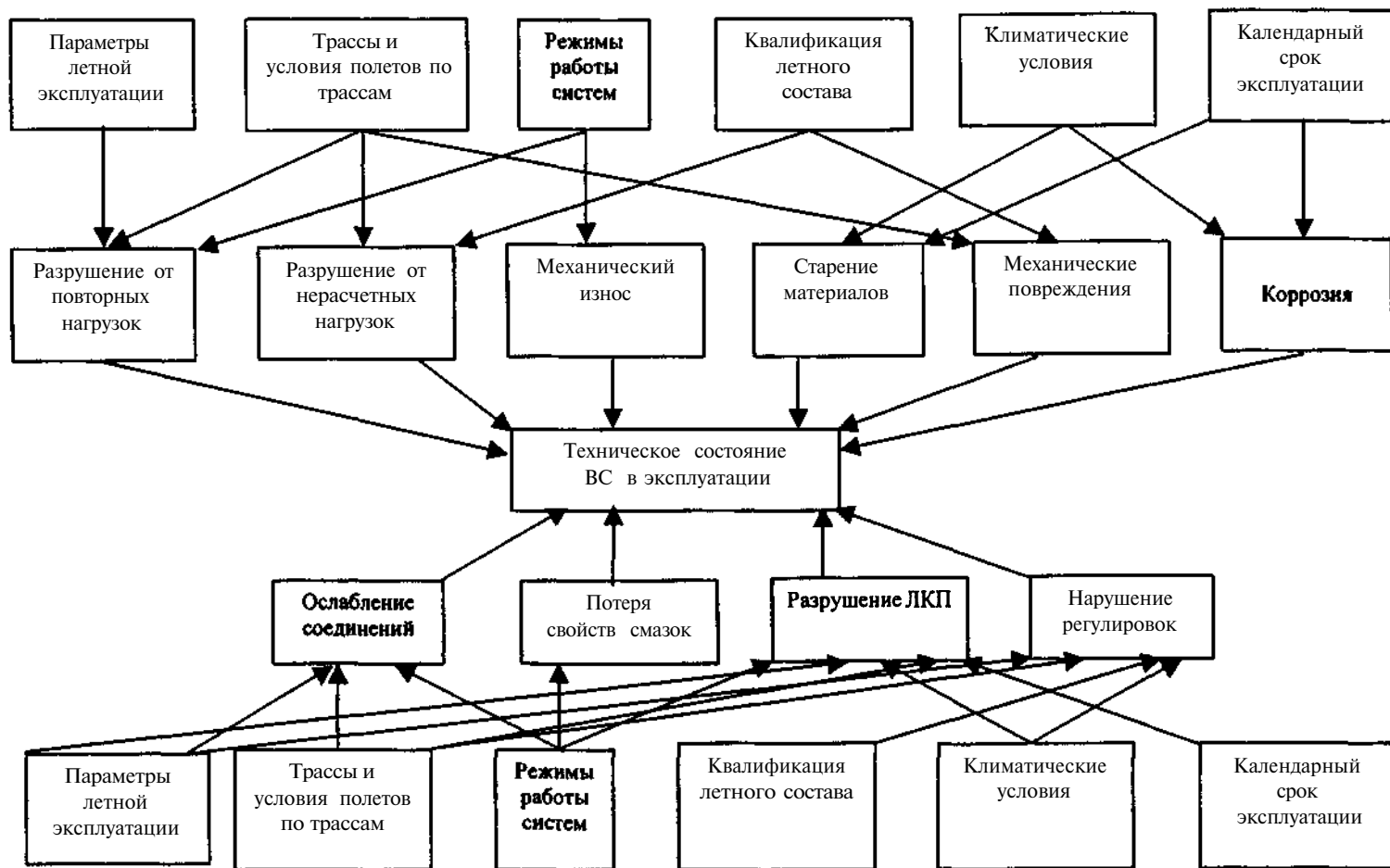


Рис. 3.7. Схема возникновения неисправностей различного характера от действия различных эксплуатационных факторов

- иметь устойчивые монотонные или дискретные закономерности изменения в процессе эксплуатации;
- объективно отражать условия эксплуатации;
- иметь количественные характеристики, измеряемые или рассчитываемые с требуемой достоверностью существующими методами и средствами.

Таким требованиям удовлетворяют показатели безотказности изделий или определяющий (диагностический) параметр.

При выборе параметра оптимизации для оценки **условий** эксплуатации необходимо определить, является ли различие в значениях параметра оптимизации при разных уровнях эксплуатационных факторов существенным относительно случайных разбросов значений параметра оптимизации при одинаковых условиях эксплуатации исследуемых изделий.

Очевидно, что изменение значений параметра оптимизации может **быть** обусловлено не только уровнями эксплуатационных факторов, но и длительностью их воздействия, поэтому план эксперимента **рандомизируется** относительно наработки (срока службы) каждого изделия или однородных групп изделий. При таких условиях задача оценки различий в значениях параметра оптимизации от случайных факторов и условий эксплуатации решается методом **двухфакторного** дисперсионного **анализа**, дающим хорошие результаты, если оцениваемые величины нормально распределены, а их дисперсии однородны. Проверка гипотез о нормальности распределения оцениваемых величин выполняется количественно по критериям согласия (χ^2 , W^2 и др.) в зависимости от объема выборки и требуемого уровня значимости или качественно, на основе инженерного анализа физических процессов изменения анализируемых явлений, а проверка однородности дисперсии выполняется по **G-критерию Кохрана** или **B-критерию Бартлетта**. Для количественной оценки различимости дисперсии оцениваемых факторов применяется **F-критерий** Фишера. План дисперсионного анализа выбирается в зависимости от объема выборки и однородности результатов наблюдений в различных условиях эксплуатации [26, 27].

Если дисперсионным анализом установлена значимая статистическая связь параметра технического состояния изделия с условиями эксплуатации, для **количественной** оценки такой связи строится регрессионная модель и проводится ее анализ.

Соответствие между ожидаемыми значениями параметра оптимизации и факторами эксплуатации определяется функцией отклика

$$\tilde{y} = f(X_1, X_2, \dots, X_i), \quad (3.3)$$

где $\tilde{y}$ - оценка параметра оптимизации;

X_i - независимые факторы эксплуатации.

Полагается, что для каждых **j-х** условий эксплуатации изделия АТ факторы X_i **принимают** точные значения, равные оценкам м.о. их величин в этих услови-

яж. Известно, что для решения подобной задачи обычно достаточно системы уравнений второй степени вида

$$\sum_{j=1}^N \bar{X}_j \sum_{i=0}^K b_i \bar{X}_i = \sum_{j=1}^N \bar{y} \bar{X}_j, \quad (3.4)$$

где $\bar{y}$ - м.о. значений параметра в данных условиях эксплуатации;

$\bar{X}_i, \bar{X}_j$ - м.о. значений факторов эксплуатации в данных условиях;

b_i - коэффициенты модели;

K - количество независимых факторов.

Отбор независимых факторов по статистическим данным об условиях эксплуатации сводится к вычислению коэффициентов парной корреляции и их сравнению с табличным: $r_{1-P/2}$ при принятом уровне значимости P . Систему (3.4) целесообразно решать матричным методом. Тогда в матричной форме система (3.4) запишется в виде

$$[M][B] = [y_M], \quad (3.5)$$

где $[M] = [X^X][X]$;

$[y_M] = [X^X][\bar{y}]$;

$[X]$ - матрица факторов;

$[X^X]$ - **транспонированная** матрица факторов;

$[M]$ - информационная матрица;

$\bar{y}$ - вектор параметра оптимизации;

$[B]$ - вектор коэффициентов b_i .

Неизвестные коэффициенты b_i определяются из уравнения

$$[B] = [D][y_M], \quad (3.6)$$

где $[D]$ - ковариационная матрица $[M]^{-1}$.

Тогда
$$b_i = \sum_{j=0}^K C_{ij} (i \neq j) \quad i = 0, 1 \dots K, \quad (3.7)$$

где C_{ij} - **внедиагональные** члены матрицы $[D]$.

Значения оценок коэффициентов определяются по методу наименьших квадратов. Эта задача решается по стандартным программам на ЭВМ.

Для последующего инженерного анализа закономерностей изменения параметра оптимизации в различных условиях эксплуатации и обеспечения **приемственности типовых**, ожидаемых и реальных условий эксплуатации при построении модели целесообразно перейти от абсолютных значений факторов эксплуатации к относительным

$$X'_i = \frac{X_i}{\bar{X}_{oi}} \quad \text{или} \quad X'_j = \frac{X_{oj}}{\bar{X}_j} \quad (3.8)$$

таким образом, чтобы значение $X'_i > 1 (X'_j > 1)$ соответствовало увеличению воздействия данного фактора на параметр оптимизации, где X_o - типовое (или среднее ожидаемое) значение фактора X .

Такое нормирование отражает физический смысл связи параметра и факторов и упрощает вид модели (3.4).

Качества регрессионной модели, связывающей параметр ожидаемого состояния изделий в эксплуатации со значениями факторов эксплуатации, исследуются статистическими методами в следующей последовательности:

- 1) определение адекватности модели;
- 2) определение информационной способности модели;
- 3) статистический анализ модели (определение **ковариаций**, дисперсий и выборочных парных коэффициентов корреляции, коэффициентов модели);
- 4) определение значимых коэффициентов модели;
- 5) определение вклада каждого коэффициента b_i в изменении параметра.

Если модель (3.3), построенная на указанных **принципах**, адекватна экспериментальным данным и обладает информационной способностью, она позволяет решать следующие задачи формирования режимов ТОиР.

Величина отношения параметра y_i в i -х условиях эксплуатации к $\tilde{y}_o$ в типовых расчетных условиях определяет обобщенное влияние функций f_i, ϕ_i и θ_i (3.2) на изменение надежности изделий или системы при данной (t) фиксированной наработке (сроке службы), для которой построена модель, и обеспечивает расчет реализации функции надежности $P_y(t = t_1)$ для всех реальных условий эксплуатации ВС парка. Оценка параметров распределения $P_y(t = t_1)$ для всего парка ВС позволяет определить вероятность достижения параметром оптимизации y заданной величины и соответственно определить потребность в проведении работ ТОиР с целью предупреждения превышения параметром y установленных в эксплуатации ограничений.

Построение ряда моделей (3.3) для фиксированных наработок $t = t_1, t_2, \dots, t_n$ позволяет определить параметры реализации распределения $P_y(t)$ для **каждых j -х** условий и $P_i(t)$ для парка изделий в целом, что обеспечивает формирование режимов ТОиР данного типа изделия на основе любой стратегии ТОиР с учетом условий эксплуатации каждого конкретного изделия.

Целевое исследование состояния изделий АТ для формирования режимов их ТОиР выполняется обычно на группе ВС, эксплуатирующихся с опережением по наработке по специальным программам, причем количество ВС и необходимое опережение их наработки рассчитывается статическими методами на основе распределения $P_{io}(t)$.

Применение зависимости $P_i(t)$ облегчает данную задачу, т.к. при каждой фиксированной наработке $t = t_1, t_2, \dots, t_n$ отношение $\tilde{y}_0 / \tilde{y}_i$ определяет изменение $P_i(t)$ относительно, $P_{oi}(t)$ что равносильно соответствующему изменению наработки изделия на величину Δt . При условии $P_i(t + \Delta t) = P_{oi}(t)$ вероятности появления заданного состояния изделия или системы в реальных условиях эксплуатации будут соответствовать их расчетным значениям и принятым ограничениям. Этот вывод показан на рис. 3.8.

При наработке изделий в **i-х** и **j-х** условиях эксплуатации (см. рис. 3.6) из (3.3 и 3.4) следует, что заданное ограничение $P_n(t_0)$ будет достигнуто при наработках t_i и t_j соответственно, откуда следует, что относительно расчетных условий **эксплуатации j-е** условия более тяжелые, а **i-е** более легкие. Значению параметра оптимизации $P_n(t_0)$ при наработке t_0 соответствует фактическая наработка в **j-х** условиях t_j , а в **i-х** условиях t_i , тогда $A/ = t_0 - t_j$ составляет опережение по наработке, а $\Delta t = t_0 - t_i$ отставание по наработке в **j-х** и **i-х** условиях эксплуатации относительно расчетных соответственно.

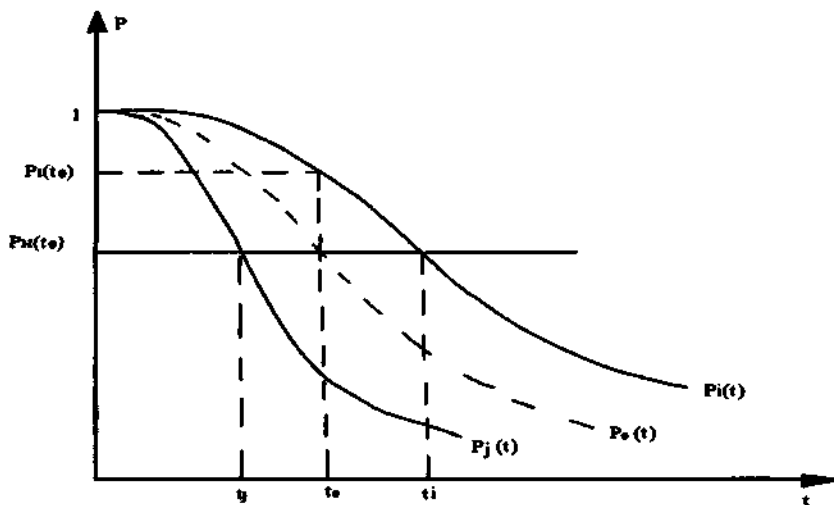


Рис. 3.8. Реализация надежности изделий АТ в различных условиях эксплуатации

Определив для каждой **i-х** условий эксплуатации распределение $\tilde{y}_i(t)$, фактическую наработку любых изделия в реальных условиях эксплуатации можно получить из равенства [3,37]

$$\tilde{y}_0(t) = \tilde{y}_i(t + \Delta t) \quad (3.9)$$

при монотонном возрастании (убывании) параметра y или из равенства

$$\int_0^t \tilde{y}_0(t) dt = \int_0^{t+\Delta t} \tilde{y}_i(t) dt \quad (3.10)$$

при полиэкстремальном изменении $\tilde{y}(t)$.

Однако метод статистической оценки условий эксплуатации по изменениям параметра оптимизации обладает и рядом недостатков.

Для построения регрессионной модели необходимо большое количество (30 - 50) наблюдений параметра оптимизации, что, учитывая высокую надежность изделий АТ, возможно при большой суммарной наработке ВС **парка**, и следовательно, статистическая модель в большинстве случаев обеспечивает подтверждение существующих режимов ТОиР, а не их формирование.

Построение распределения $\tilde{y}_i(t)$ для каждой ***i*-х** условий эксплуатации практически возможно при наличии в авиапредприятии не менее **30–50** ВС (изделий) данного типа через интервалы наработки 1-1,5 тыс. летных часов, что обеспечивает необходимый объем статистической информации о параметре y_i только к моменту отработки отдельными ВС (изделиями) назначенного ресурса. Например, по параметру потока неисправностей изделия, отказ которого приводит к усложнению условий **полета**, при парке 50 изделий и наработке каждого в год 2000 летных часов с позиции Норм летной годности ВС допустимо появление 2-3 неисправностей в год. С другой стороны, для большинства изделий АТ с **вероятностью** $10^{-5} - 10^{-9}$ (**1/ч**) появление неисправностей в эксплуатации не **допускается**, т.е. статистическая модель непосредственно для этих изделий с требуемой достоверностью построена быть не может. В этом случае может быть произведена косвенная оценка влияний условий эксплуатации на техническое состояние изделий этого типа, если имеются изделия другого типа или элементы **ФС**, которые допустимо рассматривать как аналоги или индикаторы по условиям эксплуатации и для которых имеется необходимая информация для построения статистической модели.

Таким образом, статистическая оценка условий эксплуатации решает задачу формирования режимов ТОиР для изделий АТ, отказы и неисправности которых непосредственно не влияют на безопасность полетов ВС и, соответственно, имеется достаточное количество наблюдаемых в эксплуатации отказов и неисправностей.

Одним из методов эксплуатации таких изделий является эксплуатация до безопасного отказа - ТЭО. Применение метода ТЭО требует периодической оценки и контроля надежности изделий в процессе эксплуатации, по результатам которых принимаются альтернативные решения о продолжении или прекращении эксплуатации, проведении доработок, ремонте или профилактике. Так как объемы и периодичность работ по ТОиР комплектующих изделий ВС обычно планируются к выполнению в соответствии с наработкой **планера**, исчисляемой в летных часах или полетах, оценка надежности комплектующих изделий ВС должна выполняться в той же размерности и тоже относительно наработки планера ВС.

Интенсивность изменения технического состояния изделий в значительной степени определяется условиями эксплуатации ВС, которые включают множество эксплуатационных факторов (параметры полета, нагрузки, режимы работы, климатические условия и т.д.), причем для конкретного изделия основными являются один или несколько эксплуатационных факторов.

Статистическая оценка надежности комплектующих изделий ВС в процессе эксплуатации производится при таких ограничениях, как немногочисленность отказов в заданный период эксплуатации (месяц, квартал) вследствие ограниченного количества эксплуатирующихся изделий и высокой их надежности, а также неоднородность результатов наблюдений вследствие различий в условиях эксплуатации ВС. Оценки параметров надежности изделий, рассчитанные статистическими методами без учета указанных ограничений, не имеют уровней достоверности и адекватности, которые требуются при внедрении метода ТЭО для изделий АТ.

Для оперативной оценки надежности изделий при внедрении метода ТЭО предлагается нормировать условия эксплуатации изделий относительно произвольно выбранных эталонных условий эксплуатации ВС. В этом случае наработка изделий будет исчисляться относительно эквивалентной наработки ВС в эталонных условиях эксплуатации, что обеспечивает однородность выборки отказов изделий для всех ВС данного типа. Уровень воздействия условий эксплуатации на изделия целесообразно исчислять относительно типовых или средне-статистических условий эксплуатации ВС, что облегчает последующий инженерный анализ полученных результатов.

В общем случае, приведение результатов наблюдений отказов изделий к эталонным условиям эксплуатации ВС и оценки параметров надежности изделий рекомендуется производить в следующей последовательности:

1. Определяется критерий технического состояния изделия и выделяются основные функциональные эксплуатационные факторы, действующие на изделие в процессе эксплуатации.
2. Определяются условия эксплуатации каждого экземпляра ВС парка (или группы ВС) и выбираются типовые (эталонные) условия эксплуатации изделий данного типа.
3. Определяется связь (функциональная или стохастическая) значений критерия технического состояния изделий со значениями эксплуатационных факторов.
4. Производится нормирование относительного изменения критерия технического состояния изделий $5/$ относительно типовых условий эксплуатации

$$\delta_i = s_i / \bar{s}, \quad (3.11)$$

где s_i - величина изменения критерия за единицу наработки ВС в i -х условиях эксплуатации;

J - величина изменения критерия за единицу наработки ВС в типовых условиях эксплуатации.

5. Статистическая информация об отказах изделий пересчитывается по на-

работке планера относительно произвольных условий эксплуатации ВС применительно к типовым

$$T = \sum_{i=1}^n T_i \delta_i, \quad (3.12)$$

где T - наработка изделия, приведенная к эталонным условиям эксплуатации ВС;

T_i - наработка изделия в i -х условиях эксплуатации;

n - количество изменений условий эксплуатации за период эксплуатации изделия.

6. Определяются оценки параметров надежности изделий относительно типовых условий эксплуатации ВС.

Результаты оценки надежности изделий относительно типовых условий эксплуатации ВС служат исходной информацией при реализации метода ТЭО. Например, несилевые элементы конструкции планера (обшивки негерметичных частей, зашивки, законцовки, обтекатели и т.д.) можно эксплуатировать до безопасного отказа. Основным видом отказов (неисправностей) этих элементов являются усталостные трещины, наличие которых характеризует техническое состояние элементов, т.е. является критерием технического состояния. Закономерности развития усталостной трещины определяются интенсивностью накопления усталостной повреждаемости и могут быть рассчитаны для различных условий эксплуатации различных конструктивных элементов известными методами.

Для изделий АТ, непосредственно влияющих на безопасность полетов, статистическая модель оценки условий эксплуатации используется для экспериментального подтверждения действующих в эксплуатации режимов ТООР, формирование которых было произведено на другой методологической основе на этапах проектирования, испытаний и освоения эксплуатации этих изделий при отсутствии достаточного опыта их эксплуатации.

Рассмотрим статистическую оценку условий эксплуатации для планера самолетов ГА.

Условия **нагружения** элементов конструкции планера определяются параметрами летной эксплуатации самолета.

При исследовании влияния условий эксплуатации самолетов на изменение надежности конструктивных элементов планера и механических систем с целью формирования рациональных режимов ТООР необходимо определить законы распределения и его параметры для значимых факторов летной эксплуатации каждого самолета парка.

Исследования условий эксплуатации самолетов обычно показывают статистическую устойчивость значений параметров полета для всех самолетов, принадлежащих одному авиапредприятию. Учитывая некоррелированность основных параметров полета самолетов необходимо проводить обработку информации о параметрах полетов по всем аэропортам базирования. Следовательно, система сбора и обработки информации об условиях летной эксплуатации самолета

тов должна обеспечивать достаточно достоверную оценку параметров **распределений** факторов летной эксплуатации по всем аэропортам базирования самолетов при минимуме потребной исходной информации.

По зарубежным оценкам, страница подобной информации может стоить 5 - 10 дол. США, что требует больших расходов.

Для их уменьшения предлагается приближенная оценка параметров **типового** полета парка самолетов в целом и по аэропортам базирования.

Рассматривая парк самолетов, имеющихся в каждом авиапредприятии, как однородную совокупность, требуемую точность оценок математического ожидания для каждого параметра полета можно определить из неравенства **Чебышева** [24]

$$P\{|x - M(x)| \geq t\sigma\} \leq \frac{1}{t^2}.$$

Задаваясь **5-процентным** допустимым отклонением оценки математического ожидания от его истинного значения, что обеспечивает требуемую **достоверность** формируемых режимов **ТОиР** элементов конструкции планера и механических систем, для оценок параметров полета **j-го** самолета по **i-му** маршруту, обслуживаемому самолетами данного авиапредприятия, справедливы **следующие** соотношения:

$$t_{ij} * \bar{t}_i; H_{ij} * \bar{H}_i; G_{Tij} \approx \bar{G}_T; G_{комij} * \bar{G}_{комi}, \quad (3.13)$$

где $\bar{t}_i, \bar{H}_i, \bar{G}_T, \bar{G}_{комi}$ - оценки математического ожидания продолжительности и высоты **полета**, массы топлива и коммерческой загрузки при полете по **i-му** маршруту.

При таком уровне значимости допустимо предположить, что масса снаряженного самолета данной модификации и часовой расход топлива при равных режимах работы двигателей неизменны для всех самолетов

$$G_{сн.самj} = G_{сн} \quad G_{T/чj} = G_{T/ч} \quad j = \overline{1, n}. \quad (3.14)$$

В плановой отчетности каждого авиапредприятия обычно имеется **следующая** статистическая информация:

- наработка каждого самолета (в часах и полетах) за месяц и с начала эксплуатации;
- количество пассажиров и **груза**, перевезенных каждым самолетом за месяц и с начала эксплуатации;
- суммарная наработка самолетов данного типа в **авиапредприятиях**;
- списочный парк самолетов данного типа в авиапредприятии;
- суммарный налет (км) парка самолетов за квартал;

Кроме того из расписаний полетов может быть получена следующая информация:

- маршруты полетов и их протяженность;
- частота полетов самолетов данного типа по каждому маршруту.

Следовательно, для расчета оценок параметров типового полета самолетов в каждом авиапредприятии необходим разовый сбор информации для получения соотношений (3.13). Дополнительные данные могут быть получены в каждом авиапредприятии из задания на полет для каждого ***i*-го маршрута**, отдельно для каждого расписания полетов (обычно для летнего и зимнего расписания). При этом учитывается относительная устойчивость параметров полета в пределах сезонного расписания, определяющего интенсивность использования парка **самолетов** в каждом авиапредприятии.

Алгоритм расчета оценок параметров типового полета следующий:

1. Из авиапредприятий собирается информация для расчета оценок средних $\bar{t}_i, \bar{H}_i, \bar{G}_{Ti}, \bar{G}_{комi}$ по каждому маршруту.

2. По расписанию полетов рассчитываются коэффициенты сезонных колебаний

$$a_{il} = \frac{\bar{t}_i}{K_i}; \quad a_{is} = \frac{K_{is}}{K_i}, \quad (3.15)$$

где $\bar{t}_i = K_{il} + K_{is}$;

K_{il}, K_{is} - количество полетов по ***i*-му маршруту** за месяц по летнему и зимнему расписаниям соответственно.

3. Определяются относительные частности полетов по ***i*-му маршруту**

$$Pi = \frac{K_i}{\sum K_i}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (3.16)$$

где n - количество маршрутов в данном авиапредприятии.

4. Определяются средневзвешенные оценки средних по ***i*-му маршруту**

$$\bar{\bar{t}}_i = \bar{t}_{is} \cdot a_{is} + \bar{t}_{il} \cdot a_{il}. \quad (3.17)$$

5. Определяются оценки математического ожидания и σ^2 параметров полета в каждом авиапредприятии, например:

$$M(t) = \sum_{i=1}^n \bar{\bar{t}}_i \cdot Pi; \quad (3.18)$$

$$\sigma^2(t) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n [\bar{\bar{t}}_i - M(t)]^2.$$

В указанной последовательности определяются:

- продолжительность типового полета;
- высота типового **полета**;
- масса топлива при взлете;
- масса коммерческой загрузки.

б. Для расчета оценок параметров распределений типовой взлетной и посадочной массы используем выражения:

$$G_{\text{взл}} = G_{\text{сн}} + G_T + G_{\text{ком}} \quad \dots \quad ; \quad (3.19)$$

$$G_{\text{пос}} = G_{\text{взл}} - G_{T/\text{ч}} \cdot t.$$

Учитывая (3.14) и полагая $\Delta G_{\text{рул,разб}} = \text{const}$, оценки средних, в соответствии с их свойствами, получим из выражений:

$$M(G_{\text{взл}}) = G_{\text{сн}} + M(G_T) + M(G_{\text{ком}}) - \Delta G; \quad (3.20)$$

$$M(G_{\text{пос}}) = M(G_{\text{взл}}) - G_{T/\text{ч}} \cdot M(t),$$

а оценки σ^2 – из (3.18).

Оценки математического ожидания некоторых дополнительных параметров типового полета:

- протяженность типового маршрута

$$M(L) = \sum_{i=1}^n L_i \cdot P_i; \quad (3.21)$$

- скорость типового полета

$$M(V) = \frac{M(L)}{M(t)}.$$

1. По полученным оценкам математического ожидания рассчитываются суммарные статистические показатели эксплуатации парка самолетов в данном авиапредприятии за определенный период:

- суммарная наработка

$$T_{\Sigma} = M(t) \cdot N; \quad (3.22)$$

- суммарная масса коммерческой загрузки

$$G_{\text{ком}\Sigma} = M(G_{\text{ком}}) \cdot N,$$

где $N = \sum_{i=1}^n K_i$ – количество полетов за определенный период.

Значения T_{Σ} и $G_{\text{ком}\Sigma}$ сравниваются с отчетными данными авиапредприятий. При расхождении менее 3 - 5% определение оценок математического ожидания в дальнейших наблюдениях с целью выявления динамики изменения параметров типового полета по годам эксплуатации упрощается

$$M(t) = \frac{T}{N}; \quad M(L) = \frac{L_n}{N}; \quad M(V) = \frac{M(L)}{M(t)}; \quad M(G_{\text{ком}}) = \frac{G_{\text{ком}\Sigma}}{N}, \quad (3.23)$$

где T , N , L_n , $G_{\text{ком}}$ – из отчетных данных авиапредприятий.

Распределение каждого параметра полета для всего парка самолетов рассматривается как распределение случайной величины M_i по всем аэропортам, и оценки параметров типового полета находят из выражений, аналогичных (3.18).

При этом необходимо предварительно убедиться в однородности ряда дисперсий σ_i^2 каждого i -го параметра по всем аэропортам, например по G или B критериям [25,26]. Проверка гипотез о законе распределения i -го параметра для каждого авиапредприятия или всего парка проводится по критериям согласия в зависимости от объема выборки.

Рассмотренный принцип сбора и обработки информации об условиях эксплуатации самолетов может быть использован не только для оценки параметров типового полета, но и других эксплуатационных факторов, определяющих изменение технического состояния планера, систем и оборудования самолетов в процессе эксплуатации.

Пример **статистической** оценки условий эксплуатации планера самолетов **Як-40** [17].

Для элементов конструкции планера ВС изменение технического состояния характеризуется в основном появлением усталостных повреждений, которые составляют до 90% общего количества неисправностей. Длина усталостной трещины на начальных этапах ее развития, в общем случае, пропорциональна величине силового фактора и количеству циклов, т.е. размеры трещин элементов конструкции планера при равной наработке самолетов могут в качестве параметра оптимизации, как индикатор, характеризовать условия летной эксплуатации планера **самолета**. По результатам расчета коэффициентов парной корреляции приняты следующие независимые факторы летной эксплуатации самолетов **Як-40**: высота полета (Y), продолжительность полета (t), посадочная масса ($M_{\text{пос}}$), которые нормированы относительно расчетных параметров типового полета следующим образом:

$$\bar{X}_1 = \frac{M_{\text{пос}}}{\bar{M}_{\text{пос}}}, \quad \bar{X}_2 = \frac{\bar{H}}{Y}, \quad \bar{X}_3 = \frac{t}{\bar{t}}$$

где $\bar{M}_{\text{пос}}$, $\bar{H}$ и $\bar{t}$ - расчетные значения.

За параметры оптимизации принята суммарная длина трещин несилowych элементов конструкции планера самолета Як-40 (зашивки, законцовки, облицовки и т.д.), что исключает влияние производственных факторов изготовления ВС.

Значения параметра оптимизации получены при исследованиях самолетов на ремонтных заводах с наработкой 6000 л.ч $\pm 5\%$.

Регрессионный анализ показал значимость указанных эксплуатационных факторов летной **эксплуатации**, что явилось основанием для построения функций отклика раздельно по двум модификациям самолетов **Як-40**:

$$\bar{y}_1 = -374.666 + 343.833 \cdot \bar{X}_1 + 134.938 \cdot \bar{X}_2 + 223.905 \cdot \bar{X}_3 - 130.158 \cdot \bar{X}_4 - 110.901 \cdot \bar{X}_5 + \\ + 30.434 \cdot \bar{X}_6 + 78.005 \cdot \bar{X}_7;$$

$$\bar{y}_2 = -2034.68 + 2293.42 \cdot \bar{X}_1 + 765.137 \cdot \bar{X}_2 + 66.698 \cdot \bar{X}_3 - 402.902 \cdot \bar{X}_4 - 2684.46 \cdot \bar{X}_5 + \\ + 1603.78 \cdot \bar{X}_6 + 708.999 \cdot \bar{X}_7,$$

где $\bar{y}$ - суммарные размеры трещин несилowych элементов конструкции **планера**;

$$\bar{X}_4 = \bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2, \quad \bar{X}_5 = \bar{X}_1 \cdot \bar{X}_3, \quad \bar{X}_6 = \bar{X}_2 \cdot \bar{X}_3, \quad \bar{X}_7 = \bar{X}_1 \cdot \bar{X}_2 \cdot \bar{X}_3.$$

Проверка качеств статистических моделей **показала**, что модели адекватны экспериментальным данным, обладают информационной способностью, все коэффициенты моделей значимы, наибольший вклад от коэффициентов при $\bar{X}_1$ и $\bar{X}_6$, т.е. изменение высоты полета и комбинации высоты с продолжительностью наиболее существенно влияют на развитие усталостных повреждений, что соответствует теории накопления усталости самолетных конструкций при полетах в **турбулентной** атмосфере, и следовательно, модель отражает реальные физические процессы.

Применение моделей **позволило** по экспериментальным данным о неисправностях планера для самолетов **Як-40** в 10 авиапредприятиях сравнить условия эксплуатации в 62 авиапредприятиях и обосновать необходимость контроля состояния самолетов, эксплуатирующихся только в **5 предприятиях, наиболее** тяжелых по условиям **нагружения** конструкции **планера**, с целью подтверждения обоснованности формирования режимов **ТОиР** для самолетов всего **парка**.

Таким образом, применение статистических моделей обеспечивает решение задачи предупреждающего выявления конструктивного отказа при равной наработке самолетов парка. Данная задача могла быть решена только при опережающей наработке группы самолетов, которую очень трудно обеспечить в реальных условиях плановой деятельности авиапредприятия. Предложенное решение соответствует и требованиям международных методик, например [28].

Однако статистическая оценка условий эксплуатации не может быть выполнена при отсутствии опыта эксплуатации ВС на начальных этапах формирования режимов **ТОиР**, поэтому предложен и функциональный метод оценки условий эксплуатации изделий **АТ**, базирующийся на оценке параметров реальных физических процессов накопления и развития неисправностей.

3.3. ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ АТ

Функциональная оценка условий эксплуатации базируется на известных **положениях**, о том, что надежность изделий закладывается при проектировании и изготовлении, подтверждается при испытаниях и реализуется в процессе эксплуатации. При отсутствии опыта эксплуатации данного типа изделия **АТ** решается задача прогнозирования его надежности по данным предшествующих этапов жизненного цикла изделия и опыта эксплуатации аналогов.

Для механических систем **ВС** и механических изделий в системах **АиРЭО** изменение надежности связано в основном с постепенным развитием и накоплением неисправностей, обусловленных конструктивными свойствами данных изделий и характером воздействия на них функциональных условий эксплуатации.

Свойства изделий сопротивляться воздействию функциональных эксплуатационных факторов целесообразно представить обобщенным понятием прочности, определяющим способность изделия выполнять требуемую функцию без **повреждения** под воздействием эксплуатационных напряжений. Эксплуатационное напряжение определяет нагрузки, стремящиеся вызвать повреждение изделия в процессе эксплуатации.

Изменчивость прочности обусловлена различиями в свойствах материалов, процессами изготовления и временными изменениями в свойствах материалов (вследствие усталости, коррозии, износа и т.д.), т.е. распределение прочности есть функция времени, а распределение напряжений, также есть функция времени, но относительно эксплуатационных факторов.

При проектировании изделия полагают, что нагрузки определяются расчетными типовыми условиями эксплуатации и остаются неизменными, а **распределение** прочности изделия известно на основе закономерностей развития повреждений различных видов – усталости, **износа**, трения, коррозии, упругой

деформации, температурной деформации, ползучести, выкрашивания и других, определенных расчетными или экспериментальными методами оценки при заданных условиях (эксплуатации).

Если параметры распределений прочности и напряжения для изделия **известны**, то оценку надежности изделия можно определить из их совместного распределения. Такая постановка допустима, если в течение заданного интервала времени эксплуатации изделие не изменяет существенно своих качеств (рис. 3.9.).

Совместное распределение прочности и напряжения есть функция [29]

$$F(t) = \sum_{i=1}^n P_i F_i(t), \quad (3.24)$$

где P_i - неотрицательные **числа**, такие что:

$$\sum_{i=1}^n P_i = 1.$$

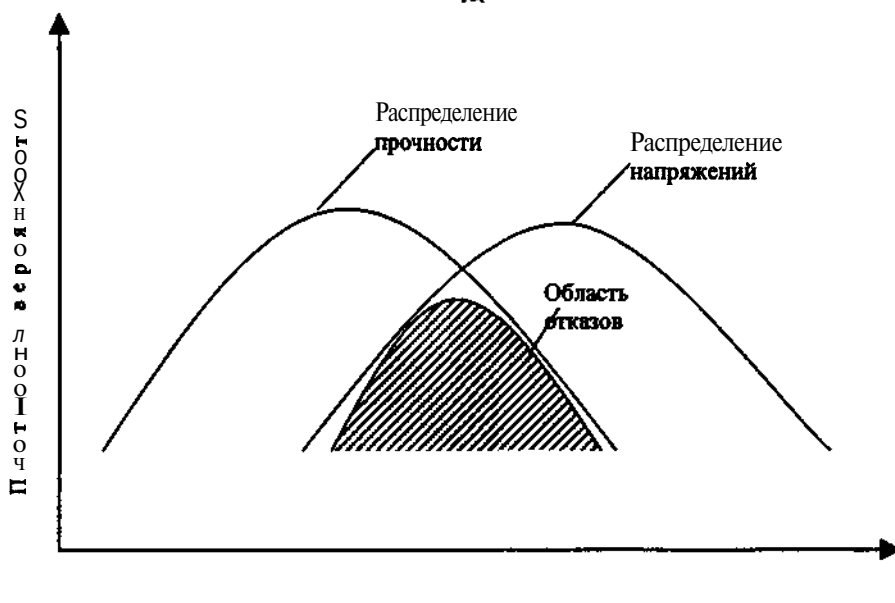


Рис.3.9. Параметры напряжения и прочности

Поскольку режимы ТООР изделия формируются для поддержания (восстановления) надежности изделия через интервалы наработки (времени), то их формирование на этапах проектирования и испытаний производится при следующих условиях: распределение напряжений остается неизменным, а распределение прочности изменяется во времени, причем появление отказа зависит от текущего значения напряжений, а не от его изменения в прошлом.

Распределение напряжений для изделий АТ на этапах проектирования, **изготовления** и испытаний определяется циклом **нагружения** за типовой полет в типовых условиях эксплуатации суммированием **нагрузений** по этапам полета (руление, разбег, набор высоты, горизонтальный полет, снижение, пробег):

$$D = D_{\text{рул}} + D_{\text{разб}} + D_{\text{наб}} + D_{\text{гор.пол}} + D_{\text{сниж}} + D_{\text{проб}}. \quad (3.25)$$

Получение спектров нагрузок, действующих на изделие за полет, основывается на результатах расчетов, моделирования, лабораторных исследований и испытаний, а также на **результатах**, полученных в летном эксперименте, причем для конкретного типа изделий под нагрузкой понимается любой вид воздействия (**сила**, давление, **температура**, мощность, работа и т.д.) или их обобщенные характеристики, вызывающие появление различных видов повреждений (каждого или нескольких), определяющих надежность изделия.

В условиях неопределенности понятия «цикл **нагружения**» значения величин и повторяемости нагрузок в общем случае зависят от принятых расчетных моделей процессов изменения технического состояния изделия, методов расчета и способов измерения **нагрузок**, что вызывает большие трудности при **последующем** определении эквивалентов **нагружений** между типовыми, ожидаемыми и реальными условиями эксплуатации изделий.

Однако при формировании режимов **ТОиР** изделий и последующей оценке на их основе ЭТХ ВС главная задача состоит не в поиске эквивалентов нагружений, что необходимо для обоснования ресурсов, а в определении параметров распределения нагружений с учетом неоднородности нагружения изделий в различных условиях их эксплуатации. Решение этой задачи обеспечивает возможность определить параметры распределения прочности по наработке изделия и соответственно рассчитать вероятности появления повреждений этих изделий при различной наработке и в различных условиях эксплуатации.

Величина нагружений за полет в произвольных **l-x** условиях эксплуатации изделий АТ относительно расчетных значений нагружений при заданных уровнях **эксплуатационных** факторов с учетом (3.11) оценивается следующим образом:

$$1 + \delta = \frac{\bar{D}}{\underline{D}} = 1 + \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^n P_j(i) \cdot \beta_j(i) \right], \quad (3.26)$$

где $\bar{D}, \underline{D}$ - нагружения за полет в расчетных и произвольных условиях эксплуатации соответственно;

$P_j = \frac{\bar{D}_j}{\underline{D}}$ - относительная доля нагружений, вносимая **j-м** этапом полета;

$P = \frac{\Delta \underline{D}_j}{\underline{D}_j}$ - относительное изменение нагружений **за j-й** этап полета;

n - число учитываемых факторов.

За единицу измерения целесообразно принять нагружения, действующие на изделие за типовой полет, выполненный в типовых условиях эксплуатации, что позволяет использовать результаты проектировочных расчетов и ресурсных испытаний изделий, систем и ВС в целом. Необходимо отметить, что такая **относительная** единица измерения эквивалентна фактическому распределению нагружений изделия с той точностью, которую обеспечивают принимаемая при

расчетах теоретическая модель накопления и развития видов повреждений изделия и математические методы расчета повреждений. В общем случае величина эквивалента может быть неизвестна.

Величина относительного изменения **нагружения** изделия при отклонении фактических условий эксплуатации от их типовых значений определяется по каждому эксплуатационному фактору отдельно с последующим построением функциональной и регрессионной моделей, обобщающих суммарное относительное отклонение фактических условий эксплуатации изделия от их типовых значений.

Выявление зависимостей изменения **нагрузений** при отклонении фактических условий эксплуатации от их типовых проводится при следующих логических ограничениях:

1. При изменении ***i*-го** эксплуатационного **фактора**, все другие остаются неизменными.
2. При изменении условий эксплуатации меняется только спектральная плотность **нагрузок**, действующих на изделие, а вид закона распределения нагрузок не меняется.

Расчет величины изменения нагрузений при изменении ***i*-го** фактора эксплуатации и их нормирование и суммирование, согласно (3.25 - 3.26), выполняется в следующей последовательности:

1. Определяется функция (**детерминированная** или стохастическая) связи нагрузений с эксплуатационным фактором.
2. Рассчитывается значение функции для типового и фактического значения ***i*-го** фактора.
3. Определяется относительное изменение δ_i нагрузений за полет от ***i*-го** фактора по (3.26) и далее определяется величина **(1+ δ)** суммированием 5; по всем ***n*-учитываемым** в расчетах и испытаниях эксплуатационным факторам.

Если эквиваленты расчетных и реальных нагрузений известны, то величина **(1+ δ)** позволяет определить фактическую прочность изделия в каждый момент времени в реальных ***i*-х** условиях эксплуатации. При неизвестном эквиваленте исчисление прочности является относительным, однако для решения задачи формирования режимов ТОиР это несущественно.

Потребность в работах ТОиР определяется из распределения надежности изделия по наработке, а такое распределение в каждый момент времени ***t*** определяется функциями прочности и нагрузений, следовательно, исчисляя наработку изделий относительно фактических нагрузений и определяя прочность в последовательные моменты наработки, находится распределение надежности с учетом условий эксплуатации.

Исчисление приведенной наработки с учетом условий эксплуатации изделия:

$$\text{в полетах: } N_{np} = N_i \left(1 + \sum_{i=1}^n \delta_i \right);$$

$$\text{в летных часах } T_{np} = T_i \frac{N_{np}}{N}, \quad (3.27)$$

где N_i, T_i - фактическая наработка изделия в полетах и часах соответственно;
 $N_{пр}, T_{пр}$ - приведенная наработка изделия.

Пересчет фактической наработки изделия на приведенную обеспечивает однородность выборки отказов изделий относительно условий эксплуатации всех ВС парка и позволяет получить эффективные и несмещенные оценки показателей надежности изделия в эксплуатации. Совместное рассмотрение расчетных и фактических распределений показателей надежности обеспечивает оптимальное формирование режимов ТОиР. Расчет оценок показателей надежности изделия производится известными методами математической статистики на основе функциональных связей между показателями, что обеспечивает взаимный переход от одних показателей надежности к другим.

Рассмотрим функциональную оценку условий эксплуатации для элементов конструкции планера самолета, т.к. планер самолета является основой конструкции, определяющей режимы ТОиР самолета в целом.

Учитывая, что техническое состояние самолета в целом зависит от технического состояния планера, а основным видом неисправностей **планера**, как уже указывалось, являются усталостные повреждения, которые составляют до 90% всех неисправностей, и их появление и развитие связано с наработкой самолета и условиями его летной эксплуатации, предлагается производить функциональную оценку условий эксплуатации по силовыгруженности элементов конструкции (ЭСК). Мерой сравнения условий эксплуатации по их воздействию на ЭСК принимается **силовыгруженность** ЭСК за типовой (среднестатистический) полет, выполненный в стандартных атмосферных и аэродромных условиях. Тогда сравнение условий эксплуатации сводится к выявлению физической сущности влияния изменения **i-го** параметра полета на изменение силовыгруженности ЭСК и последующему нормированию полученной величины относительно силовыгруженности данного ЭСК в типовом полете.

Силовыгруженность (**D**) ЭСК выражается через действующие моменты и их повторяемость при ступенчатой аппроксимации спектра амплитуд [30]:

$$D = \frac{1}{C} \left\{ \sum_{j=1}^k \left[\sum_{i=1}^n (2M_{ai} M_{\max i})^{\frac{m}{2}} H_i' \right] + (2M_a^{3B3} M_{\max}^{3B3})^{\frac{m}{2}} \right\}, \quad (3.28)$$

где D - силовыгруженность ЭСК за полет;

$M_{ai}; M_{\max i}$ - среднее амплитудное и максимальные значения моментов, действующих на ЭСК на **i-м** участке полета;

m - показатель наклона кривой выносливости **Веллера**, аппроксимированной зависимостью $M^m N = C$;

H_i' - средняя дифференциальная повторяемость момента

$(2M_{ai} M_{\max i})^{0.5}$;

C - постоянная выносливости ЭСК;

3B3 - цикл «земля - воздух - земля».

При расчете **силонагруженности ЭСК** в типовом полете согласно рекомендациям ЦАГИ используются соотношения

$$\overline{M}_{\max}^{3B3} = \Delta M_B \overline{M}_{\text{гп}} \text{ и } \overline{M}_{\min}^{3B3} = \Delta M_3 + \overline{M}_{\text{мз}}, \quad (3.29)$$

где $\overline{M}_{\max}^{3B3}$, $\overline{M}_{\min}^{3B3}$ - максимальный и минимальный моменты цикла «3B3» в типовом полете;

$\Delta M_B, \Delta \overline{M}_3$ - величины приращений моментов, соответствующих медианному значению их **интегральной** повторяемости, в воздухе и на земле соответственно;

$\overline{M}_{\text{гп}}, \overline{M}_{\text{мз}}$ - средние значения моментов, действующих на ЭСК на этапах горизонтального полета и на земле соответственно, которые определяются из соотношений:

$$\overline{H}_{\text{пол}}(\Delta \overline{M}_B - M_{\text{гп}}) = 0,694;$$

$$\overline{H}_{\text{взл}}(\Delta \overline{M}_3 - M_{\text{мз}}) + \overline{H}_{\text{пос}}(\Delta M_3 - M_{\text{мз}}) + \overline{H}_{\text{рул}}(\Delta \overline{M}_3 - M_{\text{мз}}) = 0,694,$$

где $\overline{H}_{\text{пол}}$ - интегральная повторяемость пиков положительных приращений нагрузки по отношению к нагрузке горизонтального **полета**, за полет типовой;

$\overline{H}_{\text{взл}}, \overline{H}_{\text{пос}}, \overline{H}_{\text{рул}}$ - интегральная повторяемость пиков отрицательных приращений нагрузки на взлете, рулении и посадке типовых по отношению к стояночной.

Тогда

$$\overline{M}_a^{3B3} = \frac{\overline{M}_{\max}^{3B3} - \overline{M}_{\min}^{3B3}}{2}; \quad \overline{M}_{\text{гп}} = \frac{\overline{M}_{\max \text{ гп}} + \overline{M}_{\min \text{ гп}}}{2}.$$

Получение спектров нагрузок, действующих на ЭСК, основывается на расчетах по среднестатистической атмосфере или по результатам измерения нагрузок в летном эксперименте [31, 32]. В условиях неопределенности понятия «цикл **нагружения ЭСК**» величина D зависит от принятых методов измерения и расчета величины и повторяемости **нагрузок**, действующих на ЭСК, поэтому условия эксплуатации целесообразно оценивать величиной отношения $D/\overline{D}$, которое характеризует среднее отклонение силонагруженности ЭСК в произвольном полете относительно типового полета, причем величины D и $\overline{D}$ должны быть рассчитаны одним методом. Неопределенность цикла нагружения вызывает большие трудности при поиске эквивалентов **нагружений** при испытаниях и в эксплуатации, что требуется для обоснования безопасных ресурсов. Однако при формировании режимов ТОиР задача состоит в поиске такого метода исчисления наработки ЭСК, который позволяет учесть различия в условиях эксплуатации экземпляра ВС и в условиях нагружения каждого типа ЭСК данного экземпляра ВС. Сравнительная оценка условий эксплуатации по силонагруженности ЭСК определится из выражения [16, 33]

$$1 + \delta = \frac{D}{\bar{D}} = 1 + \rho_i \sum_{j=1}^k \alpha_{ij} \beta_i, \quad (3.30)$$

где δ – сравнительная **оценка** условий эксплуатации;

$\beta_j = \frac{\Delta D_j}{D_j}$ – относительное изменение силовонагруженности ЭСК за j -й этап полета;

$\rho_j = \bar{D}_j / D$ – относительная доля силовонагруженности ЭСК, **вносимая** j -м этапом полета;

$\bar{D}, D$ – **силовонагруженность** ЭСК за типовой и произвольный полеты соответственно;

α_{ij} – коэффициенты, учитывающие отклонения атмосферных и аэродромных условий полета от принятых типовых.

Основными переменными параметрами летной эксплуатации самолета являются: продолжительность полета, высота **полета**, скорость полета и полетная масса самолета. Полагается, что указанные параметры полета не **коррелированы** между собой, а упругостью конструкции планера допустимо пренебречь в рассматриваемой задаче сравнительной оценки условий эксплуатации. Получены следующие расчетные выражения.

1. Продолжительность полета.

Изменение продолжительности полета (t) вызывает изменение силовонагруженности ЭСК вследствие изменения повторяемости нагрузок на этапах горизонтального **полета**, что отражается и на величине $M_{\text{звз}}^{\text{звз}}$. Сравнительная оценка условий эксплуатации $|\delta(t)|$ при изменении продолжительности полета составит:

$$\delta(t) = \rho_{\text{г.п.}} \rho_{\text{г.п.}} (0 + \rho_{\text{звз}} \beta_{\text{звз}}(0), \quad (3.31)$$

где $\beta_{\text{г.п.}}(t) = \frac{t_{\text{г.п.}} - \bar{t}_{\text{г.п.}}}{\bar{t}_{\text{г.п.}}} = v_i;$

Изменение продолжительности полета вызывает смещение интегральной кривой $\bar{Y}_{\text{пол}}$ на величину $\Delta \bar{H}_{\text{пм}}$, что приводит к изменению оценки медианного значения $\Delta \bar{M}_{\text{в}}$ на величину

$$\Delta \bar{M}_{\text{в}}(t) = \Delta \bar{M}_{\text{в}} \cdot \frac{\bar{H}_{\text{полпм}}}{\bar{H}_{\text{пол}}},$$

полагая, что кривая интегральной повторяемости $\bar{Y}_{\text{пол}}$ смещается эквидистантно (рис. 3.10.).

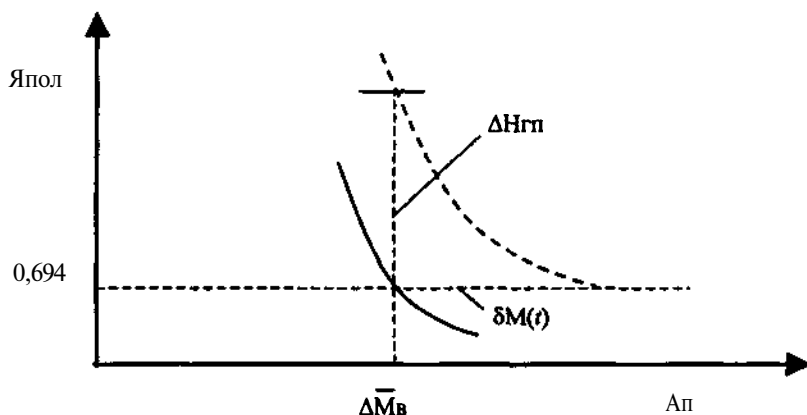


Рис. 3.10. К оценке изменения медианного значения АМв

$$\beta_{3B3}(t) = \left[\left(1 + \frac{\delta M(t)}{2\bar{M}_a^{3B3}} \right) \left(1 + \frac{\delta M(t)}{\bar{M}_{\max}^{3B3}} \right) \right]^{\frac{m}{2}} - 1, \quad \delta M(t) = \Delta M \frac{\bar{L}_{\text{пол гп}}}{\bar{H}_{\text{пол}}} v_t,$$

где v_t - относительное изменение продолжительности полета;

$\delta M(t)$ - относительное изменение $\bar{M}_{\max}^{3B3}$ при изменении t ;

$\bar{H}_{\text{пол}}, \bar{H}_{\text{пол г}}$ - интегральная повторяемость приращений нагрузки на ЭСК по отношению к нагрузке горизонтального полета за полет и горизонтальные этапы полета соответственно;

$t_{г.п.}, \bar{t}_{г.п.}$ - продолжительность горизонтальных участков полета произвольно-го и типового соответственно;

$\bar{M}_a^{3B3}$ - среднее амплитудное значение моментов цикла 3B3 в типовом полете.

2. Скорость полета.

Изменение скорости полета (v) вызывает изменение повторяемости и величины нагрузок, действующих на ЭСК на этапах горизонтального полета, что отражается и на величине $\bar{M}_{\max}^{3B3}$. Сравнительная оценка условий эксплуатации $|\delta(v)|$ при изменении скорости полета составит

$$\delta(v) = \rho_{г.п.} \beta_{г.п.}(v) + \rho_{3B3} \beta_{3B3}(v), \quad (3.32)$$

где

$$\beta_{г.п.}(v) = \left[(1 + v_v) \left(1 + v_v \frac{\bar{M}_{ai г.п.}}{\bar{M}_{\max i г.п.}} \right) \right]^{\frac{m}{2}} - 1;$$

$$\beta_{\text{звз}}(v) = \left[\left(1 + \frac{\delta M(v)}{2\bar{M}_{\text{звз}}} \right) \left(1 + \frac{\delta \bar{M}(v)}{\bar{M}_{\text{max i.r.n.}}} \right) \right]^{\frac{m}{2}} - 1;$$

$$\delta M(v) = \Delta M_v \frac{\bar{H}_{\text{пол.г.п.}}}{H_{\text{пол.}}} v_v; \quad v_v = \frac{v - \bar{v}}{\bar{v}};$$

$\bar{M}_{\text{air.n.}}$; $M_{\text{max i.r.n.}}$ - амплитудное и максимальное значения **момента**, действующего на ЭСК на i -м участке горизонтального полета;

$v, \bar{v}$ - средняя скорость полета произвольного и типового соответственно;

v_v - относительное изменение скорости полета;

$\delta M(v)$ - относительное изменение $M_{\text{max}}^{\text{звз}}$ при изменении v .

3. Высота полета.

Изменение высоты полета (Y) вызывает изменение повторяемости и величины **нагрузок**, действующих на ЭСК на этапах горизонтального **полета**, что отражается и на величине $M_{\text{max}}^{\text{звз}}$. Полагается, что при изменении высоты полета спектр нагрузок, действующих на ЭСК, не меняется, а меняется только их спектральная плотность. Сравнительная оценка условий эксплуатации $|\delta(H)|$ при изменении высоты полета составит:

$$\delta(H) = \rho_{\text{г.п.}} \beta_{\text{г.п.}}(H) + \rho_{\text{звз}} \beta_{\text{звз}}(H),$$

где

$$\beta_{\text{г.п.}}(H) = \left[\left(\frac{1}{1 + v_p} \right)^{\frac{m}{2}} v_n \left(1 - \frac{v_p}{1 + v_p} \frac{\bar{M}_{\text{air.n.}}}{\bar{M}_{\text{max i.r.n.}}} \right)^{\frac{m}{2}} \right] - 1;$$

$$\beta_{\text{звз}}(H) = \left[\left(1 + \frac{\delta M(H)}{2\bar{M}_{\text{звз}}} \right) \left(1 + \frac{\delta \bar{M}(H)}{\bar{M}_{\text{max}}^{\text{звз}}} \right) \right]^{\frac{m}{2}} - 1; \quad (3.33)$$

$$\delta M(Y) = \frac{\rho}{1 - v_p} \Delta \bar{M}_v \frac{\bar{H}_{\text{пол.г.п.}}}{H_{\text{пол.}}} v_H;$$

$$v_p = \frac{\bar{\rho} - \rho}{\bar{\rho}}; \quad v_n = \frac{N_1 - N_2}{\bar{N}_1 + \bar{N}_2};$$

$\delta M(H)$ - относительное изменение $M_{\text{max}}^{\text{звз}}$ при изменении Y ;

v_p - относительное изменение плотности **воздуха**;

v_n - относительное изменение повторяемости перегрузок от турбулентности атмосферы;

N_1, N_2 - **средняя** повторяемость перегрузок от турбулентности атмосферы на 1 км полета - положительных и отрицательных [34];

$\bar{\rho}, \rho$ – плотность воздуха на высоте типового и произвольного полета соответственно.

4. Полетная масса самолета.

Изменение полетной массы самолета вызывает изменение величин нагрузок, действующих на ЭСК на всех этапах полета, что отражается на величинах $M_{\max}^{3B3} > M_{\min}^{3B3}$. Возможны различные варианты изменения полетной массы самолета вследствие: изменения массы топлива в кессонах крыла, различной коммерческой нагрузки в фюзеляже, пропорционального изменения масс топлива в крыле и фюзеляже. Сравнительная оценка условий эксплуатации $|\delta(M)|$ при изменении полетной массы самолета составит

$$\delta(M) + \sum_{i=1}^n \rho_{i.r.n.} \beta_{i.r.n.}(M) + \rho_{3B3} \beta_{3B3}(M) + \rho_3 \beta_3(M), \quad (3.34)$$

где

а) при изменении массы топлива в крыле:

$$\begin{aligned} \beta_{i.r.n.}(M) &= (1 + v_M)^m - 1; \\ \beta_{3B3}(M) &= \left[\left(1 + \frac{v_M}{2} \frac{\bar{M}_{\max}^{3B3}}{M_a^{3B3}} - \frac{v_M}{3} \frac{|\bar{M}_{\min}^{3B3}|}{\bar{M}_a^{3B3}} \right) (1 + v_M) \right]^{\frac{m}{2}} - 1; \\ \beta_3(M) &= \left(1 - \frac{1}{3} v_M \right)^m - 1; \end{aligned} \quad (3.35)$$

б) при изменении коммерческой нагрузки в фюзеляже:

$$\begin{aligned} \beta_{i.r.n.}(M) &= \left\{ \left(1 + v_M \right) \left[1 + v_M \left(\frac{\bar{M}_{oi} - \bar{M}_{r.n.}}{\bar{M}_{\max i}} \right) \right] \right\}^{\frac{m}{2}} - 1; \\ \beta_{3B3}(M) &= \left\{ \left[1 + \frac{v_M}{2} \left(\frac{\Delta \bar{M}_B - \bar{M}_{r.n.}}{\bar{M}_a^{3B3}} \right) - \frac{v_M}{6} \frac{|\Delta \bar{M}_3|}{M_a^{3B3}} \right] \left[1 + \frac{v_M}{6} \frac{(\Delta \bar{M}_B - \bar{M}_{r.n.})}{M_{\max}^{3B3}} \right] \right\}^{\frac{m}{2}} - 1 \\ \beta_3(M) &= \left[\left(1 - \frac{1}{3} v_M \right) \left(1 - \frac{1}{3} v_M \left| \frac{M_{a3}}{\bar{M}_{\min 3}} \right| \right) \right]^{\frac{m}{2}} - 1; \end{aligned}$$

в) при пропорциональном изменении масс в крыле и фюзеляже:

$$\beta_{\text{з.п.}}(M) = \left[(1 + v_M) \left(1 + v_M \left| \frac{M_{ai}}{\overline{M}_{\max i}} \right| \right) \right]^{\frac{m}{2}} - 1;$$

$$\beta_{\text{зв}}(M) = \left\{ \left[1 + \frac{v_M}{6} \left(\frac{3\Delta\overline{M}_B - |\Delta\overline{M}_3|}{\overline{M}_a^{3B3}} \right) \right] \left(1 + v_M \frac{\Delta\overline{M}_B}{\overline{M}_{\max}^{3B3}} \right) \right\}^{\frac{m}{2}} - 1;$$

$$\beta_3(M) = \left[\left(1 - \frac{1}{3} v_M \right) \left(1 - \frac{1}{3} v_M \frac{\overline{M}_{\text{ais}}}{\overline{M}_{\min i3}} \right) \right]^{\frac{m}{2}} - 1; \quad v_M = \frac{\overline{M} - M}{\overline{M}};$$

v_M — относительное изменение полетной массы самолета;

$M_{ai3}; \overline{M}_{\min i3}$ — амплитудное и минимальные значения моментов, действующих на ЭСК при рулении, разбеге и пробеге типовом;

$\overline{M}$ — масса самолета в произвольном и типовом полете соответственно.

На рис. 3.11 приведены типовые зависимости изменения **силонагруженности** ЭСК в произвольном полете относительно силонагруженности ЭСК в типовом полете.

Анализ зависимостей на рис. 3.11 показывает следующее:

- уменьшение высоты полета вызывает существенно большее изменение силонагруженности ЭСК, чем аналогичное увеличение высоты полета;
- относительная **силонагруженность** ЭСК изменяется линейно при отклонении параметров полета (кроме высоты) от типовых значений в интервале $\pm 15 + 20\%$;
- отклонение атмосферных и аэродромных условий полета от типовых вызывает эквидистантное смещение кривых на рис. 3.11 вдоль оси абсцисс;
- учет упругости конструкции или расчет сравнительной оценки условий эксплуатации по другому типу ЭСК приводит к изменению угла наклона кривых на **рис.3.11** к оси абсцисс.

Рассмотренный метод функциональной оценки условий эксплуатации целесообразно применять на начальном этапе эксплуатации, когда отсутствует информация о техническом состоянии ВС и его изделий.

По мере накопления информации о техническом состоянии изделий проводится статический анализ условий эксплуатации (раздел 3.2), в котором выявляется регрессионная зависимость технического состояния изделий от условий эксплуатации ВС.

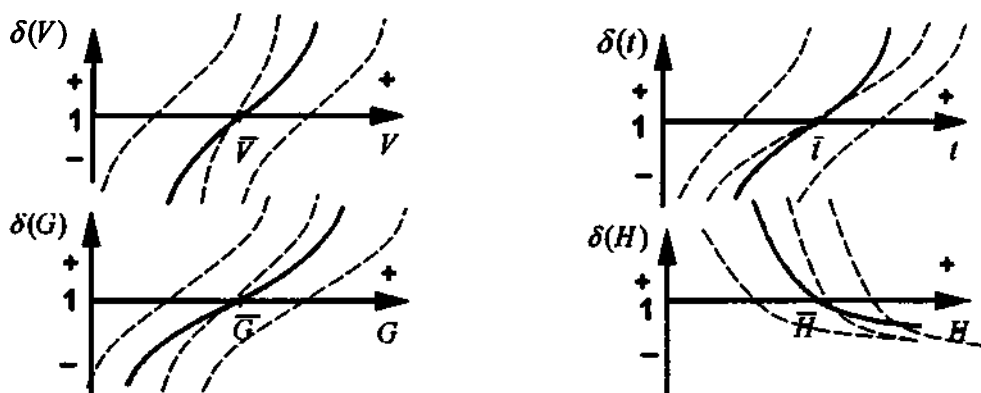


Рис 3.11. Изменение относительной **силонегруженности** ЭСК при отклонении параметров полета от типовых значений

Пример. На основе изложенного и по данным примера (раздел 3.2) произведен пересчет наработки элемента конструкции крыла самолета **Як-40** и выполнен расчет интенсивности появления трещин по статистическим данным эксплуатации парка **Як-40**.

Результаты расчетов приведены в табл. 3.5 и на рис. 3.12 и 3.13.

Анализ результатов расчета показывает, что учет реальных условий эксплуатации самолетов существенно изменяет характер распределения элементов по наработке и интенсивности отказов. Распределение элементов по наработке с учетом условий эксплуатации сдвинуто в сторону больших наработок. Эквивалентная наработка 20% элементов превышает максимальную наработку самолетов **парка**, а для 4 - 6% элементов такое превышение составляет 20 - 30% (см. рис. 3.12).

Оценка интенсивности появления трещин (отказов элементов) без учета условий эксплуатации завышена на малых наработках самолетов, что приводит к неоправданному увеличению объемов работ по ТОиР на ранних этапах эксплуатации самолетов. **Исчисление** наработки элементов с учетом условий эксплуатации самолетов позволяет ранжировать нормативы надежности, а следовательно, объемы и периодичность работ ТОиР этих элементов в зависимости от условий эксплуатации самолетов.

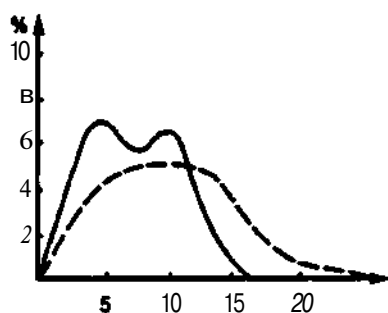


Рис. 3.12. **Распределение** парка самолетов **Як-40**:
— по наработке самолетов

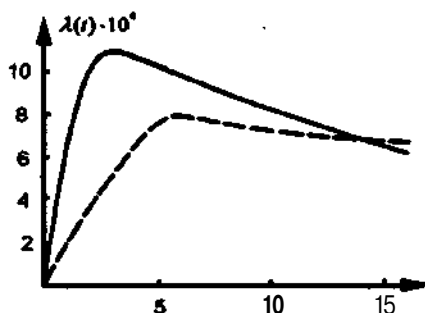


Рис. 3.13. Интенсивность появления трещин на элементе крыла **Як-40**:
— по эквивалентной наработке элемента крыла

Приведение условий эксплуатации самолетов МВЛ к типовым по воздействию на элементы конструкции

Аэропорт	V_I	V_H	V_P	V_G	δ	δ_H	δ_G	$\delta_{\text{общ}}$	К-во полетов за меж-ремонтный ресурс	Приведенная наработка	
										посадки	ч налета
Мин. Воды	0,5	0,94	0,0328	-0,0461	0,1066	-0,0232	0,0186	0,1602	4000	4641	6961
Днепропетровск	0,46	1,05	-0,0382	-0,0408	0,0998	0,0264	0,0168	0,2802	4109	5261	7681
Волгоград	0,32	0,94	0,0306	-0,0738	0,0672	-0,0218	0,0274	0,1042	4545	5019	6625
Кишинев	0,42	0,9	0,0478	-0,0215	0,089	-0,0334	0,007	0,0896	4225	4603	6537
Ростов	0,42	1	0,0066	-0,0577	0,089	-0,0031	0,0236	0,1894	4225	5026	7136
Кировоград	0,24	1,12	-0,0565	-0,0477	0,05	0,0494	0,0203	0,2185	4838	5896	7310
Ташкент	-0,16	1,05	-0,0336	-0,073	-0,0336	0,0272	0,029	-0,0111	6000	7064	5933
Душанбе	0	1,03	-0,0233	-0,0154	0	0,0153	0,0048	0,0243	6000	6146	6145
Ош	-0,19	1,0	0,0044	-0,023	-0,0397	-0,0022	0,0071	-0,0562	6000	6991	5662
Одесса	0,21	1,12	-0,0542	-0,0477	0,0477	0,0483	0,0203	0,1988	4958	5944	7192
П-Камчатский	0,26	1,0	0,0044	-0,0484	0,0546	-0,0002	0,0176	0,1223	4761	5344	6733
Якутск	0,64	0,84	0,0877	-0,0361	0,1368	-0,0531	0,013	0,1199	3658	4097	6719
Братск	0,16	0,94	0,0219	-0,0723	0,0288	-0,0333	0,0268	0,0485	5172	5423	6290
Владивосток	0,36	1,17	-0,0798	-0,07	0,0772	0,0745	0,0274	0,3727	4411	6056	8236
Фрунзе	-0,17	1,03	-0,0133	-0,0761	-0,0359	0,0108	0,027	-0,0257	6000	7043	5845
Тбилиси	0	2,5	-0,1972	-0,0615	0	0,559	0,0254	1,5358	6000	9228	9228
Баку	0,23	1,5	-0,1521	-0,0554	0,05	0,2154	0,023	0,646	4878	8029	9875

Рассматривая усталостные трещины ЭСК как индикаторы накопления усталостных повреждений, определяющих остаточную прочность ЭСК, по результатам расчетов был сделан **вывод**, что между длиной (L) трещин ЭСК в эксплуатации и величиной 5 (рис.3.14) существует корреляция $r(L, \delta_{\text{сб}}) = 0,909$, а аналогичная корреляция между 6 и параметром y (разд. 3.2) $r(L, \bar{y}) = 0,85 + 0,93$.

Таким образом, статистические модели, построенные на реальных эксплуатационных данных, и функциональные модели, построенные на физических процессах накопления усталостных повреждений, по теоретическим и экспериментальным данным об эксплуатационных напряжениях тождественно отражают реальные воздействия условий эксплуатации и могут быть использованы для оценки надежности ЭСК в различных условиях эксплуатации при формировании режимов ТОиР.

Аналогичный подход может быть использован и для оценки других видов повреждений в зависимости от условий эксплуатации и конкретных типов изделий АТ в следующей последовательности этапов:

1. Оцениваются условия эксплуатации.
2. Строятся функциональные модели.
3. Строятся статистические модели.
4. Проводится анализ функциональных и статистических моделей условий эксплуатации.

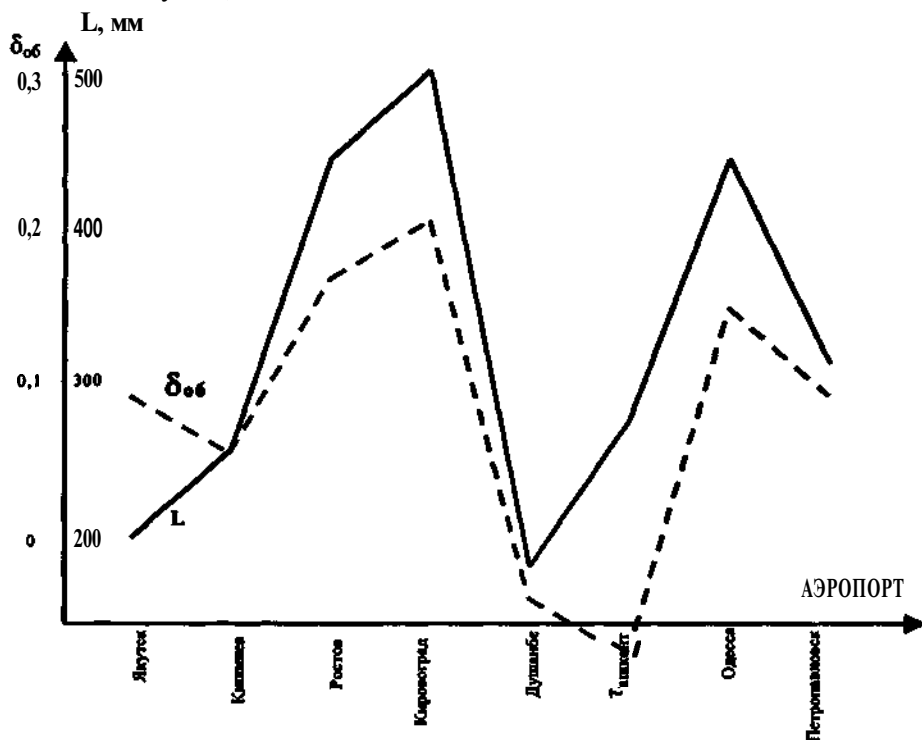


Рис. 3.14. Изменение относительной повреждаемости за полет и суммарная длина трещин элементов конструкции планера самолетов Як-40 для различных аэропортов базирования ($G = 16,1 \text{ м}$)

На основе изложенных методов оценки условий эксплуатации изделий АТ формируются адаптивные к условиям эксплуатации режимы ТОиР изделий АТ и соответствующие им эксплуатационно-технические характеристики ВС, адаптивные к условиям эксплуатации ВС.

4. ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИДОВ И ФОРМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

4.1. ФОРМАЛИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ ВИДОВ И ФОРМ ТООиР

Выполнение работ ТООиР в системе ТЭ является основным управляющим воздействием на техническое состояние ВС в процессе технической эксплуатации. Решение указанной задачи осуществляется выполнением установленных эксплуатационной документацией плановых видов и форм ТООиР в установленной последовательности, соответственно принципы структурного построения видов и форм регламента ТО определяют ЭТХ ВС и характеристики состояний ТЭ ВС. Вид **ТО(Р)**, это «**ТО(Р)**, выделяемое по какому-либо отличительному признаку», а форма **ТО(Р)** - «определенный комплекс работ данного вида **ТО(Р)**, выполнение которого обеспечивает перевод ВС из одного состояния процесса эксплуатации в другое». Применение различных методов эксплуатации и стратегий восстановления изделий АТ предполагает выполнение работ ТООиР на видах и формах ТООиР, структура которых обеспечивает фактическую потребность АТ в этих работах в реальных условиях ТЭ ВС с минимальными затратами труда, времени и средств.

При безремонтной эксплуатации ВС в целом структура регламента определяет полную структуру видов и форм ТО. При эксплуатации ВС с выполнением ремонтов структура регламента определяет структуру видов и форм ТО между **ремонтами**, а структура ремонтов определяется ремонтной документацией.

В общем случае работы ТООиР включают технологическое обслуживание B_t , контроль состояния B_k , поддержание и восстановление надежности B_n , виды которых относительно структуры видов и форм ТООиР описываются графом связей

$$S = (\Phi, B), \quad (4.1)$$

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

$B = \{B_{t, kn}\}$ - множество дуг **графа**, соответствующее видам работ ТООиР, а модель оптимальной структуры графа определена условиями:

$$\Pi_k(\Phi_{ij}) (\leq, \geq) [\Pi_k] \quad k = \overline{1, m},$$

$$y_k(B_{t,k,n}) \rightarrow \min(\max) \quad k = 1, n, \quad (4.2)$$

где P_k - значение k -го критерия структуры, который должен **быть** не более (мнее) заданного;
 УК - функция изменения k -го критерия при изменении структуры;
 m, n - число показателей, являющихся критериями оптимизации и ограничениями.

Функции УК определены в разделе 2.3 комплексом показателей эксплуатационной технологичности и их предельными значениями для типа ВС, а ограничения на $[P_k]$ легко определяются из рассмотрения процесса эксплуатации относительно видов работ $\{B_{t,k,n}\}$. Работы технологического обслуживания $\{B_T\}$, согласно их определению и классификации, обеспечивают состояния ВС непосредственно перед вылетом и после полета, а также состояние ожидания полета. Соответственно в структуре графа (4.1) обязательны следующие узлы Φ_T : обеспечение вылета (**ОВ**), встреча ВС после полета (BC), обеспечение стоянки (OC). Работы по контролю состояния $\{B_K\}$, согласно их определению, не изменяя состояния изделия, обеспечивают информацию для классификации исправного или неисправного состояний **ВС**.

Непрерывный контроль состояния изделия не требует структурных ограничений, однако предполагает наличие в структуре графа (4.1) узлов, в которых устраняются выявленные неисправности, что обеспечивает непрерывность процесса эксплуатации. Периодический контроль состояния, а также применение методов эксплуатации **ТЭО** и **ТЭП** вводят в (4.1) узлы, соответствующие контролю перед каждым вылетом и 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 (4.2), что требует наличия соответствующих узлов графа (4.1). Учитывая, что стратегия восстановления ВС реализуется, как правило, на сочетании всех стратегий восстановления изделий, для ВС в целом требуется такая структура **ТОиР**, которая обеспечивает применение любых стратегий восстановления. Принимая во внимание изложенное, схема регламента **ТО**, обеспечивающего все возможные состояния процесса эксплуатации ВС, имеет следующий вид (рис. 4.1).

Готовность ВС к полетам обеспечивается оперативным видом **ТО**, а летная годность - периодическим видом **ТО**, причем ремонт следует рассматривать как одну из форм периодического **ТО**. Оперативное и периодическое **ТО** определяют плановое **ТО** ВС при нормальной эксплуатации.

Выполнение оперативного **ТО** обеспечивает последовательный перевод ВС из неисправного состояния в исправное и далее в состояние готовности согласно установленным выше ограничениям $[P_k]$ на состояния процесса эксплуатации. Готовность ВС к состояниям процесса **эксплуатации** обеспечивается выполнением оперативных работ технологического обслуживания по **встрече**, обеспечению стоянки и обеспечению **вылета**. Оперативная исправность ВС обеспечивается выполнением оперативных форм **ТО**, в которые сгруппированы следующие работы **ТОиР**:

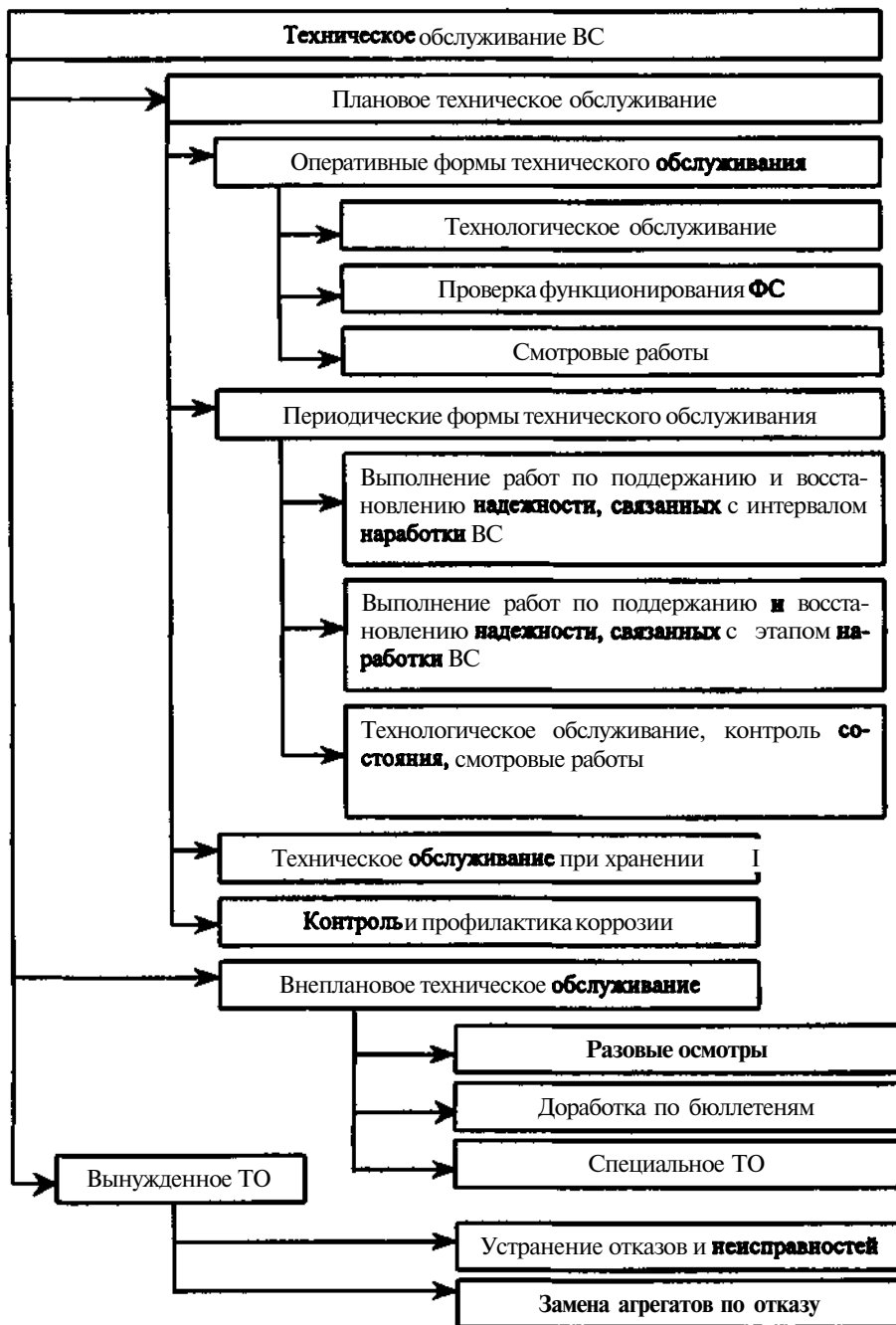


Рис. 4.1. Схема построения структуры видов технического обслуживания ВС ГА

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 ВС к полету обеспечивается одним из видов подготовок:

- после посадки выполняются работы по встрече, оперативная форма и обеспечение вылета: $BC \rightarrow \Phi A_1$ (или ΦA_2 , или ΦB) $\rightarrow OB$;
- после посадки выполняются работы по встрече, обеспечение стоянки, оперативная форма и обеспечение вылета: $BC \rightarrow OC \rightarrow \Phi A_1$ (или ΦA_2 , или ΦB) $\rightarrow OB$;
- после посадки выполняются работы по встрече, оперативная форма, обеспечение стоянки и обеспечение вылета: $BC \rightarrow \Phi A_1$ (или ΦA_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 ВС или о его непригодности к реальным условиям эксплуатации. Таким образом, оперативное ТО не связано со стратегиями восстановления изделий.

Периодическое ТО обеспечивает летную годность ВС выполнением **плановых** работ по поддержанию и восстановлению надежности.

В главе 3 показано, что техническое состояние ΦC и агрегатов ВС существенно различается в зависимости от условий эксплуатации и наработки с начала эксплуатации. Для планера и механических систем ВС определяющей является модель постепенного развития неисправностей до перехода в отказ: износ, старение, усталостные повреждения и др.

При анализе изменения надежности ΦC ВС в различных условиях его эксплуатации важно определить вид закона распределения, что позволит правильно интерпретировать полученные результаты статистических наблюдений. Для оценки надежности тех или иных изделий машиностроения применяется большое количество различных законов распределений, которые часто, при изменении условий эксплуатации, характеризуются многообразием переходов. Не касаясь статистических аспектов проверки гипотез о виде закона распределения и оценки его параметров для ВС в целом и его систем, допустимо исходить из гипотезы о нормальном законе распределения времени наработки системы до параметрического отказа, т. е. когда частичная потеря работоспособности классифицируется документацией как отказ. Это утверждение базируется на **следующем**:

- каждая функциональная система ВС состоит из достаточно большого числа высоконадежных элементов и сконструирована таким образом, что в ней, как правило, нет элемента, оказывающего существенно большее влияние на надежность системы по сравнению с остальными;
- преобладающими видами накапливающихся неисправностей планера и

функциональных систем ВС являются механический износ, старение, усталостные повреждения, совместное распределение которых в основном приводит к нормальному закону;

- **НЛГ** установлено, что отказ или неисправность в системе не должны **приводить** к отказу системы в целом, т. е. система остается работоспособной, а при этом лишь ухудшаются ее функциональные параметры. Поэтому процесс ухудшения функционирования системы можно представить состоящим из большого числа стадий, что согласно центральной предельной теореме **теории** вероятностей приводит к нормальному распределению [35].

Проиллюстрируем изложенное. Независимое развитие износа в многочисленных плунжерных парах гидросистемы ВС с увеличением наработки вызывает увеличение времени срабатывания агрегатов, приводимых в действие **гидросистемой** из-за появления внутренней негерметичности в системе и как следствие - увеличение расхода рабочего тела. Возникновение и независимое друг от друга развитие усталостных трещин несилowych элементов конструкции планера с течением времени может оказать существенное влияние на надежность планера в целом, тогда как каждое отдельное повреждение обычно не оказывает **особого** влияния на надежность планера.

Поскольку эксплуатационные факторы, вызывающие изменение состояния ВС и его функциональных систем в процессе эксплуатации, также распределены нормально, что было показано в главе 3, следует ожидать, и статистика отказов это подтверждает, что распределение отказов **ФС** соответствует нормальному закону.

При интегрировании функции плотности распределения нормального закона в положительной области необходимо, чтобы выполнялись условия $a \gg 0$ и $(a - 3\sigma) > 0$, которые в общем случае имеют место для **ФС** ВС вследствие **высокого** уровня безотказности **ФС** в целом, заложенного при проектировании и реализованного при изготовлении ВС.

Для нормального закона распределения интенсивность отказов является возрастающей функцией [36]

$$\Lambda_{io}(t) = \frac{e^{-\frac{(t-a)^2}{2\sigma^2}}}{\sqrt{2\pi}\sigma \left[1 - \Phi\left(\frac{t-a}{\sigma}\right) \right]}, \quad (4.3)$$

где a - средняя долговечность системы;

$\Phi(x)$ - функция Лапласа.

Соответственно, надежность **ФС** будет убывающим по времени наработки параметром [38]

$$P(t) = \exp \left[- \int_0^t \Lambda(t) dt \right], \quad (4.4)$$

реализация которого в различных условиях эксплуатации иллюстрируются на рис. 4.2 и 4.3.

Рис. 4.2 иллюстрирует зависимость изменения надежности *i*-й ФС от условий эксплуатации. Тогда если $\overline{t_{ijн}}$ (см. рис. 4.2) есть м. о. времени пересечения функцией P_{ij} предельно допустимого уровня $P_{ин}$, условие (3.1) будет выполняться с заданной вероятностью, если восстановление *i*-й ФС в *j*-х условиях эксплуатации ВС выполнить при наработке

$$t_{ij} = \overline{t_{ijн}} - \alpha \sigma(t_{ijн}), \quad (4.5)$$

где α — коэффициент, зависящий от вида закона распределения $t_{ijн}$ и уровня достоверности $1 \leq \alpha \leq 3$.

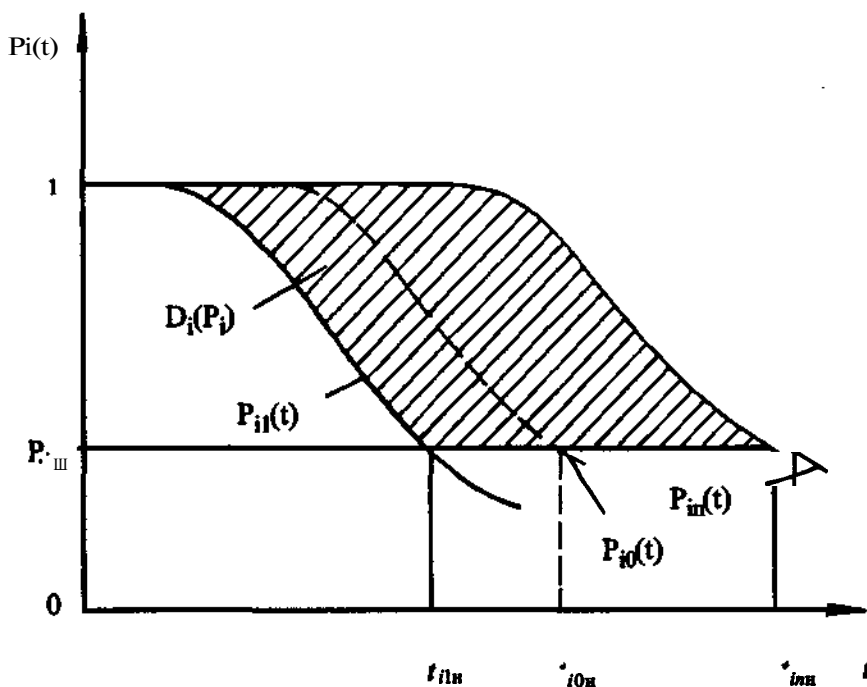


Рис. 4.2. Реализация надежности *i*-й системы ВС в различных условиях эксплуатации

$D_i(P_j)$ область определения возможных реализаций функции надежности *i*-й системы в допускаемых условиях эксплуатации;

$P_{ил}(t); P_{ин}(t)$ — граничные реализации функции надежности *i*-й системы в наиболее и наименее благоприятных условиях эксплуатации, соответственно;

$P_{ю}(t)$ — реализация функции надежности системы в расчетных условиях эксплуатации;

$t_{ин}$ — наработка, при которой надежность системы достигает предельно допустимого минимального значения;

$P_{ин}$ — минимально допустимый уровень надежности *i*-й системы.

Если восстановление i -й ФС ВС производить при наработке

$$t_i = \min \{ \overline{t_{ijn}} - \alpha \sigma(t_{ijn}) \}, \quad j = \overline{1, N}, \quad (4.6)$$

то условие (3.1) будет выполняться с принятой достоверностью для любого из N ВС парка.

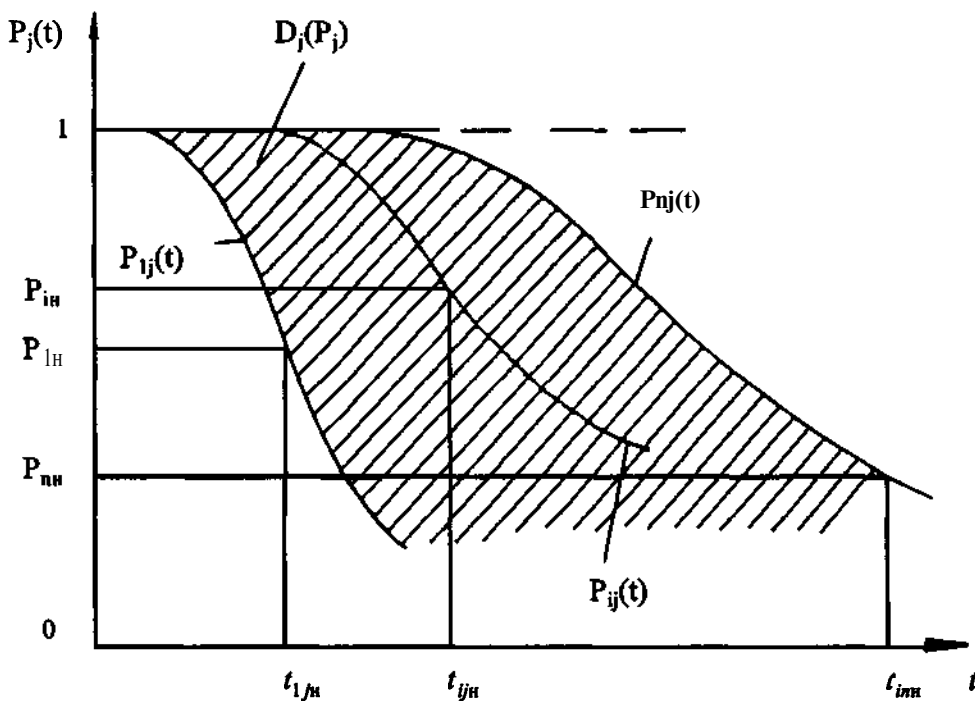


Рис. 4.3. Надежность y -го ВС как совокупности составляющих его систем в данных условиях эксплуатации:

$D_j(P_j)$ - область определения реализаций функций надежности i -х систем y -го самолета;

$P_{ij}(t); P_{nj}(t)$ - реализации надежности наименее и наиболее надежных систем ВС в конкретных условиях его эксплуатации;

t_{ijn} - наработка i -й системы в условиях эксплуатации y -го ВС, при которой достигается минимально допустимый уровень надежности данной системы;

P_{nn} - минимально допустимый уровень надежности i -й системы.

Рассматривая ВС как совокупность n составляющих его i -х ФС (или ФС как совокупность k составляющих ее элементов) и учитывая существенные различия в фактических уровнях надежности каждой i -й ФС и в функциональной значимости каждой системы с позиций обеспечения безопасности и регулярности полетов, периодичность проведения полного восстановления всех ФС любого ВС парка можно определить по худшим условиям эксплуатации ВС

$$\tau = \min \{ \overline{\tau_{ijN}} - \alpha \sigma(\tau_{ijN}) \} \quad i = \overline{1, n}; \quad j = \overline{1, N}. \quad (4.7)$$

Поскольку влияние неслучайных эксплуатационных факторов приводит к внутренней неоднородности процессов изменения технического состояния ФС и их элементов, что вызывает неэргодичность процесса изменения надежности для различных ВС **парка**, задачу реализации условий (3.1) и (3.2) можно рассматривать: для всего парка ВС; для группы ВС, эксплуатирующихся в одинаковых условиях; для одиночного ВС. Очевидно, что не меняя условий эксплуатации ВС при заданной организации и технологии выполнения процессов ТОиР, управляющее воздействие на надежность можно осуществлять только изменением режимов планового периодического ТОиР, т.е. изменением объемов работ и периодичности выполнения форм ТОиР.

В настоящее время совершенствование авиационной техники привело к тому, что безопасность полетов в большей степени обеспечивается конструктивными особенностями ВС, чем регламентом ТО, что позволяет в широких пределах изменять периодичность и объемы работ применительно к конкретным условиям эксплуатации и потребностям авиакомпаний.

В табл. 4.1 приведены интервалы выполнения периодических форм ТО на самолетах фирмы «Боинг» в различных авиакомпаниях и изменение интервалов периодического ТО на самолетах отечественного производства.

Из табл. 4.1 следует, что интервалы выполнения периодических форм ТО для типа ВС могут изменяться в несколько раз, как для различных авиакомпаний, так и на протяжении срока эксплуатации ВС.

Таблица 4.1

Интервалы выполнения форм периодического ТО

Тип самолета	Периодичность ТО , ч					
	форма <i>B</i>		форма <i>C</i>		форма <i>D</i>	
	$\tau_{\min}$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\tau_{\max}$	$\tau_{\min}$	$\tau_{\max}$
В-727	125	750	370	2400	6000	16000
В-737	100	400	500	1600	8100	12000
В-747	250	750	2000	2270	9000	16000
Тип самолета	Базовая форма периодичности					
	было			стало		
Як-40	300			600		
Як-42	300			600		
Ту-134	333			500		
Ту-154	300			600		
Ил-62	100			600		

Поэтому периодичность выполнения базовой формы периодического ТО обычно задается директивно и может изменяться в широких пределах по мере

накопления опыта эксплуатации типа ВС и адаптации режимов к организационным структурам авиапредприятий.

Формирование объемов работ ТОиР периодического ТО и ремонта ВС может базироваться на четырех основных принципах:

1. Полное восстановление.
2. Регламентированное восстановление.
3. Восстановление по состоянию.
4. Восстановление, дифференцированное по наработке.

Формирование объемов работ по принципу полного восстановления на каждой форме ТОиР базируется на следующих положениях:

- поток событий, характеризующий потребность в выполнении работ по ТОиР элементов ВС, является стационарным;
- количество событий определяется только величиной интервала наработки, независимо от этапа наработки ВС с начала эксплуатации.

Следовательно, случайный процесс появления потребности в выполнении работ по ТОиР определяется как стационарный поток восстановления без последствия.

При полном восстановлении на каждой форме ТО или ремонта (например, система капитальных ремонтов) периодичность определяется из рис. 4.2 и 4.3 согласно (4.7).

Изучение реализации процесса изменения надежности *i*-й ФС и ее элементов в наихудших условиях эксплуатации приводит к тому, что периодичность работ по ТОиР и их объемы удовлетворяют условию (3.1) для наименее надежной ФС ВС, эксплуатирующихся в наиболее тяжелых условиях. Отсюда объем работ планового восстановления для любой формы определяют из условия

$$\Phi_i = \sum_{j=1}^{N_i} \sum_{v=1}^{q_i} B_{\mathbf{n}_{ijv}}; \quad v = \overline{1, q_i}; \quad j = \overline{1, N_i}, \quad (4.8)$$

где v - вид отказа, j - элемент *i*-й ФС, i - форма ТО.

Так как из гипотезы о стационарности потока восстановления и условия полного восстановления на каждой форме следует, что в моменты $t = \tau$, происходит полное восстановление всех ФС и далее отсчет наработки начинается с нуля.

При регламентированном восстановлении на каждой форме используется то обстоятельство, что предельный уровень надежности каждой ФС достигается при различной наработке (рис. 4.3), поэтому с периодичностью τ на каждой форме необходимо выполнять работы по восстановлению только тех ФС, надежность которых в интервале наработки $\tau \cdot i \leq t \leq \tau(i+1)$ достигает предельного уровня. Следовательно, регламентированное восстановление определяет поток восстановления как стационарный периодический случайный процесс с периодом

$$T = \max \{ \overline{t_{ijn}} - \alpha \sigma(t_{ijn}) \} \quad i = 1, n ; j = 1, N . \quad (4.9)$$

Объем работ к-й формы в пределах цикла формируется как

$$\Phi_{ik} = \Phi_{i(k-1)} + \Delta \Phi_{ik} . \quad (4.10)$$

Объем работ формы, замыкающей цикл, имеет вид

$$\Phi_{in} = \Phi_{i1} + \sum_{k=2}^{ni} \Delta \Phi_{ik} . \quad (4.11)$$

Таким образом, каждая последующая форма полностью включает все работы предыдущей, а замыкающая форма по объему определяется согласно (4.8), при этом происходит полное восстановление всех ФС до исходного уровня **надежности**, и далее отсчет наработки начинается с нуля. По такому принципу построена система действующих в ГА регламентов по некоторым типам ВС (**Ту-134, Ил-62** и др.). Эффективность регламентированного восстановления перед полным **состо**ит в том, что каждая ц-я форма ТО или ремонта в пределах цикла меньше замыкающей формы, равной по объему выполняемых работ форме полного восстановления на величину

$$\Delta = \sum_{i=\mu}^{ni} \Delta \Phi_{ik} . \quad (4.12)$$

Принцип формирования объемов восстановления по состоянию предполагает, что объемы и периодичность работ по восстановлению должны определяться закономерностями изменения надежности каждого элемента в конкретных условиях его эксплуатации. Формирование режимов восстановления базируется на **следующих**, положениях:

- поток событий, заключающихся в возникновении потребности выполнения работ по восстановлению является нестационарным случайным процессом;
- количество событий определяется этапом наработки, величиной интервала и условиями эксплуатации.

Следовательно, случайный процесс появления потребности в работах по восстановлению определяется как нестационарный поток восстановления с последствием.

Периодичность восстановления при этих условиях определится из (4.5).

Объем восстановительных работ для обеспечения реализации условия (3.1) на каждом этапе наработки **i-й** ФС в любых условиях эксплуатации будет равен:

$$\Phi_i(t) = \sum_{j=1}^{Ni} \sum_{v=1}^{qj} B_{n_{ij}} f[\lambda_{ij}(t); \tau_{ij}] \quad j = 1, N ; v = 1, q , \quad (4.13)$$

а для ВС в целом **в j-х** условиях его эксплуатации

$$\Phi_j(t) = \sum_{i=1}^n \Phi_i(t). \quad (4.14)$$

Учитывая многочисленность элементов в ФС и различных ФС на ВС, а также множество факторов, определяющих изменение их надежности в процессе эксплуатации ВС, в любой момент может возникнуть потребность в ТО или ремонте какого-либо элемента. Плановый принцип требует группировки локальных работ в формы. Это приводит к некоторому увеличению объемов выполняемых работ, так как в каждую форму необходимо включать работы по ТОиР элементов, надежность которых в интервале наработки до следующей формы ТО может достигнуть предельного уровня.

Оптимизация достигается за счет минимизации затрат труда или обеспечения максимума готовности ВС в зависимости от типа и условий его применения.

Дифференцированный по наработке с начала эксплуатации принцип формирования режимов восстановления основывается на том положении, что в действительности поток событий, заключающихся в возникновении потребности в выполнении работ по восстановлению, состоит из двух случайных процессов:

1. Стационарного **процесса**, представляющего совокупность восстановительных работ, объемы которых не зависят от этапа наработки ВС и определяются только периодичностью их выполнения (**заправочно-смазочные**, регулировочные, работы по очистке и т.д.).
2. Нестационарного **процесса**, представляющего совокупность восстановительных работ, объемы которых определяются этапом наработки ВС и периодичностью их выполнения (ремонт, замена агрегатов, восстановление покрытий и т. д.).

Следовательно, этот принцип содержит основные положения **регламентированного** восстановления и восстановления по состоянию, что и обуславливает особенности формирования режимов восстановления. Периодичность форм ТО определяется по принципам регламентированного восстановления. В каждую форму ТО включаются работы с базовой периодичностью, составляющие стационарный поток восстановления наиболее «слабых» элементов каждой ФС, и работы по обеспечению функционирования. Совокупность этих работ составляет объем первой, базовой формы ТО (Φ_{1i}) для каждой ФС. Объем работ к-й **формы** ТО для **i-й** ФС определяется как

$$\Phi_{ik} = \Phi_{1i} + \sum_{j=1}^k B_{(H)jk} + \sum_{c=1} B_{(H)cki}. \quad (4.15)$$

где $B_{(H)jk}$ - дополнительные работы, свойственные только данному этапу наработки ВС и подлежащих выполнению на к-й форме, если в интервале наработки $\tau \cdot k \leq t \leq \tau(k+1)$ надежность инцидентных им элементов достигает предельного уровня.

$B_{(H)cki}$ - дополнительные работы, свойственные одной из предыдущих форм,

и подлежащих выполнению, если наработка, при которой выполняется k -я **форма**, кратна потребной периодичности их выполнения.

В выражении (4.15) два последних члена представляют нестационарный процесс, сгруппированный через интервалы t согласно (4.6). По отношению к регламентированному принципу восстановления имеются следующие отличия:

- из каждой k -й формы исключаются работы предыдущих форм, если ее периодичность не кратна наработке, свойственной этим формам;
- объемы дополнительных работ k -й формы определяются независимо от дополнительных работ формы $k-1$.

Структура (4.15) базируется на двух принципах:

1. Регламентации единой для всех ВС типа периодичности выполнения основной (базовой) формы периодического ТО.
2. Дифференциации объемов и периодичности работ **ТОиР** в зависимости от наработки и условий эксплуатации конкретного экземпляра ВС данного типа.

Согласно (4.15) периодическое ТО ВС формируется из работ основной (базовой) формы, выполняемой через установленные интервалы наработки (или календарные интервалы времени) и дополнительных работ, необходимость выполнения которых повторилась вновь или появилась впервые при данной наработке.

Для реализации (4.15) необходимо определить периодичность базовой формы. При известном перечне $\{B_{кн}\}$ работ и необходимой периодичности их выполнения $\{t_{кн}\}$, причем $\{B_{кн}\} \in \{t_{кн}\}$, выбор периодичности t базовой формы может производиться по критерию минимальных потерь от недоиспользования периодичности выполнения t_i отдельных работ при заданной периодичности t базовой формы [5,6]

$$w_{ij} = t_i - \lfloor t \rfloor \text{ при } 0 \leq t_i - \lfloor t \rfloor < t, \quad (4.16)$$

где t_i - периодичность i -й работы;

j - номер базовой формы от начала цикла.

Потери от группировки $m = \{B_{кп}\}$ работ **в** j -е формы и ТО при заданном t составят

$$\Pi = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n w_{ij} \cdot x_{ij} \cdot r_i, \quad (4.17)$$

где x_{ij} - число работ, сгруппированных **в** j -й форме;

r_i - число повторений выполнения i -й работы за полный цикл форм, равный $t \cdot n$.

И приходим к стандартной задаче линейного программирования транспортного типа, план группировок $\|x_{ij}\|$ которой минимизирует w_{ij} .

Задаваясь несколькими значениями базовой периодичности $\tau^1, \tau^2, \dots, \tau^k$ в интервале наработок 200 - 600 л.ч, находят оптимальное значение по минимуму функции $\Pi = \Pi(\tau)$ при $\tau = \tau^1, \tau^2 \dots \tau^k$.

Исчисление наработки ВС для назначения каждой последующей формы ведется от цифр, кратных периодичности базовой формы Φ_1 . Если устанавливается допуск на выполнение форм, величина допуска включается в условие группировки. Например, при $(\tau \pm 0,1\tau)$ условием группировки будет $0,1\tau \leq t_i - j\tau < 0,9\tau$ и т. д. Вся процедура применяется только для работ по восстановлению состояния - B_H и контролю - B_K .

Структура работ дифференцированного восстановления (табл. 4.2) позволяет осуществлять независимый перенос работ B_H из одной формы в другую, включать в формы разовые работы по конструктивной доработке, замене или целевому контролю состояния, а также ранжировать объемы выполняемых работ в зависимости от конкретных условий эксплуатации ВС.

Таблица 4.2

Схема планирования к выполнению работ периодического ТО

Наработка	Налет, ч	2	3	4	5	6	7	8	...
	Срок службы, мес.	2	3	4	5	6	7	8	...
Базовая форма	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Периодичность дополнительных к базовой форме работ	2	4		+		+		+	
	3		+			+			
	4			+				+	
	5				+				
	6					+			
	7						+		
	8							+	
	...								...

Предусматривается комплексный подход к процессу технической эксплуатации, при котором циклом ТО является назначенный ресурс ВС. По такому принципу построено периодическое ТО самолетов **Як-40, Як-42** и др. Деление работ на ремонтные и по ТО зависит от уровня эксплуатационной технологичности ВС и организационной структуры эксплуатационной и ремонтной служб.

Применение каждого из рассмотренных принципов формирования объемов **ТОиР** выдвигает следующие **требования к исследованию условий эксплуатации ВС**.

Полное восстановление (**ПВ**) - определение наиболее тяжелых условий эксплуатации ВС и исследование закономерностей изменения надежности в этих условиях.

Восстановление по состоянию (ТЭС) - полное исследование всех условий эксплуатации ВС и их систем и закономерностей изменения надежности всех элементов всех ФС.

Восстановление дифференцированное по наработке (ДПН) - сравнительная оценка влияния условий эксплуатации ВС на изменение надежности элементов ФС и исследование реализаций изменения надежности ФС в наиболее вероятных условиях эксплуатации ВС.

Требования к ремонтной технологичности ВС.

ПВ - низкий уровень ремонтной технологичности ВС и конструкции ФС типа ВС.

ТЭС - высокий уровень ремонтной **технологичности**, обеспечивающий контролепригодность и доступность на уровне элементов ФС и технологическую независимость работ при ТОиР элементов ФС.

ДПН - уровень ремонтной технологичности современных эксплуатирующихся типов ВС и их основных агрегатов, а также технологическая независимость работ и доступность на уровне ФС и их комплектующих изделий.

Указанный подход к формированию структуры периодических форм ТО возможен к применению не только для работ по восстановлению технического состояния $\{B_H\}$ ВС и их систем, но и для работ по контролю технического состояния $\{B_K\}$, если под восстановлением понимать не восстановление технического состояния изделия, а восстановление информации о техническом состоянии этого изделия.

Доля работ $\{B_H\}$ в общем объеме периодического ТО составляет 10 - 20%, а доля работ $\{B_K\}$ 40 - 60% и, в целом, объем работ по восстановлению технического состояния ВС и восстановлению информации о техническом состоянии ВС может составлять 50 - 80% объема периодического ТО. При этом, устранение причин появления периодически повторяющихся неисправностей и опасных отказов, как правило, производится на внеплановом восстановлении при выполнении доработок по бюллетеням, разработка, выпуск и выполнение которых определяются в установленном порядке.

Изложенные принципы структурного построения регламента ТО подтверждаются данными обобщения опыта эксплуатации ВС различных типов.

Общая структурная схема построения РО была приведена на рис. 4.1, откуда следует, что организационная структура РО не зависит от примененных методов формирования объемов восстановительных работ и режимов ТО.

Необходимо отметить, что работы по восстановлению надежности ВС составляют не более 20% объема работ периодического ТО. До 80% всех неисправностей устраняется на оперативных формах ТО как вынужденное ТО, а при периодическом ТО устраняются только те неисправности и отказы, работы по устранению которых возможно отложить согласно перечню допустимых отказов, с которыми разрешается эксплуатация ВС (перечень MMEL). При этом, повторяющиеся отказы обычно классифицируются как недостаток конструкции, кото-

рый устраняется выполнением бюллетеня, т.е. на внеплановом ТО. Трудоемкость доработок по бюллетеням составляет до 20% объема работ **периодического** ТО и ремонта **ВС**.

Распределение работ по видам и формам ТОиР для некоторых типов ВС показано в табл. 4.3 – 4.9 [3, 4].

Таблица 4.3

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

№ п/п	Технологические этапы и работы	Трудоемкость этапов и работ в % от общей трудоемкости ремонта				
		1 гр. сверхт.	1 гр.	2 гр.	3 гр.	4 гр.
1	2	3	4	5	6	7
1	Приемка и предварительная де- фектация	0,8	0,8	0,7	0,6	0,6
2	Предварительная промывка и очистка самолета					
3	Разборка , демонтаж оборудования и очистка самолета	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

№ п/п	Технологические этапы и работы	Трудоемкость этапов и работ в % от общей трудоемкости ремонта				
		1 гр. сверхт.	1 гр.	2 гр.	3 гр.	4 гр.
1	2	3	4	5	6	7
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	од	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 и обойно-драпировочные работы	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 остекление					
24	Ремонт мягких топливных баков	2,1	2,1	2,1	3,0	—
25	Герметизация кессонных топливных отсеков					
26	Лакокрасочные и отделочные работы	3,8	4,2	5,0	5,2	5,65

№ п/п	Технологические этапы и работы		Трудоемкость этапов и работ в % от общей трудоемкости ремонта				
			1 гр. сверхт.	1 гр.	2 гр.	3 гр.	4 гр.
1	2		3	4	5	6	7
27	Гальванические работы		1,15	1,15	1,15	1,15	0,70
28	Ремонт шасси		1,7	1,85	1,90	2,25	2,25
29	Ремонт воздушных винтов		–	–	1,5	1,5	1,5
30	Ремонт агрегатов систем самолета		5,7	4,5	4,0	3,7	2,0
31	Ремонт приборного оборудования		4,5	4,5	4,3	3,5	3,5
32	Ремонт электрооборудования		2,3	2,5	3,0	4,5	4,5
33	Ремонт радиооборудования		3,0	3,25	4,5	4,5	4,5
34	Монтаж спецоборудования		10,5	10,0	9,7	8,5	8,5
35	Общая сборка самолета		17,8	17,0	14,0	14,0	14,0
36	Отработка самолета на ЛИС		3,8	3,8	2,74	2,0	2,0
37	Сдача самолета						
38	Прочие работы (включая таке- лаж)		2,25	2,70	2,70	2,8	3,0
39	Итого трудоемкость , чел.-ч		110000	48000	23000	13000	2000
40	Уровень механиза- ции	Машиноручные, механизированные и автоматизирован- ные	42,7	51,8	54,0	50,0	45,0

Графы 3-7 - категория (класс) самолетов

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
Трудоемкость работ, чел.-ч	ВС	0,15	0,18	0,30	0,84	0,34	0,49	0,75
	ОС	0,27	0,13	0,40	1,79	0,5		2,00
	ОВ	0,30	0,33	0,74	7,70	1,57	1,81	1,60
	А,	0,62	1,06	1,07	4,66	1,21	8,95	4,50
	А₂	1,50	2,28	3,13	22,46	3,42	8,95	6,70
	Б	9,70	6,20	12,00	51,44	14,42	15,3	44,8
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

Таблица 4.5

Расчет удельной трудоемкости периодического ТО

Характеристики		Значения параметров по типам самолетов						
		Як-40	Ан-24	Ту-134	Як-42	Ту-154	Ил-62	Ил-86
Трудоемкость работ, чел.-ч	Φ_1 (300 ч)	87,00	159,60	237,90	295,50	350,60	451,70	571,9
	Φ_2 (600 ч)	34,24	28,48	52,85	64,10	14,00	10,50	30,23
	Φ , (900 ч)	55,18	78,90	149,9	229,70	182,04	263,00	410,86
	Φ_4 (1200 ч)	53,75	11,70	—	65,10	—	—	—
	Φ , (1500 ч)	8,87	—	—	—	—	—	—
	Φ_6 (1800 ч)	44,79	113,14	160,8	665,60	269,90	400,20	1964,4
	Φ_7 (2100 ч)	—	—	—	—	—	—	—
	Φ , (2400 ч)	—	—	—	65,10	—	—	2,33
	Φ_9 (2700 ч)	—	—	29,54	229,70	—	—	—
	Φ_{10} (3000 ч)	58,40	—	—	74,30	—	—	—
	Φ_{12} (3600 ч)	17,90	1,10	5,70	475,20	89,44	278,43	—
Удельная трудоемкость периодического ТО		0,51	0,74	1.15	2,10	1,57	2,11	3,51

Таблица 4.5

Расчет удельной трудоемкости периодического ТО

Характеристики		Значения параметров по типам самолетов						
		Як-40	Ан-24	Ту-134	Як-42	Ту-154	Ил-62	Ил-86
Трудоемкость работ, чел.-ч	Φ_1 (300 ч)	87,00	159,60	237,90	295,50	350,60	451,70	571,9
	Φ_2 (600 ч)	34,24	28,48	52,85	64,10	14,00	10,50	30,23
	Φ_3 (900 ч)	55,18	78,90	149,9	229,70	182,04	263,00	410,86
	Φ_4 (1200 ч)	53,75	11,70	—	65,10	—	—	—
	Φ_5 (1500 ч)	8,87	—	—	—	—	—	—
	Φ_6 (1800 ч)	44,79	113,14	160,8	665,60	269,90	400,20	1964,4
	Φ_7 (2100 ч)	—	—	—	—	—	—	—
	Φ_8 (2400 ч)	—	—	—	65,10	—	—	2,33
	Φ_9 (2700 ч)	—	—	29,54	229,70	—	—	—
	Φ_{10} (3000 ч)	58,40	—	—	74,30	—	—	—
	Φ_{12} (3600 ч)	17,90	1,10	5,70	475,20	89,44	278,43	—
Удельная трудоемкость периодического ТО		0,51	0,74	1,15	2,10	1,57	2,11	3,51

Таблица 4.6

Удельная трудоемкость технического обслуживания пассажирских самолетов

Тип самолета	Оперативное ТО, чел.-ч./ч нал.		Периодическое ТО, чел.-ч./ч нал.			ТО, чел.-ч./ч нал.		$\frac{K_{\text{МГЛ}}}{K_{\text{ТО}}}$ $\frac{K_{\text{пром}}}{K_{\text{ТО}}}$	$\frac{K_{\text{МГЛ}}}{K_{\text{ТО}}}$ $\frac{K_{\text{пром}}}{K_{\text{ТО}}}$
	по дан-ным АТБ	по дан-ным про-мыш-ленно-сти	по дан-ным АТБ	по дан-ным ЦНОТ	по дан-ным со-вмест-ной оценки	по дан-ным АТБ	по дан-ным промыш-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 неплановое ТО.

Таблица 4.7

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

Тип самолета	Год	Оперативное ТО	Периодическое ТО	Ремонт	Устранение неисправностей	ТОиР
Як-40	1985	<u>20,0</u>	<u>7,0</u>	<u>1,9</u>	<u>5,8</u>	<u>34,7</u>
		57,6	20,2	25,7	16,7	100
Як-42	1987	<u>25,1</u>	<u>14,0</u>	<u>1,1</u>	<u>14,0</u>	<u>54,2</u>
		46,4	25,8	27,8	25,8	100
Ту-134	1987	<u>25,8</u>	<u>7,5</u>	<u>4,6</u>	<u>6,3</u>	<u>44,2</u>
		58,4	17,0	27,4	14,2	100
Ту-154	1987	<u>25,7</u>	<u>9,3</u>	<u>4,3</u>	<u>15,2</u>	<u>54,5</u>
		47,1	17,1	25,0	27,9	100
Ил-62	1987	<u>16,2</u>	<u>10,3</u>	<u>6,9</u>	<u>10,6</u>	<u>44,0</u>
		36,8	23,4	39,1	24,1	100
Ил-62	1988	<u>24,1</u>	<u>13,6</u>	—	<u>21,4</u>	<u>59,1</u>
		40,8	23,0	—	36,2	100
Ан-24	1985	<u>24,9</u>	<u>7,4</u>	<u>4,5</u>	<u>3,4</u>	<u>40,2</u>
		61,9	18,4	29,6	8,5	100

Таблица 4.8

Прямые удельные трудозатраты на ТОиР самолета В-737

Вид работ		Трудоемкость Кт, чел.-ч/ч	Доля от общего объема, %
1	Оперативное ТО: ежедневное, ночное (предполетное), на маршруте, в конечном пункте маршрута и неплановое	1,86	29,8
2	Периодическое ТО: формы А, В и С (через 125,750 и 3000 ч налета)	0,79	12,6
3	КВР на планере и агрегатах: форма Д (через 20000 ч налета)	0,46	7,4
4	ТОиР демонтированных агрегатов и КИ	1,42	22,7
5	ТОиР демонтированных двигателей	1,72	27,5
ИТОГО		6,25	100,0

Таблица 4.9

Прямые удельные трудозатраты на ТОиР самолета Як-42

Вид работ		Трудоемкость Кт, чел.-ч/ч	Доля от общего объема, %
1	Оперативное ТО: ОВ, ВС, ОС, А₁ , А₂ , Б	5,36	46
2	Периодическое ТО	2,41	20
3	КВР (ТО-10000)	1,2	10
4	ТОиР демонтированных агрегатов и КИ	2,73	24
ИТОГО		11,7	100

4.2. ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ РЕГЛАМЕНТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВС

На основе положений раздела 4.1 разработаны общие принципы формирования структуры и содержания регламента ТО ВС гражданской авиации, приведенные ниже.

Регламент технического обслуживания (РО) является основным эксплуатационным **документом**, определяющим объекты обслуживания (системы, подсистемы, изделия ВС), перечень и периодичность выполняемых на них работ в соответствии с системой технического обслуживания данного ВС.

РО составляют на ВС в целом. Объекты ТО, перечень работ и периодичность их выполнения устанавливает разработчик ВС с учетом конструктивных особенностей и условий эксплуатации изделий АТ для обеспечения надежной и безопасной эксплуатации ВС с минимальными затратами **труда**, времени и средств.

В РО включают все работы по ТО ВС в целом, его систем и изделий, независимо от того, выполняют эти работы непосредственно на ВС или в лаборатории после демонтажа изделий с ВС и их последующей установки на ВС. Все работы, включенные в РО, являются регламентными работами.

Регламентные работы выполняют в соответствии с установленной **технологией**. Технологию оформляют в виде технологических карт, которые включают составной частью в Руководство по технической эксплуатации ВС или выпускают отдельно. Качество выполнения регламентных работ контролирует ответственное должностное лицо эксплуатационного авиапредприятия.

РО на ВС может включать следующие темы:

- общие положения;
- меры безопасности;
- оперативное техническое обслуживание;
- периодическое техническое обслуживание;
- специальное техническое обслуживание;
- техническое обслуживание при хранении;
- приложения.

Держателем подлинников РО является разработчик ВС.

Издателем РО на этапах опытно-конструкторских работ является разработчик. Издателем РО при серийном производстве является изготовитель ВС.

На период эксплуатации ВС после прекращения серийного **производства**, исполнитель и издатель РО определяются по согласованию ГОУВТ, разработчика и изготовителя ВС.

Структура регламента технического обслуживания ВС

Структура РО должна определять состав видов и форм технического обслуживания ВС в реальных условиях эксплуатации и устанавливать правила назначения регламентных работ к выполнению.

РО ВС может включать следующие виды технического обслуживания:

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

Оперативное и периодическое ТО являются плановым техническим обслуживанием ВС в нормальных условиях эксплуатации.

Оперативное ТО может включать вспомогательные работы, не связанные с исправностью ВС, и объединенные в формы оперативного ТО работы по поддержанию и восстановлению исправности ВС.

Назначают следующие виды вспомогательных работ:

- работы по встрече – ВС;
- работы по обеспечению стоянки - ОС;
- работы по обеспечению вылета - **ОВ**.

В работы по обеспечению вылета включают работы по обеспечению первого вылета после стоянки ВС.

Допускается исключать отдельные виды вспомогательных работ, если конструкция ВС или условия его эксплуатации не требуют выполнения этих работ.

Обеспечивают следующие общие принципы назначения видов вспомогательных работ к выполнению:

- работы по встрече (ВС) выполняют непосредственно после каждой посадки;
- при учебно-тренировочных полетах, авиахимработах и спецприменении ВС работы по встрече выполняют при очередной заправке ВС топливом;
- работы по обеспечению **стоянки**, (ОС) выполняют в **случаях**, когда:
продолжительность стоянки ВС превышает заданное ограничение для данного типа ВС и условий его стоянки;
ВС передается для хранения или технического обслуживания;
ВС перемещается на другую стоянку.

Работы по обеспечению вылета (ОВ) выполняют непосредственно перед каждым вылетом, после формы ТО или стоянки ВС.

Назначают следующие формы оперативного ТО:

1. Форма **A₁**. 2. Форма **A₂**. 3. Форма Б.

Допускается исключать отдельные формы оперативного ТО, если конструкция ВС или условия его эксплуатации не требуют выполнения работ этих форм ТО.

Обеспечивают следующие общие принципы назначения форм оперативного ТО к выполнению:

1. ТО ВС по форме **A₁** выполняют:

- перед каждым полетом (или после каждой посадки) ВС, если не требуется выполнение более сложной формы ТО;
- при задержке вылета подготовленного к вылету ВС сверх установленного времени (от нескольких часов до одних суток);
- перед полетом после периодического ТО.

При **учебно-тренировочных полетах**, авиахимработах и спецприменении ВС форму **A₁** выполняют при очередной заправке ВС топливом.

2. ТО по форме **A₂** выполняют:

- после выполнения нескольких обслуживании по форме **A₁** или один раз в сутки в зависимости от условий применения или суточной наработки ВС;
- в конце летного дня (или перед первым полетом) при учебно-тренировочных полетах, авиахимработах и спецприменении ВС;
- перед полетом после простоя ВС более установленного ограничения (от одних до нескольких суток), если ВС не устанавливался на хранение;
- перед **полетом**, после специального ТО или после хранения до **15** суток без консервации двигателя.

3. ТО по форме Б выполняют преимущественно в базовом аэропорту:

- один раз в несколько суток регулярной эксплуатации (при выполнении хотя бы одного полета в сутки), если по наработке (календарному интервалу времени) не требуется выполнять периодическое ТО. Установленный срок может быть продлен на количество суток простоя ВС, но не более заданного ограничения;
- после заданной наработки (часов или посадок) при учебно-тренировочных **полетах, авиационных работах** и спецприменении ВС;
- после поступления ВС в авиапредприятие с завода-изготовителя или ремонтного **завода**, перед началом эксплуатации;
- перед полетом после хранения.

Допускается уточнение и дополнение принципов назначения всех форм оперативного ТО для ВС спецприменения и при выполнении **авиационных работ**.

Подготовку ВС к использованию по назначению обеспечивают последовательным выполнением вспомогательных работ и форм оперативного ТО. При эксплуатации ВС в нормальных условиях могут назначаться следующие виды подготовок к полету:

- после посадки ВС выполняют работы по встрече (ВС), форму **A₁ (A₂ или Б)** и работы по обеспечению вылета (ОВ);
- после посадки ВС выполняют работы по встрече (ВС), работы по обеспечению стоянки (ОС), форму **A₁ (A₂ или Б)** и работы по обеспечению вылета (ОВ);
- после посадки ВС выполняют работы по встрече (ВС), форму **A₁ (A₂ или Б)** работы по обеспечению стоянки (ОС), а после стоянки работы по **обеспечению** вылета (ОВ).

Виды подготовок ВС могут выполняться комплексно или с разделением во времени вспомогательных работ и оперативных форм.

Периодическое ТО.

Периодическое ТО состоит из работ, объединенных в формы ТО и выполняемых по наработке (часов, и при необходимости, посадок) или календарным срокам службы ВС в пределах полного цикла периодического ТО ВС. Периодичность форм ТО должна быть единой для ВС, его изделий и оборудования.

Периодические формы ТО могут состоять из работ основной (базовой) формы ТО, выполняемой с установленной минимальной периодичностью, и дополнительных работ, выполняемых с периодичностью, кратной базовой, необходимость выполнения которых впервые появилась или повторилась при данной наработке ВС. Структуру дополнительных работ поясняет табл. 4.2.

Допускается объединение дополнительных работ в комплексы и назначение нескольких форм ТО кратной периодичности, каждая из которых включает все работы предыдущих форм.

Пример. Φ_1 - 300 л.ч, Φ_2 - 900 л.ч, Φ_3 - 1800 л.ч.

При наличии межремонтного ресурса (срока службы) ВС полный цикл работ периодического ТО должен устанавливаться равным или кратным **межремонт-**

ному ресурсу (сроку службы) ВС, а при его увеличении **периодическое** ТО пополняется дополнительными работами или формами ТО, требуемыми для отработки этого увеличенного ресурса (срока службы).

Каждую работу периодического ТО назначают с начальной периодичностью, равной или кратной базовой, и далее выполняют либо с начальной **периодичностью**, либо с другой, равной или кратной базовой, в пределах полного цикла периодического ТО ВС.

Для новых ВС, прошедших ремонт, периодическое ТО в цикле назначают с первой (базовой) формы ТО. Отсчет циклов ведется: для новых ВС - с начала эксплуатации, для ВС, прошедших ремонт - с последнего ремонта. Исчисление наработки (срока службы) ВС для каждой последующей формы ТО ведут от цифр, кратных периодичности базовой формы, независимо от того, с каким **допуском** выполнялась предыдущая форма периодического ТО.

Периодическое ТО выполняют по календарным срокам, если за соответствующий период наработка ВС составила менее установленной величины (в **процентах** наработки), необходимой для выполнения периодического ТО по наработке. Процентное ограничение для перевода ВС с обслуживания по наработке на обслуживание по календарным срокам устанавливает разработчик ВС с учетом особенностей конструкции и условий эксплуатации данного типа ВС.

При переводе ВС, ранее обслуживавшегося по наработке, на обслуживание по календарным срокам отсчет календарных периодов ведут от последней выполненной по наработке формы периодического ТО и начинают с выполнения по календарному сроку формы ТО, соответствующей следующей за последней выполненной по наработке форме периодического ТО. При возобновлении интенсивной эксплуатации обратный переход на ТО по наработке производят при наработке, соответствующей ближайшей последующей форме периодического ТО по наработке ВС с начала цикла.

Специальное ТО.

Специальное ТО назначают после особых случаев эксплуатации ВС (полета в зоне интенсивной турбулентности; полета с превышением допустимых эксплуатационных перегрузок; грубой посадки; посадки с превышением допустимой посадочной массы; попадания в град, пыльную бурю, шторм на земле; **попадания** электрического разряда; столкновения с птицами и др.) или при изменении **условий** эксплуатации (подготовка к сезонной эксплуатации; изменение вариантов применения и др.), определяемых назначением, конструктивными особенностями и условиями эксплуатации ВС данного типа.

ТО при хранении.

ТО при хранении назначают по календарным срокам хранения ВС. ТО при хранении включает:

- работы по подготовке ВС к хранению;
- работы, выполняемые при хранении;
- работы по подготовке ВС к полетам после хранения.

Время хранения ВС учитывают не при отсчете календарных периодов для назначения периодического ТО, а в счет срока службы (межремонтного и назначенного) ВС в целом.

Содержание регламента **технического обслуживания** ВС

В теме «Общие положения» приводят:

- общие технические требования по выполнению регламентных работ;
- общие требования по организации и проведению контроля качества выполнения регламентных **работ**;
- классификацию и кодирование регламентных работ.

Общие технические требования по выполнению регламентных работ устанавливает разработчик ВС для нормальных условий эксплуатации ВС с учетом его назначения и конструктивных особенностей.

Общие требования по организации и проведению контроля качества выполнения регламентных работ устанавливает разработчик ВС в соответствии с действующими в отрасли положениями о контроле качества. Сюда включают требования по организации контроля, квалификации исполнителей работ, соблюдению технологий, аттестации контроля, оформлению документации.

Классификацию и кодирование регламентных работ выполняют с помощью цифровых обозначений работ в соответствии с разделом с указанием **особенностей** применения кодов работ для данного типа ВС.

Тема «Меры безопасности» должна включать сведения по мерам **безопасности** общего **характера**, которые необходимо соблюдать при обслуживании ВС в целом, с учетом назначения ВС, его конструктивных особенностей и условий эксплуатации. Меры безопасности при выполнении конкретных регламентных работ приводят в технологических картах.

Тема «Оперативное ТО».

Содержание вспомогательных работ должно обеспечивать встречу, стоянку и вылет ВС и определяется назначением ВС, его конструктивными особенностями и условиями эксплуатации.

Вспомогательные работы не включают работы по восстановлению исправности или работоспособности ВС, его систем и оборудования.

Содержание работ оперативных форм ТО должно обеспечивать восстановление исправности ВС до установленных требований технической документации и может включать: подготовительные работы; работы по контролю состояния; работы для обеспечения последующего оперативного использования ВС по назначению; заключительные работы.

В оперативных формах ТО не должно быть работ, связанных с поддержанием и восстановлением надежности, необходимость выполнения которых определяется налетом часов или календарным сроком службы ВС, систем и оборудования. Наличие указанных работ в оперативных формах ТО допускают временно, с последующим изменением условий эксплуатации или конструкции ВС.

Тема «Периодическое ТО».

Содержание периодического ТО должно определяться изменением технического состояния систем, изделий и оборудования ВС при отработке ресурсов (сроков службы) и обеспечивать надежную и безопасную эксплуатацию ВС в реальных условиях.

В периодическое ТО включают работы, выполнение которых определяется **налетом** или календарным сроком **службы**, а при необходимости и числом посадок ВС.

Содержание периодического ТО определяют работы по:

- контролю и диагностированию состояния;
- поддержанию и восстановлению надежности;
- обеспечению отработки ресурсов и сроков службы;
- обеспечению требуемых качеств рабочих тел и покрытий, восстановлению внешнего вида и интерьера бытового оборудования.

Работы периодического ТО должны иметь конкретную целевую направленность на обеспечение и поддержание **безопасности**, надежности и регулярности эксплуатации ВС или устранять изменения технического состояния систем, изделий и оборудования, связанные с наработкой или календарным сроком эксплуатации ВС.

В периодическом ТО не должно быть работ, выполняемых в целях испытаний, доработок и модернизации систем, изделий и оборудования ВС, а также работ, не имеющих конкретной целевой направленности.

· Тема «Специальное ТО».

Содержание работ специального ТО должно определяться перечнем возможных неисправностей, вызванных попаданием ВС в особые случаи эксплуатации в полете и на земле.

Работы специального ТО должны обеспечивать восстановление исправного (работоспособного) состояния ВС, соответствующего требованиям нормальной эксплуатации данного типа ВС.

В теме «Специальное ТО» должны быть перечислены все особые случаи эксплуатации с указанием допускаемых величин параметров, при превышении которых назначаются работы по специальному ТО. Должны также приводиться пояснения, **правила**, графики и т.д., необходимые для определения фактических величин этих параметров и условий назначения специального ТО.

Тема «ТО при хранении».

Содержание работ ТО при хранении должно определяться перечнем возможных неисправностей, вызванных воздействием окружающей среды при длительном календарном сроке хранения ВС.

Работы по хранению должны обеспечивать поддержание технического **состояния** ВС при перерывах в летной эксплуатации.

Тема «Приложения к РО».

Приложения к РО могут включать:

типовые технологические графики подготовки одиночного ВС при оперативном ТО;

- карты и таблицы смазок;
- перечень запломбированных мест, подлежащих контролю при ТО (включая перечень регулировочных **точек**, регулировка которых в эксплуатации запрещена);
- перечень изделий, после замены, регулировки или ремонта которых необходимо произвести контрольный полет;

- размещение люков *ЕС*;
- перечень однотипных изделий, место установки которых отмечается в **паспортах** изделий и **формуляре ВС**;
- перечень изделий, на которые есть ссылка в **РО**, с самостоятельным **руководством** (инструкцией) по технической эксплуатации;
- регламенты **ТО** нештатного оборудования.

Допускается исключение отдельных приложений к **РО** или введение дополнительных **приложений**.

Указанные принципы формирования регламента **ТО**, а также правила оформления, утверждения и внесения изменений в **РО** отражены в отраслевом стандарте **ОСТ 5430054–88**. Система **ТОиР АТ**. Регламент технического обслуживания самолета (вертолета).

4.3. ФОРМИРОВАНИЕ ТИПОВОГО РЕГЛАМЕНТА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВС

В настоящее время структура и содержание **РО** различных типов **ВС** во многом определяется опытом и традициями разработчика **ВС**.

Одинаковые по назначению и технологиям выполнения регламентные **работы** формируются по-разному в зависимости от типа **ВС** даже одного класса и назначения, но других разработчиков. Унификация структуры и содержания **РО**, указанная выше, позволяет унифицировать (типизировать) не только принципы назначения работ **ТО** к выполнению, но и содержание и периодичность отдельных видов работ.

Анализ содержания регламентов **ТО** различных типов **ВС** показывает, что до 80% работ являются типовыми для всех регламентов, но одинаковые работы, выполняемые при **ТО** **ВС** различных типов, изложены по-разному, хотя конструкции **ВС** и условия их эксплуатации не определяют таких различий в одинаковых работах. Унификация содержания типовых работ **обеспечит** качество разработки **РО** различных типов **ВС**, качество выполнения **ТО** исполнителями по типовым технологиям при **ТО** различных типов **ВС**, а также сократит сроки разработки и корректировки **РО** при испытании и в эксплуатации. Решению указанных задач служит типовой регламент, разработанный автором как методический документ отрасли **ГА**.

Основные положения типового регламента **ТО** и условия его применения следующие.

Типовой регламент технического обслуживания (**РО**) самолета (вертолета) **ГА** разработан в качестве справочного документа в целях унификации структуры, оформления и основного содержания типовых регламентных работ при разработке или корректировке регламентов на конкретные типы воздушных судов.

Типовой **РО** разработан на основе действующих **РО** на самолеты и вертолеты **ГА** различных типов по результатам опыта их эксплуатации и в соответствии с требованиями действующих нормативных документов отрасли.

Типовой **РО** применяется в соответствии со следующими указаниями:

Все количественные и качественные характеристики типового РО (структура форм ТО и их периодичность, периодичность типовых работ) соответствуют наиболее распространенным их значениям в действующих РО на самолеты и вертолеты ГА, находящиеся в эксплуатации. Эти характеристики приведены в типовом РО для справки и определяют достигнутый уровень совершенства РО как базы для разработки или корректировки РО на конкретный тип ВС с учетом повышения эффективности **его** технической эксплуатации.

Перечень и периодичность регламентных работ на конкретный тип ВС не связаны с типовым РО и формируются в соответствии с действующими нормативными и методическими документами (**МОСы к НЛГС и НЛГВ**, руководство для конструкторов **РДК-Э**, стандарты и методики).

1. Раздел «Общие положения» типового РО определяет содержание данного раздела в любом РО на конкретный тип ВС и устанавливает единые правила назначения видов работ и форм ТО к выполнению в соответствии с ОСТ 54 **30054–88**, а также систему нумерации РО по ГОСТ **18675** (или **АТ А-100**, документ **FAA**).

Структура РО на конкретный тип ВС определяется **ТЗ** на разработку данного типа ВС или согласованными планами работ на проведение НИР по корректировке существующего РО для ВС данного типа, поэтому типовая структура данного раздела дополняется количественными характеристиками условий назначения видов, форм ТО к выполнению, их составу и периодичности.

2. Раздел «Меры безопасности» типового РО определяет унифицированное содержание данного раздела для любых типов ВС ГА в соответствии с действующими нормативными документами (**НТЭРАТ ГА**, **ОСТы** по ТБ и ОТ) и инструкциями общего назначения.

Содержание этого раздела уточняется в соответствии с особенностями назначения и условиями эксплуатации данного типа ВС и дополняется общими **специальными** мерами. Например, при ТО ВС, имеющего изделия с радиоактивными элементами, при ТО ВС, выполняющего **авиахимработы** с применением ядохимикатов или удобрений, и т.д.

Специальные меры безопасности при выполнении конкретных работ ТО на изделиях и системах ВС должны приводиться в соответствующих пунктах ТО на эти **работы**.

3. Раздел «Оперативное техническое обслуживание» типового РО определяет перечень типовых работ, выполняемых при оперативном ТО на большинстве эксплуатируемых типов ВС и отражающих сложившиеся в ГА объем и периодичность ТО, условия эксплуатации ВС и технический уровень отечественной авиационной техники.

Формирование перечня работ оперативного ТО и условий их назначения («+» или «–») производится в соответствии с действующими нормативными и методическими документами, однако в случае выбора типовой работы, ее **формулировка**, код и оформление должны соответствовать типовому РО.

4. Раздел «Периодическое техническое обслуживание» типового РО определяет перечень типовых работ, выполняемых при периодическом ТО на **боль-**

шинстве эксплуатируемых типах ВС и соответствующих уровню отечественной авиационной техники.

Для всех систем ВС, кроме специальных систем **вертолета**, в типовом РО определена средняя периодичность. Для вертолетов периодичность выполнения работ на соответствующих системах примерно втрое ниже.

Формирование перечня работ периодического ТО производится по действующим методикам [60] и др., однако, при этом в случае выбора типовой работы ее формулировка должна соответствовать типовому РО.

Содержание типовых работ оперативного и периодического видов ТО применительно к конкретному ВС уточняется следующим образом, например:

- типовая **работа** типового РО:
- 029.20.00А — Осмотрите гидроагрегаты и трубопроводы вспомогательной гидросистемы;
- работа РО конкретного типа ВС (**Як-42**):
- 029.20.00А - Осмотрите гидроагрегаты и трубопроводы вспомогательной гидросистемы;
- **029.20.10 – трубопровод к УГ122;**
- 029.20.20 - трубопровод к **НС-46-3;**
- 029.20.30 - трубопровод от **НС-46-3;**
- **029.21.00 - насосную станцию НС-46-3;**
- 029.22.00 - насосную станцию НС-55;
- 029.23.00 - датчик давления **НД-240;**
- 029.24.00 - обратный клапан ОК-6А;
- 029.25.00 - предохранительный клапан РД-22;
- 029.26.00 - фильтр **14ГФ49Т-1** и т.д.

Работы РО конкретного типа ВС, которые отсутствуют в перечнях типовых работ, дополняются в соответствующие подсистемы работ типового РО с нумерацией по объектам обслуживания. Например, в подсистему 029.20.00 вводится нетиповая работа:

- **029.21.00А** - Проверьте внутреннюю герметичность насосной станции **НС-46-3.**

5. Раздел «Специальное техническое обслуживание» типового РО определяет перечень типовых особых случаев эксплуатации ВС, после которых выполняется специальное ТО. В этом разделе приведены особые ситуации эксплуатации, являющиеся общими для большинства типов ВС, находящихся в эксплуатации.

Дополнение типовых особых случаев эксплуатации специальными, свойственными только данному типу ВС и соответствующими этим случаям работами ТО, определит содержание раздела «Специальное ТО» для конкретного типа ВС.

6. Раздел «Техническое обслуживание при хранении» типового РО определяет типовое содержание и перечень типовых работ, выполняемых при хранении самолета.

7. Для каждого РО на конкретный тип ВС типовой РО применяется только в той части, которая соответствует особенностям конструкции и условий эксплуатации этого типа ВС, включая состав и перечень типовых работ. **Если** на кон-

кретном типе ВС отсутствует какая-либо функциональная система, **подсистема**, либо она имеет другое **конструктивно-схемное** решение, то соответствующие им типовые работы типового РО не используются при формировании РО на этот тип ВС. **Если**, например, регламентные работы, в том числе проверки **функционирования**, на данном типе ВС выполняются встроенной системой контроля, имеющей самостоятельные функции, то данная система контроля кодируется по резервным разделам в соответствии с ГОСТ 18675, а соответствующие регламентные работы формируются на основе действующих методических и нормативных документов.

8. Область применения типового РО определяется в каждом конкретном случае для конкретного типа ВС участниками работ и на этапах, определенных программой **ТОиР** по данному типу ВС.

Ниже приводится типовое содержание раздела РО «Общие положения» и примеры типового оформления таблиц различных разделов РО.

ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1. Назначение РО

1.1.1. Настоящий регламент технического обслуживания (РО) является основным эксплуатационным документом, определяющим объекты обслуживания (системы, подсистемы, изделия) самолета (тип) (под самолетом понимается и вертолет), перечень и периодичность выполняемых на них работ в соответствии с принятой системой технического обслуживания данного типа **самолета**.

1.1.2. РО составлен на самолет в целом. Объекты ТО, перечень и периодичность выполнения работ установлены для ожидаемых условий эксплуатации данного типа самолета и обеспечивают надежную и безопасную эксплуатацию **самолета**.

1.1.3. В РО включены все работы по ТО **самолета**, его систем и изделий, независимо от того, выполняют эти работы непосредственно на самолете или в лаборатории после демонтажа изделий. Все работы, включенные в РО, являются регламентными работами.

1.1.4. Регламентные работы выполняются в соответствии с установленной технологией. Технология выполнения работ является основным рабочим документом и оформлена в виде технологических **карт**, являющихся составной частью Руководства по технической эксплуатации. Номер технологической карты совпадает с номером пункта РО.

1.1.5. Качество выполнения регламентных работ исполнителями должно **контролироваться** ответственным лицом эксплуатационного авиапредприятия. Номенклатура контролируемых операций определяется технологической картой на выполнение каждой конкретной работы и устанавливается ведущим эксплуатационным авиапредприятием по данному типу **самолета**.

1.2. Структура РО

1.2.1. Структура РО определяет состав видов и форм ТО в реальных условиях эксплуатации и устанавливает правила назначения регламентных работ к выполнению.

1.2.2. РО самолета (тип) включает следующие виды ТО:

1. Оперативное ТО.
2. Периодическое ТО.
3. Специальное ТО.
4. ТО при хранении.

Оперативное и периодическое ТО составляют плановое ТО самолета при регулярной эксплуатации.

1.2.3. Оперативное ТО

1.2.3.1. Оперативное ТО включает вспомогательные работы и формы оперативного ТО.

Назначены следующие виды вспомогательных работ:

1. Работы по встрече - ВС.

2. Работы по **обеспечению** стоянки - ОС.

3. Работы по обеспечению вылета - ОВ.

Назначены следующие формы оперативного ТО:

1. Форма **A₁** 2. Форма **A₂** 3. Форма Б

1.2.3.2. Установлены следующие правила назначения видов вспомогательных работ к выполнению:

1.2.3.2.1. Работы по встрече самолета (ВС) выполняют непосредственно после каждой посадки.

Примечание. При учебно-тренировочных полетах и спецприменении самолета работы ВС выполняют при очередной заправке самолета топливом.

1.2.3.2.2. Работы по обеспечению стоянки (ОС) выполняют, если:

- продолжительность стоянки самолета до очередного вылета запланирована более **(2 – 5)** ч;
- самолет передается в **АТБ** для хранения или ТО;
- самолет перемещается на другую стоянку.

Примечание. При температуре наружного воздуха -25°C и ниже работы ОС выполняют при ожидаемом времени стоянки 1 ч и более.

1.2.3.2.3. Работы по обеспечению вылета (ОВ) самолета выполняют непосредственно перед каждым вылетом, после формы ТО или стоянки.

1.2.3.3. Установлены следующие правила назначения форм оперативного ТО к выполнению:

1.2.3.3.1. Работы по форме **A₁** выполняют:

1. Перед каждым **полетом** (после каждой посадки) **самолета**, если не **требуется** выполнения более сложной формы ТО

или 2. При задержке вылета подготовленного к вылету самолета свыше **12 – 24** (в зависимости от **типа самолета**) ч

или 3. Перед полетом после периодического ТО.

Срок действия формы **A₁** установлен 12-24 ч.

Примечание. При **учебно-тренировочных полетах** и спецприменении самолета форму **A₁** выполняют при очередной заправке **самолета** топливом.

1.2.3.3.2. Работы по форме **A₂** выполняют:

1. После выполнения 5 - 15 обслуживания по форме А,

или 2. Один раз в 1 - 3 суток при выполнении хотя бы одного полета в этот период

или 3. **Перед полетом** после простоя самолета более **3 – 5** суток, если **самолет** не устанавливался на хранение

или 4. Перед полетом после специального ТО.

Срок действия формы **A₂** установлен 24 - 48 ч.

Примечание. При **учебно-тренировочных полетах** и спецприменении самолета форму **A₂** выполняют один раз в сутки по окончании (перед возобновлением) полетов.

1.2.3.3.3. Работы по форме Б выполняют:

1. Один раз в 10 - 20 суток регулярной эксплуатации (при выполнении хотя бы одного полета в сутки), если не требуется выполнять периодическое ТО. Указанный срок может быть продлен на количество нелетных суток, но не более пяти

или 2. После наработки **100 – 150** посадок при **учебно-тренировочных полетах**

или 3. Перед началом эксплуатации после поступления самолета в авиапредприятие с завода-изготовителя, ремонтного завода или другого предприятия

или 4. Перед первым полетом после хранения.

Срок действия формы Б установлен 48 ч.

1.2.3.4. Подготовка самолета к полету **обеспечивается** последовательным выполнением вспомогательных работ и форм оперативного ТО. При регулярной эксплуатации самолета

назначают следующие виды подготовок к полету:

1. После посадки самолета выполняют ВС, форму **A₁ (A₂)** и ОВ.
2. После посадки самолета выполняют ВС, ОС, форму **A₁ (A₂ или Б)** и ОВ.
3. После посадки самолета выполняют ВС, форму **A₁ (A₂)**, ОС и ОВ.

Виды подготовок самолета к полету могут выполняться комплексно или с разделением во времени вспомогательных работ и оперативной формы.

1.2.3.5. Объем работ каждого вида вспомогательных работ и каждой оперативной формы ТО определяется как сумма работ, против которых в соответствующих графах таблиц раздела 3 РО стоит знак «+».

1.2.4. Периодическое ТО.

1.2.4.1. Периодическое ТО состоит из работ, выполняемых через интервалы наработки часов (календарных сроков службы) **самолета**.

Базовая периодичность работ установлена единой для **самолета**, систем, изделий и оборудования и составляет (300 л.ч или 3 месяца) эксплуатации (для вертолета - 100 л.ч или 3 месяца эксплуатации).

1.2.4.2. Периодическое ТО формируется из основных работ, выполняемых через каждые **(300±30 ч** налета или **3±0,5** месяца эксплуатации) и дополнительных работ, необходимость выполнения которых определяется через каждые (600, 900, **1200** и т.д. ч налета или 3, 6, **9, 12** и т.д. месяцев эксплуатации) планера самолета (для **вертолета – 100±10** л.ч или 2±0,5 месяца и каждые 200, 300 и т.д. л.ч, 4, 6, 8 и т.д. месяцев).

1.2.4.3. Работы периодического ТО сгруппированы в периодические формы ТО, **включающие базовую и последующие периодические формы ТО.**

Базовая периодическая форма ТО определяется как сумма работ, против которых в графах «Периодичность выполнения» таблицы раздела 4 РО стоят цифры («300» или «3») (для **вертолета – «100»** или «2»).

Объем дополнительных работ определяется по аналогии, с периодичностью в графах таблицы раздела 4 РО 600, 900, **1200** и т.д. или 6, **9, 12** и т.д., соответственно (для вертолета цифры в л.ч уменьшаются втрое и в месяцах - в 1,5 раза).

Последующие за базовой периодические формы ТО определяются как сумма работ базовой формы и дополнительных работ, необходимость выполнения которых появилась или повторилась при данной наработке планера **самолета**.

1.2.4.4. Полный цикл периодических форм ТО равен наработке часов (календарному сроку службы) самолета до первой ремонтной формы. При отработке периода эксплуатации самолета между двумя смежными ремонтными формами цикл периодических форм ТО повторяется.

1.2.4.5. Для новых самолетов и самолетов, прошедших ремонт, периодическое ТО в цикле назначают с базовой формы ТО. Отсчет циклов ведут:

- для новых самолетов - с начала эксплуатации;
- для самолетов, прошедших ремонт - с последнего **ремонта**.

Исчисление наработки (срока службы) самолета для каждой последующей формы периодического ТО ведут от **цифр**, кратных базовой периодичности, (т.е. от цифр 600, 900, **1200** и т.д. ч налета или **6, 9, 12** и т.д. месяцев эксплуатации) независимо от того, с каким **допуском** выполнялась предыдущая форма периодического ТО (для вертолета исчисление от цифр **200, 300, 400** и т.д. л.ч или **4, 6, 8** месяцев).

1.2.4.6. На самолетах, постоянно выполняющих учебно-тренировочные полеты, **периодическое ТО** назначается по количеству посадок с базовой периодичностью через каждые (300) **посадок**, если за указанное количество посадок самолет не налетал (80%) количества часов, необходимого для выполнения периодического ТО по налету часов (см. пункты раздела 4 РО, в которых периодичность задана в л.ч) (для вертолета - через каждые **200–300** посадок).

1.2.4.7. Периодическое ТО самолета назначается по календарным срокам, если за соответствующий календарный период самолет не налетал (50%) количества часов, **необходимо**го для выполнения периодического ТО по налету часов (см. пункты раздела 4 РО, в которых периодичность задана в часах налета и календарных сроках).

1.2.4.8. При назначении периодического ТО по наработке работы периодического ТО, периодичность которых установлена только по календарным срокам (см. пункты раздела 4 РО), выполняют по наработке **самолета**, если за соответствующую наработку календарный период составил более **50%** установленного календарного срока данной работы. В противном случае данная работа выполняется на ближайшей следующей периодической форме ТО, назначенной по наработке самолета.

1.2.4.9. При переводе **самолета**, ранее обслуживающегося по наработке на обслуживание по календарным срокам, отсчет календарных периодов ведут от последней выполненной по наработке формы периодического ТО и начинают с выполнения по календарному сроку формы ТО, следующей за последней, выполненной по наработке форме ТО. При возобновлении интенсивной эксплуатации обратный переход на периодическое ТО по наработке производят при наработке **самолета**, соответствующей ближайшей следующей с начала цикла по наработке форме ТО.

1.2.4.10. Работы по смазке соединений и узлов систем и изделий производят в объемах и с периодичностью по часам **налета**, в соответствии с указаниями в картах смазки (Приложение к РО). При выполнении периодического ТО по посадкам или календарным срокам работы по смазке выполняют:

- назначенные через (300 л.ч → через каждые 300 посадок или 3 месяца);
- назначенные через (600 л.ч → через каждые 600 посадок или 6 месяцев);
- и т.д. (для вертолетов по аналогии).

1.2.4.11. Допускается поэтапное выполнение работ периодических форм ТО методами равной трудоемкости или равной продолжительности (поэтапное обслуживание) при условии сохранения заданной периодичности выполнения каждой работы в пределах полного цикла периодических форм ТО.

1.2.5. Специальное ТО.

1.2.5.1. Специальное ТО назначают после особых случаев эксплуатации (грубая **посадка**, посадка с превышением массы, полет в интенсивной турбулентности, превышение эксплуатационных перегрузок, штормовые условия на земле, попадание в грозу, столкновение с птицами) или при изменении условий эксплуатации (подготовка к сезонной эксплуатации - ВЛН или ОЗН).

В остальных особых случаях специальное ТО назначают по решению комиссии.

1.2.5.2. Объем работ специального ТО определяется как сумма работ, против которых в графе, соответствующей данной особой ситуации стоит знак «+» (см. раздел 5 РО).

1.2.5.3. Комплексы работ по подготовке самолета к полетам после особых случаев **эксплуатации**, начиная с момента определения и классификации особого случая и назначения объема работ специального ТО могут быть следующие:

1. Выполняют специальное ТО, затем форму **A₂** и ОВ.
2. Выполняют специальное ТО, затем ОС, форму **A₂** и ОВ.
3. Выполняют специальное **ТО**, затем форму **A₂**, ОС и ОВ.

1.2.6. ТО при хранении.

1.2.6.1. ТО при хранении назначают по календарным срокам хранения самолета.

Работы ТО при хранении включают:

- работы по подготовке самолета к хранению;
- работы, выполняемые на самолете в процессе хранения;
- работы по подготовке самолета к полетам после хранения.

Время хранения самолета не учитывается при отсчете календарных сроков для назначения периодического ТО, но засчитывается в календарный срок службы самолета (назначенный и межремонтный).

1.2.6.2. Работы, выполняемые на самолете в процессе хранения, назначают по **следующим** срокам хранения:

- через каждые (30±3) дня;
- через каждые (**90±10**) дней;
- через каждые (**180±20**) дней.

Объем **работ**, выполняемых в процессе **хранения**, определяется как сумма работ, против которых в графе, **соответствующей** сроку хранения стоит знак «+». (см. раздел 6 РО).

1.2.6.3. При подготовке самолета к полетам после хранения, независимо от срока хранения, выполняют оперативную форму Б и далее выполняют работы в соответствии с оперативными видами подготовок.

1.3. Технические условия на выполнение регламентных работ.

1.3.1. При выполнении каждого вида технического обслуживания самолета должны быть устранены отказы и неисправности, выявленные экипажем в полете и обнаруженные при техническом **обслуживании**, с которыми не допускается дальнейшая эксплуатация **самолета**.

В тех **случаях**, когда устранение неисправности нарушает регулярность полетов допускается руководствоваться перечнями допустимых отказов и неисправностей, с которыми разрешается завершение **рейса**, полеты до очередной формы Б оперативного ТО или до очередной формы периодического ТО.

Решение о вылете с отказом **или** неисправностью, с которыми разрешается завершение **рейса**, принимается экипажем в соответствии с РЛЭ.

1.3.2. При выполнении формы Б оперативного ТО и всех форм периодического ТО должна проводиться проверка наработки двигателей, масел и всех агрегатов, имеющих ограниченный ресурс (срок службы) менее ресурса (срока службы) самолета с целью их своевременной замены.

1.3.3. При замене двигателей (двигателя) на самолете должны выполняться **работы**, связанные непосредственно с заменой двигателей (двигателя) и **работы**, которые требуются к выполнению по наработке **планера**.

Подготовка самолета к применению после замены двигателей (двигателя) и **последующие** обслуживания **замененных** двигателей (двигателя) должны выполняться по наработке **планера**.

1.3.4. При выполнении работ, связанных с регулировкой или заменой агрегатов в системах управления самолетом и двигателями, должны выполняться проверки на соответствие положения управляемого элемента положению командного **органа**. Должна быть выполнена проверка действия органов управления самолетом до крайних положений с обоих мест пилотов.

1.3.5. После демонтажа – монтажа агрегатов и фильтров топливных, **масляных**, гидравлических и др. систем, работающих под давлением, должна производиться проверка герметичности систем.

1.3.6. При замене агрегата всех функциональных систем должна выполняться проверка работоспособности вновь установленного агрегата и проверка функционирования данной системы, (подсистемы), а также систем, взаимосвязанных с той, в **которой**, установлен **агрегат**.

1.3.7. Все работы на самолете, его изделиях и оборудовании должны выполняться с использованием исправного маркированного **инструмента**, СНО, КПА и механизации, предусмотренной технологическими картами, инструкциями, бюллетенями, действующими для данного типа **самолета**.

1.3.8. **Самолеты**, на которых не проводятся работы по ТО, должны быть **заглушены**, обесточены и заземлены стационарными устройствами. Выходные двери и крышки люков этих самолетов должны быть закрыты на замки и, при необходимости, опечатаны.

1.4. Общие требования по организации и проведению контроля качества выполнения регламентных работ.

1.4.1. Качественное выполнение в полном объеме регламентных работ должно обеспечивать поддержание заданного уровня надежности и готовности самолетов.

1.4.2. Техническое обслуживание самолета должно производиться **инженерно-техническим** составом, имеющим допуск к обслуживанию) самолетов данного типа и несущим ответственность за полноту и качество выполняемых работ.

1.4.3. Каждая регламентная работа должна выполняться в полном объеме в последовательности **технологических** операций, установленных технологической картой. **Ответствен-**

ность за качество выполнения работ возлагается единолично на исполнителя, а там, где технологической картой предусмотрен контроль качества ТО вышестоящим должностным лицом, персональную ответственность несут исполнитель и контролирующий. Указанные требования о контроле и ответственности распространяются на все виды работ ТО, в том числе и непредусмотренные регламентом. Объем, технология выполнения и контроль качества дополнительных к регламенту работ **должны** определяться документом, на основании которого они выполняются.

1.4.4. Контроль качества выполнения регламентных работ определяется технологической картой и устанавливается эксплуатационным авиапредприятием.

Контроль качества выполнения одной работы может выполняться пооперационно или по конечной (наиболее важной) операции и по работе в целом и должен возлагаться на одного контролирующего.

1.4.5. Рекомендуемое распределение работ по контролю качества ТО **планера**, систем и силовых установок между контролирующими эксплуатационного авиапредприятия приводится в табл. 4.10.

Таблица 4.10

Тип ВС	Наименование систем и оборудования ВС	Категории должностных лиц, осуществляющих контроль
Самолет	1. Силовая установка , управление самолетом и СУ, пилотажно-навигационное оборудование 2. Шасси, гидросистема , ПОС , пожарное оборудование, и топливная система 3. Планер, высотное оборудование, радиооборудование 4. Аварийно-спасательное и бытовое оборудование, ВСУ и другие системы	Инженер ОТК (К) Инженер смены, участка (И) Бригадир (Т) Исполнитель (С)
Вертолет	1. Силовая установка , несущая система, управление, пилотажно-навигационное оборудование 2. Трансмиссии , пожарное оборудование, топливная система , ПОС 3. Гидравлическая и воздушная системы, вентиляция 4. Фюзеляж , хвостовая часть, шасси и другие системы	Инженер ОТК (К) Инженер смены, участка (И) Бригадир (Т) Исполнитель (С)

1.4.6. Проверку качества выполнения работы контролирующий проводит в присутствии исполнителя данной работы.

1.4.7. Качество выполнения работы и их контроль исполнитель и контролирующий должны подтвердить подписями в соответствующем документе, на основании которого **проводилась** данная **работа**.

1.4.8. Трудоемкость работ **по** контролю качества не включена в нормативную **трудоем-**

кость выполнения каждой работы, указанную в технологических картах.

1.5. Связь регламента ТО с другой эксплуатационной и ремонтной документацией **самолета**.

1.5.1. Цифровая нумерация пунктов регламентных работ и объектов обслуживания совпадает с нумерацией разделов Руководства по технической эксплуатации **самолета**, двигателей и изделий (РЭ).

1.5.2. Нумерация регламентных работ включает в себя буквенные обозначения. **Каждому номеру пункта регламента с буквенным обозначением соответствует технологическая карта, являющаяся** составной частью Руководства по технической эксплуатации.

1.5.3. Последовательность расположения пунктов РО в разделах не означает последовательность выполнения работ. Технологическая последовательность выполнения работ на каждой форме ТО или виде подготовки единичного **самолета**, которые приведены в Приложениях к РО.

1.5.4. Если объемы и периодичность выполнения работ, указанных в настоящем РО не соответствует объемам и периодичности работ, приведенных в **паспортах**, формулярах и инструкциях по эксплуатации комплектующих изделий **самолета**, необходимо **руководствоваться** настоящим Регламентом.

1.5.5. Внесение изменений в РО производят в соответствии с рекомендациями ОСТ 5430054–88.

1.6. Система нумерации.

1.6.1. Система нумерации регламентных работ выполнена по ГОСТ 18675–79 и включает цифровое и **буквенное** обозначения.

Цифровое обозначение определяет нумерацию объекта обслуживания, а буквенное **обозначение** определяет регламентную работу, выполняемую на объекте.

Например:

- 026.00.00 - система «Противопожарное оборудование»
- **026.10.00** - подсистема «Средства пожарной сигнализации»
- **026.11.00** - часть подсистемы «Обнаружение пожара в отсеках»
- **026.11.10** – изделие «датчик пожарной **сигнализации ...**»
- **026.11.11** – блок (деталь) изделия «корпус датчика пожарной сигнализации...»
- **026.11.10А – Осмотр датчика ...**
- **026.11.1 ОБ** - Проверка функционирования датчика и т.д.

1.6.2. Место расположения объекта обслуживания на самолете обозначено в соответствии с требованиями ОСТ 100264–78. «Зоны. Крышки смотровых люков и панели **самолета**. Система обозначений».

Самолет условно разделен на **зоны**, подзоны и участки:

- зона включает основные части конструкции **самолета**;
- **подзона** – **часть** объема зоны;
- **участок** - часть объема подзоны.

Зонам присвоены номера **100**, 200, 300 и т.д. Подзонам присвоены номера **10**, 20, 30 и т.д. Участкам присвоены номера **1, 2, 3**, и т.д.

Определитель места обслуживания введен в обозначение четвертой цифрой через дефис и обозначает расположение **объекта** (вверху, внизу, снаружи, внутри **участка, подзоны, зоны**).

Крышки **люков**, панелей обозначены буквенным индексом из двух прописных букв, первая из которых определяет крышку люка (панели), а вторая дополнительно указывает место расположения (В - вверху, **Н** - внизу, Л - **слева**, П - **справа**, С - внутри).

Пример обозначения места **расположения** объекта:

- **110** - нижняя половина фюзеляжа от носовой части до ниши переднего шасси;
- **111** - участок 1 нижней половины фюзеляжа в носовой части до ниши переднего шасси;
- **111-4** - верхняя часть участка снаружи;
- **111-4 А** – **крышка люка А**;
- **111-4АС** - объект обслуживания находится в нижней носовой части фюзеляжа до ниши

переднего шасси в **верхней** части участка 1 под крышкой люка А.

Схема деления и перечень обозначения зон, подзон, участков, а также крышек люков и панелей приведены в Приложении 4 РО.

1.6.3. Бортовые точки обслуживания обозначены на самолете в соответствии с требованиями ОСТ 100212-76 «Обозначения условных точек обслуживания самолетов и вертолетов».

Условные обозначения бортовых точек состоят из знака и надписи, которые в **зависимости** от назначения классифицированы **на три** группы:

1. Подсоединение СНО для заправки, зарядки систем, подсоединение буксировочных и переговорных средств.
2. Осмотр и контроль систем, расположение узлов конструкций, агрегатов, такелажных узлов самолета (вертолета).
3. Обеспечение безопасности обслуживающего персонала и сохранности самолета (**вертолета**).

Цвета условных обозначений бортовых точек обслуживания по указанным группам следующие:

- 1 - черный на светлом фоне или белый на темном;
- 2 - желтый;
- 3 - красный.

Условные знаки нанесены в центре соответствующей крышки люка (опасной зоны) или рядом с местом обслуживания.

1.6.4. С целью сокращения изложения содержания и введения машинной обработки регламентных работ в РО введено кодирование работ. Кодирование работ выполнено цифровыми обозначениями в соответствии с ОСТ **5430054-88**.

Все работы, выполняемые на самолете, разделены на три вида:

1. Контроль состояния.
2. Технологическое обслуживание.
3. Поддержание и восстановление надежности.

Каждый вид работ разделен на группы по общности технологических признаков и приемов выполнения работ.

Группы работ разделены на подгруппы, конкретизированные к реально выполняемым на самолете работам.

Видам работ присвоены номера 100, 200 и 300, группам - номера **10, 20, 30** и т.д., подгруппам **1, 2, 3** и т.д.,

Например:

- **100** – **контроль** технического состояния;
- **110** - визуальный контроль без применения инструментальных средств;
- **111** - внешний осмотр минимальной трудоемкости.

1.6.5. Содержание кодов регламентных работ определено ГОСТ 28056 и ОСТ 543054.

Таблица 4.11

Типовая карта РО на вспомогательные работы

Пункт РО	Наименование объекта обслуживания и работы	Вид работы			Место расположения объекта	Код работы	Примечание
		ВС	ОС	ОВ			
012.00.00	Обслуживание						
012.10.00	Приемка-сдача самолета						
012.10.00А	Установите входной трап	+	+	+		235	

Пункт РО	Наименование объекта обслуживания и работы	Вид работы			Место расположения объекта	Код работы	Примечание
		ВС	ОС	ОВ			
012.10.00Б	Осмотрите самолет и получите от членов экипажа информацию о техническом состоянии самолета . Ознакомьтесь с записями в бортовом журнале	+	-	-		111	
012.10.00В	Совместно с экипажем проверьте остаток топлива на борту и запишите остаток топлива в боржурнал	+	-	+		212	
012.10.00Г	Примите самолет от экипажа	-	+	-		245	
012.10.00Д	Проверьте в кабине экипажа исходные положения кранов, рычагов и тумблеров управления системами самолета , убедитесь, что все потребители электроэнергии отключены	-	+	-		112	
012.10.00Е	Снимите аккумуляторы с самолета для хранения их в теплом помещении	-	+	-		243	Выполнено при температуре более 12°С

Таблица 4.12

Типовая карта РО на оперативное ТО

Пункт РО	Наименование объекта обслуживания и работы	Форма обслуживания		Место расположения объекта	Код работы	Примечание
		Часы налета	Календарный срок			
021.00.00	Система кондиционирования воздуха					
021.10.00	Система наддува					
021.10.00А	Осмотрите агрегаты системы наддува	300	4		112	

Пункт РО	Наименование объекта обслуживания и работы	Форма обслуживания		Место расположения объекта	Код работы	Примечание
		Часы налета	Календарный срок			
021.20.00	Распределение					
021.20.00Б	Осмотрите агрегаты системы распределения	300	4		112	
021.20.00В	Проверьте функционирование агрегатов системы распределения	900	12		140	
021.30.00	Регулирование давления					
021.30.00А	Проверьте чистоту бортовых штуцеров регуляторов и здатчиков давления	300	4		118	
021.30.00В	Проверьте функционирование основной системы регулирования давления	900	12		140	
021.30.00Г	Проверьте функционирование дублирующей системы регулирования давления	300	4		140	
021.30.00Д	Замените фильтроэлементы и уплотнения системы регулирования давления	900	—		337	

Таблица 4.13

Типовая карта РО на периодическое ТО

Пункт РО	Наименование объекта обслуживания и работы	Форма обслуживания			Место расположения объекта	Код работы	Примечание
		А ₁	А ₂	Б			
021.00.00	Система кондиционирования воздуха						
021.20.00	Распределение	—	—	+		112	
021.20.00А	Осмотрите трубопроводы отбора воздуха от двигателей, запорные краны и заслонки						
021.30.00	Регулирование давления					118	
021.30.00А	Проверьте чистоту бортовых штуцеров, регуляторов и задатчиков давления	—	—	+			

Пункт РО	Наименование объекта обслужи- вания и работы	Форма об- служивания			Место рас- положе- ния объекта	Код ра- боты	При- меча ние
		A ₁	A ₂	Б			
021.30.00Б	Проверьте функционирование электромеханизмов регулирования давления	—	—	+		132	
021.50.00	Система охлаждения						
021.50.00А	Проверьте уровень масла в турбохолодильниках и при необходимости дозаправьте	—	—	+		212	
021.70.00	Система кондиционирования						
021.70.00А	Выполните автоматизированный контроль системы кондиционирования	—	—	+		131	

На основе положений данного раздела сформирована структура видов и форм ТО всех отечественных типов ВС. Некоторые характеристики ТО приведены в таблицах 4.4 - **4.14** и на рис. 4.4 - 4.6.

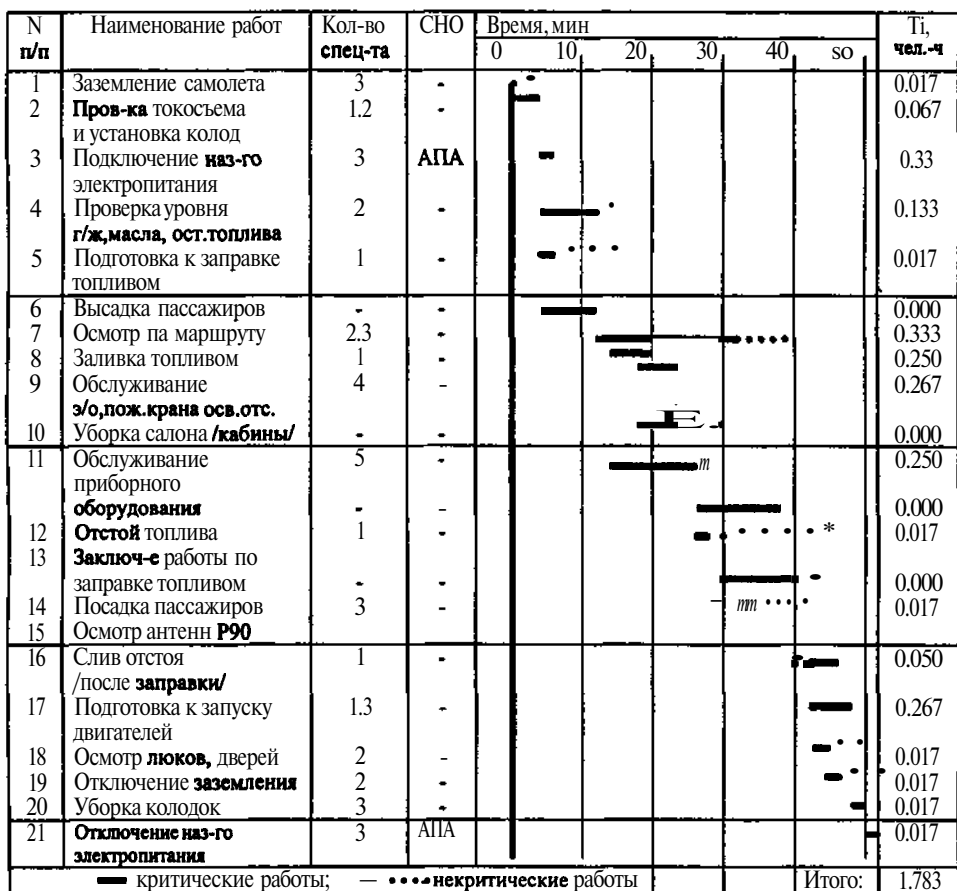


Рис. 4.4. Технологический график транзитного ТО самолета Як-42

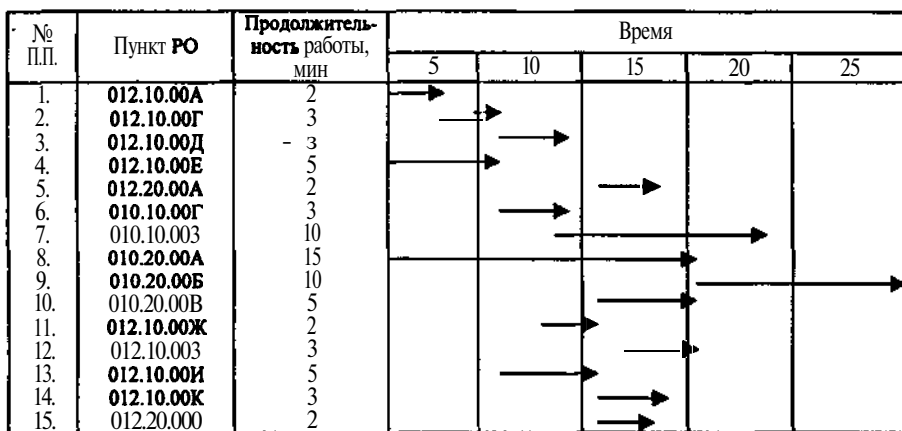


Рис. 4.5. Типовой технологический график выполнения вспомогательных работ по обеспечению стоянки — ОС

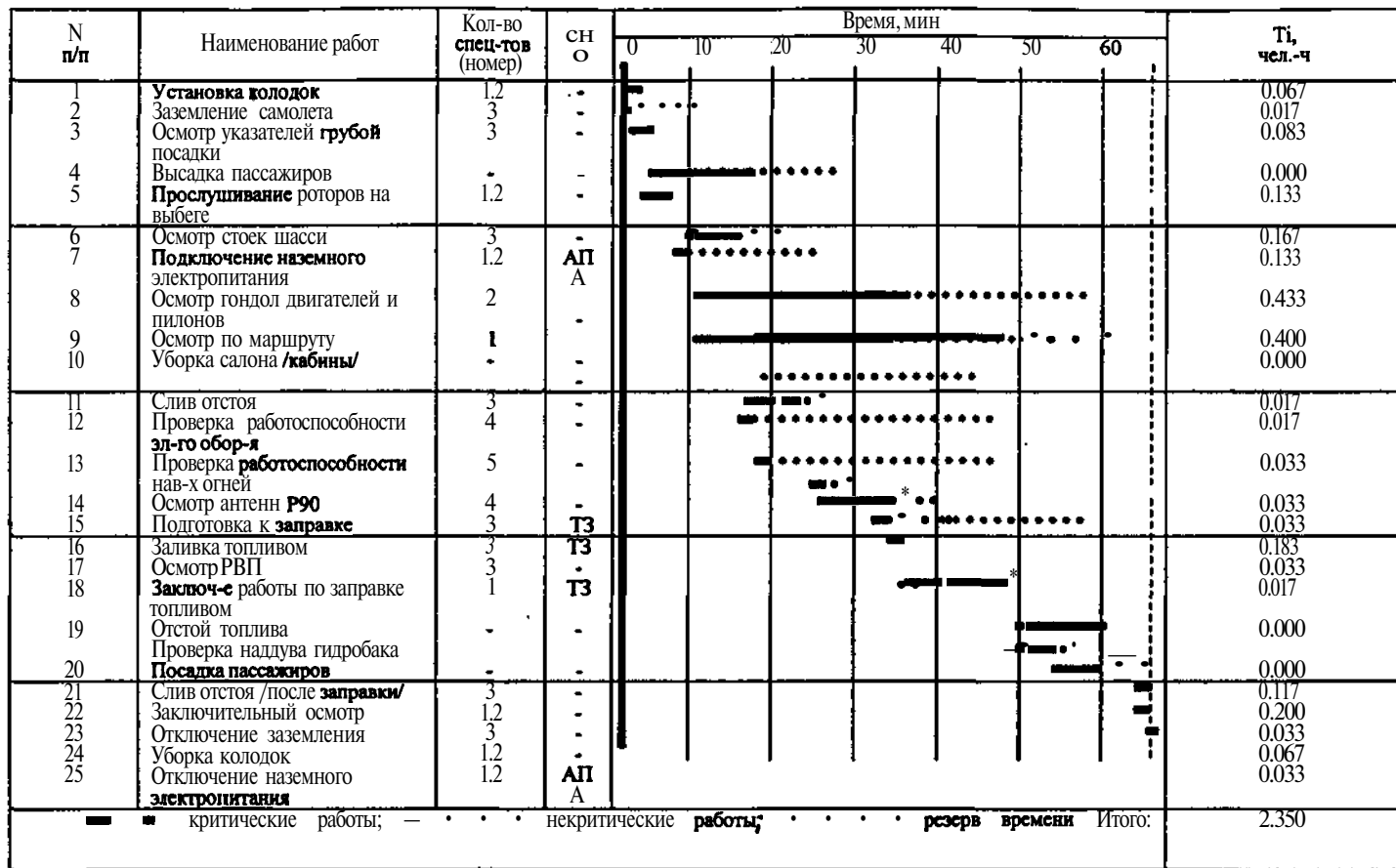


Рис. 4.6. Технологический график транзитного ТО самолета Ил-86

Характеристики структуры ТОиР отечественных типов самолетов

№ п/п	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
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Ил-86	$\frac{30\ 000}{10000}$ (20)	$\frac{30\ 000}{10000}$ (20)	$\frac{30\ 000}{10\ 000}$ (20)	$\frac{10000}{40\ 000}$ (5)	—	—	Не установлен	Типовая	П 300, 900, 1800	П 333, 1000, 2000
2	Ил-76Т	$\frac{30000}{10000}$ (20)	$\frac{20\ 000}{7000}$ (20)	Свыше 20 лет	$\frac{5000}{2500}$ (5)	$\frac{5000}{2500}$ (5)	$\frac{5000}{2500}$ (10)	Не установлен	Типовая	П 200, 600, 1200	П 333, 1000, 2000
3	Ил-62(М)	$\frac{30\ 000}{7000}$ (20)	$\frac{35\ 000}{7500}$ (23)	$\frac{45\ 000}{8500}$ (25)	$\frac{6000}{2000}$ (5)	$\frac{10\ 000}{2700}$ (6)	$\frac{12000}{2700}$ (12)	Не установлен	Типовая	П 200, 600, 1200	П 300, 900, 1800, 3600
4	Ил-18	$\frac{25\ 000}{7000}$ (20)	$\frac{40\ 000}{18000}$ (30)	Свыше 30 лет	$\frac{4000}{2000}$ (5)	$\frac{5000}{2500}$ (3)	Свыше 3 лет	Не установлен	Типовая	П 100, 300, 900	П 300, 900, 1800
5	Ил-96-300	$\frac{60\ 000}{15\ 000}$ (20)	$\frac{24\ 000}{6000}$ (20)	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Ø 300	П 500, 1500, 3000, 12000
6	Ил-114	$\frac{45\ 000}{45\ 000}$ (20)	$\frac{6000}{6000}$ (5)	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Ø 300	П 500, 3000, 6000

7	Ил-103	$\frac{14000}{20\ 000}$ (15)	$\frac{14\ 000}{20\ 000}$ (15)	—	$\frac{5000}{5000}$ (5)	$\frac{5000}{5000}$ (5)	—	Типовая	Типовая	П 50, 150, 300	П 50, 100, 300
8	Ту-154Б	$\frac{30\ 000}{20\ 000}$ (20)	$\frac{37\ 500}{16\ 000}$ (21)	$\frac{45\ 000}{18000}$ (25)	$\frac{6000}{4000}$ (5)	$\frac{10000}{4000}$ (6)	$\frac{15000}{6000}$ (12)	Не установлен	Типовая	П 200, 600, 1200	П 300, 900, 1800 П 600, 1200 год.
9	Ту-154М	$\frac{30\ 000}{15\ 000}$ (20)	$\frac{30\ 000}{15\ 000}$ (20)	—	$\frac{6000}{4000}$ (5)	$\frac{10\ 000}{4000}$ (6)	$\frac{15\ 000}{6000}$ (12)	Не установлен	Типовая	П 200, 600, 1200	П 300, 900, 1800 П 600, 1200 год.
10	Ту-134А	$\frac{25\ 000}{25\ 000}$ (20)	$\frac{40\ 000}{25\ 000}$ (25)	$\frac{45\ 000}{30\ 000}$ (30)	$\frac{4000}{4000}$ (5)	$\frac{6000}{4000}$ (4,5)	До 8,5 лет	Не установлен	Типовая	П 200, 600, 1200	П 333, 1000, 2000
11	Ту-204	$\frac{45\ 000}{30\ 000}$ (20)	$\frac{5000}{2000}$ P)	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Ø 500	Ø 300
12	Як-42	$\frac{30\ 000}{20\ 000}$ (20)	$\frac{20\ 000}{14\ 000}$ (20)	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	П 300, 900, 1800	Ø 600
13	Як-40	$\frac{25\ 000}{25\ 000}$ (20)	$\frac{32\ 000}{28\ 000}$ (25)	$\frac{38\ 000}{35\ 000}$ (55)	$\frac{4000}{4000}$ (5)	$\frac{6000}{6000}$ (6)	$\frac{9000}{8000}$ (14)	Не установлен	Типовая	П 200, 600, 1200	Ø 600
14	АН-124-100		$\frac{8000}{2000}$ (15)	—	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Не установлен	Ø 300

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
15	Ан-12	$\frac{20\ 000}{10\ 000}$ (20)	$\frac{35\ 000}{13\ 500}$ (30)	$\frac{43\ 000}{16\ 000}$ (40)	$\frac{4000}{2000}$ (4)	$\frac{4000}{2000}$ (4)	$\frac{8000}{2500}$ (15)	Не установлен	Типовая	Не установлен	0 300 или Ø 600
16	Ан-24	$\frac{20\ 000}{20\ 000}$ (20)	$\frac{54\ 000}{36\ 000}$ (30)	$\frac{60\ 000}{42\ 000}$ (35)	$\frac{60\ 000}{42\ 000}$ (35)	$\frac{5000}{5000}$ (5)	$\frac{8000}{6000}$ (10)	Не установлен	Типовая	Не установлен	0 300 или Ø 600
17	Ан-26	$\frac{20\ 000}{10\ 000}$ (20)	$\frac{30\ 000}{16\ 000}$ (20)	$\frac{36\ 000}{20\ 000}$ (30)	$\frac{36\ 000}{20\ 000}$ (30)	$\frac{6000}{4000}$ (5)	$\frac{8000}{5000}$ (14)	Не установлен	Типовая	П 200, 600, 1200	0 300 или 500
18	Ан-32	$\frac{16\ 000}{10\ 000}$ (15)	$\frac{16\ 000}{8\ 000}$ (15)	—	$\frac{4000}{2000}$ (4)	$\frac{4000}{3000}$ (5)	$\frac{7000}{6000}$ (12)	Не установлен	Типовая	П 200, 600	Ø 450
19	Ан-74	$\frac{30\ 000}{15\ 000}$ (20)	$\frac{10\ 000}{5000}$ (20)	$\frac{40\ 000}{20\ 000}$ (20)	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Ø 300	Ø 300
20	Ан-72	$\frac{30\ 000}{30\ 000}$ (20)	$\frac{5000}{5000}$ (20)	$\frac{15\ 000}{15\ 000}$ (20)	Не установлен	—	—	Типовая	Типовая	Ø 300	Ø 300

Примечание. 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: П - пирамидальное построение структуры форм;
 Ф - фазовое построение структуры форм.

5. ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТОиР ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

5.1. МЕТОДЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Метод эксплуатации изделия АТ определен в разделе 1.2 как «...совокупность правил выбора критерия предельного состояния изделия, по достижении которого дальнейшее использование изделия по назначению прекращается или приостанавливается». Данная формулировка в целом соответствует сложившемуся в практике пониманию этого **термина**, но переносит акцент с «технической эксплуатации» на «эксплуатацию», в которой реализуется и ограничивается использование изделий по назначению.

Согласно критериям предельного состояния, устанавливающим пределы использования по назначению, выделены следующие методы эксплуатации:

- до выработки ресурса;
- до **предотказного** состояния;
- до отказа.

Для выявления предельных состояний изделий в системе ТОиР необходимо выполнять целевые плановые работы по контролю состояния, поэтому каждому методу эксплуатации ставятся в соответствие следующие плановые работы ТО:

- методу эксплуатации до выработки ресурса (**ТЭР**) - работы по контролю наработки;
- методу эксплуатации до предотказного состояния (**ТЭП**) - работы по контролю значений определяющего параметра состояния;
- методу эксплуатации до отказа (**ТЭО**) - работы по контролю работоспособности.

Следует отметить, что дополнительно к указанным группам работ, в системе ТОиР могут выполняться и другие работы этого вида для выявления случайных, неучитываемых и нерасчетных нарушений технического состояния каждого изделия в процессе его эксплуатации в реальных условиях.

Все указанные группы работ ТО связаны с контролем состояния изделий АТ, и общим признаком этих работ является то, что их выполнение не изменяет технического состояния изделия и его безотказность. Восстановление технического состояния изделия АТ или предупреждение его отказа осуществляется последующими действиями в системе ТОиР (ремонт, **регулировка**, замена) по результатам контроля.

Выбор критерия предельного состояния изделия, до которого допускается его использование по назначению, обусловлен последствиями отказа изделия в

функциональной системе ВС по его влиянию на безопасность и регулярность полетов, а также приспособленностью конструкции ВС в целом и данного изделия к проведению работ по контролю данного вида предельного состояния и экономической эффективностью выполнения этих работ. Таким образом, выбор метода эксплуатации изделия базируется на условиях:

- необходимое - обеспечение нормативного уровня безопасности и регулярности полетов;
- достаточное - обеспечение экономической эффективности работ по контролю предельных состояний, т.е. решается задача оптимизация контроля сложной многофункциональной системы ВС по выходным параметрам, при структурных и информационных ограничениях.

Нормативные уровни безопасности полетов задаются на ВС в целом согласно требованиям **НЛГ**, далее эти уровни распределяются по функциональным системам ВС методами экспертных оценок или по аналогу, а в каждой системе безотказность отдельных изделий нормируется методами равномерного, пропорционального или оптимального распределения между изделиями системы.

Исследование и анализ надежности каждого изделия в составе функциональной системы ВС выполняются известными методами теории надежности сложных систем.

Из принятого определения метода эксплуатации формулируются следствия:

- метод эксплуатации до выработки ресурса (**ТЭР**) устанавливает, что вероятность отказа любого изделия данного типа за установленный интервал наработки в ожидаемых условиях эксплуатации не превысит заданной величины, что соответствует установлению одинакового ресурса всем изделиям **данного** типа без дополнительного контроля состояния и условий эксплуатации. Значение ресурса устанавливается известными способами расчета, ранжировано по особым ситуациям полета вследствие отказа данного изделия;
- метод эксплуатации до **предотказного** состояния (**ТЭП**) устанавливает, что вероятность отказа каждого конкретного изделия в реальных условиях эксплуатации не превысит заданной величины, что соответствует установлению индивидуального ресурса каждому изделию по результатам **параметрического** контроля состояния и условий эксплуатации.
- метод эксплуатации до отказа (**ТЭО**) устанавливает, что количество отказов изделий за установленный интервал наработки не превысит заданной величины, что соответствует установлению гамма-процентного ресурса парку изделий без дополнительного контроля их состояния и условий эксплуатации.

Эти следствия распространяются и на установление сроков службы изделий.

Установление ресурса **i-м** изделиям АТ из условия обеспечения требуемой их безотказности в эксплуатации по данным испытаний на надежность допустимо представить соотношением

$$P_i(x) = P_{in} \geq [1 - \eta Q(x)] (1 - \beta_i), \quad (5.1)$$

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

x – искомое значение ресурса;

$P_{ин}$ – нормативное значение функции надежности i -го изделия;

$Q(x)$ – 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 изделий;

η_4 – коэффициент, учитывающих качество изготовления изделий.

Согласно установленным следствиям для различных методов эксплуатации i -го изделия при заданных $P_{ин}$ и β_i фактически реализуемая наработка изделий показана на рис. 5.1.

При эксплуатации изделия по методу ТЭР наработка любого изделия ограничивается значением T (или $T_{\setminus}$ при $\eta_1=1$), по достижении которого производится замена или восстановление. При эксплуатации по методу ТЭП наработка любого изделия ограничивается значением T_2 , а при методе ТЭО – значением T_3 . В частном случае, если отсутствует ограничение на безотказность, реализуемая наработка каждого изделия соответствует м.о. наработки изделий до отказа. Различие в значениях $T-T_3$ определяет эффект в реализации средней наработки изделия до замены или ремонта при различных методах эксплуатации.

Во всех случаях реализуемая наработка изделия базируется на последовательной модели надежности изделий, имеющих возрастающую или **возрастающую** в среднем функцию интенсивности отказов (ВФИ или ВСФИ распределения).

Следовательно, надежность изделия должна зависеть от наработки, причем эта зависимость может быть выражена функционально или стохастически. Параметр безотказности X (или w) должен быть возрастающим (возрастающим в среднем): $\lambda(t) < \lambda(t + \Delta t)$ или $w(t) < w(t + \Delta t)$, т.к. при $\lambda(t) = \lambda = \text{const}$ ограничение наработки лишено физического смысла, а убывание параметра X (или w) соответствует периоду приработки, который для изделий АТ реализуется на этапах изготовления и испытаний.

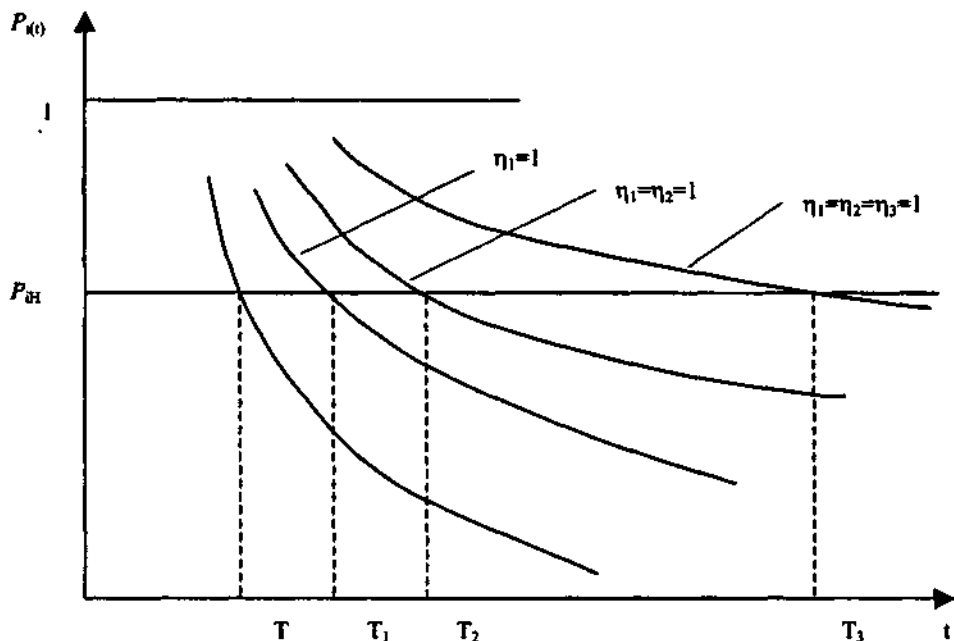


Рис. 5.1. Зависимость реализуемой наработки изделия при различных методах эксплуатации

Поскольку изделия АТ в полете не **восстанавливаются**, а время полета t есть случайная величина с распределением $F(t)$, то вероятность безотказной работы i -х изделий за j -й полет

$$P_{ij} = \int_0^{\infty} P(t) dF(t) = \int_0^{\infty} P(t) f(t) dt, \quad (5.2)$$

где $f(t)$ — плотность распределения $F(t)$.

При нормальном распределении $F(t)$ (разд.3.2) продолжительность производного j -го полета стремится к продолжительности типового полета, вероятность безотказной работы изделия, в котором для пуассоновского потока отказов равна [39, 40]:

$$P_{ij} = e^{-\lambda j t_0 + \frac{\sigma^2 \lambda^2 j}{2}}, \quad (5.3)$$

где

$$t_0 = \int_0^{\infty} F(t) dt; \quad \lambda_j = \frac{\lambda(t = t_0 j) + \lambda[t = t_0(j+1)]}{2}.$$

Тогда надежность i -х изделий при отработке ресурса T допустимо представить как последовательную отработку $l = T/t_0$ типовых полетов, т.е. как **послед-**

довательное соединение n элементов с безотказностью каждого, равной P_{ij} , откуда

$$P_i(t \leq T) = \prod_{j=1}^n P_{ij} \approx 1 - t_0 \sum_{j=1}^n \lambda_j. \quad (5.4)$$

Тогда (5.1) принимает вид

$$P_i(x) = P_{ин} \geq \left[1 - \eta t_0 \sum_{j=1}^n \lambda_j \right] (1 - \beta_i), \quad (5.5)$$

причем количество типовых полетов, для которых выполняется (5.4) определяется значениями коэффициентов $\eta_j \div \eta_k$ и может различаться в 2 - 8 раз, что и определяет сравнительную эффективность различных методов эксплуатации изделия.

Установление ресурса изделию АТ при его эксплуатации по методу ТЭР производится известными способами расчета ресурсов по результатам проектирования, испытаний и эксплуатации. Альтернативный выбор методов **эксплуатации** ТЭР - ТЭП - ТЭО изделий АТ, учитывая их высокую надежность, целесообразно проводить из необходимого условия обеспечения безопасности полетов на основе экспертных оценок последствий отказов, определяемых по логической схеме (рис. 5.2), или ее аналогов [17]. Схема на рис. 5.2 состоит из трех блоков: информация - анализ - метод. В блоке «информация» формируется вся располагаемая информация об изделии, используемая для выбора метода **эксплуатации**. В блоке «анализ» производится выбор метода по логической схеме, а в блоке «метод» группируются результаты. Достаточное условие для применения методов ТЭП и ТЭО определяется их эффективностью относительно метода ТЭР из условия

$$C = C_{изд} \left(\frac{T_{ср}}{T} - 1 \right) - \Delta C_{уд}^3 \cdot T_{ср} \geq 0, \quad (5.6)$$

где C - выходной экономический эффект;

$C_{изд}$ - стоимость изделия;

$\Delta C_{уд}$ - дополнительные (к ресурсной эксплуатации) удельные эксплуатационные затраты;

T - установленный ресурс изделия;

$T_{ср}$ - средний фактически реализуемый ресурс изделия.

Дополнительные удельные эксплуатационные затраты в общем виде определяются как

$$\Delta C_{уд}^3 = \frac{1}{T} (C'_{то} - C_{то}) + (C'_p + C_p) + (C'_{кгл} - C_{кгл}) + (C'_{нр} - C_{нр}), \quad (5.7)$$

где C' и C - затраты при ресурсной и безресурсной эксплуатации изделия соответственно;

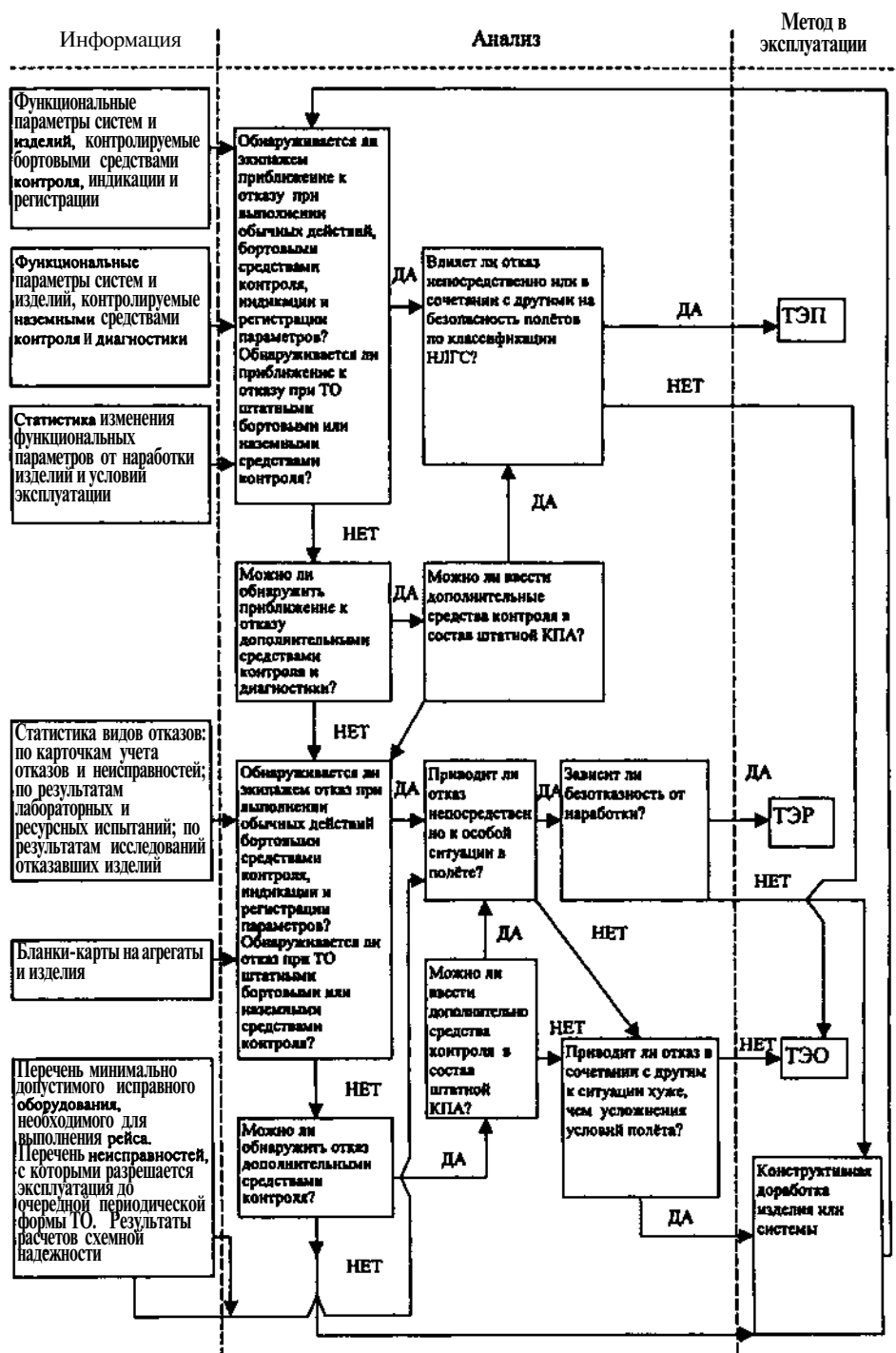


Рис. 5.2. Логическая схема выбора метода эксплуатации изделия

ТО, Р, **КПА**, НР - затраты на ТО, ремонт, контрольно-поверочную аппаратуру, накладные расходы, которые, при необходимости, раскладываются на составные части эксплуатационных расходов в соответствии с нормативными документами.

А общим правилом **расчетов** $\Delta C_{уд}$ является учет всех изменившихся расходов на ТОиР при методах **ТЭП** или **ТЭО**, отнесенных к величине установленного ресурса изделия при методе **ТЭР**. При этом следует учитывать только затраты на дополнительные работы по контролю состояния (включая стоимость и затраты на эксплуатацию дополнительных средств контроля, а при необходимости и стоимость неплановых замен изделий и убытки от простоев) дополнительно к затратам на ресурсную эксплуатацию изделия.

При выборе границ применения различных методов эксплуатации необходимо учитывать следующие особенности изделий авиатехники.

Эксплуатация до выработки ресурса назначается для наиболее ответственных изделий, изменение состояния которых описывается последовательной моделью надежности, однако, контроль промежуточных состояний изделий в **процессе** эксплуатации невозможен по технологическим или производственно-организационным причинам, к числу которых относятся: низкая контролепригодность изделия, отсутствие методов и средств **контроля**, отсутствие диагностических признаков, технологическая невозможность или экономическая нецелесообразность контроля состояния изделия в реальных условиях эксплуатации ВС данного типа. Поэтому в условиях эксплуатации производится исследование причин отказов изделий и подтверждение обоснованности ресурсов изделий, эксплуатирующихся до выработки **ресурса**, что не исключает возможности перевода этих изделий на эксплуатацию по другому методу (**ТЭП**, **ТЭО**) при изменении функций изделия или указанных выше причин.

Ресурс изделия при методе **ТЭР** с позиций обеспечения безотказности изделий в эксплуатации определяется согласно (5.1), а средний реализуемый ресурс изделия при эксплуатации по методу **ТЭО** равен гамма-процентному ресурсу или (при отсутствии ограничений на уровень надежности) средней наработке изделия на отказ в эксплуатации и определяется параметрами $F(t)$. Гамма-процентный ресурс изделия назначается таким образом, чтобы средняя наработка изделий до отказа была не ниже заданной, т.е.:

$$T_3 = \int_0^T [1 - F(x)] dx \geq T_{зад} \quad (5.8)$$

при условии, что $1 - F(T_3) \geq P_{ин}$.

Эксплуатация до **предотказного** состояния назначается для ответственных изделий, изменение состояния которых описывается последовательной моделью надежности, когда имеется диагностический параметр состояния изделия, определены методы и средства контроля этого параметра в эксплуатации, обеспечена контролепригодность изделия и решены **производственно-организационные** вопросы. Метод **ТЭП** также назначается для малоответственных изделий, контроль состояния которых при указанных выше условиях экономически целесообразен относительно эксплуатации по предупредительно заданному ресурсу.

Для оценки эффективности эксплуатации изделия по методу ТЭП необходимо определить средний фактически реализуемый ресурс ($T_{\text{ср}} \phi$) изделий, а также оптимальное допустимое значение параметра β (табл. 5.1). В общем случае, изменение диагностического параметра $U(t)$ может быть выражено моделью [41]

$$U(t) = V_c t^\alpha + \text{ДО} + \Delta\Pi, \quad (5.9)$$

где V_c — коэффициент скорости изменения параметра;

t — наработка изделия;

α — показатель степени аппроксимирующей функции;

$Z(t)$ — случайный процесс отклонений реализации значений параметра от теоретической кривой;

$\Delta\Pi$ — изменение параметра за период приработки.

Значение ЛП реализуется для изделий АТ на этапах изготовления, испытаний и **ремонта**, а случайный процесс $Z(t)$ имеет стандартизованные характеристики:

$$M[Z(t)] = 0; \quad D[Z(t)] = \sigma_z^2; \quad R[Z(t)Z(t+\Delta t)] = \rho(\Delta t);$$

$$f[Z(t)] = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \cdot \exp\left[-\frac{z^2(t)}{2\sigma_z^2}\right];$$

$$\rho(\Delta t) = \begin{cases} 1 - \Delta t/\tau & \text{при } \Delta t < \tau \\ 0 & \text{при } \Delta t \geq \tau \end{cases},$$

где τ — среднее время корреляции в единицах наработки изделия.

Для гладких функций изменения $U(t)$ при показателях $\alpha = 1$ и $\sigma_z \cong 0$ и нормальном распределении $T_{\text{ср}}$, фактический ресурс составит [42]

$$T_\Phi(D_0) = f_1(D_0) + f_2(D_0) + f_3(D_0), \quad (5.10)$$

где

$$f_1(D_0) = T_0 Q(D_0) - \sigma_0 \sum_{i=1}^{n_1} \left[\Phi_0\left(\frac{i - T_0}{\sigma_0}\right) - \Phi_0\left(\frac{\frac{i-1}{D_0} - T_0}{\sigma_0}\right) \right];$$

$$f_2(D_0) = \sum_{i=1}^{n_1} i \left[F_0\left(\frac{i/D_0 - T_0}{\sigma_0}\right) - F_0\left(\frac{i - T_0}{\sigma_0}\right) \right];$$

$$f_3(D_0) = \sum_{i=n_1+1}^{n_2} i \left[F_0\left(\frac{i/D_0 - T_0}{\sigma_0}\right) - F_0\left(\frac{(i-1)/D_0 - T_0}{\sigma_0}\right) \right];$$

Схема расчетов для метода ТЭП

Условие оптимизации	Исходные данные	Целевая функция	Допустимое отклонение параметра	Прогнозируемый остаточный ресурс
Обеспечение максимальной безотказности	$\Pi_H, \Pi_P, a, \delta_z,$ $A,$ C, T, t_μ, GCP, U	$Q(D_0) = \min_{0 \leq D_0 \leq 1} \left[\frac{Q(D_0) \cdot t_\mu}{t_\phi(D_0)} \right]$	$D_0 = [D_0^{opt} (\alpha = 1)^\alpha]$ $D_{opt} = D_0^{opt} U_P$ $\Pi^{opt} = \Pi_H + D^{opt}$ при $\delta_z \leq 0.05$ $D = 0.5^\alpha U_P$ $\delta_z \leq 0.05$ $D = 0.3^\alpha U_P$	$Q[t_{ост}/U(t_k) = U_k] = 1 - P$ $t_{ост}^{op} + t_k \left[\left(\frac{U_P}{U_k} \right)^{1/\alpha} - 1 \right] K_t$ $K_t = 1 + t_\mu^\alpha \left(\frac{U_k}{U_P t_k^\alpha} - \frac{1}{\sqrt{\alpha} T_{cp}^\alpha} \right) \times$ $\sqrt[1.4]{\frac{U_k}{U_P} - 2} \frac{1.4}{1 + U}$
Обеспечение минимальных затрат	$\Pi_H, \Pi_P, \Delta \Pi, a,$ $\delta_z, A,$ $C, T_{cp}, U, Q_y,$ T_μ $T_0 = T_{cp}/t_\mu$ $A_0 = A/C$ $D_0 = D/U_P$ $U_P = \Pi_P - \Pi_H $	$G(D_0, t_\mu) = \min_{0 \leq D_0 \leq 1} \left[\frac{AQ(D_0, t_\mu)}{t_\phi(D_0, t_\mu)} + \frac{C[1 - Q(D_0, t_\mu)]}{t_\phi(D_0, t_\mu)} + \frac{BK(D_0, t_\mu)}{t_\phi(D_0, t_\mu)} \right]$	- « -	$\frac{C}{t_k} \geq \frac{C + (A - C) Q[t_{ост}/U(t)] = U_k}{t_\phi(t_k, t_{ост})}$ $t_\phi(t_k, t_{ост}) = (t_k + t_{ост}) -$ $- \int_0^{t_{ост}} Q[t_{ост}/U(t_k) = U_k] dt_{ост}$

 Π_H, Π_P - номинальное, предельное значение параметра; U - коэффициент вариации ресурса; A, B, C - средняя стоимость устранения отказа, диагностирования и предупредительного восстановления, соответственно. T_{cp} - средний ресурс по параметру; t_μ - периодичность контроля;

$$\lll = \frac{1}{1 - D_0}; \quad \sigma_0 = \frac{\sigma_p}{\sigma t_\mu}; \quad n_2 = (2,5+3) T_0;$$

F_0 — центрированная функция нормального распределения;

1 - порядковый номер контроля;

$$Q(D_0) = \sum_{i=1}^n \left[F_0 \left(\frac{i - T_0}{\sigma_0} \right) - F_0 \left(\frac{i-1 - T_0}{\sigma_0} \right) \right];$$

Φ_0 — индекс плотности вероятности F_0 .

При $a \neq 1$ в (5.10) вместо D_0 применяется $D_0^{1/a}$. Средний фактический ресурс i -го изделия по параметру $U(t)$ составляет

$$t_{\Phi i} f i^*, t_{\text{ост}} = t_k + t_{\text{ост}} - \int_0^{\text{ост}} Q / t_{\text{ост}} / U(t) = U_k dt, \quad (5.11)$$

где t_k — наработка изделия в момент контроля;

$$t_{\text{ост}} = t_k \{ (U_n / U_k)^{1/a} \quad \text{при } \sigma_z \leq 0,05 \quad i = 1;$$

$$t_{\text{ост}} = (U_n / V_c)^{1/a} - t_k \quad \text{при } \sigma_z \leq 0,05 \quad \text{if } i > 1;$$

$$V_c = \sum_{i=1}^m U_i t_i^a / \sum_{i=1}^m f i^*.$$

$$Q [t_{\text{ост}} / U(t) = U_k] = 1 - \exp \{ - [(t_{\text{ост}} - t_{\text{ост}}^{\text{нач}}) / a]^b \},$$

где $a, b, t_{\text{ост}}^{\text{нач}}$ — параметры масштаба, формы и сдвига.

Остаточный ресурс с заданной вероятностью $P_{\text{ж}}$ безотказной работы при $\sigma_z > 0,05$ определяется как корень уравнения

$$Q [t_{\text{ост}} / U(t_k) = U_k] = 1 - P_{\text{ж}} \quad (5.12)$$

откуда при $i = 1$

$$t_{\text{ост}} = t_k \{ [(\frac{U_n}{U_k} + B_p \sigma_n) / (1 + B_p \sigma_n)]^{1/a} - 1 \} K_i \quad (5.13)$$

где B_p — квантиль нормального распределения, соответствующий $P_{\text{ж}}$;

σ_n — относительная погрешность прогнозирования.

$$K_i = 1 + t_\mu^a (U_k / U_n t_k^a - 1 / \sqrt{\alpha} \quad T_{\text{эф}}^a) \sqrt{1 - \frac{U_k}{U_n}} (16\sigma_z - 0,5) \frac{1,4}{1 + \gamma}$$

или при $i = m > 3$ рассчитывается предварительное значение

$$t_{\text{ост}}^0 = \left[\frac{U_{\text{кр}}(1 - \beta_p \sigma_z)}{V_c} \right]^{\gamma_\alpha} - t_{\text{кр}}, \quad (5.14)$$

которое при $t_{\text{ост}} \leq \tau$ является искомым, в противном случае

$$t_{\text{ост}} = 1 + cd + \frac{\sqrt{1 + 2cd - c^2}}{1 + d^2} t_{\mu}, \quad (5.15)$$

$$\text{где } c = \frac{1 - U_{\text{кр}}/U_n}{\beta_p \sigma_z}; \quad d = \frac{\alpha V_c t_{\text{кр}}^{\alpha-1} t_{\mu} + V_c t_{\mu} - U_{\text{кр}}}{\beta_p \sigma_z U_n}.$$

Далее при каждом последующем контроле через интервалы t_{μ} производится очередной расчет $t_{\text{ост}}$. Эксплуатация изделия прекращается, если при контроле установлено, что $t_{\text{ост}} < t_{\mu}$. Индивидуальный ресурс t -го изделия, реализуемый при методе ТЭП, будет равен:

$$T_{\Phi i} = t_0 + \sum_{\mu=1}^k t_{\mu}. \quad (5.16)$$

Схемы расчетов остаточного ресурса для метода ТЭП приведены в табл. 5.1. Подобные условия выбора t_{Φ} и $U(t)$ изложены в ГОСТ 21571, однако для изделий АТ, по выражениям (5.9 - 5.16) рассчитываются только предварительные значения t_{Φ} и $U(t)$ для решения вопроса об экономической целесообразности применения метода ТЭП данного типа изделий. Эксплуатация конкретных изделий по методу ТЭП производится по рабочим методикам контроля параметров изделий и принятия решений в эксплуатации, обеспечивающих требуемый уровень безопасности полетов, однако во всех случаях при выборе метода эксплуатации ТЭП изделие АТ рассматривается как невосстанавливаемое, а средний реализуемый ресурс изделий при методе ТЭП составит

$$T_{\text{ср}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n t_{\Phi i}, \quad (5.17)$$

где n - количество изделий в эксплуатации.

Значение $T_{\text{ср}}$ подставляется в (5.6) при определении эффективности применения метода ТЭП. Эксплуатация до отказа назначается для изделий, отказ которых в сочетании с любым другим приводит к ситуации не сложнее усложнения условий полета. Если изменение технического состояния изделия описывается последовательной моделью, но контроль промежуточных состояний невозможен или экономически нецелесообразен, то устанавливается контрольный уровень надежности таким образом, чтобы средняя наработка изделий до отказа была не ниже заданной

$$T_{\text{ср}} = \int_0^0 P(x) dx \geq T_{\text{зад}}$$

$$\hat{T}_{\text{ср}} = \frac{1}{n(0)} \sum_{i=1}^{N(0)} \xi(i) \geq T_{\text{зад}},$$

где $\xi(i)$ – наработка i -го изделия до **отказа**, т.е. по данным усеченной выборки производится контроль средней наработки изделий до момента превышения заданного уровня, свидетельствующего о приближении к среднему ресурсу совокупности изделий. В частном случае при простой модели надежности изделий реализуется их средний ресурс.

Контролируемым параметром при методе ТЭО является интенсивность отказов $\lambda(t)$, значение которой определяется для всей совокупности изделий по этапам их эксплуатации. Для различных типов распределений времени наработки изделия до отказа модели изменения параметра X имеют вполне определенный вид (Приложение 2). Поскольку значение $\lambda(t)$ в эксплуатации всегда определяется по статистическим данным, то функция $Z(t)$ в (5.9) определяет случайное отклонение эмпирической функции $\lambda(t)$ от ее прогнозируемого значения при наработке t . Поэтому функция $\lambda(t)$ для высоконадежных изделий АТ при малом количестве наблюдаемых отказов всегда имеет вид ломаной кривой при $\sigma_z > 0,05$, а $Z(t)$ имеет характеристики согласно (5.10). Тогда для определения эффективности эксплуатации изделий по методу ТЭО применяют выражения (5.9 – 5.16) при $\sigma_z > 0,05$.

Таким образом, определены условия выбора методов эксплуатации изделий АТ по различным критериям их предельного состояния, как невосстанавливаемых элементов функциональных систем ВС относительно плановых работ по контролю состояния, выполняемых в системе ТОиР.

Необходимо отметить, что методы ТЭП и ТЭО, экономически эффективные для всего парка i -х изделий, могут оказаться убыточными в эксплуатации для отдельного авиапредприятия при малом количестве этих изделий в данном авиапредприятии или их эксплуатации в неблагоприятных условиях, что следует из полученных выше определений средних реализуемых ресурсов изделий при эксплуатации по методам ТЭП и ТЭО.

5.2. СТРАТЕГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Стратегия восстановления технического состояния изделия АТ определена в разделе 1.2, как «...**совокупность** организационных правил выполнения работ по поддержанию и (или) восстановлению надежности изделия».

Каждое изделие АТ состоит из элементов (узлов, деталей) групп E и G (разд. 2.2) и в этом смысле изделие АТ является системой, состояние которой описывается **последовательно-параллельной** моделью надежности. В процессе эксплуатации в изделиях АТ возможно появление различных по физической сущности **i -х** нарушений в t / моменты времени, т.е. процесс накопления наруше-

ний в изделии характеризуется вектором τ_j ($\tau_1 \dots \tau_k$). При заданном τ_j [38] надежность изделия в эксплуатации при наработке t характеризуется условной плотностью вероятности момента отказа $\varphi(t, \tau_j)$, представляющей плотность вероятности момента отказа системы при условии, что нарушение первого вида произошло в момент m \ второго в момент τ_2 и т.д. Если $f(T_j)$ – плотность вероятности вектора τ_j , то безусловная плотность вероятности момента отказа системы по теореме о полной вероятности определяется выражением

$$q(t) = \int_V f(T_j) \varphi(t, T_j) dV, \quad (5.19)$$

где V – пространство векторов τ_j при $0 \leq \tau < \infty$;

dV – элемент пространства $dV = d\tau_1, d\tau_2, \dots, d\tau_n$,

а интенсивность отказов изделия при наличии в нем многих развивающихся нарушений в j -х условиях эксплуатации будет возрастающим параметром

$$\lambda(t) = \frac{\int_V f(T_j) \varphi(t, T_j) dV}{\int_V f(T_j) \Phi(t, T_j) dV}, \quad (5.20)$$

где $\Phi(t, T_j) = \int_0^t \varphi(U, T_j) dU$ – условная функция надежности.

Следовательно, надежность изделия рассматривается как ВФИ или ВСФИ распределения. В любой системе ТОиР АТ относительно работ по поддержанию и восстановлению надежности реализуется процесс восстановления, характеризующийся двумя состояниями изделия: «исправно – неисправно», поэтому на основе простой модели надежности каждое нарушение, описываемое вектором T_j , рассматривается как неисправность, если это нарушение препятствует дальнейшей эксплуатации изделия, в противном случае данное нарушение исключается из модели.

Другой особенностью эксплуатации изделий АТ является выполнение работ по поддержанию и восстановлению надежности только в перерывах между полетами, когда изделия не используются по назначению, поэтому моменты отказов и моменты восстановления в общем случае не совпадают. С учетом изложенного и в соответствии с данным определением возможна реализация следующих стратегий восстановления изделий АТ:

C_1 (или C_2) – плановые работы по поддержанию и (или) восстановлению надежности изделия проводятся в заданных объемах, через установленные интервалы наработки (или календарные интервалы времени), а при отказе изделия производится неплановое восстановление;

C_3

- плановые работы по поддержанию и **(или)** восстановлению надежности изделия не выполняются, а при отказе изделия выполняется неплановое восстановление;

C_4 (или C_5)

- плановые работы по поддержанию и (или) восстановлению надежности изделия проводятся по результатам контроля технического состояния через установленные интервалы наработки (или календарные интервалы времени).

Из указанных стратегий восстановления необходимо выбрать наиболее эффективную по показателю качества эксплуатации. Такими показателями для изделий АТ являются удельная трудоемкость работ или коэффициент готовности, через которые, при необходимости, можно выйти на другие показатели (стоимость, оперативная готовность и др.). Содержание работ по поддержанию и восстановлению надежности изделия определяется перечнем возможных отказов и неисправностей и вероятностями их появления в эксплуатации в типовых условиях и не зависит от вида стратегии восстановления, которая обычно реализуется при следующих ограничениях:

- структура и периодичность ТООР задана директивно и сохраняется без изменений на весь срок эксплуатации до списания;
- нормативные значения и виды предельных состояний изделий определены;
- условия поддержания и восстановления надежности известны;
- совокупность работ однородна по трудоемкости, причем трудоемкость вида работы пропорциональна потребной периодичности ее выполнения.

Данные ограничения соответствуют реальным условиям эксплуатации современных типов ВС. Тогда выбор эффективной стратегии целесообразно проводить для каждого ***i*-го** изделия по следующей исходной информации:

$F(t), F^*(t)$ - функция распределения отказов при проведении плановых работ по поддержанию надежности и их отсутствии соответственно;

$t_{ni} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k t_{nij}$ ~ средняя оперативная продолжительность плановой **восстановительной** работы;

$t_{ai} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_{aij}$ - средняя оперативная продолжительность неплановой **восстановительной** работы;

$t_{fi} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m t_{fil}$ - средняя оперативная продолжительность работ по **контролю** состояния;

$T_{ni} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k T_{nij}$ - средняя оперативная трудоемкость плановой работы по поддержанию и восстановлению надежности;

$T_{ai} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n t_{aij}$ - средняя оперативная трудоемкость неплановой работы по поддержанию и восстановлению надежности;

$y_{ki} = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m T_{kij}$ - средняя оперативная трудоемкость работ по контролю состояния.

Средняя трудоемкость работ по восстановлению летной годности ВС при отказе i -го изделия

$$T_{ai}^* = T_{ai} + K_{\text{ТП}} \cdot t_{ai},$$

где $K_{\text{ТП}}$ - средняя удельная трудоемкость ТО при простое ВС.

Принимая, что потребная периодичность плановых работ при всех стратегиях одинакова и равна математическому ожиданию времени безотказной работы ($\bar{t}_i$) или ($\bar{t}_i^*$), а среднее число восстановлений на интервале $(0, t_i)$ равно

$$H_i(\bar{t}_i) = 1 + 0,5 \left[\left(\frac{\sigma_i}{\bar{t}_i} \right)^2 - 1 \right], \quad (5.21)$$

значение функции надежности в точке $t_i(\bar{t}_i^*)$

$$P_i(\bar{t}_i) = 1 - F_i(\bar{t}_i); \quad P_i(\bar{t}_i^*) = 1 - F_i^*(\bar{t}_i^*). \quad (5.22)$$

Эффективность каждой стратегии по удельной трудоемкости работ для i -го изделия можно определить из выражений:

$$\begin{aligned} K_{Ti}(C_1) &= \frac{T_{ai}^* \cdot F_i(\bar{t}_i) + T_{ni} \cdot P_i(\bar{t}_i)}{\bar{t}_i + t_{ni} + t_{ai} \cdot H_i(\bar{t}_i)}; \\ K_{Ti}(C_2) &= \frac{[T_{ai}^* \cdot H_i(\bar{t}_i) + T_{ni}] \cdot K_u}{\bar{t}_i \cdot K_u + t_{ni} + \bar{t}_{ai} \cdot H_i(t_i)}; \\ K_{Ti}(C_3) &= \frac{T_{ai}^* \cdot F^*(\bar{t}_i^*)}{\bar{t}_i^* + t_{ai}}; \\ K_{Ti}(C_4) &= \frac{t_{ki} + T_{ni} \cdot F_i^*(\bar{t}_i^*) + T_{ai} \cdot H_i^*(\bar{t}_i^*)}{t_{ki} + \bar{t}_i^* + t_{ni} \cdot F_i^*(\bar{t}_i^*) + t_{ai} \cdot H_i^*(\bar{t}_i^*)}; \\ K_{Ti}(C_5) &= \frac{[T_{ki} + T_{ni} \cdot F_i^*(\bar{t}_i^*) + T_{ai} \cdot H_i^*(\bar{t}_i^*)] \cdot K_u}{(t_{ki} + \bar{t}_i^*) K_u + t_{ni} \cdot F_i^*(\bar{t}_i^*) + t_{ai} \cdot H_i^*(\bar{t}_i^*)}, \end{aligned} \quad (5.23)$$

где K_u - коэффициент использования.

Эффективность каждой стратегии по коэффициенту готовности для i -го изделия определится из выражений:

$$\begin{aligned}
K_{\pi}(C_1) &= \frac{\bar{t}_i}{t_{ni} + \bar{t}_i + t_{ai} \cdot H_i(\bar{t}_i)}; \\
K_{\pi}(C_2) &= \frac{\bar{t}_i \cdot K_u}{t_{ni} + \bar{t}_i \cdot K_u + t_{ai} \cdot H_i(\bar{t}_i)}; \\
K_{\pi}(C_3) &= \frac{\bar{t}_i^*}{\bar{t}_i^* + t_{ai}}; \\
K_{\pi}(C_4) &= \frac{\bar{t}_i^*}{\bar{t}_i^* + t_{ki} + t_{ni} \cdot F_i^*(\bar{t}_i^*) + t_{ai} \cdot H_i^*(\bar{t}_i^*)}; \\
K_{\pi}(C_5) &= \frac{\bar{t}_i^* \cdot K_u}{(\bar{t}_i^* + t_{ki}) + t_{ni} \cdot F_i^*(\bar{t}_i^*) + t_{ai} \cdot H_i^*(\bar{t}_i^*)}.
\end{aligned} \tag{5.24}$$

Сравнение показателей позволяет выбрать наиболее эффективную стратегию, однако следует учитывать, что применение стратегии C_3 уменьшает показатели долговечности изделий, приблизительно в соотношении $\bar{t}_i^*/t_i$, а план проверок при стратегиях C_4 и C_5 составляется из условия обеспечения требуемого уровня достоверности выявления каждого вида предотказного состояния изделия.

В рамках любой стратегии может **быть** реализован любой метод эксплуатации, причем применение метода эксплуатации определяется нормативами **безопасности** и **регулярности**, а стратегии восстановления - показателями эффективности технической эксплуатации.

Однако применение каждой стратегии восстановления определяет **особенности** группирования работ по поддержанию и восстановлению надежности в формы обслуживания и **ремонта**, структура которых задается для ВС в целом (раздел 4).

Возможные варианты сочетания стратегий восстановления на техническом обслуживании и при ремонте изделия приведены в табл. 5.2.

Структура видов и форм ТОиР задается директивно по ВС в целом таким образом, что формы ТО выполняются с периодичностью t (летных часов) в цикле t_p , кратном t и равном межремонтному ресурсу ВС, а цикл ремонтных форм равен назначенному (полному) ресурсу t_n для ВС. При отсутствии межремонтного ресурса ВС цикл форм ТО равен t_n для ВС.

Варианты сочетания стратегий восстановления изделий

Варианты	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Стратегия восстановления при ТО	$C_1(C_2)$	C_3	$C_4(C_3)$	$C_1(C_2)$	$C_1(C_2)$	C_3	C_3	$C_4(C_3)$	$C_4(C_3)$
Стратегия восстановления при ремонте	$C_1(C_2)$	C_3	$C_4(C_3)$	C_3	$C_4(C_3)$	$C_1(C_2)$	$C_4(C_3)$	$C_1(C_2)$	C_3

Если для i -го типа изделий определена потребность в k видов плановых работ B_{nij} по поддержанию и восстановлению надежности до отработки назначенного ресурса t_{ni} этого изделия, причем периодичности m_{ij} выполнения работ B_{nij} образуют вариационный ряд в порядке возрастания ($\tau_{i(j+1)} > \tau_{ij}$) и работе с большей периодичностью соответствует большая трудоемкость ее выполнения ($T_{ni(j+1)} > T_{nij}$), тогда структура формирования объемов плановых форм ТОиР из работ $\{B_{nij}\}$ на основе последовательной модели надежности изделия в эксплуатации может определяться следующим образом:

а) для случайного **процесса**, формализованного дискретным стационарным потоком восстановления, оперативная трудоемкость $T_{(\tau_\mu)}$ μ -й плановой формы, выполняемой при наработке ВС $\tau \cdot \mu$ для i -го изделия, будет составлять

$$T_{(\tau_\mu)i} = \sum_j T_{nij} \quad \text{при} \quad \{\tau_{nij}\} < \{\tau_{ij}\}; \quad \tau_{ij} \leq \tau_\mu, \quad (5.25)$$

где суммирование ведется по всем работам B_{nij} соответствующим членам вариационного **ряда**, для которых выполняется условие

$$\tau_{ij} \leq \tau_\mu, \text{ а } \mu - \text{ номер интервала } \tau \text{ от начала цикла ТО.}$$

При наработке ВС $t = t_p$ выполняется ремонтная **форма**, которая для i -го изделия ВС определяется только объемом работ T_{fi} и организационно может не выделяться. Согласно (5.25) каждая последующая форма включает все **работы** предыдущих форм, а при наработке $(t_{ni} - \tau) \leq \tau \cdot n < t_{ni} - \tau$ изделие снимается с эксплуатации;

б) для случайного **процесса**, формализованного дискретным нестационарным потоком восстановления

$$T_{(\tau_\mu)i} = \sum_j T_{nij} [1 - P_{ij}\{\tau = \tau \cdot \mu\}] R_{ij}\{\tau_\mu, \tau(\mu + 1)\}, \quad (5.26)$$

где P_{ij} - функция надежности изделия по j -му виду неисправности, предупреждаемой плановой работой B_{nij} ;

R_{ij} - корреляционная функция от P_{ij} .

Суммирование проводится аналогично (5.25), а вероятность выполнения каждой работы B_{ij} определяется значениями P_{ij} и R_{ij} , учитывая, что каждое предыдущее выполнение работы B_{nij} восстановило P_{ij} до исходного значения. Согласно (5.26) объем каждой формы различен и формируется на основе вероятностей появления потребности в каждой B_{ij} -й работе по поддержанию и восстановлению надежности изделия в эксплуатации;

в) для случайного процесса, формализованного в виде двух составляющих потоков типа а) и б)

$$T_{i(\tau\mu)} = T_i(\tau) + \sum_c \Delta T_{ic} + \sum_j T_{nij}, \quad (5.27)$$

где $T(\tau)$ - оперативная трудоемкость работ первой формы в цикле;

ΔT_c - дополнительные работы предшествующей c -й формы, номеру c которой кратно μ , т.е.:

$$\Delta T_{ic} = \begin{cases} \Delta T_c & \text{при } c \cdot n = \mu; \quad n=2,3 \dots (\mu-2) \\ 0 & \text{при } c \cdot n \neq \mu \end{cases},$$

а суммирование по j ведется для всех работ T_{nij} , соответствующих членам вариационного ряда из интервала $\tau_{(\mu-1)} < \tau_{ij} < \tau_\mu$. Согласно (5.27) объем μ -й формы состоит из работ первой формы, дополнительных работ предшествующих форм, номерам которых кратна данная форма μ , и дополнительных работ, потребность выполнения которых появилась в интервале наработки ВС $[\tau_{(\mu-1)}; \tau_\mu]$.

Указанные принципы рассмотрены ранее в разделе 4.1 применительно к перечням работ $\{B_{nij}\}$ и $\{B_{kij}\}$ по функциональным системам и ВС в целом при выборе структуры периодических форм регламента ТО для ВС.

На основе изложенных принципов формирования объемов плановых работ по восстановлению технического состояния изделия, используя результаты выбора эффективной стратегии в соответствии с (5.23, 5.24), рассмотрим условия реализации сочетаний стратегий восстановления изделия при формировании режимов ТОиР этого изделия (табл. 5.2).

Вариант I может быть реализован в структурах плановых форм типа (5.25) и (5.26). Применяя (5.25), оперативную трудоемкость μ -й формы можно определить рекуррентно

$$T_{(\tau\mu)} = T\{\tau(\mu-1)\}_i + K_{\pi}(C_1) \cdot \tau \int_{\tau(\mu-1)}^{\tau\mu} f_i(t) dt - Q_i \sum_{v=1}^{ei} T_{aiv} \int_{\tau(\mu-1)}^{\tau\mu} f_{iv}(t) dt, \quad (5.28)$$

где $K_{\pi}(C_1)$ - удельная трудоемкость ТОиР i -го изделия при стратегии C_1 , согласно (5.23);

T_{aiv} - трудоемкость v -й неплановой работы;

$Q_i = \frac{b_1}{b_1 + b_2}$ - коэффициент несовпадения моментов появления неисправностей с формой ТОиР;

$B \setminus B_e$ - количество неисправностей, устраняемых непланово и на плановых формах ТОиР соответственно;

e - количество видов неисправностей i -го изделия;

$f_i(t); f_{iv}(0)$ - плотности распределения неисправностей по i -му изделию и v -му виду его неисправности соответственно.

В структуре (5.27) оперативная трудоемкость μ -й формы определится из выражения

$$T_{(\tau\mu)i} = T_1 + K_{\pi}(C_1) \cdot \tau \left[\sum_{c=1}^{\tau} \int_{\tau(c-1)i}^{\tau ci} f_i(t) dt + \int_{\tau(\mu-1)i}^{\tau \mu i} f_i(t) dt \right] - Q_i \sum_{v=1}^e \left\{ T_{aiv} \left[\sum_{c=1}^{\tau} \int_{\tau(c-1)i}^{\tau ci} f_{iv}(t) dt + \int_{\tau(\mu-1)i}^{\tau \mu i} f_{iv}(t) dt \right] \right\}, \quad (5.29)$$

где $T_{ii} = K_{\pi}(C_1) \cdot \tau \cdot F_i\{t = \tau\} - Q_i \sum_{v=1}^e \left[T_{aiv} \int_0^{\tau} f_{iv}(t) dt \right]$.

Суммирование ведется по всем интервалам τ наработки изделия, номера которых кратно τ .

В структурах (5.25) и (5.26) нет разделения на регламентные и ремонтные формы, и процесс восстановления технического состояния изделия рассматривается как непрерывный однородный поток восстановления. Разделение форм на регламентные и ремонтные может быть определено только организационными и производственно-техническими условиями выполнения работ по поддержанию и восстановлению надежности изделий как составной части ВС.

Вариант II соответствует полному отсутствию планового восстановления i -го изделия, и на плановых формах ТОиР ВС в целом по этим i -ым изделиям выполняются только внеплановые работы в объеме

$$T_{(\tau\mu)i} - T\{\tau(\mu+1)\}_i = (1 - Q_i) K_{\pi}(C_3) \cdot \tau \quad (5.30)$$

Вариант III может быть реализован в структуре (5.26), которая принимает вид

$$T_{(\tau\mu)i} = K_{\pi}(C_4) \cdot \tau \int_0^{\tau \mu i} f_i(t) dt \cdot R\{\tau_{\mu}, \tau_{(\mu+1)}\} - Q_i \sum_{v=1}^e \left[T_{aiv} \int_{\tau(\mu-1)i}^{\tau \mu i} f_{iv}(t) dt \right]. \quad (5.31)$$

Вариант IV не может быть реализован, т.к. в этом случае пропускается плановое восстановление изделия при наработке t_p и изделие будет **эксплуатироваться** в интервале $(t_p - \tau, t_p + \tau)$ без восстановления, что противоречит принципам формирования объемов форм (5.25) и (5.27), обеспечивающим требуемую безотказность и долговечность изделий в эксплуатации.

Вариант V лишен практического **смысла**, т.к. реализация структуры (5.26) и соответствующей ей (5.31) при ремонте предполагает полное удовлетворение потребности изделия в восстановлении через интервалы $(0, t_p)$ при условии, что ранее такие работы не выполнялись, однако принятая структура C_1 для ТО требует выполнения работ, накопившихся только за интервал $(t_p - m; t_p)$, и потребности в работах, соответствующих вариационному ряду в интервале $(0; t_p - \tau)$, уже нет.

Вариант VI соответствует I, выполняемому через интервалы t_p , а VII аналогичен III, также выполняемому через интервалы t_p .

Вариант VIII не имеет практического смысла по аналогии с вариантом V, а IX не может **быть** реализован по аналогии с IV.

Таким образом, в практике технической эксплуатации ВС могут быть реализованы для изделий АТ только стратегии C_1 (или C_2) и C_4 (или C_5), единые для форм технического обслуживания и ремонта на протяжении срока эксплуатации до списания изделий. Реализация стратегий C_3 означает отсутствие потребности данного изделия в плановых работах по поддержанию и восстановлению надежности или их неэффективность и незначимость относительно требований летной годности к функциям этого изделия в процессе эксплуатации ВС. Объемы форм ТОиР по функциональным системам и ВС в целом реализуются в структурах (5.25) или (5.27) суммированием по изделиям в соответствии с их стратегиями ТОиР. Рассматривая ФС в целом как объект ТОиР, задачу выбора ее стратегии восстановления и формирования режимов ТОиР можно решить по аналогии с изделием, но в этом случае выбор стратегий восстановления для изделий ФС не имеет **смысла**, а режимы ТОиР, полученные для системы в целом, будут большего **объема**, чем суммированием по эффективным стратегиям восстановления для каждого изделия этой ФС. Некоторые расчетные выражения для оценки функций восстановления при наиболее распространенных для изделий АТ функциях распределения приводятся в приложениях.

5.3. ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕЛЕВЫХ РАБОТ ТОиР И ПЕРИОДИЧНОСТИ ИХ ВЫПОЛНЕНИЯ ДЛЯ ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Формирование объемов и **периодичностей** выполнения работ ТОиР на ВС, его системах, изделиях и оборудовании является одним из основных этапов формирования системы ТОиР, определяющих **технологии** и организацию процессов технической эксплуатации ВС по обеспечению исправности и готовности к использованию по назначению. Решение этих задач только с позиций математической теории надежности не обеспечивает целенаправленный отбор видов

работ и формирование периодичности их выполнения с учетом действующих в ГА ограничений на безопасность полетов. Содержание работ ТОиР и периодичность их выполнения в каждом конкретном случае и для конкретного изделия определяются множеством эксплуатационных факторов (глава 3) и ограничениями на их количественные характеристики, поэтому ниже рассматриваются только общие проблемы выбора объемов и периодичности работ ТОиР изделий АТ с единых методических позиций и с учетом отечественной и зарубежной практики.

Общий объем работ ТОиР ВС формируется из работ ТОиР **планера**, его систем, изделий и оборудования, включающих работы, связанные с их технологическим обслуживанием, методами эксплуатации и стратегиями восстановления на основе формирования потребности элементов в этих работах и их классификации (глава 2). Соответствие видов работ ТОиР указанной классификации действующих в системе ТОиР ограничений приводится в табл. 5.3. Работы, соответствующие технологическому обслуживанию ВС, не связаны с изменением его технического состояния, а обусловлены конструктивными особенностями элементов ВС и условиями их эксплуатации, которые определяют содержание этих работ и периодичность выполнения с целью обеспечения функционального использования ВС по назначению. Выбор состава и периодичности выполнения работ технологического обслуживания не требует методических разработок и производится адаптивными методами по результатам разработки, испытаний и эксплуатации изделий в реальных условиях и на основе соответствующих результатов эксплуатации аналогов изделий.

Работы, соответствующие методу эксплуатации, не изменяют техническое состояние изделий, а обусловлены необходимостью контроля их предельных состояний и действующими ограничениями на фактическое состояние ВС при отправке его в очередной полет. Выполнение работ по контролю состояния восстанавливает информацию о фактическом состоянии контролируемого **объекта**, поэтому задача ставится таким образом, чтобы при заданных **ограничениях**, с требуемой регулярностью поступала достоверная информация о фактическом состоянии объекта контроля. Критерий предельного состояния каждого изделия определяется при выборе метода эксплуатации, а содержание работ по контролю состояния определяется этим критерием, возможными отказами и **неисправностями** изделия в эксплуатации и закономерностями их появления в различных условиях эксплуатации, а также контролепригодностью изделия и ВС в целом. Работы по контролю состояния формируются на основе полного перечня видов отказов и неисправностей изделия и выполняются с целью выявления внезапных отказов и контроля количественных характеристик критерия предельного **состояния**. Выбор критерия предельного состояния производится по схеме (рис. 5.2). Из полного перечня отказов изделия методами инженерного анализа выделяются независимые виды отказов и по каждому виду отказов, в соответствии со схемой, определяется вид предельного состояния, допускаемое значение контролируемого **параметра**, остаточный ресурс и, соответственно, периодичность контроля (раздел 5.1).

Распределение видов работ по признакам классификации

Признак классификации	Вид	Плановые работы ТОиР, соответствующие признаку классификации
Методы эксплуатации	ТЭР	Контроль наработки, контроль состояния, замена по отработке ресурса. Код 100
	ТЭП	Контроль состояния, оценка состояния, прогнозирование состояния. Код 100
	ТЭО	Контроль работоспособности, оценка безотказности. Код 100
Стратегии восстановления	C_1	Регулировка , восстановление затяжек, контровок , восстановление геометрических размеров, механических, физических и химических свойств, ремонт или замена. Все работы выполняются независимо от состояния конкретного изделия через интервалы наработки. Код 300
	C_2	Аналогично C_1 с выполнением работ по коду 300 через последующие интервалы времени
	C_3	Плановых работ по коду 300 нет
	C_4	Состав работ аналогичен C_1 с выполнением их в зависимости от состояния конкретного изделия по результатам контроля через интервалы наработки. Коды 100 и 300
	C_5	Аналогично C_4 с выполнением контроля через календарные интервалы времени. Коды 100 и 300
Технологическое обслуживание	Обеспечение вылета (ОВ), обеспечение стоянки (ОС), работы по встрече (ВС)	Слив и заправка ГСМ, спецжидкостей , газов и т.д., снятие и установка чехлов, заглушек, колодок, упоров и т.д., чистка и промывка , защита от атмосферных воздействий, консервация и расконсервация, подключение и отключение источников энергии, тепло-газоводоснабжения и др. Код 200.

Работы, соответствующие стратегии восстановления, обеспечивают разрезание потока отказов и неисправностей и устраняют последствия отказов восстановлением технического состояния изделий.

Эти работы формируются на основе полного перечня видов отказов, где каждому **i-му** виду отказа (неисправности) ставится в соответствие работа по предупреждению отказа или восстановлению состояния изделия в зависимости от принятой стратегии восстановления (раздел 5.2), причем плановая работа по поддержанию надежности возможна только для постепенно развивающихся неисправностей в **i-й** вид **отказа**, а для внезапных отказов вводится неплановая работа по восстановлению.

Однако все изделия АТ размещены в планере ВС и режимы ТОиР планера будут определять и режимы ТОиР систем, изделий и оборудования ВС в целом. Капитальный ремонт планера ВС лишает смысла эксплуатацию по ТЭС изделий и оборудования в связи с их **демонтажом** и связанными с этим дальнейшими действиями по их восстановлению.

Отмена капитального ремонта планера и соответственно ВС в целом обеспечивает эффективное применение прогрессивных методов эксплуатации и стратегий восстановления изделий, что подтверждает и зарубежный опыт.

Рассмотрим условия эксплуатации планера ВС без межремонтного ресурса.

5.3.1. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ ПЛАНЕРА ВС БЕЗ МЕЖРЕМОНТНОГО РЕСУРСА

Планер ВС определяет особенности конструкции и межремонтные ресурсы ВС в целом. Существующие объемы работ по ремонту планера составляют **20–25%** общего объема работ, выполняемых при ремонте ВС. Технология ремонта планера обуславливает демонтаж изделий и оборудования с ВС, который препятствует внедрению прогрессивных методов эксплуатации этих изделий без фиксированных ресурсов. Поэтому решение задачи эксплуатации планера ВС без межремонтных ресурсов определяет и решение задачи совершенствования ТОиР ВС в целом.

Установление ресурсов планеру 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 ВС в процессе эксплуатации в реальных условиях. Появляющиеся в процессе эксплуатации неисправности планера могут быть разделены на определенные группы (раздел **3.1**). Межремонтный ресурс определяют такие виды неисправностей, как трещины, деформации и разрушения от повторяющихся нагрузок, механический износ и ослабление соединений. Развитие коррозии, потеря физических свойств материалов и разрушение лакокрасочных покрытий определяют срок службы, а другие виды неисправностей являются случайными по появлению и мгновенными по физической сущности процессов.

При ремонте планера ВС 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 ВС. 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 технологичности 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 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 (табл. 4.3).

Планеру в целом устанавливается назначенный ресурс, при отработке которого для отдельных элементов конструкции могут устанавливаться ограничения по наработке, при которых данный элемент должен быть заменен, доработан или **проконтролирован**. Отработка назначенного ресурса обеспечивается применением следующих принципов проектирования элементов планера: безопасного ресурса, безопасного повреждения и конструктивного.

По конструктивному исполнению элементы планера могут **быть** разделены на:

- механические системы, подвижные соединения и несиловые 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 несиловых деталей, которые не определяют межремонтный ресурс планера, поскольку не влияют на работоспособность планера в целом и устраняются по мере их появления. Следовательно, межремонтный ресурс обусловлен применением принципа безопасного ресурса для конструктивных силовых агрегатов, неподвижных силовых соединений и моноблочных силовых деталей. Безопасный межремонтный ресурс t по результатам испытаний устанавливается таким образом, чтобы вероятность отказа $P_i(t)$ i -х элементов конструкции при отработке ресурса всеми ВС парка не превысила заданной нормативной величины $P_{ин}$ (раздел 5.1).

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 $\eta_1 - \eta_4$ (раздел 5.1) и правила их выбора для расчета безопасного ресурса определены **НЛГ** таким образом, чтобы безопасный ресурс обеспечивался без проведения в эксплуатации дополнительных работ по кон-

тролю состояния. Поэтому выполнение в процессе регулярной эксплуатации ВС большого объема 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 (ЭСК) с безопасным повреждением допустимо рассматривать как результат испытаний на надежность с ограниченным числом неисправностей 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 - число данных элементов в эксплуатации на ВС парка соответственно (планы испытаний по ГОСТ 27.002).

Тогда межремонтный ресурс i -го ЭСК определяется из выражения

$$\tau_i = \rho \int_0^{\infty} P_i(x) dx, \quad (5.32)$$

где $0 < \rho < 1$;

$P_i(x)$ - функция надежности.

Для распределения **Вейбулла** коэффициент ρ равен:

$$\rho = \sqrt[\beta]{-\ln(1-q)} / K_\beta; \\ K_\beta = \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta}\right), \quad (5.33)$$

где q - заданная вероятность появления повреждения элемента;

а, P - параметры распределения Вейбулла.

Межремонтный ресурс t обоснован, если при ремонте производится доработка элемента с полным восстановлением начального ресурса.

Установление назначенного ресурса для элементов **планера**, определяющих безопасность полетов, связано с ответственностью поставщика (α) за качество проектирования, испытаний и изготовления, а также ответственностью **эксплуатанта** (P) за качество эксплуатации, причем, вероятность появления в эксплуатации отказавших элементов равна $(1-\alpha)$ и (3 соответственно. При недопустимости появления в эксплуатации отказа элементов точечная оценка риска поставщика будет исчисляться следующим образом [43]:

$$a = 1 - P(q), \quad (5.34)$$

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 $q \ll 0,1\%$ определяется как

$$P(q) \approx e^{-Nq}, \quad (5.35)$$

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

$$N \geq 3/q. \quad (5.36)$$

Для существующих нормативов появления в эксплуатации ВС особых ситуаций в полете из-за функциональных отказов требования к обоснованию безопасного ресурса для элементов планера являются очень жесткими и риск поставщика, согласно выражениям (5.32) - (5.34), определяется качеством проектирования, испытаний и изготовления. Не обеспечивая требуемых качеств проектирования и изготовления, поставщик расширяет объем испытаний, перенося их на этапы регулярной эксплуатации посредством введения периодического контроля элементов конструкции, выполняемого **эксплуатантом**. Это соответствует контролю качества элементов на всем парке ВС по плану [NMT], причем Т - есть наработка парка ВС за межконтрольный интервал, суммируемая по интервалам контроля нарастающим итогом с начала эксплуатации. Такой объем испытаний обеспечивает условия (5.35), (5.36) 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 ВС или условий поддержания и восстановления надежности (например, проведением доработок по результатам контроля, а не при фиксированной наработке ВС), так как таким контролем **эксплуатант** компенсирует увеличение своего риска (3 из-за эксплуатации ВС в нерасчетных условиях. Контроль состояния элементов планера обоснован также при поэтапном увеличении назначенного ресурса ВС, 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 ВС, эксплуатирующихся в наиболее тяжелых условиях, что позволяет обеспечивать требуемые уровни достоверности оценки качества.

Изложенные подходы к эксплуатации планера ВС без межремонтного ресурса обеспечивают независимое от планера и ВС в целом формирование объемов и периодичности целевых работ по ТОиР изделий АТ.

5.3.2. ПЕРИОДИЧНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ РАБОТ НА ФОРМАХ ТОиР ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

В расчетах принимаются максимально допустимые из условий обеспечения безопасности и регулярности эксплуатации ВС периодичности целевых работ ТОиР изделий АТ. Полученные результаты могут быть скорректированы в сторону уменьшения по технологическим, организационным или другим причинам.

При расчетах периодичности каждой работы ТО принимаются следующие условия.

Безотказность изделий в эксплуатации должна обеспечиваться на уровне требований, принятых (заявленных) при сертификации ВС.

Вероятность отказа изделия в целом (F_n) определяется суммированием параллельных независимых видов отказов его элементов

$$F_n(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - F_i(t)], \quad (5.37)$$

где n - количество видов отказов в изделии;

$F_i(t)$ - функция распределения i -го вида отказов.

Вычисление вероятностей каждого вида отказа изделия производится на время, равное продолжительности типового полета ВС.

Распределение безотказности изделия между его элементами производится по действующим требованиям НПП и методов их подтверждения.

Вид и параметры функции распределения времени безотказной работы $P_i(t)$ определяются по действующим стандартам и методикам.

Безотказность серийных изделий, находящихся в эксплуатации, определяется по действующим положениям.

Выполнение работ по осмотру и контролю состояния не влияет на изменение интенсивности видов отказов $\lambda_i(t)$, а изменяет значение вероятности безотказной работы $P_i(t)$ элемента непосредственно после момента контроля. Характер изменения $P_i(t)$ после контроля по-прежнему определяется $\lambda_i(t)$.

Выполнение работ по технологическому обслуживанию обеспечивает разрежение потока отказов при любом законе распределения.

Выполнение целевых работ по поддержанию и восстановлению надежности обеспечивает восстановление безотказности изделия до начального состояния.

Состав и периодичность выполнения регламентных работ на ВС в зависимости от того, какое влияние они могут оказать на безопасность полетов, определяются следующими условиями:

- необходимым - обеспечение безопасности полетов;
- достаточным - экономическая эффективность технической эксплуатации.

Работы технологического обслуживания не связаны с изменением технического состояния ВС (соответственно и с безопасностью полетов), обусловлены конструктивными особенностями типа ВС и условиями его эксплуатации, которые и определяют содержание и периодичность выполнения этих работ в целях обеспечения функционального использования ВС.

Работы по контролю состояния обусловлены ограничениями по безопасности полетов, определяющими вероятность отправки неисправного ВС в рейс или действия экипажа при появлении функционального отказа в полете. Выполнение регламентных работ по контролю состояния восстанавливает информацию о фактическом состоянии контролируемого объекта, что обеспечивает заданную вероятность отправки в рейс исправного ВС, а действия экипажа по контролю состояния в полете не входят в состав регламентных работ.

Периодичность регламентных работ по контролю состояния полностью определяется характером отказа (внезапный или постепенный), тем, как его воспринимает экипаж (открытый или скрытый), а также влиянием на безопасность полетов и рассчитывается на основе следующих положений, сформулированных и апробированных автором в реальных процессах формирования режимов ТОиР различных типов ВС ГА.

1. Работы по осмотру и контролю состояния.

Внезапному виду отказа ставится в соответствие работа минимальной трудоемкости (продолжительности), обеспечивающая выявление данного вида отказа с заданной достоверностью, а постепенному виду отказа ставится в соответствие один или несколько видов работ, позволяющих контролировать с заданной достоверностью последовательные этапы развития неисправностей, предшествующих отказу. Соответственно характеру отказа периодичность работ по контролю состояния формируется на основе следующих логических ограничений на безопасность полетов.

Для внезапных ***i-х*** видов отказов:

- с открытой функцией изделия экипажу, но не влияющих на безопасность полетов, - работы по контролю не планируются, а выполняются по замечаниям экипажа;
- со скрытой функцией изделия экипажу, но не влияющих на безопасность полетов, - плановая периодичность работ определяется средним временем наработки на отказ

$$t_i = P_i \int_0^{\infty} P_i(x) dx, \quad (5.38)$$

где $\bar{t}_i$ - м.о. наработки на ***i-й*** вид отказа;

P_i — достоверность выявления ***i-го*** вида отказа;

$P_i(x)$ - функция надежности по ***i-му*** виду отказа;

- со скрытой функцией изделия экипажу и влияющих на безопасность полетов, - периодичность плановой работы назначается таким образом, чтобы вероятность отправки ВС в рейс с невыявленным отказом не превышала заданной величины

$$P_n = P_i \left[1 - \int_0^x f_i(t) dt \right], \quad (5.39)$$

где P_n - нормативное ограничение;

$f_i(t)$ —плотность распределения для ***i-го*** вида отказа;

P_i - достоверность выявления ***i-го*** вида отказа;

x - искомая периодичность.

Для постепенных ***i-х*** видов отказов:

- с открытой функцией изделия экипажу, но не влияющих на безопасность полетов, - работы по контролю не планируются, а выполняются по замечаниям экипажа;

со скрытой функцией изделия экипажу, но не влияющих на безопасность полетов, - плановая периодичность работ определяется средним временем развития неисправности в отказ

$$\tau_i = P_i \int_0^{\infty} G_i(x) dx, \quad (5.40)$$

где $G_i(x)$ — функция распределения времени развития неисправности в отказ, а оптимальная периодичность

$$\tau_{оп} = P_i \frac{\ln \lambda_1 - \ln \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}, \quad (5.41)$$

где X_i - интенсивность появления неисправностей;

λ_2 — интенсивность появления отказов.

- со скрытой функцией изделия экипажу, влияющих на безопасность полетов, - периодичность плановой работы назначается таким образом, чтобы вероятность развития неисправности в отказ на период до следующей проверки не превышала заданной величины [5]:

а) для ВФИ (ВСФИ) - распределения

$$P_{ин} = P_i [1 - G_i(x)] = P_i \left[1 - \int_0^x q_i(t) dt \right], \quad (5.42)$$

где $q_i(t)$ - плотность распределения развития i -й неисправности в отказ;

x - искомая периодичность.

По (5.42) определяется интервал до первой проверки и далее - **рекуррентно**;

б) для изделия в целом, рассматриваемого как система, в элементах которой появляются независимые i -е неисправности, образующие пуассоновский поток

$$P_{ин} = \prod_{i=1}^n P_i \sum_{i=0}^{r-1} \frac{1}{i!} \left[\int_0^x w(u) du \right]^i \exp \left[- \int_0^x w(u) du \right], \quad (5.43)$$

где $w(u)$ - параметр **потока**,

а появление r -и неисправности рассматривается как отказ. По (5.43) определяется интервал (0, X) до первой проверки и далее - рекуррентно;

в) если дополнительно к пункту б) учитывается развитие каждой i -й неисправности в отказ

$$P_{ин} = \prod_{i=1}^n P_i \sum_{i=1}^r \exp \left[- \int_0^{x-t_0} w_i(x-u) G_i(u) du \right], \quad (5.44)$$

где t_0 - предварительная наработка изделия до установки на ВС.

Определяется начальный интервал (t_0 , X) до первой проверки и далее - рекуррентно.

Периодичность осмотров и контроля состояния элементов конструкции **планера** формируется в соответствии с заключением об установлении назначенного ресурса планера [18, 28].

Работы по осмотру и контролю коррозионного состояния элементов конструкции назначаются с периодичностью, установленной для аналогичных элементов на эксплуатирующихся типах ВС в эквивалентных условиях эксплуатации, с учетом свойств материалов и покрытий.

2. Работы по **технологическому обслуживанию**.

Работы по заправке выполняются с периодичностью, определяемой условиями эксплуатации ВС.

Работы по смазке комплектующих изделий назначаются с периодичностью, установленной в технической документации разработчика комплектующего изделия, согласно принятой структуре РО.

Работы по смазке агрегатов, узлов и подвижных элементов конструкции назначаются с периодичностью, установленной техническими условиями на применение данного вида смазки в ожидаемых условиях эксплуатации ВС.

Работы по замене масел, спецжидкостей и смазок назначаются с периодичностью, определяемой их ресурсом (сроком службы) в ожидаемых условиях эксплуатации ВС или по результатам контроля их свойств при очередных дозправках до требуемой нормы.

Работы по очистке и промывке новых комплектующих изделий назначаются с периодичностью, определяемой условиями и режимами работы изделий в ожидаемых условиях эксплуатации ВС согласно технической документации разработчика **изделия**.

Работы по очистке и промывке серийных комплектующих изделий назначаются с периодичностью, установленной для этих изделий на ВС и аналогах.

Работы по очистке и промывке элементов конструкции планера и его систем назначаются с периодичностью, установленной для **ВС-аналогов**, эксплуатирующихся в эквивалентных условиях эксплуатации.

3. Работы по **устранению** неисправностей и ремонту.

Работы по восстановлению затяжки, **контровки** и металлизации серийных комплектующих изделий назначаются с периодичностью, установленной для этих изделий на **ВС-аналогах** в эквивалентных условиях эксплуатации, с учетом типов креплений, контровки и металлизации.

Работы, указанные в предыдущем абзаце, для новых изделий назначаются с периодичностью, установленной для изделий-аналогов в ожидаемых условиях их эксплуатации на данном типе ВС.

Работы по плановой замене элементов комплектующих изделий назначаются с периодичностью, определяемой техническими условиями на применение этих изделий в ожидаемых условиях их эксплуатации на типе **ВС**.

Работы по плановой регулировке комплектующих изделий назначаются с периодичностью, определяемой техническими условиями на применение этих изделий в ожидаемых условиях их эксплуатации на типе ВС.

Работы по замене и восстановлению элементов конструкции планера назначаются с периодичностью, согласно заключению об установлении назначенного ресурса планера.

Вспомогательные работы назначаются с периодичностью соответствующих им контрольных и целевых работ по восстановлению.

4. Работы по поддержанию и восстановлению надежности изделий.

Работы по поддержанию и восстановлению надежности изделий направлены на разрезание потока отказов и устранение накопившихся неисправностей, причем планово выполняются только такие работы, которые обусловлены постепенно развивающимися неисправностями, а при внезапных отказах выполняется неплановое восстановление.

Реализацию **надежности j -х** изделий в эксплуатации относительно этих работ допустимо представить в виде схем (рис. 5.3, 5.4).

Рассматриваем изделия **j -го** типа как систему, состоящую из элементов E_1-E_4 , согласно принятой классификации (раздел 2.2). Если в **j -х** изделиях возможно появление **i -х** постепенно развивающихся неисправностей ($i = \overline{1, n}$), на каждую из которых определены нормативы (P_{ijn}), полученные распределением норматива на изделие в целом (P_{jn}) таким образом, что $P_{jn} = \prod_{i=1}^n P_{ijn}$, то реализация надежности **конкретного j -го** изделия по **i -м** видам отказов осуществляется в области $D_{ij}(P_{ij})$ (рис. 5.3), ограниченной реализациями по наиболее вероятному $[P_1(t)]$ и наименее вероятному $[P_n(t)]$ видам отказов, а реализация надежности парка N_j **j -х** изделий осуществляется в области $D_j(P_j)$ (рис. 5.4), ограниченной реализациями в наиболее тяжелых $[P_{1T}(t)]$ и наиболее легких $[P_{jL}(t)]$ условиях эксплуатации (раздел 3.1). Тогда из условия

$$P_{ijn} = 1 - \int_0^{x_i} f_{ijk}(t) dt,$$

где f_{ijk} - плотность распределения **i -го** вида отказов **j -х** изделий в **k -х** условиях эксплуатации, определяется периодичность ($x_i = \tau_i$) профилактики по **i -му** виду неисправностей в **k -х** условиях эксплуатации **j -х** изделий, а из условия

$$P_{ijn} = \min_k \left\{ 1 - \int_0^{x_i} f_{ijk}(t) dt \right\} \quad k = \overline{1, L}, \quad (5.45)$$

где L — количество различий в условиях эксплуатации **j -х** изделий, определяется единая периодичность ($\min \{ x_i = \tau_i \}$) выполнения **i -й** профилактики для всех **j -х** изделий, находящихся в эксплуатации.

Искомое значение x_i ($\min(x_{ij})$) определяет математическое ожидание $\bar{t}_{ijn}$ (или $\bar{t}_{in}$) наработки изделий к моменту достижения нормативного ограничения P_{ijn} , и зависит от распределений времени появления неисправности i -го вида и ее развития в отказ. В общем случае при введении доверительного интервала для $\bar{t}_{ijn}$ периодичность для k -х условий

$$\tau_{ik} = \bar{t}_{ijkn} - \alpha \sigma(t_{ijkn}) \quad (5.46)$$

и для парка j -х изделий

$$\tau_i = \min_k \{ \bar{t}_{ijkn} - \alpha \sigma(t_{ijkn}) \} \quad k = \bar{1}, \bar{N}, \quad (5.47)$$

где $\sigma(t_{ijn})$ – с.к.о. $\bar{t}_{ijn}$;

α – коэффициент, зависящий от вида распределения $f(t_{ijn})$ и принятого уровня достоверности, и определяется видом закона распределения и его параметрами для случайных величин $\{t_i(t)\}$ и $\{N_j\}$.

При определении τ_i необходимо, чтобы $t_{ijn} \gg a(t_{ijn})$, однако обработка статистических данных по изделиям АТ, выполняемая для обобщения опыта их эксплуатации, показывает, что это условие не выполняется. Тем самым расчет периодичности t_u выполнения i -й работы для парка N_j -х изделий лишается смысла. Но учет условий эксплуатации и расчет реализаций P_d ранжировано по условиям эксплуатации или посредством их приведения к типовым условиям обеспечивает возможность статистического расчета периодичности выполнения работ по поддержанию надежности (раздел 3).

Если норматив P_{jn} на безотказность изделия в эксплуатации не установлен, то периодичность работ по поддержанию и восстановлению надежности определяется из условий минимизации стоимости или максимума готовности, безотказности и т.д. с использованием следующих способов управления монотонно убывающим (возрастающим) параметром функционирования изделия.

Периодичность всех видов регулировок для некоторого S_i монотонно убывающего случайного параметра с x , случайными приращениями, которые с общей функцией распределения образуют процесс восстановления [44]

$$H^r(t) = P\{X_k^N < t\} \quad (5.48)$$

параметр которого в интервале $(0, t)$ задан в виде $S_t = \sum_{i=0}^t X_i < Z$ $t_i = \bar{0}, \bar{n}$, причем $S_0 = 0$, а в моменты $t_i = 1, 2, n$ производится сброс значения S в ноль. При $S_i < Z$ затраты на регулировку в момент t_i равны C .

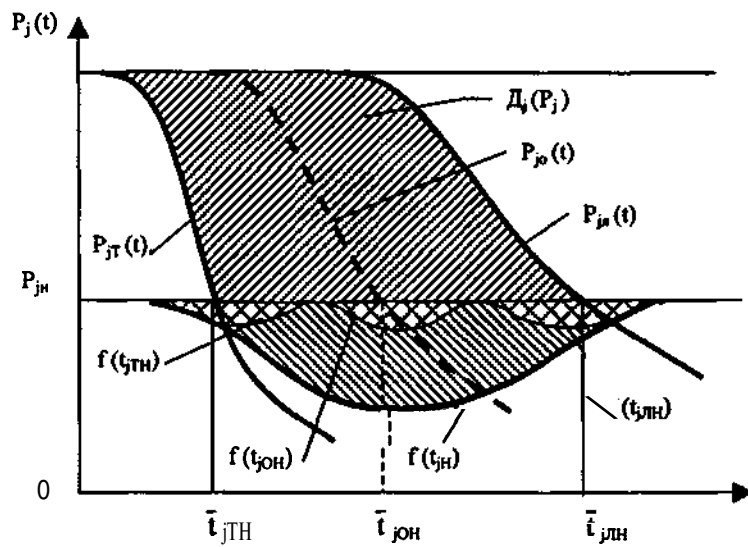


Рис. 5.3. Реализация надежности **парка j -х** изделий в эксплуатации

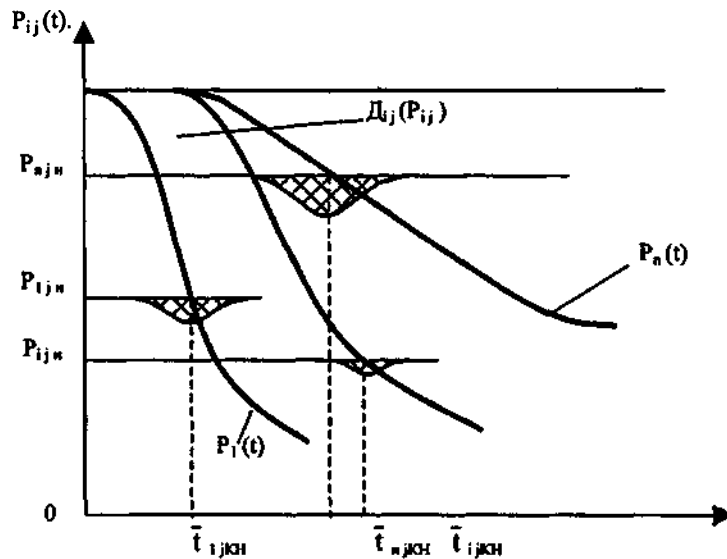


Рис. 5.4. Реализация **надежности** j -х изделий по **i -м** видам отказов
в k -\ условиях

При $S_i \geq Z$ затраты составят $C+A$, где A - штраф за выход S_i в момент Y за уровень Z . Удельные затраты составят

$$C_{yd} = \begin{cases} C/t & \text{при } t < Y \\ \frac{C+A}{[Y]+1} & \text{при } t \geq Y \end{cases}, \quad (5.49)$$

где $[Y]$ - наибольшее целое значение t , меньшее чем Y .

Тогда правило выполнения регулировочной работы N_1^* находится из условия

$$N_1^* = \min (t^* - 1, [Y] + 1), \quad (5.50)$$

при котором

$$M C_{yd} N_1^* = \min M C_{yd} N,$$

где t^* - наименьшее значение, удовлетворяющее неравенству:

$$1 - P\{X_i < Z - S_i - 1\} > \frac{C}{A(t-1)}. \quad (5.51)$$

Периодичность плановых работ по устранению и предупреждению постепенно развивающихся неисправностей в общем случае определяется условием управления монотонно возрастающей интенсивностью отказов и неисправностей из выражения

$$h(t) \cdot t - H(t) = C, \quad (5.52)$$

где $H(t) = P\{Y < t\}$; $h(t) = H'(t)$; $\lambda = \frac{h(t)}{1 - H(t)}$;

Y - произвольный момент восстановления изделия до начального состояния;
 C - константа.

Значение C в общем случае определяется видом функции распределения $F(t)$ и стратегией восстановления.

Для стратегии $C/$ значение C определяется условием (5.52) при:

$$\begin{aligned} H(t) &= F(t) + \int_0^t H(t-x) dF(x); \\ h(t) &= f(t) + \int_0^t h(t-x) dx. \end{aligned} \quad (5.53)$$

Для стратегии C_3 плановых работ нет, следовательно нет и оптимальной периодичности их выполнения.

Для стратегии C_4 плановые работы выполняются по результатам контроля через интервалы m , поэтому контроль входит в расчет периодичности и выполняется таким образом, чтобы удельные трудозатраты $C_{уд}$ были минимальны:

$$T_{уд} = \frac{T_{ай}^* \cdot F(\tau) + T_{nij} [1 - F(\tau)]}{\int_0^1 [1 - F(t)] dt}, \quad (5.54)$$

где $T_{ай}^* = T_{ай} + K_{тп} \cdot t_{ай}$

$T_{ай}^*, T_{nij}$ - трудоемкость j -й работы для i -го изделия ВС, неплановой и плановой, соответственно;

$K_{тп}, t_{ай}$ - средняя удельная трудоемкость и продолжительность ТО.

Откуда периодичность γ определяется как

$$\lambda(\tau) \int_0^1 [1 - F(t)] dt - F(\tau) = \frac{T_{nij}}{T_{ай}^* T_{nij}} \quad (5.55)$$

при условии, что

$$\lim_{t \rightarrow \infty} \lambda(t) \int_0^t F(x) dx > \frac{1}{C}. \quad (5.56)$$

Условие (5.56) существует, например, для распределения Эрланга

$$f(x) = \lambda \frac{(\lambda x)^{n-1}}{(n-1)!} e^{-\lambda x}.$$

Если $n = 2$, то должно быть $C < 2$, если $n = 3$, то должно быть $C < 2/3$ и т.д.

Для стратегий C_2 и C_3 периодичность по минимуму трудозатрат определяется по аналогии с (5.53) - (5.55).

Некоторые условия расчета оценок $\lambda(t), H(t)$ приведены в приложении, а ограничения на константу C для различных видов распределений приведены в табл. 5.4.

Таким образом, объемы и периодичность работ технологического обслуживания задаются директивно, в зависимости от конструктивных особенностей ВС и условий его эксплуатации, а объемы и периодичность работ по контролю состояния, поддержанию и восстановлению изделий - на основе полного перечня работ, периодичность выполнения которых определяется при логических ограничениях на условия их выполнения.

**Расчетные выражения при формировании периодичности восстановления
по минимуму затрат**

Функция распределения	Экспоненциальная
Оценка $\lambda(t)$ по методу максимального правдоподобия	$\hat{\lambda} = \frac{P}{\sum_{k=1}^P t_k}$
C_1	$H(t) = \lambda t; \quad h(t) = \lambda; \quad C = 0$
$c <$	—
Функция распределения	Эрланга, $n=2$
Оценка $\lambda(t)$ по методу максимального правдоподобия	$\sum_{k=1}^P t_k - \frac{2P_1}{\lambda} + \frac{t_k}{2(1 + \lambda t_k)}$ По методу итераций Ньютона с начальной $\hat{\lambda} = \frac{P_1 + P_2}{\sum_{k=1}^P t_k}$
$C,$	$H(t) = \frac{1}{2}(\lambda t - \frac{1}{2} + \frac{1}{2}e^{-2\lambda t}); \quad h(t) = \frac{1}{2}(\lambda - \lambda e^{-2\lambda t});$ $C = \frac{1}{2}\lambda t(1 - \lambda e^{-2\lambda t}) - \frac{1}{2}(\lambda t - \frac{1}{2}e^{-2\lambda t})$
C_4	$2\lambda t + e^{-\lambda t}[(1 - \lambda t)^2 - (2 + \lambda t)\lambda t] = \frac{1 + \lambda t}{1 - C}$ при $C < \frac{1}{2}$
Функция распределения	Эрланга, $n=3$
Оценка $\lambda(t)$ по методу максимального правдоподобия	$\sum_{k=1}^P \frac{3P_1}{X} \frac{t_k + \lambda t_k^2}{1 + \lambda t_k + 0.5\lambda^2 t_k^2}$ По методу итераций Ньютона с начальной $\hat{\lambda} = \frac{2P_2 + P_1}{\sum_{k=1}^P t_k}$

Функция распределения	Экспоненциальная
C_1	$H(t) = \frac{1}{3}[\lambda t - 1 + \frac{2}{\sqrt{3}} e^{-\frac{2}{3}\lambda t} \sin(\frac{2}{\sqrt{3}}\lambda t + \frac{\pi}{3})] + e^{-\frac{2}{3}\lambda t} \times$ $\times [\frac{\lambda t}{3} \cos(\frac{2}{\sqrt{3}}\lambda t + \frac{\pi}{3}) - (\frac{\lambda t}{\sqrt{3}} + \frac{2}{\sqrt{3}}) \sin(\frac{2}{\sqrt{3}}\lambda t + \frac{\pi}{3})] = C - \frac{1}{3}$
$C <$	$3\lambda^2 t^2 + e^{-\lambda t} (2 + 4\lambda t + \lambda^2 t^2) = \frac{2 + 2\lambda t + \lambda^2 t^2}{1 - C}$ при $C < \frac{2}{3}$
Функция распределения	Вейбула
Оценка $\lambda(t)$ по методу максимального правдоподобия	$\frac{P_1}{\beta} + \sum_{k=1}^n t_k^\beta = \gamma \frac{P}{\sum_{k=1}^n t_k^\beta}; \quad \gamma = \frac{1}{2^\beta};$ $\gamma = \frac{P_1}{\sum_{k=1}^n t_k^\beta}$
C_1	$h(t) = \lambda(t) = \int_0^t h(z) \lambda(t-z) dz; \quad K(t, z) = \lambda(t - \tau);$ $K'(t, z) = K(t, z); \quad K^2(t, z) = \int_z^t K(t, y) K(y, z) dy;$ $\hat{H}(t) = d_0 t + \frac{d_1 t^2}{2} + \dots + \frac{d_n t^n}{n}$
C_4	$\psi(t) = \gamma \beta t^{\beta-1} \int_0^t e^{-\gamma t^\beta} dt - \frac{1}{1-C}$ при $P > 1$

$$P = P_1 + P_2,$$

где P_1 - количество отказов в эксплуатации;

P_2 - количество неисправностей при ТО.

5.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВЫПОЛНЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ РАБОТ НА ФОРМАХ ТОиР ВС

5.4.1. ФОРМИРОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ВЫПОЛНЕНИЯ ЦЕЛЕВЫХ РАБОТ НА ФОРМАХ ТОиР ВС

В соответствии с методом формирования режимов ТОиР, дифференцированных по наработке, перечень целевых работ, подлежащих выполнению на каждой форме ТО (или Р), определяется наработкой ВС и условиями эксплуатации. В общем случае каждой форме ТО (или Р) будет соответствовать определенный перечень целевых работ. Следовательно, возникает задача определить последовательность выполнения целевых работ на каждой форме ТО (или Р). Критериями формирования рациональной последовательности выполнения работ может быть сокращение стоимости, трудозатрат или простоев на ТОиР. Особенности условий эксплуатации ВС характеризуются, в частности, тем, что интенсивность использования парка ВС данного типа в каждом авиапредприятии определяется не только возможными абсолютными размерами потоков грузов и пассажиров, но и хозяйственными потребностями в относительном обеспечении **возможности** таких перевозок. Это обстоятельство объясняет тот факт, что для различных авиапредприятий страны среднегодовой налет на списочный ВС **типа**, может отличаться в несколько раз (см. табл. 3.3).

Следовательно, увеличение интенсивности эксплуатации ВС типа не всегда является основной задачей каждого авиапредприятия. С другой стороны, техническое обеспечение регулярной эксплуатации ВС, особенно в летний **период**, когда интенсивность эксплуатации всех типов ВС резко возрастает, в небольших авиапредприятиях возможно лишь при существующем обеспечении трудовыми ресурсами. Сокращение трудозатрат на ТОиР обеспечивает, как правило, сокращение простоев ВС и стоимости их ТОиР, приходящихся непосредственно на процессы ТОиР. Поэтому при определении последовательности выполнения работ целесообразно использовать методы **оптимизации**, позволяющие минимизировать трудозатраты на выполнение установленного перечня работ каждой **формы** ТО (или Р).

Согласно принятой классификации работ (раздел 2.1), применяемые на основе метода **ДПН** принципы размещения работ по формам ТОиР распространяются только на работы первых трех групп, а именно: возобновление неконструктивных элементов, восстановление и замена конструктивных элементов, работы по осмотру и контролю.

К таким работам относятся: контроль состояния, установление характера неисправностей, регулировка, замена агрегатов и деталей, пополнение запасов рабочих тел, очистка, мойка, восстановление покрытий и т.д. Выполнение этих целевых работ сопровождается выполнением вспомогательных работ, которыми являются: **демонтажно-монтажные**, по обеспечению **доступа**, подготовительно-заключительные, контроль функционирования систем и агрегатов после замены или **ремонта**, регулировка изделий и агрегатов.

Соотношение трудозатрат по видам работ при ремонте самолетов

Виды работ	Трудоемкость, %	
	при ремонте самолетов	при ремонте двигателей
Промывка	1	1
Разборка и очистка	10–15	5–10
Контроль состояния (дефектация)	3–4	5–9
Комплектация в сборку	2	6–8
Ремонт	50–60	50–60
Сборка	20–25	5–10
Испытания и контроль качества	3–4	10–20

Таблица 5.6

Оценки параметров α и σ распределения трудозатрат по отдельным видам работ при ремонте самолетов

Виды работ	Трудозатраты, нормочасы			
	Як-40		Ан-24	
	α	σ	α	σ
Приемка	69	7,79	49	4,58
Разборка	780	87,66	1092	64,7
Смывка ЛКП	713	81,46	781	34,57
Дефектация планера	224	24,28	304	13,89
Ремонт планера	907	51,5	1374	57,7
Ремонт оборудования	5985	206	9098	252
Сборка и регулировка	2336	104,4	4705	
Испытания и контроль качества	345	7,45	435	13,5

Из табл. 5.5 и 5.6, иллюстрирующих распределение трудозатрат при ремонте самолетов, следует, что трудозатраты на вспомогательные работы при ремонте самолетов составляют **40–50%** общих трудозатрат. Аналогичные затраты при ТО самолетов составляют соответственно **60–80%** [2].

Целевые работы, выполняемые при ТОиР ВС в соответствии с методом ДПН делятся на две группы: определяемые только интервалом наработки ВС и определяемые этапом и интервалом наработки ВС. Рассматривая ФС ВС как сово-

купность составляющих ее элементов, из (3.1) для каждого элемента можно определить верхнюю границу наработки (**ВГН**) ВС, при достижении которой **вероятность** возникновения потребности в выполнении конкретной целевой работы на данном элементе достигает заданного предела (т.е. при этой наработке ВС в данных условиях эксплуатации допускаемое минимальное значение функции надежности данного элемента **ФС** достигается с заданной вероятностью).

При заданной периодичности выполнения форм ТО (или Р) каждая из целевых работ второй группы должна выполняться на форме ТО (или Р), потребная периодичность проведения которой соответствует или непосредственно предшествует **ВГН** для данной целевой работы. Тогда будут соблюдаться требование обеспечения заданного уровня надежности и основные принципы формирования режимов ТОиР на основе метода **ДПН**. Размещенные таким образом по формам ТОиР целевые работы второй группы в сочетании с периодически повторяющимися целевыми работами первой группы составят полный перечень целевых работ каждой формы ТОиР.

ВГН для ВС в целом, по достижении которой с заданной вероятностью возникает потребность в выполнении конкретной целевой работы на элементах конструкции **планера**, определяется, согласно положениям главы 3, по результатам исследования закономерностей изменения технического состояния каждого элемента в конкретных условиях его эксплуатации. Формирование полного перечня целевых работ, подлежащих выполнению на каждой форме ТО (или Р), рассматривается в главе 4, поэтому будем считать, что перечни целевых работ каждой формы ТОиР известны.

Рассмотрим структуру формирования трудозатрат на выполнение перечня целевых работ по каждой форме ТОиР при принятых условиях. Затраты **труда**, времени и средств на поддержание исправного и работоспособного состояния ВС (в том числе однотипных) могут быть весьма различны. Величина затрат зависит от двух причин:

- от степени технического совершенства конструкций ВС в отношении их приспособленности к выполнению работ по ТОиР в процессе эксплуатации ВС;
- от условий эксплуатации, методов формирования режимов ТОиР и организации процессов выполнения работ по ТОиР в каждом авиапредприятии.

Первая причина является внешней для эксплуатирующей организации как потребителя авиатехники, а вторая причина является внутренним свойством эксплуатирующей организации и отражает структуру, организацию и процессы ТО в каждом авиапредприятии, обусловленные особенностями условий эксплуатации данного типа ВС. Предприятия разработчика и изготовителя ВС и комплектующих изделий предполагают поддерживать его надежность на требуемом уровне посредством выполнения заданных комплексов целевых работ по ТОиР в заданных условиях эксплуатации. **Для** этого обеспечивается приспособленность конструкции ВС к выполнению этих работ в определенной последовательности. Уровень приспособленности ВС к проведению заданных работ ТОиР в заданных условиях эксплуатации ВС оценивается количественно, для чего установлена

система определенных показателей, например [5], и качественно - на основе использования имеющегося опыта эксплуатации аналогичных ВС. Для **подтверждения** эксплуатационных качеств каждого типа ВС на различных этапах конструирования, изготовления, испытаний и эксплуатации выполняются определенные комплексы работ по оценке и подтверждению заданных требований. Задача определения эксплуатационных качеств ВС, отражающих его приспособленность к выполнению работ по **ТОиР**, решается в следующей последовательности:

- нормирование технических требований на данный тип ВС;
- определение программ работ, выполняемых на каждом этапе изготовления и испытаний ВС с целью достижения заданных требований;
- разработка методов оценки соответствия ВС заданным требованиям;
- проведение испытаний по подтверждению соответствия ВС заданным требованиям.

Однако любые эксплуатационные качества ВС (надежность, приспособленность к работам по ТОиР, долговечность и т.д.) проявляются, как было показано выше, в конкретных условиях эксплуатации, поэтому основной задачей каждого авиапредприятия является адаптация конструктивных качеств ВС к конкретным условиям его эксплуатации. Учитывая технологическую взаимосвязанность целевых работ, выполняемых при ТОиР любого типа ВС на различных этапах его наработки в различных условиях эксплуатации, необходимо разработать алгоритм, позволяющий определить рациональную с точки зрения трудозатрат технологическую последовательность выполнения перечня целевых работ, инцидентной каждой форме ТОиР в зависимости от конкретных условий эксплуатации каждого экземпляра ВС.

Каждая целевая работа в конечном счете связана с определенным конструктивным элементом. Совокупность конструктивных элементов любой **ФС** ВС (или совокупность конструктивных элементов, расположенных в определенной конструктивной зоне ВС - (в крыле, в приборном отсеке, в **нише** шасси и т.д.), допустимо представить как систему при существовании отношения [2]

$$S \leq OT, \quad (5.57)$$

где S - конструктивная зона как объект ТОиР над множеством **О** и **Т**;

О - множество входных объектов;

Т - множество выходных объектов.

Полагая, что (5.57) определяет процесс ТО (или Р) элементов **ФС** (зоны) как процесс функционирования, необходимо разработать информационно-логическую модель технологической последовательности выполнения целевых работ по ТОиР конструктивных элементов данной **ФС** (зоны), которая позволяла бы оценить затраты труда на выполнение совокупности целевых работ, свойственных каждой форме ТО (или Р), и выбрать оптимальную последовательность их выполнения.

Множеством входных объектов будем считать совокупность элементов **ФС** и конструкции ВС в целом, их структурные и логические соотношения, а множе-

ством выходных объектов - трудозатраты на выполнение вспомогательных работ, инцидентных каждой целевой работе, в их технологической последовательности для каждого варианта совокупности целевых работ.

Входные объекты можно описать полным взвешенным графом связей элементов [45,46,47]

$$G = (O, T), \quad (5.58)$$

в котором множество узлов соответствует элементам ФС (зоны),

$$\text{т.е.} \quad U = \{E_i^I + E_i^N; \quad G_i^I + G_i^N\}, \quad (5.59)$$

а множество дуг включает дуги вида

$$T_{ij} = \begin{cases} \alpha_i \\ \beta_i \end{cases}, \quad (5.60)$$

где $T_{ij} = \alpha_i$ - если целевая **работа**, выполняемая на элементе O_i , технологически взаимосвязана с целевой работой, выполняемой на элементе O_j ;

$T_{ij} = \beta_i$ - если выполнение целевой работы на элементе O_i не взаимосвязано с элементом O_j .

Весом каждой дуги являются м.о. трудозатрат на вспомогательные работы, обеспечивающие выполнение целевых работ на инцидентных этой дуге конструктивных элементах. Таким образом, дуги могут быть как ориентированными (если они связывают конструктивные элементы, выполнение целевых работ, на которых сопровождается выполнением общей вспомогательной работы), так и неориентированными (если выполнение целевых работ не взаимосвязано). Если все дуги, связывающие элемент O_i с другими элементами совокупности, неориентированные, то данный элемент исключается из совокупности узлов графа (5.58).

Совокупность элементов **i-й** ФС ВС образует определенное конструктивное пространство, выполнение работ в котором связано с наличием некоторых ограничений. Можно выделить два вида ограничений:

- функциональные, которые определяют последовательность выполнения целевых работ как этапов восстановления технического состояния ФС. Например, проверка функционирования системы должна производиться после замены или регулировки какого-либо элемента данной ФС;
- технологические, которые определяют возможность выполнения каждой целевой работы в конструктивном пространстве элементов **i-й** ФС. Например, контроль состояния агрегатов планера можно производить, предварительно обеспечив к ним доступ.

Поэтому характер связей между инцидентными конструктивными элементами и целевыми работами допустимо представить в виде булевого вектора

$$D_i^Y = \begin{cases} 1 & \text{ограничение есть} \\ 0 & \text{ограничения нет} \end{cases}, \quad (5.6)$$

где Y - компоненты вектора по элементам.

Тогда состав связей, обуславливающих возможность выполнения целевой работы на элементе O_i относительно элемента O_j , описывается булевым вектором D_{ij} , компонентами **которого** являются значения (5.61). Если выполнение целевой работы на элементе O_i связано с наличием нескольких ограничений, инцидентных элементам O_j ($j=1,2,...m$) данной совокупности, то булевой вектор $D_i(m)$ этой целевой работы относительно всех вспомогательных работ, связанных с этими элементами, определится как

$$D_i(m) = \bigwedge_{j=1}^m D_{ij}. \quad (5.62)$$

Если $D_i^Y(m) = 0$, то целевая работа на элементе O_i может быть выполнена при условии, что этому не препятствуют элементы других ФС ВС.

Жесткие ограничения на размещение элементов ФС в планере ВС (вследствие ограниченного объема и определенных геометрических форм планера и его агрегатов) вынуждают к плотной компоновке агрегатов и элементов нескольких ФС в каждой конструктивной зоне планера. Поэтому выполнение целевых работ на элементах одной ФС может сопровождаться вмешательством в элементы другой ФС, расположенной в данной конструктивной зоне планера ВС. В дальнейшем целесообразно рассматривать задачу оптимизации последовательности выполнения перечня работ по форме ТООР по зональному признаку расположения элементов ФС.

Для описания конструктивных элементов, технологически не связанных с выполнением целевой работы на элементе O_i , но препятствующих ее выполнению в данной конструктивной зоне, дуги, связывающие элемент O_i с этими элементами, представим в виде

$$\beta_{ij} = \begin{cases} 1 \\ 0 \end{cases},$$

где $\beta_{ij}=1$, если логическая связь инцидентных этой дуге элементов O_i и O_j препятствует выполнению целевой работы на элементе O_i . В противном случае $\beta_{ij}=0$. Весом каждой дуги будут являться затраты труда на выполнение вспомогательных работ при переходе от выполнения целевой работы на элементе O_i к выполнению целевой работы на элементе O_j . При этом необходимо каждую вспомогательную работу поставить в соответствие с инцидентными ей элементами. Если вспомогательная работа выполняется внутри конструктивной зоны планера, то инцидентные этой работе элементы определяются следующим образом. Начало дуги ставится в соответствие элементу зоны, относительно которого

выполняется данная вспомогательная работа (например, крышка люка, ШР), а окончание дуги соответствует элементу, на котором будет выполняться целевая работа. Если вспомогательная работа выполняется вне конструктивного пространства зоны (например, подготовка СНО или **КПА**, вскрытие люков), такая работа является началом любой технологической последовательности и ставится в соответствие элементу, относительно которого она заканчивается. И наконец, если целевая работа выполняется вне конструктивной зоны планера (например, лабораторная проверка агрегатов АиРЭО), начало дуги ставится в соответствие элементу зоны установки агрегатов, а ее конец - данному агрегату.

Для математической модели, определяющей последовательность выполнения целевой работы, инцидентной конструктивному элементу данной конструктивной зоны, условие возможности ее выполнения может быть выражено следующим образом:

$$[d_i^*(m) = 0] \text{ л } [\beta_{i(j)} = 0]. \quad (5.63)$$

В общем случае последовательность выполнения целевых работ представляется последовательностью узлов графа (5.58). Из технологий следует, что любая последовательность выполнения целевых работ есть простой (т.е. не пересекающийся и не ветвящийся) путь графа (5.58).

При условии, что величина средних трудозатрат на выполнение каждой целевой работы определена и не меняется при изменении последовательности ее выполнения, оптимальным по трудозатратам вариантом выполнения перечня целевых работ для конкретной формы ТО (или Р) в данной конструктивной зоне планера считается тот, который минимизирует объем вспомогательных работ. Количество возможных вариантов последовательности выполнения (n) целевых работ на данной форме ТО (или Р) в данной конструктивной зоне равно числу **перестановок**, т.е. $\kappa = n!$

Простой путь графа (5.58) является последовательностью выполнения целевых работ, если для всех узлов этого пути выполняется условие (5.63). Суммарные трудозатраты на вспомогательные работы каждого варианта определяются как

$$T_{\text{всп}(\kappa)} = \sum_{i=1}^n t^* [O_{i(j)}], \quad (5.64)$$

где $t^* [O_{i(j)}]$ - м.о. трудозатрат на вспомогательные работы, выполняемые при переходе от целевой работы O_i к работе O_j ,
 n — длина маршрута.

Оптимальный вариант:

$$T_{\text{всп}} = \min \{T_{\text{всп}(\kappa)}\} \quad \kappa = 1, \bar{n}! \quad (5.65)$$

На основе изложенного разработан следующий алгоритм поиска оптимального по трудозатратам маршрута выполнения целевых работ на каждой форме

ТО (или Р) в каждой конструктивной зоне ВС с использованием эвристического метода моделирования.

1. Из всей совокупности ЭД целевых работ данной ***i*-й** формы ТО (или Р) выделяются **n_k** работ, выполняющихся в данной конструктивной зоне ВС (в отсеке агрегатов топливной системы, в приборном отсеке, в кабине **экипажа**, в нише шасси и т.д.).

2. С помощью логического анализа содержания целевых работ выделяются функциональные ограничения на условия выполнения целевых работ на элементах каждой ***i*-й** ФС данной конструктивной зоны. Целевым работам, для которых выделены ограничения, присваиваются опорные индексы $d^r[o_j]$ ($j = 1, 2, \dots, k$).

3. Согласно классификации элементов (см. раздел 2.2) определяется полный перечень конструктивных элементов $\{E_i\}$, составляющих данную конструктивную зону, которые и представят все узлы графа (5.58). Выделяются технологические ограничения на выполнение каждой работы O_i ($i = \overline{1, n_k}$), которым присваиваются индексы $\beta_i(O_i)$ по (5.62).

4. Находятся все возможные варианты размещения работ $O(N_k)$ ($N_k = 1, 2, \dots, n_k - k$) среди опорных работ O_j при условии, что для каждого перехода от одной целевой работы к другой выполняется (5.63).

5. По (5.64) определяются трудозатраты на вспомогательные работы для каждого варианта последовательности их выполнения.

6. Выбирается оптимальный по трудозатратам вариант последовательности выполнения целевых работ (5.65).

Программа поиска оптимального варианта с применением ЭВМ была разработана и апробирована [48].

Наибольшее затруднение при расчете оптимальной последовательности выполнения целевых работ представляет оценка м.о. трудозатрат на вспомогательные работы $t^* [o_{i(j)}]$ при каждом переходе от целевой работы O_i к O_j . В общем случае для совокупности **n_k** целевых работ необходимо иметь **$n_k!$** оценок м.о. трудозатрат на вспомогательные работы. Однако наличие большого числа функциональных и технологических ограничений на последовательность выполнения работ O_i и O_j существенно сокращает объем информации, необходимой для применения предложенного алгоритма. Кроме того, как показывает практика, оптимальным вариантом последовательности выполнения целевых работ в конструктивной зоне обычно является тот, при котором достигается максимальное совмещение вспомогательных работ, являющихся общими при выполнении нескольких целевых работ. Обычно при ТО ВС число необходимых оценок м.о. трудозатрат на вспомогательные работы при выполнении перечня целевых работ конструктивной зоны не превышает **5–10**, что вполне приемлемо для практических расчетов. Следовательно, предложенный метод позволяет выбрать **рациональный** вариант последовательности выполнения любого переменного набора

целевых работ, подлежащих выполнению на данной форме ТО (или Р) в **данной** конструктивной зоне ВС.

Однако распределение целевых работ по формам ТО (или Р) только из **условия** обеспечения требуемого уровня надежности и безопасности полетов в заданных условиях эксплуатации ВС без учета эксплуатационной технологичности данного типа ВС не всегда может способствовать сокращению удельных трудозатрат на ТОиР, величина которых является основным показателем **совершенства** конструкция ВС и процессов ТОиР.

5.4.2. РАЗМЕЩЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИ **ВЗАИМОСВЯЗАННЫХ РАБОТ** ПО ФОРМАМ ТОиР ВС

После выбора оптимального варианта выполнения перечня целевых работ в заданной конструктивной зоне ВС на каждой из форм ТОиР необходимо оптимизировать совокупность таких перечней в последовательности их выполнения в процессе отработки ВС установленных ресурсов (сроков службы). Оптимальный вариант выполнения целевых работ будет представлять **однозвенную** во времени маршрутную технологию выполнения целевых работ последовательным переходом от одного конструктивного элемента к другому. При этом каждому элементу, входящему в перечень целевых работ, инцидентных этим элементам и подлежащих выполнению на данной форме ТО (или Р) в данной конструктивной зоне ВС, присваивается индекс, характеризующий место этого элемента и, соответственно, инцидентной ему целевой работы, в данной технологической цепи.

Из рассмотренных в разделе 4.1 методов формирования структуры форм ТО (или Р) следует, что каждая последующая форма ТО (или Р), в зависимости от конкретных условий эксплуатации ВС, включает определенный перечень целевых работ, выполняемых на предыдущей форме ТО (или Р) в данной конструктивной зоне ВС. В связи с этим технологическую последовательность выполнения целевых работ каждой последующей формы ТО (или Р) **можно** представить как ответвление от оптимального маршрута выполнения целевых работ предыдущей формы, начинающееся со звена определенного индекса, учитывая, что целевые работы базовой формы ТО (или Р) входят в каждую последующую форму в полном объеме. Тогда объединенная совокупность оптимальных вариантов выполнения работ в данной зоне при последовательном выполнении цикла форм ТОиР представляется как разветвленный процесс, описываемый в теории графов технологическим деревом. Каждой вершине технологического дерева и каждому узлу его ветвления соответствует конкретная целевая работа ТО (или Р), оптимальная последовательность выполнения которой определяется маршрутом от основания дерева к данной вершине, а удаление вершины от основания определяется ВГН ВС для данной работы ТО (или Р). При этом узлы разветвления маршрутов определяют места деления вспомогательных работ, общих для всех ветвей, расположенных выше данного **узла**, на вспомогательные работы, обеспечивавшие выполнение целевых работ непосредственно каждой ветви выше этого узла. При взаимной кратности потребной периодичности **вы-**

полнения всех целевых работ, находящихся на одном маршруте от основания до вершины рассматриваемой ветви **дерева**, оптимальный маршрут выполнения каждого перечня целевых работ данной конструктивной зоны для каждой последующей формы будет формироваться последовательным удлинением маршрута предыдущей формы за счет включения ветвей, более удаленных от основания дерева. Однако для технологически взаимосвязанных работ, в случае не кратности периодичности их выполнения, указанная последовательность формирования перечней целевых работ на каждой форме ТОиР не всегда будет оптимальной с точки зрения трудозатрат за период эксплуатации ВС, охватывающий полный цикл форм ТОиР. Проиллюстрируем это утверждение.

В процессе эксплуатации ВС с кессонной конструкцией крыла для выявления очагов коррозионного поражения конструктивных элементов крыла часто возникает необходимость в периодическом контроле состояния внутренней герметизации топливных кессонов крыла. С другой стороны, по условиям **усталостной** выносливости продольного силового набора крыла требуется периодический контроль стенок лонжерона крыла на отсутствие усталостных повреждений. Обе целевые работы требуют выполнения общей вспомогательной работы - вскрытия кессонов крыла. Трудоемкость выполнения каждой из указанных целевых работ по контролю состояния составляет несколько нормочасов, тогда как выполнение общей вспомогательной работы по обеспечению доступа к конструкции для проведения контроля состояния - несколько десятков или сотен нормочасов. Очевидно, что в случае взаимной не кратности ВГН самолета, определяющих периодичность выполнения данных целевых работ, проведение каждой из них будет сопровождаться выполнением указанной вспомогательной работы на разных формах. Совмещение этих целевых работ на одной форме ТО (или Р) при наработке соответствующей потребности выполнения работы с меньшей ВГН приведет к более частому, чем необходимо для обеспечения требуемого уровня безопасности полетов, выполнению другой целевой работы, но позволит сократить суммарное количество выполнения общей вспомогательной работы за ресурс (срок службы) ВС в целом. Это, в конечном счете, приведет к суммарному сокращению удельных трудозатрат на ТОиР этих элементов.

В общем случае, трудоемкость выполнения целевой работы O_i , выполняемой при ТОиР элемента ФС ВС, складывается из постоянной и переменной составляющих. Постоянная составляющая трудозатрат не зависит от технического состояния объекта обслуживания и определяется технологией выполнения целевых работ и организацией процессов обеспечения технической эксплуатации. Эта часть целевой работы неизменно выполняется в установленном порядке на каждой форме ТО (или Р), на которой выполняется заданная целевая работа. Примером постоянной составляющей трудозатрат на выполнение целевой работы являются работы, связанные с контролем состояния, измерением количества рабочих тел, вскрытием люков и т.д. В частном случае выполнение целевой работы может быть связано с наличием только постоянной составляющей **трудозатрат**. Например: **заправка, смазка**, замена агрегатов по выработке ресурса.

Переменная составляющая трудозатрат на выполнение целевой работы определяется техническим состоянием объекта и появляется с вероятностью, равной вероятности наличия потребности в выполнении данной работы, например, устранение неисправностей, ремонт, замена агрегатов по результатам контроля и т.д.

Следовательно, общую трудоемкость выполнения целевой работы можно представить как

$$T(O_i) = T_1^*(O_i) + T_2^*(O_i) \cdot P_{O_i}(\tau = t_i), \quad (5.66)$$

где $T(O_i)$ – трудоемкость выполнения целевой работы;

$T_1^*(O_i)$ – м.о. трудозатрат на выполнение постоянной составляющей целевой работы O_i ;

$T_2^*(O_i)$ – м.о. трудозатрат на выполнение переменной составляющей целевой работы O_i ;

P_{O_i} – вероятность выполнения переменной составляющей целевой работы при наработке объекта, равной t_i .

Рассмотрим простейший случай [2]. Пусть имеются только две технологически взаимосвязанные целевые работы O_i и O_j (рис. 5.5).

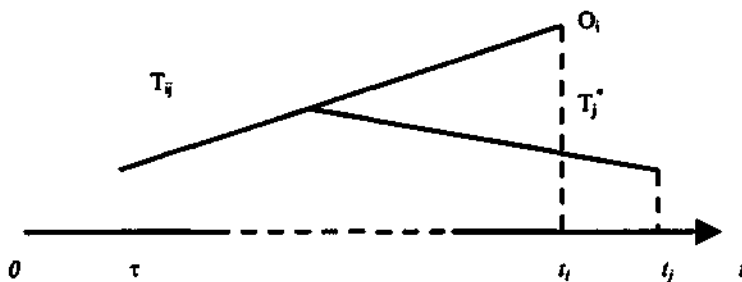


Рис. 5.5. Размещение целевых работ по формам ТОиР

Периодичность выполнения форм задана и составляет τ , а полный цикл наработки ВС, включающий все формы ТО (или Р) в соответствии с режимами ТО (или Р) дифференцированными по наработке (ДПН), равен t_n . Пусть из условий обеспечения требуемого уровня безопасности полетов определено, что работы O_i и O_j должны выполняться не реже, чем с интервалом t_i и t_j соответственно, причем t_i и t_j кратны τ , но не кратны между собой.

Пусть необходимость выполнения работы O_i повторится в пределах t_n цикла режимов ДПН n раз, а работы O_j – m раз.

Выполнение работы O_i сопровождается выполнением вспомогательной работы T_i^* , а выполнение работы O_j – вспомогательной работы T_j^* . Выполнение любой из указанных работ сопровождается выполнением общей **вспомогатель-**

ной работы T_{ij} . Тогда трудозатраты на раздельное выполнение каждой из указанных целевых работ на разных формах **ТОиР** за полный цикл режимов **ДПН** составят:

$$\begin{aligned} T(O_i) &= [T_{ij}^* + T_i^* + T_1^*(O_i) + T_2^*(O_i) \cdot P_{O_i}(\tau_i = t_i)] n; \\ T(O_j) &= [T_{ij}^* + T_j^* + T_1^*(O_j) + T_2^*(O_j) \cdot P_{O_j}(\tau_j = t_j)] m, \end{aligned} \quad (5.67)$$

где T_{ij}^* - м.о. трудозатрат на выполнение общей вспомогательной работы T_{ij} ,

T_i^*, T_j^* - м.о. трудозатрат на выполнение вспомогательных работ, свойственных непосредственно каждой из целевых работ;

n, m - целые части чисел t_n / t_i и t_n / t_j соответственно.

Суммарные трудозатраты на раздельное выполнение каждой целевой работы O_i и O_j за полный цикл режимов **ДПН** составят:

$$\begin{aligned} T_{\Sigma} &= T_{ij}^* (n + m) + [T_i^* + T_1^*(O_i) + T_2^*(O_i) \cdot P_{O_i}(\tau_i = t_i)] n + \\ &+ [T_j^* + T_1^*(O_j) + T_2^*(O_j) \cdot P_{O_j}(\tau_j = t_j)] m. \end{aligned} \quad (5.68)$$

При совместном выполнении целевых работ O_i и O_j на одной форме **ТО** (или **Р**) с периодичностью T_{ij} , равной меньшей из t_i и t_j , и учитывая, что при этом изменится вероятность выполнения переменной составляющей целевой работы O_j , имеем

$$\begin{aligned} T_{\text{общ}} &= T_{ij}^* \cdot n + [T_i^* + T_1^*(O_i) + T_2^*(O_i) \cdot P_{O_i}(\tau_{ij} = t_i)] n + \\ &+ [T_j^* + T_1^*(O_j) + T_2^*(O_j) \cdot P_{O_j}(\tau_{ij} = t_i)] n. \end{aligned} \quad (5.69)$$

Вычитая (3.35) из (3.36) получим:

$$\Delta T = T_{ij}^* \cdot m + [T_j^* + T_1^*(O_j)] (m - n) + T_2^*(O_j) [P_{O_j}(\tau_{ij} = t_j) \cdot m - P_{O_j}(\tau_{ij} = t_i) \cdot n]. \quad (5.70)$$

Если $\Delta T > 0$, то при совместном выполнении целевых работ O_i и O_j на одной форме **ТО** (или **Р**) достигается сокращение общих трудозатрат за полный цикл форм **ТО** (или **Р**) в сравнении с раздельным выполнением указанных целевых работ на разных формах при размещении этих работ по формам без учета технологической взаимосвязанности условий выполнения этих целевых работ.

Очевидно, что любое ветвление технологического маршрута выполнения целевых работ в последовательности выполнения цикла форм **ТО** (или **Р**) на основе режимов **ДПН** сводится к рассмотренному случаю или к случаю, когда одна вспомогательная работа является общей для нескольких целевых.

Перераспределение работ по формам **ТОиР** с целью сокращения суммарных удельных трудозатрат на их выполнение посредством рационального размещения технологически взаимосвязанных работ по формам **ТОиР** в каждой конструктивной зоне **ВС** производится по следующему алгоритму:

1. Определяется **последовательность** выполнения целевых работ на каждой форме ТО (или Р) в соответствии с алгоритмом, рассмотренным в разд. 5.4.1.

2. Строится технологическое дерево последовательности выполнения всех целевых работ в данной конструктивной зоне ВС за наработку ВС, равную полному циклу форм **ТОиР**. При этом весом каждой вершины и узла ветвления являются трудозатраты на выполнение непосредственно целевой работы, весом каждой ветви являются трудозатраты на выполнение вспомогательных работ, а узлы ветвления определяют общие вспомогательные работы для двух или нескольких целевых.

3. С помощью выражений (5.68) - (5.70) для каждого узла ветвления технологического маршрута определяется в направлении от вершины дерева к основанию, рациональная по трудозатратам группировка работ по формам и процедура продолжается до тех пор, пока правая часть выражения (5.70) остается положительной. При этом на каждом последующем этапе процедуры для одной из сравниваемых вершин используются результаты предыдущего.

Основанием для применения алгоритма служит всякий узел ветвления технологического **маршрута**, для любой из ветвей которого общая вспомогательная работа для выше расположенных вершин составляет 50% и более от общих трудозатрат на разовое выполнение целевой работы данной ветви.

Таким образом, в данном разделе рассмотрены процедуры формирования режимов ТОиР с учетом технологичности конструкции ВС, его систем, изделий и оборудования с целью оптимизации суммарных удельных трудозатрат на ТОиР ВС в целом.

Предложенные решения задачи обеспечивают формирование оптимальных режимов ТОиР в различных условиях эксплуатации ВС и применительно к существующим в каждом авиапредприятии организационным и технологическим условиям обеспечения технической эксплуатации ВС.

5.5. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ И ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖИМОВ ТОиР ВС

5.5.1. РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ФОРМИРОВАНИЮ РЕЖИМОВ ТОиР

Результаты предыдущих разделов данной главы обобщены в виде методологических основ формирования режимов ТОиР ВС ГА с использованием основных положений действующих нормативных и методологических документов отрасли ГА. В изложенных ниже положениях приводятся только наиболее общие принципы формирования режимов ТОиР, применимые для всех изделий АТ, независимо от их конструктивных, функциональных и технологических особенностей, которые должны учитываться при решении частных задач формирования режимов ТОиР каждого изделия в рамках общих положений.

Формирование оптимальных режимов ТОиР ВС ГА базируется на рациональном сочетании применения эффективных методов эксплуатации и стратегий восстановления для отдельных изделий при заданных ограничениях на органи-

зацию и планирование **ТОиР**, обеспечивающих реализацию режимов **ТоиР** в реальных условиях эксплуатации **ВС** и производственной деятельности авиапредприятий.

Структурная схема этапов формирования режимов **ТОиР** (рис.5.6) реализуется поблочно (рис. 5.7) в следующей последовательности блоков: выбор структуры видов и форм **ТОиР**; формирование полного перечня возможных работ **ТОиР** по каждому изделию, выбор методов эксплуатации и стратегий восстановления изделий; определение объемов и периодичности выполнения каждой работы **ТОиР**; размещение работ по формам **ТОиР**; эксплуатационная проверка и адаптация режимов **ТОиР** к реальным условиям эксплуатации.

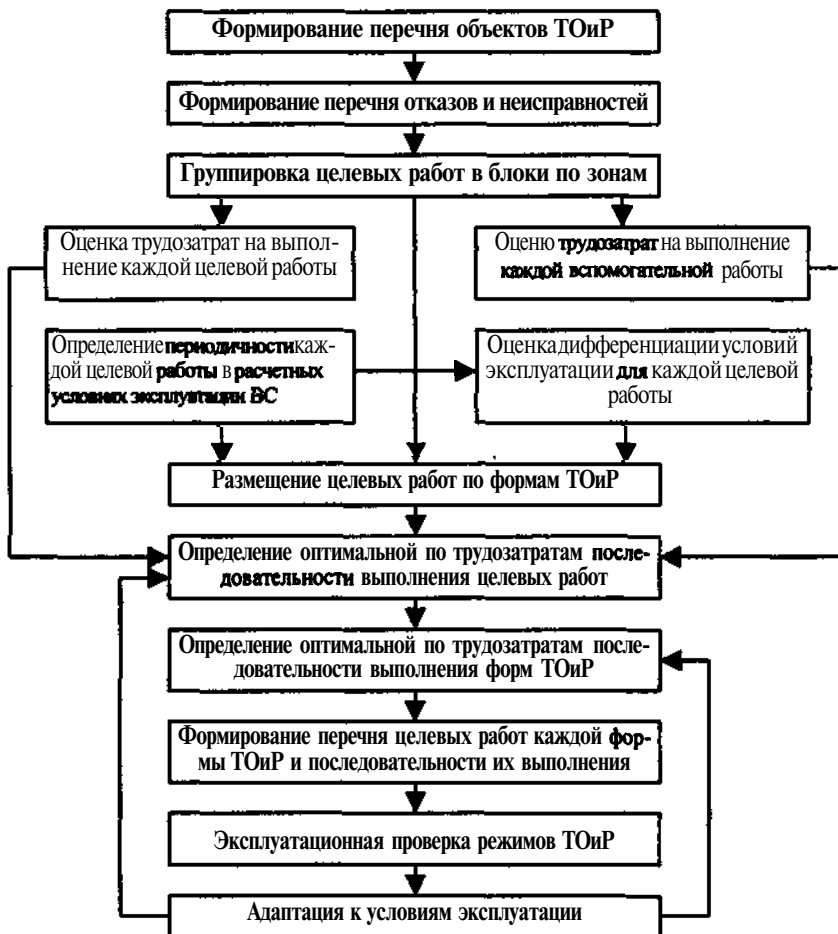


Рис. 5.6. Блок-схема работ по формированию режимов **ТОиР** **ВС**

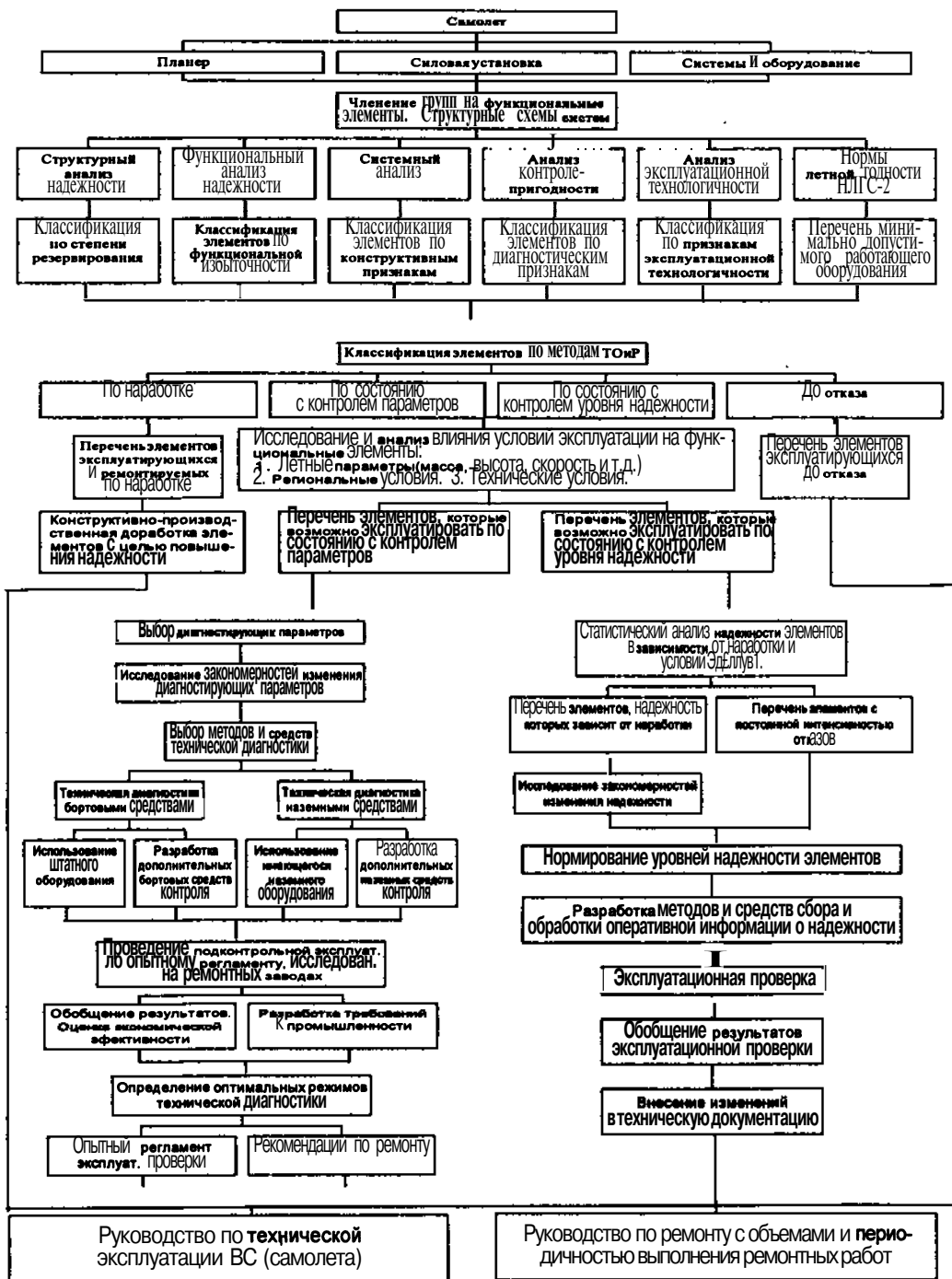


Рис. 5.7. Структурная схема работ по формированию оптимальных режимов ТОиР ВС (самолета)

Формирование блоков в их последовательности производится в соответствии с принципом оптимальности Белмана «...**некоторая** политика **оптимальна**, если в течение данного **периода**, каковы бы ни были последующие решения, решения, которые остается принять, образуют относительно результатов **предшествующих** решений оптимальную политику».

Выбор структуры видов и форм ТОиР.

При формировании режимов ТОиР изделий необходимо увязывать эти режимы со структурой видов и форм ТОиР ВС в целом, поскольку потребность в ТОиР отдельных изделий может появиться в любой произвольный момент эксплуатации ВС, а плановый принцип организации выполнения ТОиР требует группировки отдельных работ в локальные формы и виды ТОиР, назначаемые к выполнению по условиям эксплуатации, наработке, календарному сроку и т.д. Структуру видов и форм ТОиР ВС следует рассматривать как заданное внешнее ограничение на режимы ТОиР изделий, входящих в состав **ВС**.

Выбор структуры видов и форм ТОиР ВС производится директивно, на основе положений раздела 4.1 и требований нормативных документов с учетом конструктивных особенностей и условий эксплуатации данного типа ВС при следующих ограничениях:

- структура ТОиР должна соответствовать принятой для других типов ВС и оставаться неизменной на весь срок эксплуатации ВС данного типа;
- назначение работ ТОиР к выполнению базируется на принципе планирования объемов работ по этапам процесса технической эксплуатации при отработке полного ресурса (срока службы) ВС в целом;
- структура ТОиР должна обеспечивать корректировку объемов и периодичности выполнения отдельных работ ТОиР без изменения структуры ТОиР в целом для ВС;
- структура ТОиР ВС должна обеспечивать применение всех методов эксплуатации и стратегий восстановления для входящих в состав ВС комплектующих и составных частей.

Для перспективных типов ВС ГА структура ТОиР задается директивно в **ТЗ** заказчика согласно требованиям документов. **Для** эксплуатирующихся типов ВС ГА структура ТОиР корректируется по согласованию заказчика и разработчика ВС в процессе выполнения исследований по совершенствованию системы ТОиР.

Формирование полного перечня возможных работ ТОиР по каждому изделию АТ производится в соответствии с положениями главы 2 по следующему алгоритму:

- формирование перечня объектов ТОиР; формирование перечня возможных отказов и неисправностей; формирование перечней работ технологического обслуживания, контроля состояния, поддержания и восстановления надежности; формирование перечня вспомогательных работ, формирование **полного** перечня.

Перечень объектов ТОиР формируется на основе перечня изделий, агрегатов и деталей ВС по группам и категориям элементов **$E_1 - E_4$** и **$G_1 - G_4$** , выпол-

ненного до уровня сменяемых конструктивных единиц. Каждому объекту ТОиР присваивается обозначение с указанием: группы и категории, принадлежности в ФС, зоны и места расположения на ВС.

Например:

$$E_4 \frac{021.12.00}{120-4ДП}$$

обратный клапан 2509Т СКВ в люке у шп. 30 – 31 справа;

$$G_4 \frac{021.12.00}{120-4ДП}$$

соединение обратного клапана 2509Т с трубопроводом СКВ в люке у шп. 30 – 31 справа.

Перечень отказов и неисправностей составляется по каждому объекту ТОиР на основе располагаемой статистической и экспериментальной информации, а также результатов экспертной оценки в порядке вероятностей появления видов отказов и неисправностей. Неисправности неконструктивных элементов *G* уязвляются с конструктивными элементами, воздействием на которые они проявляются.

Каждому виду отказа и неисправности объекта ТОиР ставятся в соответствие работы по контролю состояния в следующей приоритетной последовательности выбора этих работ: визуальный контроль, контроль бортовыми средствами, контроль наземными средствами, контроль в лаборатории.

Каждой работе по контролю состояния ставится в соответствие целевая работа по поддержанию и восстановлению надежности изделия, устраняющая причины или последствия появления данного вида контролируемого отказа или неисправности.

Перечень работ технологического обслуживания составляют по обслуживаемым объектам ТОиР согласно классификации объектов и работ, приведенных в разделах 2.1 и 2.2.

Перечень вспомогательных работ составляют на основе перечней целевых работ и технологий их выполнения с учетом состава применяемых средств и оборудования.

Полный перечень возможных работ полностью характеризуется указанными перечнями целевых и вспомогательных работ. Оформление полного перечня целесообразно выполнять в виде бланков-карт на изделия (рис. 5.8). По каждой работе полного перечня определяют трудоемкость и продолжительность ее выполнения посредством экспертных **оценок, хронометражом** на натурном объекте или моделированием натурного объекта при следующих условиях:

- продолжительность работы, выполняемой более чем одним исполнителем, оценивается по продолжительности наиболее загруженного исполнителя;
- трудоемкость выполнения работы оценивается пооперационно как сумма затрат времени каждым исполнителем;

- трудоемкость и **продолжительность** выполнения вспомогательных работ учитывается раздельно по каждой целевой работе, независимо от технологической возможности объединения общей вспомогательной работы для нескольких целевых работ.

Выбор методов **эксплуатации** и стратегий восстановления изделий производится на основе положений разделов 5.1 и 5.2 при следующей исходной информации:

- результаты расчетов схемной надежности систем;
- статистика видов отказов изделий на этапах разработки, испытаний и эксплуатации;
- бланк-карта на изделие;
- перечень функциональных параметров, контролируемых бортовыми средствами контроля, индикации и регистрации;
- характеристики безотказности изделий в зависимости от наработки и **условий** эксплуатации;
- минимальный перечень исправного оборудования, необходимого для отправки ВС в рейс (**MMEL**);
- перечень отказов и неисправностей, с которыми разрешена эксплуатация до очередной формы ТО (или Р);
- доказательная документация по сертификации ВС.

Выбор метода эксплуатации изделия по **необходимому условию** выполняется логическим анализом для каждого вида отказа изделия по схеме (см. рис. 5.2) экспертным путем. При проведении анализа устанавливаются следующие ограничения:

- характеристики безотказности изделий рассчитываются для типовых **условий** эксплуатации;
- вероятность обнаружения отказа или неисправности изделия экипажем при выполнении обычных действий должна соответствовать эргономическим требованиям к индикации и распознаванию показаний приборов. В противном случае следует считать, что отказ или неисправность не обнаруживаются экипажем;
- дополнительными средствами контроля следует считать серийно изготавливаемые приборы и комплексы, а возможностью их включения в состав штатной **КПА** - включение в одиночный или групповой комплект согласно ТУ на поставку или наличие этих средств на других эксплуатирующихся типах ВС в предприятиях ГА;
- оценка влияния отказа изделия на безопасность полета проводится раздельно по этапам полета;
- определение вида особой ситуации по классификации **НЛГ**, к которой приводит данный вид отказа изделия, определяется экспертным путем или по результатам сертификации ВС и анализа отказобезопасности систем и **оборудования**. Если вид особой ситуации однозначно не определен или различные виды отказа изделия приводят к различным ситуациям, предпочтение отдается более опасной ситуации.

Достаточное условие для выбора метода эксплуатации изделия определяется по критериям эффективности (раздел **5.1**).

Выбор стратегии восстановления изделия по положениям (раздел 5.2) **проводится** на основе перечней работ по контролю и поддержанию состояния, их трудоемкости и продолжительности выполнения с использованием информации, использованной при выборе метода эксплуатации по одному из показателей эффективности стратегий восстановления:

- удельной трудоемкости;
- коэффициенту готовности.

Эффективность стратегий восстановления определяется наилучшими значениями принятого показателя при сравнении различных стратегий.

Выбор стратегий восстановления производится при следующих условиях:

- структура **ТОиР** задана;
- условия поддержания и восстановления надежности изделий определены;
- нормативные значения и предельные состояния изделий установлены;
- периодичность выполнения целевых работ для всех стратегий восстановления одинакова.

Определение объемов плановых работ **ТОиР** для **ВС** в целом производится отбором из полного перечня работ технологического обслуживания и работ по контролю и поддержанию состояния, инцидентных только выбранным методам эксплуатации и стратегиям восстановления.

Определение периодичности выполнения каждой работы **ТОиР** производится в соответствии с положениями раздела **5.3**.

Размещение работ по формам **ТОиР** производится для принятой структуры видов и форм **ТОиР** по выбранному критерию оптимизации согласно положениям раздела 5.4. В формы **ТОиР** включают только плановые работы.

Плановые работы технологического обслуживания формируются из соответствующего перечня работ **ТОиР** согласно принятым условиям эксплуатации **ВС** по логической схеме (рис. 5.9).

Плановые работы по контролю состояния формируются из соответствующего перечня работ **ТОиР** по логической схеме (рис. **5.10**).

Плановые работы по поддержанию и восстановлению надежности **полностью** определяются стратегией восстановления и перечнем отказов и неисправностей и формируются при следующих условиях:

- работы по восстановлению исправности изделий, снятых с **ВС** по отказу, являются внеплановыми;
- работы по устранению конструктивных и производственных недостатков изделий являются внеплановыми;
- работы по модернизации изделий являются внеплановыми.

Плановые работы **ТОиР** размещаются по формам **ТОиР** согласно их **периодичности** и условиям эксплуатации **ВС** и вносятся в соответствующие эксплуатационные и ремонтные документы.

Адаптация режимов ТОиР производится в реальных условиях эксплуатации ВС и производственной деятельности авиапредприятий с целью внесения необходимых поправок на заданные ограничения к организации, планированию и технологии выполнения работ ТОиР. Адаптация режимов ТОиР производится, как правило, на основе конкретной программы эксплуатационной проверки.

Изложенные положения методических рекомендаций базируются на практической методике, прошедшей апробацию и рекомендованной к применению в отрасли ГА.

5.5.2. ОРГАНИЗАЦИЯ РАБОТ И ИССЛЕДОВАНИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ РЕЖИМОВ ТОиР ВС В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Адаптацию режимов ТОиР ВС рекомендуется выполнять на основании результатов исследований технического состояния ВС подконтрольной группы, эксплуатирующихся по специальной программе с опережением по наработке основного парка на требуемую по условиям обеспечения своевременного выявления развивающихся неисправностей элементов конструкций и ФС величину наработки.

Однако требуемое опережение по наработке подконтрольных ВС в современных условиях коммерческой деятельности авиапредприятий и авиакомпаний обеспечить не удастся, что не позволяет обоснованно распространять результаты выполненных на них исследований на весь парк ВС данного **типа**, а дополнительные исследования на ВС основного парка резко увеличивают объемы работ и сроки реализации полученных результатов.

Кроме того формирование рациональных режимов ТОиР наряду с определением технически обоснованных объемов работ, необходимых для восстановления заданных эксплуатационных качеств ВС, требует и оптимизации периодичности выполнения работ на каждом этапе их наработки в конкретных условиях эксплуатации. Изучение технического состояния ФС и их элементов на различных этапах наработки ВС требует проведения расширенных исследований, которые, как правило, сопровождаются полной разборкой агрегатов и изделий комплектации ВС, что влияет в дальнейшем на процессы накопления и развития неисправностей этих изделий.

Отечественная практика организации работ по исследованию и разработке рациональных режимов ТОиР ВС ГА, а также изучение зарубежного опыта в этой области показывают высокую эффективность комплексных программ по формированию рациональных режимов ТОиР для определенного типа ВС. В общем случае комплексная программа должна включать следующие разделы [49]:

- цель исследований;
- задачи исследований;
- объекты исследований;
- этапы исследований и их последовательность;
- информационное обеспечение;
- результаты исследований и их оформление;
- методика проведения исследований.

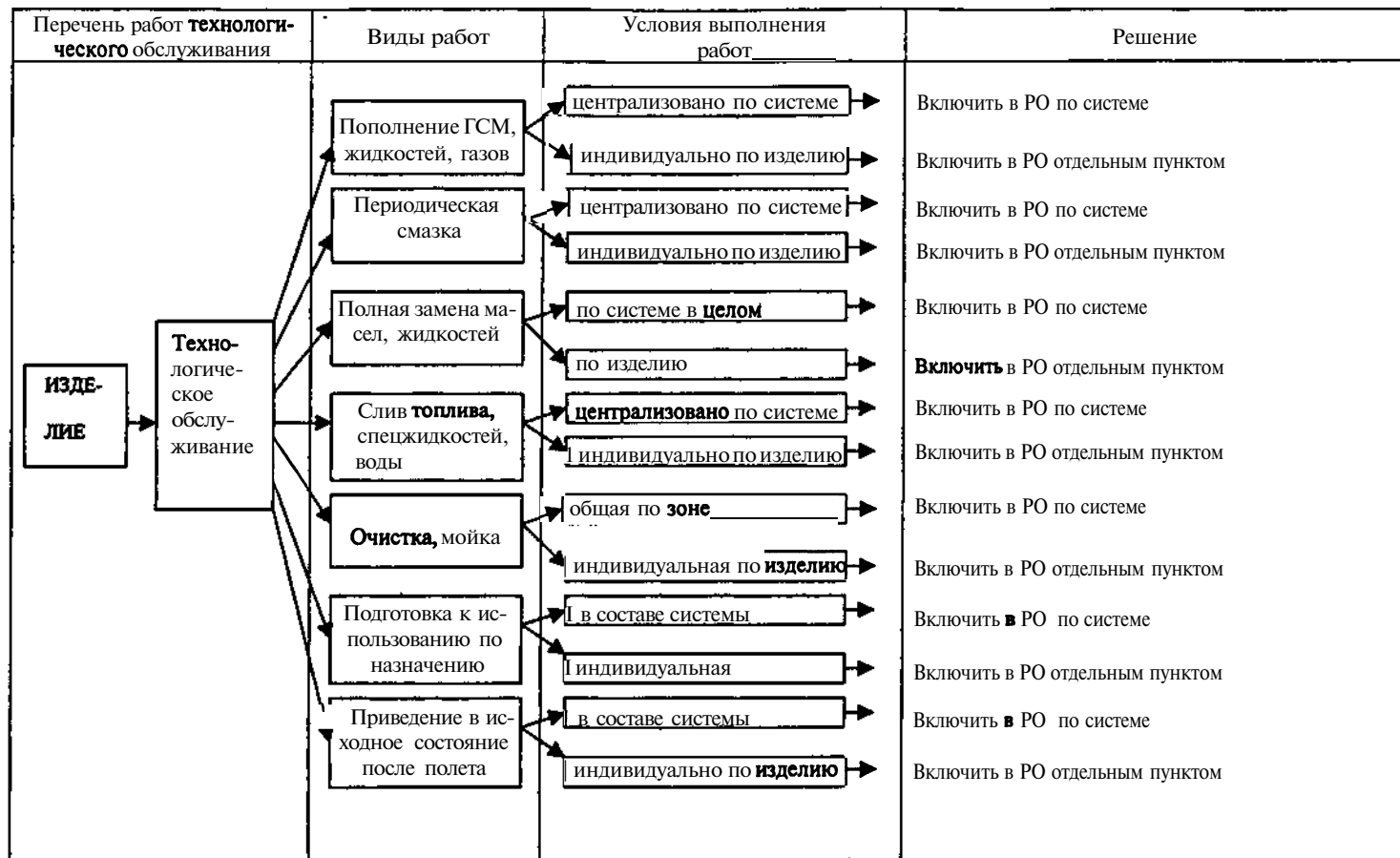


Рис. 5.9. Схема формирования регламентных работ по технологическому обслуживанию

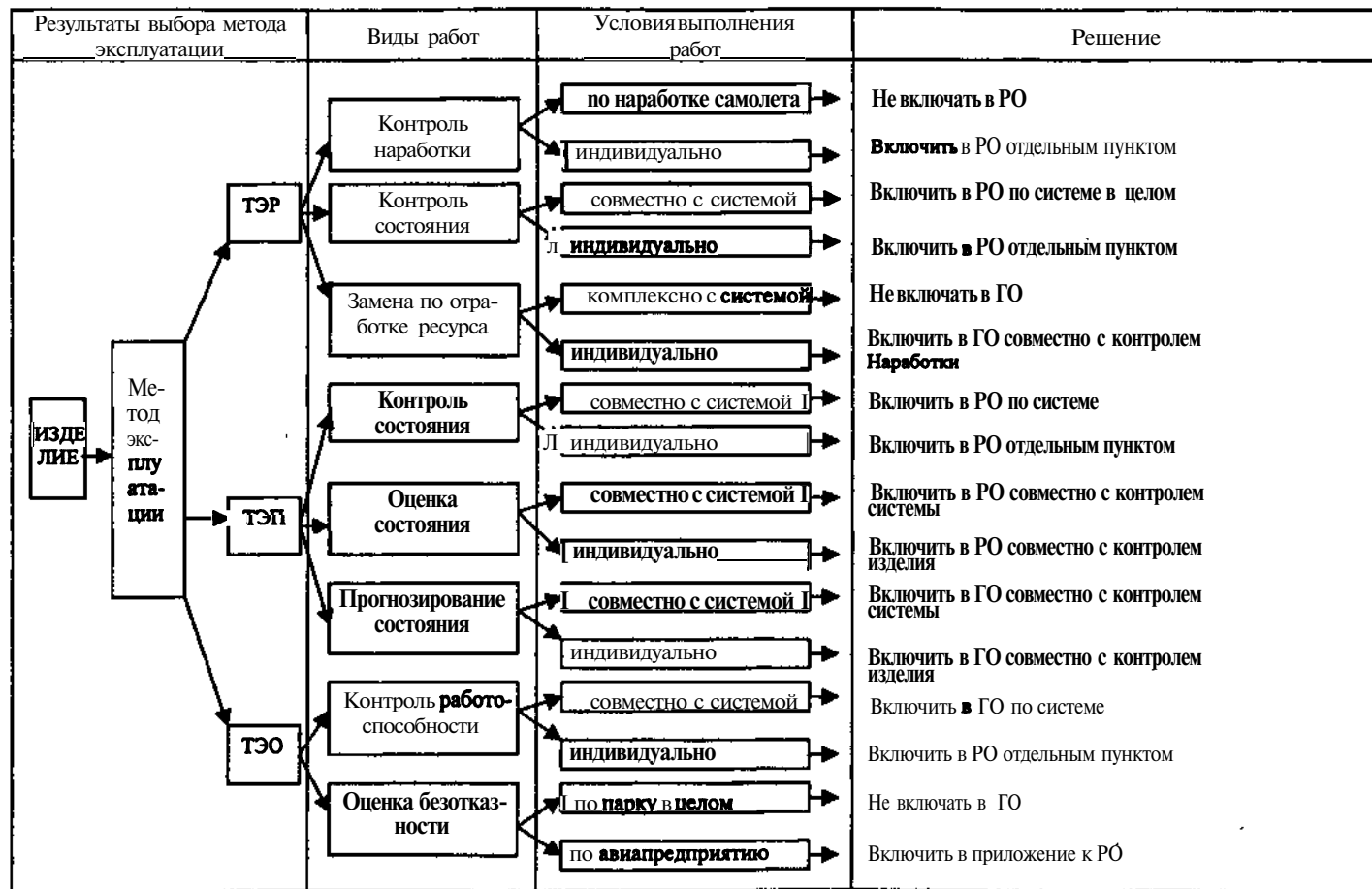


Рис. 5.10. Схема формирования регламентных работ, соответствующих методу эксплуатации

Рассмотрим содержание каждого раздела комплексной программы.

Цель исследования. В разделе указываются конкретные цели, на достижение которых по ВС в целом направлена данная комплексная программа. К их числу относятся:

- формирование режимов ТОиР ФС;
- формирование структуры видов и форм ТОиР ВС;
- достижение заданных или планируемых показателей эффективности **процессов** ТОиР;
- повышение надежности и безопасности эксплуатации парка ВС;
- внедрение прогрессивных методов эксплуатации и эффективных стратегий восстановления изделий.

Основные задачи исследования. В разделе указываются задачи, решение которых обеспечивает выполнение поставленных целей, а именно:

- определение оптимальных объемов работ, выполняемых при **ТОиР**, обеспечивающих безопасную и надежную эксплуатацию ВС при минимальных материальных затратах или простоях;
- определение оптимальной периодичности выполнения работ по ТОиР элементов конструкции **планера**, систем и оборудования ВС;
- группировка работ в формы ТОиР;
- определение ресурсов и сроков службы элементов ФС, обеспечивающих эксплуатацию ВС данного типа с требуемыми показателями надежности;
- разработка требований к промышленности по совершенствованию конструкции и повышению надежности и эксплуатационной технологичности ВС и их оборудования;
- проверка методов и средств диагностики и их внедрение на парке ВС типа.

Комплекс указанных задач определяет основной объем исследований, выполняемых в условиях эксплуатации на ВС данного типа.

Объекты исследования. В разделе перечисляются основные объекты исследований технического состояния ВС в целом, их систем и оборудования, а также исследований динамики изменения ТС ВС на всех этапах наработки и в различных условиях эксплуатации. Целевыми объектами исследований, проводимых по комплексной программе, как правило, должны являться две группы **ВС**:

1. Головная группа для подконтрольной эксплуатации формируется из нескольких ВС данного **типа**, эксплуатирующихся в различных условиях. Выбор ВС этой группы производится на основе результатов статистического эксперимента по оценке условий эксплуатации или на основании априорной информации об условиях эксплуатации в авиапредприятиях, расположенных в различных регионах. Состав ВС группы должен оставаться неизменным до отработки назначенного ресурса. В связи с этим обслуживание и ремонт данных ВС в процессе эксплуатации должен осуществляться в объемах и с периодичностью, предусмотренной для ВС основного **парка**, без выполнения дополнительных целевых или демонтажнo-монтажных работ, которые бы исказили динамику изменения ТС этих ВС.

Дополнительными работами, выполняемыми на ВС этой группы, являются работы по сбору информации о ТС, а также работы по контролю каких-либо параметров **ФС**, замер которых в процессе эксплуатации не требует дополнительных **демонтажно-монтажных** и восстановительных работ. Результаты работ по исследованию динамики изменения ТС элементов и **ФС** в процессе эксплуатации в различных условиях служат исходной информацией для последующего количественного (статистического) и качественного (инженерного) анализа ТС парка ВС данного типа.

2. Состав группы ВС для исследования ТС на АРЗ (центрах ТОиР) является переменным. На каждом этапе отработки назначенного ресурса ВС данного типа эта группа состоит из 2-3 ВС, первыми достигших предельной (для этапа) наработки с начала эксплуатации или после ремонта. Исследования на этой группе ВС проводятся с целью своевременного выявления развивающихся неисправностей и прогнозирования возможности их появления на агрегатах ВС основного парка при достижении данной наработки, а также обоснования возможности увеличения назначенных ресурсов и сроков службы. Все эти задачи связаны с увеличением периодичности ремонта или контрольно-восстановительных работ на ВС. Проведение указанных исследований связано с углубленной разборкой систем и **агрегатов** ВС, поэтому по завершении каждого этапа отработки назначенного ресурса ВС этой группы выбывают из дальнейших исследований и заменяются другими той же модификации с максимальной наработкой, которые не подвергались ранее дополнительным разборкам с заменой элементов и агрегатов.

Этапы исследований и их последовательность определяются сложившейся практикой (обычно закреплённой директивными документами) формирования рациональных режимов ТОиР ВС, в соответствии с которыми можно выделить два основных этапа:

- формирование структуры и периодичности форм **ТОиР**;
- оптимизация объемов работ, выполняемых на каждой форме **ТОиР**.

На первом этапе реализуется дифференцированный принцип построения форм **ТОиР** с заданной периодичностью их выполнения. Основу для его реализации составляет комплекс **лабораторных**, стендовых и летных испытаний и исследований по обоснованию ресурсов и сроков службы ВС (проводимых в процессе заводских, государственных и эксплуатационных испытаний и на начальном этапе эксплуатации), а также результаты качественной и количественной оценки влияния условий эксплуатации на техническое состояние **ФС** и их элементов ВС данного типа и **ВС-аналогов**. При этом учитывается, что надежность современных типов ВС в большей степени определяется конструктивными особенностями каждого типа ВС и ввиду их недостаточной изученности начальные объемы работ **ТОиР**, как правило, определяются на основе метода эксплуатации до выработки ресурса. Одновременно выполняются следующие работы:

- исследуется техническое состояние ВС группы для исследования ТС на АРЗ.

На основе результатов этих исследований и комплекса работ по исследованию и обоснованию ресурсов и сроков службы систем и агрегатов ВС с ис-

пользованием статистических методов обработки наблюдений обосновывается технический рубеж допустимого увеличения периодичности форм **ТОиР**. На основе результатов исследования ВС группы для подконтрольной эксплуатации **подтверждается** технический рубеж периодичности форм **ТОиР**;

- проводится подконтрольная эксплуатация группы ВС с поэтапным увеличением ресурсов каждому экземпляру ВС группы по результатам оценки его ТС, выполняемой согласно специально разработанной программе исследований в условиях эксплуатационного предприятия и на ремонтных заводах ГА;
- обобщаются результаты исследований и с учетом условий эксплуатации разрабатываются мероприятия, обеспечивающие надежную эксплуатацию ВС данного типа с измененной периодичностью форм **ТОиР**;
- вводится измененная структура и периодичность форм **ТОиР** для всего парка ВС данного **типа**, в том числе и для ВС группы подконтрольной эксплуатации.

На втором этапе формируются рациональные объемы форм **ТОиР**, определяемые дифференцированным методом их построения. Формирование рациональных объемов осуществляют после тщательного изучения условий эксплуатации и их влияния на изменение технического состояния **ФС** и базовых элементов конструкции на основе целевых лабораторных и стендовых испытаний агрегатов и узлов, ресурсных испытаний, исследования динамики изменения ТС ВС подконтрольных групп.

Информационное обеспечение. Основным источником целевой информации о ТС ВС и их оборудования, необходимой для формирования рациональных режимов **ТОиР**, являются результаты работ, проведенных на подконтрольных группах ВС. Однако на различных этапах формирования и адаптации режимов **ТОиР** используются результаты, полученные при расчетах надежности **ФС**, лабораторных и стендовых **исследований**, ресурсных испытаний агрегатов и систем, летных экспериментов. Схема источников информации приведена на рис. 5.11 – 5.12.

Необходимо отметить, что несмотря на кажущуюся многочисленность подконтрольных групп ВС, их эксплуатация не вызывает каких-либо затруднений в производственной деятельности авиапредприятий, т.к. все ВС эксплуатируются без ограничений в целевом использовании.

Предприятие-разработчик ВС в соответствии с требованиями нормативных документов имеет или дополнительно разрабатывает доказательную документацию, необходимую для реализации второго этапа формирования программы **ТОиР**:

- расчет схемной надежности систем ВС;
- перечень агрегатов, при отказе которых не обеспечивается безопасность полетов;
- перечень агрегатов, отказ которых не создает аварийной ситуации;
- перечень допустимых отказов и неисправностей, при наличии которых разрешается вылет до базового аэропорта или эксплуатация ВС до очередной периодической формы **ТО**;

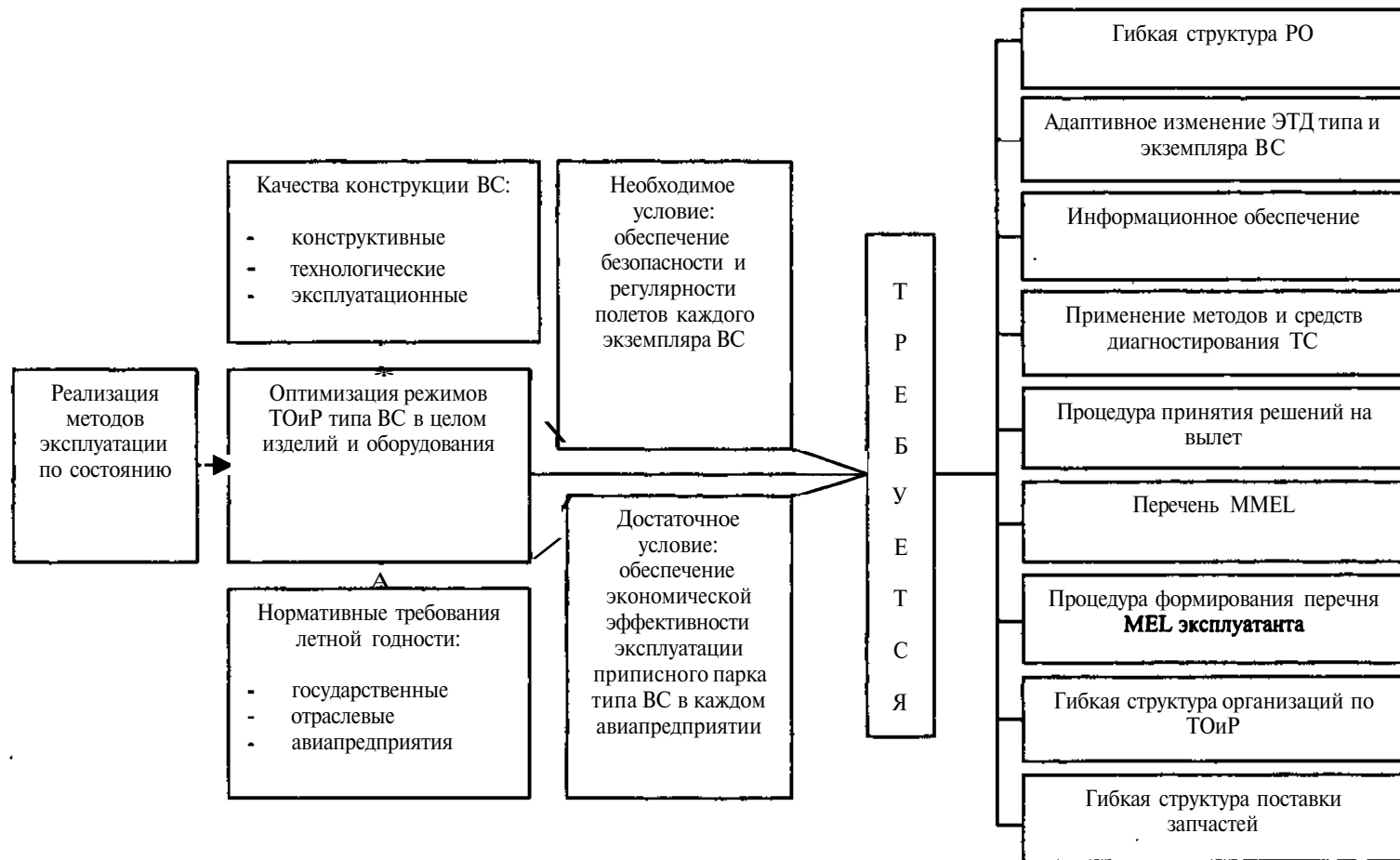


Рис. 5.11. Укрупненная схема технического обеспечения реализации методов в эксплуатации по состоянию

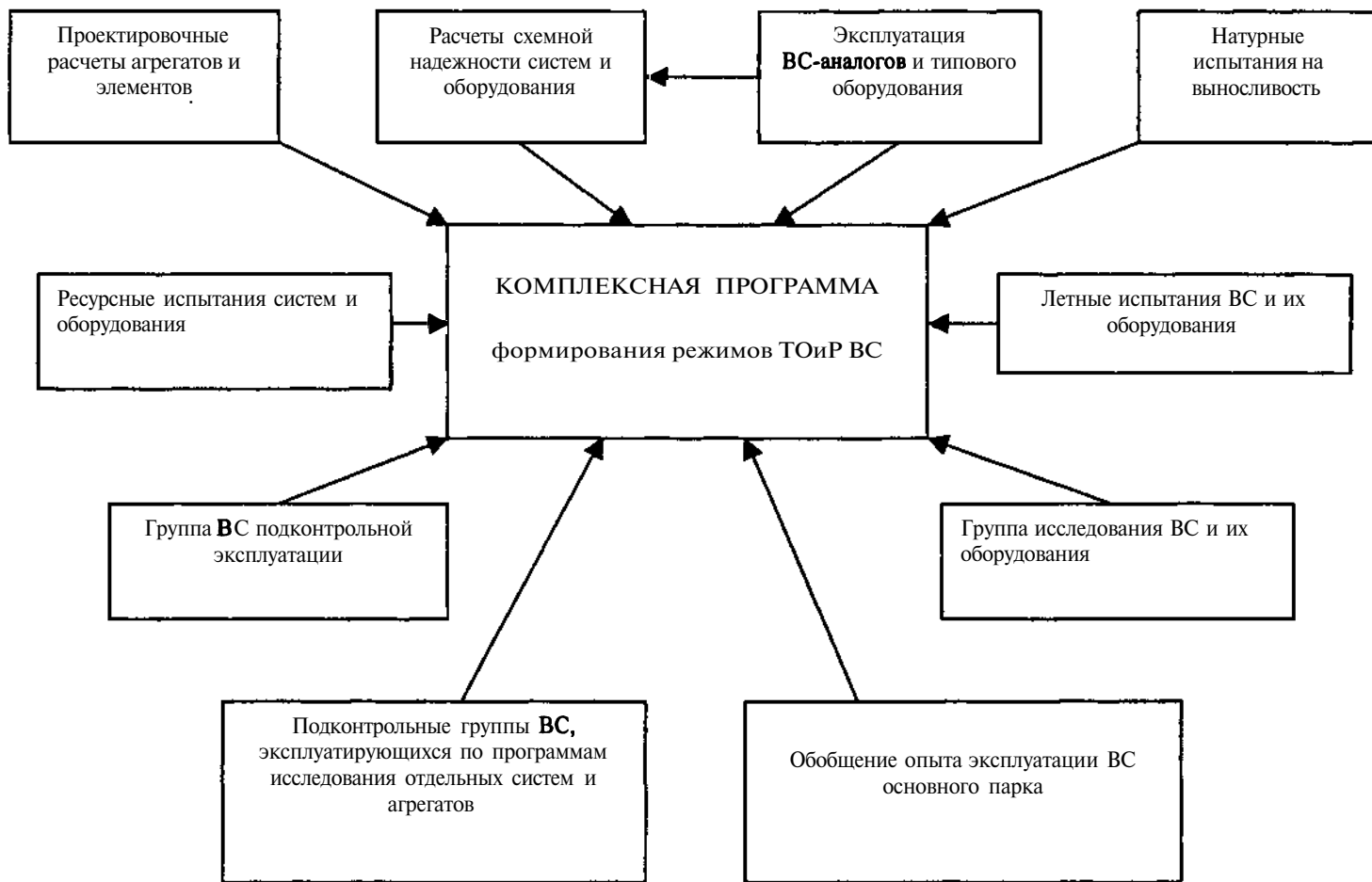


Рис. 5.12 Схема информационного обеспечения комплексной программы формирования режимов ТОиР ВС

- перечень агрегатов, отказ которых влечет отмену или задержку рейса (устранение неисправности занимает больше времени, чем продолжительность формы ТО - подготовка ВС к повторному вылету);
- перечень операций контроля, выполняемых на ВС головной группы в полете;
- перечень параметров системы и агрегатов, измеряемых при ТО подконтрольных групп ВС;
- перечень элементов конструкции, дополнительно контролируемых на ВС подконтрольной группы при ТОиР;
- обобщение опыта эксплуатации парка ВС.

Результаты исследований. По завершении отдельных комплексов исследований в согласованные сроки и этапы работ, определяемые совместными планами, участники работ разрабатывают:

- структуру и периодичность форм регламента ТО;
- структуру и периодичность ремонтных форм или контрольно-восстановительных работ (**КВР**);
- предложения по изменению объемов и периодичности выполнения работ по ТОиР отдельных систем и агрегатов в зависимости от условий эксплуатации;
- перечни агрегатов и комплектующих изделий, сгруппированных по методам эксплуатации;
- предельные уровни надежности и значений диагностирующих параметров систем и агрегатов;
- режимы технической диагностики систем и агрегатов, соответствующие структуре и периодичности форм ТОиР;
- технические задания на создание дополнительных средств технической диагностики и контроля ТС;
- требования к промышленности по техническому совершенствованию конструкции агрегатов и систем;
- требование к промышленности по улучшению эксплуатационной **технологичности** конструкции ВС и его систем.

Реализация комплексной программы формирования режимов ТОиР позволяет эффективно совершенствовать режимы ТОиР ВС, координируя программы исследований, выполняемых по отдельным системам и элементам, и сроки их выполнения. В силу многочисленности предприятий и организаций, занимающихся вопросами совершенствования авиатехники и методов ее эксплуатации, их ведомственной разобщенности и с учетом различия форм собственности отсутствие комплексной программы приводит к организационным противоречиям при решении указанных задач. Очевидно, если для данного типа ВС на ближайший период эксплуатации решается задача увеличения периодичности выполнения форм ТОиР, а по каким-либо агрегатам или системам данного типа ВС в это время решаются задачи сокращения объемов работ форм ТОиР при существующей периодичности их выполнения, то при увеличении периодичности форм ТОиР их объемы не могут быть сокращены без оценки реализации требования

об обеспечении минимального допустимого уровня надежности ВС в любых условиях эксплуатации, как это показано в разделе **3.1**.

Таким образом, в данной главе рассмотрены основные задачи и методы их решения при формировании режимов ТОиР ВС в целом, его функциональных систем, изделий и оборудования, включая теоретическое, методическое и организационное обеспечение выбора и оптимизации режимов ТОиР. Информационное обеспечение этих задач и технической эксплуатации в целом при формировании ЭТХ ВС в процессе технической эксплуатации рассмотрено ниже.

6. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

6.1. СТРУКТУРНАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВС

Эксплуатация ВС реализуется последовательной сменой организационных и технических состояний процесса эксплуатации ($\Pi_{\text{э}}$), исследование и анализ которого выполняются статистическими методами [12]. Процесс эксплуатации ($\Pi_{\text{э}}$) включает технические состояния ВС, связанные с объективными закономерностями изменения технических качеств ВС как объекта эксплуатации, и организационные состояния, определяющие субъективный процесс организации и планирования использования ВС. Объективный процесс технической эксплуатации ($\Pi_{\text{тэ}}$) реализуется в системе ТООР, которая не включает организацию и планирование эксплуатации и представляет совокупность взаимосвязанных элементов: ВС, средств ТООР, исполнителей и устанавливающей правила их взаимодействия документации для поддержания надежности и готовности ВС к полетам. Эффективность системы ТЭ определяется затратами труда, времени и средств, необходимых для обеспечения требуемых уровней надежности и готовности ВС в ожидаемых условиях эксплуатации. Таким образом, для анализа системы ТЭ необходимо из $\Pi_{\text{э}}$ выделить объективный $\Pi_{\text{тэ}}$, параметры которого и определяют эффективность системы ТООР.

В системе ТЭ реализуются два процесса:

1. Процесс изменения технического состояния АТ на последовательных этапах жизненного цикла ВС с начала эксплуатации и до списания ($\Pi_{\text{тс}}$);
2. Процесс последовательной смены организационных состояний ВС в эксплуатации ($\Pi_{\text{тэ}}$).

Задача информационного обеспечения в системе ТЭ заключается в определении количественных характеристик указанных процессов и формировании информационного процесса ($\Pi_{\text{иу}}$), устанавливающего соответствие между техническими и организационными состояниями ВС:

$$\Pi_{\text{иу}ij} = \Pi_{\text{тс}i} \in \Pi_{\text{тэ}j} \text{ при } i \in \{j\} \quad (6.1)$$

Техническим состоянием ВС в процессе эксплуатации возможно управлять следующими способами:

- изменением условий эксплуатации (уровней функциональных и региональных факторов) - $\Pi_{\text{тс}(\text{у})}$;
- изменением конструкции систем, изделий и оборудования — $\Pi_{\text{тс}(\text{д})}$;

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

Изменение реальных условий эксплуатации ВС и, соответственно, их систем, изделий и оборудования связано с введением эксплуатационных ограничений, что сужает эксплуатационные допуски и область применения ВС по назначению. Такое направление по управлению техническим состоянием ВС 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 ситуациям в полете в реальных условиях эксплуатации данного типа ВС. Процесс $\Pi_{ТС(У)}$ в этом случае изменяется скачкообразно и управляющим воздействием $\Pi_{ТЭ}$ возвращается к положению до скачка.

Изменение конструкции проводится с целью адаптации ВС к реальным условиям эксплуатации таким образом, чтобы расширить область применения ВС и устранить причины появления нерасчетных изменений технического состояния конкретных изделий. Такое управление процессом $\Pi_{ТС(Д)}$ 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 ТЭ управление ТС реализуется путем выполнения работ ТОиР в 2-х состояниях технической эксплуатации $\{\Phi_i\}$. Согласно разделу 4.3 любая последовательность технических состояний ВС между полетами описывается простыми путями ориентированных графов S и S_1 (рис. 6.1 и 6.2). Узлы (Φ_i) графа S представляют плановые состояния ТОиР ВС, а узлы $(\Phi_{i'})$ графа S_1 представляют внеплановые технические состояния ВС.

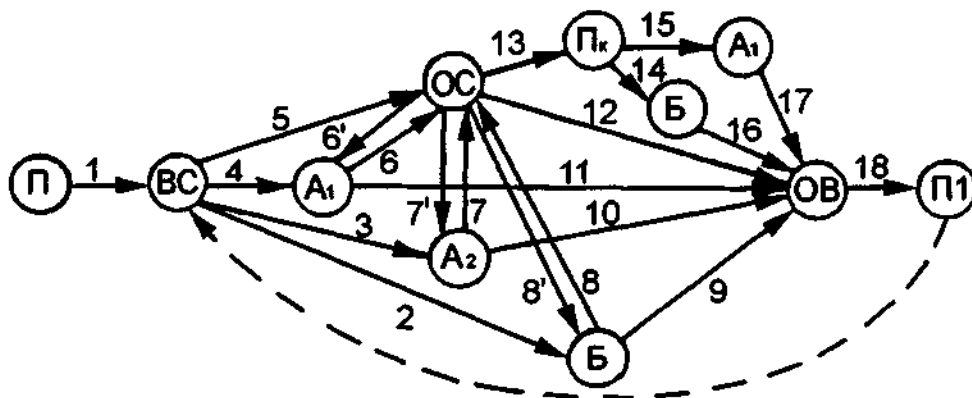


Рис. 6.1. Граф плановых состояний ТОиР самолета S :

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

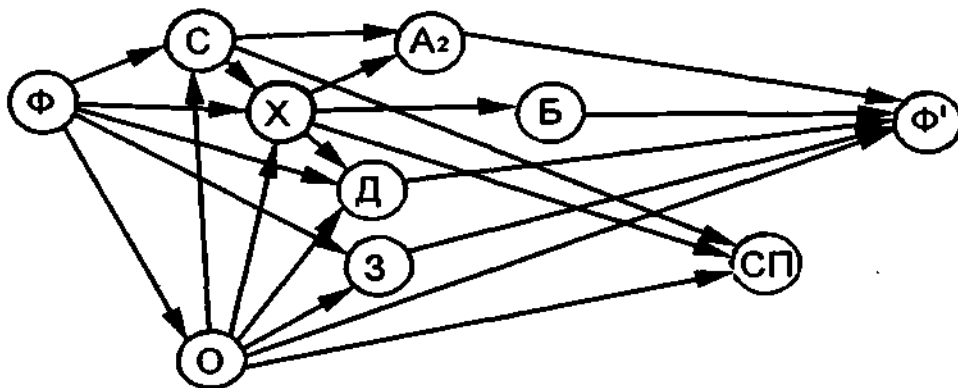


Рис. 6.2. Граф неплановых состояний ТОиР самолета S_1 :

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

Процесс технической эксплуатации полностью определяется множеством $\{\Phi_i, \Phi_{ii}\}$ узлов графов S и S_1 , каждый из которых описывается параметрами распределения множеств $\{t_i\}$, $\{t_{ii}\}$ времени нахождения ВС 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.

Нужно отметить, что РО некоторых типов самолетов не соответствуют требованиям стандарта на регламент ТО и включает в себя формы оперативного ТО под другими обозначениями. Так, для самолетов Ан-24, Як-42 названные формы оперативного ТО обозначаются буквами русского алфавита от А до Ж. Для описания различных соответствий ВС в течение летного дня можно получить следующий граф состояний (рис.6.3), который несколько отличается от приведенного на рис. 6.1, а именно - в его структуру введено организационное состояние «ПС», определяющее подготовку ВС в начале летного дня после стоянки.

В реальных условиях эксплуатации ВС плановое управление техническим состоянием ВС, 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 ВС в целом и всех его изделий в совокупности. Реализация планового процесса $\Pi_{ТС(ТОиР)}$ определяет и реализацию постоянной составляющей процесса $\Pi_{ТЭ}$.

В общем случае в эксплуатации реализуется процесс:

$$\Pi_{ТС} = \Pi_{ТС(y)} + \Pi_{ТС(d)} + \Pi_{ТС(ТОиР)}. \quad (6.2)$$

Переменные составляющие $\Pi_{ТС(y)}$ и $\Pi_{ТС(d)}$ определяют случайные отклонения процесса $\Pi_{ТС}$ от его стационарного значения $\Pi_{ТС(ТОиР)}$, тогда процесс $\Pi_{ТС}$ в целом можно описать моделью

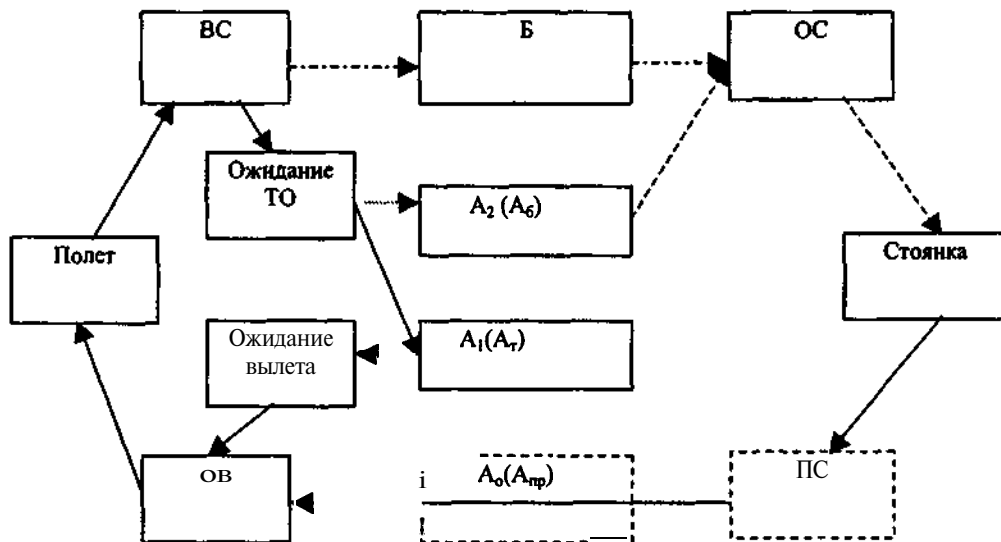


Рис.6.3. Граф состояний самолета в течение летного дня

$$\Pi_{TC} = \Pi_{TC(TO_{np})} t^{\alpha} + z\{\Pi_{TC(y)}(t); \Pi_{TC(d)}(t)\}. \quad (6.3)$$

Значение функции $z(u)$ и ее характеристики определяются случайными моментами времени τ_i появления опасных неисправностей ВС при развивающихся повреждениях или их мгновенном появлении при эксплуатации за пределами j -мерной $\{D_{vj}\}$ области определения условий эксплуатации (раздел 3.1).

Стационарный процесс $\Pi_{TC(TO_{np})}$ описывается графом связей S , в узлах $\{\Phi_i\}$ которого осуществляется мгновенный переход состояний. Узлы графа S в общем случае имеют вид (см. рис. 6.1) и определены в разделе 4.1.

Процесс ПЩТОИР 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 (6.3) и приводит к дополнению от любого узла графа S (кроме Π_k) простого пути ориентированного графа S_1 , причем, если граф $S \setminus$ реализуется по пути, заканчивающемся A_2 или Б, то путь графа S продолжается от соответствующих состояний если S_1 реализуется окончанием Π_1 , то граф S реализуется полным повторением, а в остальных случаях после реализации графа S_1 граф S реализуется от узла ОС (см. рис. 6.2).

Таким образом, процесс Π_{TC} характеризуется семью плановыми организационными состояниями, определяющими последовательную подготовку ВС к использованию по назначению (причем, состояние Π_k определяет целый комплекс периодических форм, различных по объемам работ, но общих по назначению), шестью неплановыми состояниями, определяющими процесс нарушения регу-

лярной эксплуатации по техническим или организационным причинам, и состоянием использования по назначению. Исследование процесса Π_{TC} , выполняемое статистическими методами [5], 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 ВС на основе следующих результатов опыта эксплуатации:

Состояние полета - (**П**). Значения частоты и параметров состояний «полет» (состояний **П**) изменяются по годам эксплуатации ВС, авиапредприятиям, в зимний и летний периоды эксплуатации, соответственно, изменяются и параметры P_i и π_i , вложенной цепи состояний графа S . **Так**, интенсивность попадания самолета **Ил-86** в состояние **П** изменяется в 2 и более раз по годам эксплуатации и сезону (рис. 6.4). Поскольку реализованные пути графа S соединяются состояниями **П**, то параметры $P_{(П)}$ и $\pi_{(П)}$ этого состояния определяют и параметры остальных состояний графа S . Продолжительность нахождения ВС в отдельном состоянии **П** относительно **конкретного j-го** маршрута имеет эффективную оценку среднего ($\bar{t}_{Пj}$) при $\sigma(t_{Пj}) < 0,05t_{Пj}$, однако относительно всех маршрутов полета для каждого авиапредприятия $\sigma(t_{П}) \geq 0,2\bar{t}_{П}$ соответственно, при уровне значимости 0,99 вероятность нахождения ВС в состоянии Π_i заданной продолжительности ($t_i = T$) будет $P(t_i - T) \leq (0,05 + 0,1)P_{П}$, причем, $P_{(П)}$ изменяется от 0,05 до 0,3 в зависимости от этапа эксплуатации, сезона года и авиапредприятия базирования ВС.

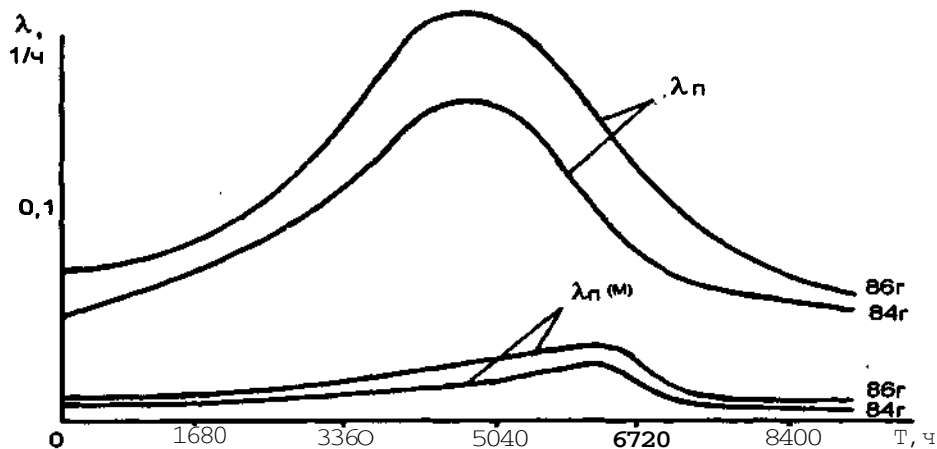


Рис. 6.4. Интенсивность попадания самолета Ил-86 в состояния эксплуатации в течение года:

$\lambda_{П}$ - интенсивность попадания в состояние «полет»;

$\lambda_{П(м)}$ - интенсивность появления задержек вылета по метеоусловиям

В реальных условиях эксплуатации ВС, определяемых маршрутами полетов, расписанием и количеством ВС в данном авиапредприятии, оптимизация ПТЭ может быть достигнута путем локальной оптимизаций параметров каждого состояния Φ_i , в жестких связях ориентированных графов S и S' .

Характеристика параметров состояний Φ_i .

Состояния ВС и ОВ взаимосвязаны между собой через состояние П и имеют равную частоту $\pi_{\text{ВС}} = \pi_{\text{ОВ}}$ появления, а $P_{(\text{ОВ})}$ и $P_{(\text{ВС})}$ определяются распределениями $\{t_{\text{ОВ}}\}$ и $\{t_{\text{ВС}}\}$, значением $\pi_{\text{П}}$ и параметрами нормального распределения $\{t_{\text{П}}\}$. Распределения $\{t_{\text{ОВ}}\}$ и $\{t_{\text{ВС}}\}$ имеют эффективную оценку средних $\bar{t}_{\text{ОВ}}$ и $\bar{t}_{\text{ВС}}$ при $\alpha < 0,05$, поэтому $P_{(\text{ОВ})}$ и $P_{(\text{ВС})}$ с достоверностью $P = 0,99$ могут быть получены через параметры состояния П. Состояния ВС и ОВ не связаны с техническим состоянием конкретного ВС и определяются постоянным составом работ ТОиР. При обнаружении на ОВ неисправности, воздушное судно переводится из состояния ОВ в состояние ВС с частотой, равной отменам вылета по техническим причинам с изменением вероятностей перехода из состояния ОВ в П. Поскольку состояние П в производственной деятельности **АТБ** считается от начала загрузки ВС до окончания выгрузки, а ОВ и ВС выполняются именно в эти периоды, то продолжительность ОВ и ВС не включается в продолжительность реализации простых путей графа S .

Состояние ОС является промежуточным между ОВ и ВС, причем частота этого состояния определяется организацией и планированием ТОиР ВС **парка**, их использованием по назначению и ограничениями на применение по назначению, по климатическим и техническим причинам. Состояние ОС определяет ожидание неисправным ВС ТОиР или ожидание ОВ в исправном состоянии.

Состояния «оперативное техническое обслуживание А|, **A₂**, и Б» связаны с продолжительностью полетов ВС каждого авиапредприятия и количеством полетов, т.е. годовой наработкой на каждый экземпляр ВС данного типа. Частота появления состояний **A₁**, **A₂** и Б в сумме всегда равна частоте состояний ВС или ОВ при регулярной эксплуатации ВС. При перерывах в **эксплуатации**, частота состояний **A₁**, **A₂** и Б увеличивается на величину, определяемую качеством планирования ВС к использованию по назначению, сроками перерывов в эксплуатации и сроками действия форм А|, **A₂** и Б.

Состояния А|, **A₂** и Б определяются параметрами распределения $\{t_{\text{П}}\}$ и $\pi_{\text{П}}$. При регулярной эксплуатации и правильном планировании использования ВС $\pi(\text{A}_1) + \pi(\text{A}_2) + \pi(\text{Б}) = \pi(\text{П})$, так как в пределах диспетчерского планирования ПТЭ является стационарным. Трудоемкость работ ТОиР, выполняемых в состояниях А|, **A₂** и Б, определяется постоянной и переменной составляющими (раздел 5.4). Поскольку около 80% всех неисправностей ВС устраняется в состояниях **A₁**, **A₂** и Б, в том числе все неисправности, приводящие к задержкам **вылета**, переменная составляющая трудоемкости ТОиР в этих состояниях составляет примерно 30% постоянных работ ТОиР и определяет параметры распределения времени $\{t_i\}$ нахождения ВС в этих состояниях.

Частота появления состояний Π_k ($k=1,2,\dots,n$) полностью определяется эксплуатацией ВС, т.е. параметрами $\{t_{\Pi}\}$ и $\pi_{(\Pi)}$, прямо связана с интенсивностью эксплуатации ВС и их количеством. Трудоемкость работ ТООР, выполняемых в состояниях Π_k , также определяется постоянной и переменной составляющими, однако относительная величина переменной составляющей не более 10% от постоянной и не определяет параметры распределения $\{t_{\Pi k}\}$.

Для дуг графа S по количеству передаваемых состояний справедливы соотношения (см. рис. 6.1).

$$\begin{aligned} \Pi_1 &= \Pi_2 + \pi_3 + \pi_4 + \pi_5 = \pi_9 + \pi_{10} + \pi_{11} + \Pi_2 + \pi_{13} = \pi_{18} \\ \pi_5 &= \pi_6 + \pi_7 + \pi_8 = \pi_{13} + \pi_{12} + \pi_8' + \Pi_1' + \pi_6'; \quad \pi_4 + \pi_6' = \pi_6 + \pi_{11}; \\ \pi_3 + \pi_7' &= \pi_7 + \pi_{10}; \quad \pi_2 + \pi_8' = \pi_8 + \pi_9; \quad \pi_{14} = \pi_{16}; \quad \pi_{15} = \pi_{17}; \quad \pi_{13} = \pi_{14} + \pi_{15}, \end{aligned}$$

из которых при известных $P_{(\Pi)}$, $\{t_{\Pi}\}$ и $\pi_{(\Pi)}$ определяются частоты π_i всех состояний графа S .

При регулярной установившейся эксплуатации, с выполнением каждым ВС хотя бы одного полета в сутки, частота некоторых состояний определится следующим образом:

$$\pi_{(\Pi k)} = \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^n t_{\Pi i}, \quad \pi_{(B)} = \frac{T_p n}{T_B} - \pi_{(\Pi k)}; \quad (6.4)$$

$$\pi_{(A2)} = T_p n - \pi_{(B)}; \quad \pi_{(A1)} = \pi_{(\Pi)} - \pi_{(A2)} - \pi_{(B)}$$

где T_p - рассматриваемый календарный интервал времени (в пределах действия расписания);

τ - периодичность выполнения формы;

$t_{\Pi i}$ - наработка i -го ВС за период;

n - количество ВС типа;

T_B - установленная календарная периодичность формы Б.

Среднее время нахождения некоторых типов ВС в состояниях Φ_i (в процентах годового фонда времени) за 1985 г. приведено в таблице 6.1, причем состояние П включает время загрузки - разгрузки ВС. (Примечание: статистические данные приведены за 1985 г. в период интенсивного развития отрасли ГА. После 1991 г. в связи с резким снижением интенсивности использования ВС статистический анализ несостоятелен).

Частота попадания ВС в состояния графа S в 1,5-3 раза меньше частоты задержки вылета по метеоусловиям (см. рис. 6.3), что не позволяет с требуемой достоверностью прогнозировать эти состояния в плановой деятельности авиапредприятия.

Распределение времени нахождения ВС в состояниях технической эксплуатации, % годового фонда времени

Тип ВС	Состояния технической эксплуатации								
	П	ОВ+А ₁ +А ₂ +ВС	ОС	П _к +Б	С	Д	З	СП	О+Х
Як-40	27,5	5,2	52,7	8,0	0,4	1,2	1,9	0,5	1,8
Ту-134	41,5	6,8	34,2	11,2	1,2	1,1	1,0	0,2	2,6
Ил-62	35,3	4,8	28,1	17,2	0,2	2,4	7,9	0,1	3,2
Ту-154	39,0	6,7	23,3	13,2	1,0	5,0	9,3	0,1	1,7
Як-42	27,2	6,3	35,9	17,2	3,8	1,9	ОД	—	7,5
Ил-86	23,5	7,8	26,3	14,8	0,5	14,6	8,4	—	3,1

Основными параметрами состояний графа S для авиапредприятий являются продолжительность и трудоемкость работ **ТОиР**. Продолжительность каждого состояния определена технологическими **графиками**, т.е. является величиной постоянной для планирования, а дополнительная продолжительность работ по устранению неисправностей сказывается только на форме **А₁**, не имеющей резерва времени. Аналогичное положение и по трудоемкости работ, которая постоянна для состояний ОВ, ОС и ВС, для состояний **А₁**, **А₂** и Б в среднем выше плановой на 30%, а для **П_к** – на 10%.

В общем случае вероятность попадания ВС в Φ_i -е состояние графа S определяется выражением

$$P(\Phi_i) = K f_i \int_{\Gamma}^{\Gamma_2} \lambda_{\Pi}(t) dt, \quad (6.5)$$

где f_i – функция связи i -го состояния с состоянием П;

$\lambda_{\Pi}(t)$ – интенсивность попадания ВС в состояние П ;

$\Delta \Gamma = T_2 - T_1$ – календарный интервал времени;

K – региональный коэффициент для t_i ,

а полная вероятность реализации процесса **ПТЭ** между полетами равна сумме вероятностей $P(S)$ и $P(S_1)$ реализации графов S и S_1 .

Таким образом, **ПТЭ** допустимо рассматривать как заданную последовательность реализации простых путей графа S с детерминированными параметрам продолжительности и трудоемкости работ каждого состояния, а параметры **вложенной** цепи процесса полностью определяются состояниями П, узлами графов S и S_1 и расписанием полетов данного типа ВС в авиапредприятии.

Некоторые результаты эксплуатации различных типов ВС приводятся в табл. 6.2 и 6.3, анализ которых подтверждает вывод о нестационарности процесса **ПТС** по периодам эксплуатации и о его неэргодичности по авиапредприятиям. Такой

же вывод следует из рис. 6.4, определяющего интенсивность попадания самолета **Ил-86** одного из авиапредприятий в состояние «полет». По другим типам ВС картина аналогична.

Рассмотрим условия попадания ВС в организационные и технические состояния процесса технической эксплуатации в системе ТОиР.

Организационные состояния ВС определяются узлами графа S , при реализации возможных простых путей от состояния **П** к состоянию **П1**. Реализуемый простой путь для каждого конкретного ВС определяется его предыдущим использованием по назначению и последующим назначением и не зависит от фактического технического состояния и, соответственно, от принятых стратегий восстановления систем и изделий. В состояниях **ВС**, **ОС** и **ОВ** техническое состояние **ВС** не изменяется, поскольку выполняются только работы технологического обслуживания и попадание **ВС** в эти состояния целиком определяется состоянием «полет» и организацией процессов ТОиР. В состояниях **A₁** и **A₂** техническое состояние **ВС** в плановом порядке также не изменяется, поскольку выполняются только плановые работы по контролю состояния и технологического обслуживания. Работы по поддержанию и восстановлению надежности, изменяющие техническое состояние **ВС**, выполняются только по результатам контроля, как неплановые. Попадание **ВС** в состояния **A₁** и **A₂** полностью определяется состоянием «полет» и организацией процессов ТОиР. В состояниях **Б** и **Пк** техническое состояние **ВС** изменяется в плановом порядке в зависимости от принятых стратегий восстановления изделий, однако **ВС** попадает в эти состояния независимо от плановой потребности в работах по поддержанию и восстановлению надежности, так как необходимость попадания **ВС** в состояния **Б** и **Пк** определяется также работами по контролю. Попадание **ВС** в состояния **Б** и **Пк** также полностью определяется накопленными состояниями «полет».

Таким образом, попадание **ВС** в организационные состояния графа S полностью определяется частотой и параметрами состояний «полет» и не зависит от процесса изменения технического состояния **ВС**. Продолжительность каждого организационного состояния узлов графа S определяется технологическим графиком подготовки одиночного **ВС** и является постоянной при условии отсутствия внеплановых работ по устранению неисправностей. При выполнении работ по устранению неисправностей продолжительность состояний узлов графа S увеличивается, но только из-за работ большей продолжительности, чем плановая продолжительность соответствующего состояния. При таком условии продолжительность **Б** и **Пк** не изменяется, продолжительность **ОВ**, **ОС**, **ВС** также не изменяется, а число состояний **A₁** и **A₂** увеличенной продолжительности и приводящих к задержкам вылета составляет не более **1%**, что примерно на порядок меньше, чем задержки вылета по организационным причинам и по метеусловиям, поэтому данной величиной можно пренебречь.

В общем случае суммарная продолжительность нахождения **ВС** в состояниях графа S (кроме **П**, **П1**) составляет **10 - 25%**, в том числе — в состояниях **Б** и **Пк** **10 — 15%** календарного фонда времени (табл. 6.2). Продолжительность нахождения **ВС** в состояниях графа S_1 составляет **5 - 10%** календарного фонда време-

ни, причем половина этого времени приходится на внешние организационные причины (отсутствие запчастей, хранение в неисправном состоянии и т.д.), не связанные с изменением технического состояния ВС в процессе эксплуатации.

Из изложенного следует, что управление техническим состоянием ВС осуществляется в плановом порядке в узлах Б и Π_k графа S реализацией стратегий восстановления изделий и в узлах A_1 и A_2 внепланово, реализацией графа S\ по устранению выявленных отказов и неисправностей. Эффективность процесса управления определяется соответствием плановых режимов ТОиР фактической потребности в их выполнении и объемами неплановых работ ТОиР по устранению отказов и неисправностей, т.е. соответствием модели (6.3) реальному физическому процессу изменения технического состояния ВС. Оптимальное управление состоянием ВС выбирается на основе принципа оптимальности **Беллмана** (разд. 5.4). Поскольку конструкция и технические качества ВС уже созданы на этапах разработки, изготовления и испытаний, то в эксплуатации управление техническим состоянием этой конструкции будет оптимальным при условии применения оптимальных методов эксплуатации и стратегий восстановления для отдельных элементов этой конструкции и задача оптимального управления сводится к задаче выбора оптимальных методов эксплуатации и стратегий восстановления, решение которой требует соответствующего информационного обеспечения по условиям эксплуатации, техническому состоянию АТ в процессе эксплуатации и режимам ТОиР.

Таблица 6.2

**Распределение календарного фонда времени
по состояниям технической эксплуатации ВС, %**

Тип ВС	Состояния / Годы	Полет	ОВ+А, (A_2)+ВС	ОС	Π_k +(Б)	С	Д	З	СП	О+Х
Як-40	83	28	5,0	52,2	10,1	1,0	0,5	1,5	0,1	1,3
	84	28,5	5,0	52,8	8,7	0,6	0,9	1,5	0,5	1,5
	85	27,5	5,2	52,7	8,9	0,4	1,2	1,9	0,5	1,8
	86	27,0	5,0		9,6	0,4	0,8	1,8	0,4	1,2
Ту-134	83	40,8	7,0	34,0	11,2	0,9	0,9	1,8	0,2	2,0
	84	41	6,8	35,5	10,9	0,8	1,4	1,1	0,2	2,3
	85	41,5	6,8	34,2	11,2	1,2	1,1	1,0	0,2	2,6
	86				11,6	0,5	0,5	1,5	0,3	3,1
Ил-62	83	32,8	5,1	32,3	16,9	0,6	1,7	7,1	0,2	3,3
	84	34,7	4,9	33,4	16,8	0,6	2,6	4,6	0,6	3,6
	85	35,3	4,8	28,1	17,2	0,2	2,4	7,9	0,1	3,2
	86									
Ту-154	83	36,6	6,5	28,5	13,8	0,8	5,2	6,0	—	2,5
	84	37,5	6,4	29,2	13,5	1,5	5,1	4,2	0,1	2,5
	85	39,0	6,7	23,3	13,2	1,0	5,0	9,3	0,1	1,7
	86									

Тип ВС	Состояния/ Годы	Полет	ОВ+А, (А ₂)+ВС	ОС	П _к +(Б)	С	Д	З	СП	о+х
Як-42	85	27,2	6,3	35,9	17,2	3,8	1,9	0,2	–	7,5
	86				15,3	1,8	3,4	1,2	–	5,2
Ил-86	84	18,6	6,9	33,8	11,3	1,0	16,4	7,2	–	4,8
	85	23,5	7,8	26,3	14,8	0,5	14,6	8,4	–	4,1
	86				13,5	0,5	6,1	17,8	1,3	3,1

Таблица 6.3

Количественные характеристики состояния эксплуатации ВС

Тип ВС	Годы	Показатели					Продолжительность полета, min/max
		Налет на с-т парка	К _т то чел. -ч л.ч	Удельные про-стои чел. - ч л.ч	Доля оперативного ТО в общем объеме, %	Налет на самолет по предприятиям	
Ту-134	83		15,92	0,236	87,46		1,42/2,64
	84	1785	14,97	0,235	87,74	1459/2191	
	85	1809	12,73	0,234	86,65	1426/2296	
	86	1795				1497/2105	
Ил-86	83		53,68	1,383	74,22	–	2,11/3,34
	84	899	50,06	1,004	78,83	798/1100	
	85	1174	43,01	1,085	74,38	967/1215	
	86	1257	–	–	–	1166/1770	
Як-42	84	89	22,89		92,85	90/406	1,27/3,04
	85	918	19,06		83,72	97/1185	
	86	1382				893/1594	
Як-40	83		9,88	0,342	85,48		0,83/2,02
	84	1163	9,78	0,390	84,96	732/1610	
	85	1112	9,29	0,385	84,96	739/1597	
	86	1068				669/1428	
Ил-62	83		11,30	0,263	62,57	1583/2224	3,36/5,59
	84	1874	11,78	0,221	61,9	591/2397	
	85	1882				543/2287	
	86						
Ту-154	83	1658	14,92	0,281	72,5	931/2127	1,66/2,74
	84	1670	14,61	0,281	74,96	804/2124	
	85	1731				767/2136	

6.2. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕТОДОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ И СТРАТЕГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗДЕЛИЙ

Основным информационным потоком в системе ТОиР является информация о техническом состоянии АТ, характеризующая надежность АТ в процессе эксплуатации.

Согласно нормативным требованиям НЛГ, безопасность полетов, выражаемая через безотказность АТ, ранжированную по последствиям, обеспечивается в целом для парка ВС данного типа. В общем случае реализация процесса Птс для парка ВС данного типа представляется простейшей схемой (рис. 6.5), дополнение которой блоками анализа, преобразования, сравнения и т.д. приводит к частным схемам. Рассматривая процесс Птс как совокупность составляющих его процессов $\sum \Pi_{тс,i}$ i -х изделий ВС, входные (X, K, Q) и выходные (P_i) параметры каждого $\Pi_{тс,i}$ процесса разделяют по каждому i -му типу изделий таким образом, чтобы значение выходных характеристик P по парку ВС соответствовало заданным нормативам.

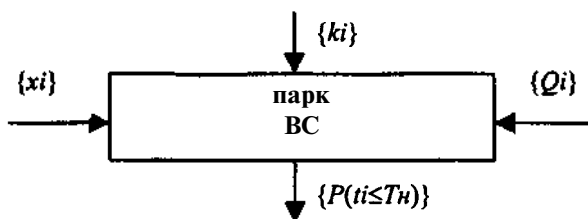


Рис.6.5. Информационная схема реализации процесса технических состояний парка ВС

Каждый $\Pi_{тс,i}$ процесс для множества $\{i\}$ изделий, находящихся в эксплуатации, реализуется в системе ТОиР ВС принятым методом эксплуатации и стратегией восстановления этого типа изделий.

Парк ВС и соответственно множество $\{N_i\}$ i -х изделий в эксплуатации рассматриваются как «черный ящик» относительно ТС каждого i -го изделия $i \in \{N_i\}$, находящегося под воздействием входных факторов $x_{ij} \in \{x_i\}$; $k_{ij} \in \{k_i\}$; $B_{ij} \in \{B_i\}$. Техническое состояние $\{N_i\}$ изделий характеризуется выходной функцией $P_i(t)$ таким образом, что фактическое ТС каждого изделия на интервале наработки $(t, t + \Delta t)$ остается неизвестным.

Множество работ ТОиР $\{B_{ij}\}$, распределенных во времени $0 < t \leq T_{ин}$ ($T_{ин}$ – назначенный ресурс i -х изделий), определяет режимы ТОиР, управляющие ТС изделий в эксплуатации. Эффективность режимов ТОиР, с одной стороны, характеризуется затратами труда, времени и средств на обеспечение значений выходной функции $P_i(t)$ не ниже заданных нормативов $[P_{ин}]$. С другой стороны, режимы ТОиР формируются из работ трех видов: технологического обслуживания

ния, контроля состояния, поддержания и восстановления надежности, выбор которых зависит от вида изделия, метода его эксплуатации и стратегии восстановления, что требует и соответствующего информационного обеспечения.

Работы технологического обслуживания $\{B_{iT}\}$ назначают только для обслуживаемых изделий в объемах, определяемых видом изделия, формой (Φ) организационного состояния, в котором находится ВС, его последующим назначением и в зависимости от условий эксплуатации. Информационная схема обеспечения режимов работ технологического обслуживания (рис. 6.6) замкнута по входным факторам x_i и k_i и выходным параметрам $\{\Phi_i\}$ на работы $\{B_i\}$. Выполнение работ B_T без изменения ТС изделий обеспечивает последовательную смену организационных состояний Φ_i ВС в процессе эксплуатации.

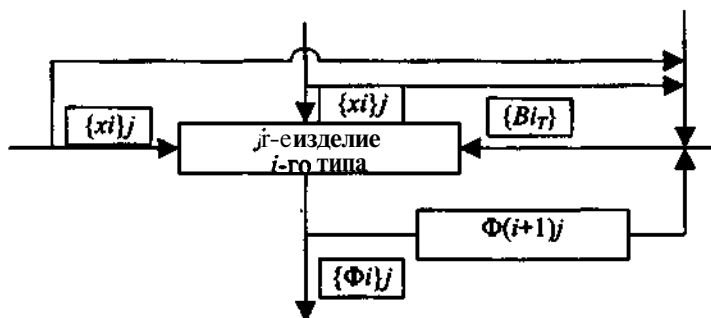


Рис.6.6. Информационная схема реализации работ технологического обслуживания изделия в эксплуатации

Плановые работы по контролю состояния $\{B_{iK}\}_n$ обусловлены методом эксплуатации изделия, и их выполнение не изменяет ТС изделия, а обеспечивает процесс технической эксплуатации информацией о ТС изделий и их соответствии нормативному уровню заданного вида предельного состояния. Реализация методов эксплуатации до выработки ресурса (ТЭР), до **предотказного** состояния (ТЭП) и до отказа (ТЭО) обеспечивается соответствующими **информационными** схемами (рис. 6.7). При несоответствии ТС изделий заданным нормативам, выполняются внеплановые работы по поддержанию и восстановлению надежности $\{B_{in}\}_n$, т.е. выходной параметр, достигший предельного значения для данного метода эксплуатации **i-го** типа изделий замкнут на входные внеплановые работы $\{B_{in}\}_n$.

При методе ТЭР (рис.6.7, а) выходным параметром является наработка изделия t_{ij} до установленного ограничения ресурса $[T_i]$, что приводит к прекращению дальнейшей его эксплуатации за счет выполнения работ по замене. Входные факторы X_j и k_i в этом случае не замкнуты на выходной параметр t_{ij} .

При методе ТЭП (рис.6.7, б) выходными параметрами являются контролируемые значения $\{P_i\}_j$ определяющего параметра P_i . Достижение данным параметром заданного ограничения $[ПЦ]$ приводит к последующему восстановлению или изъятию **j-го** изделия из эксплуатации. В общем случае значение $[Ц]$

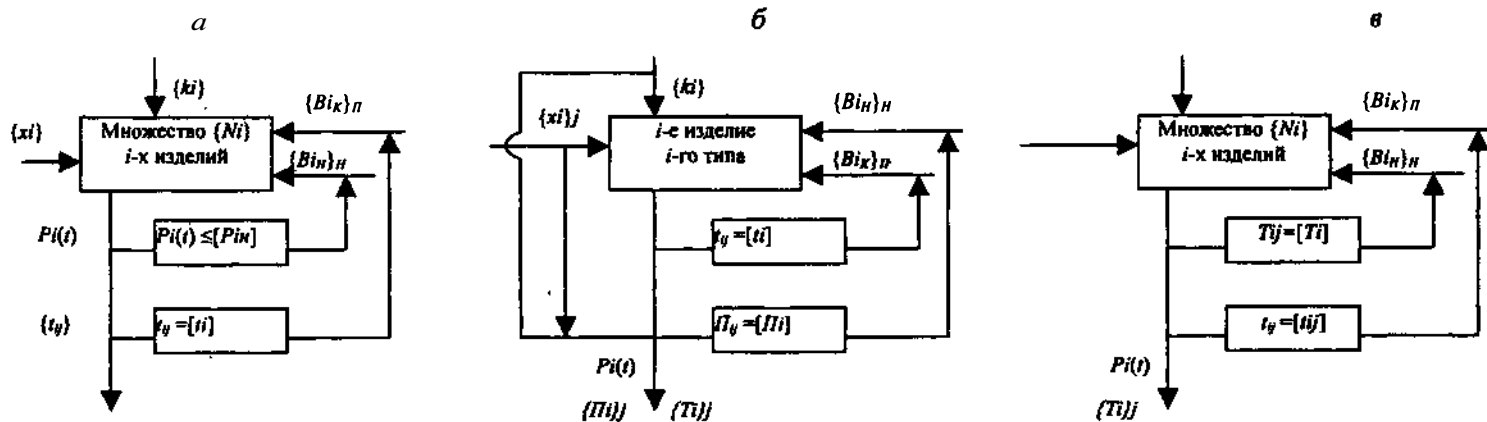


Рис. 6.7. Информационные схемы реализации методов эксплуатации изделия: а - ТЭР; б - ТЭП; в - ТЭО

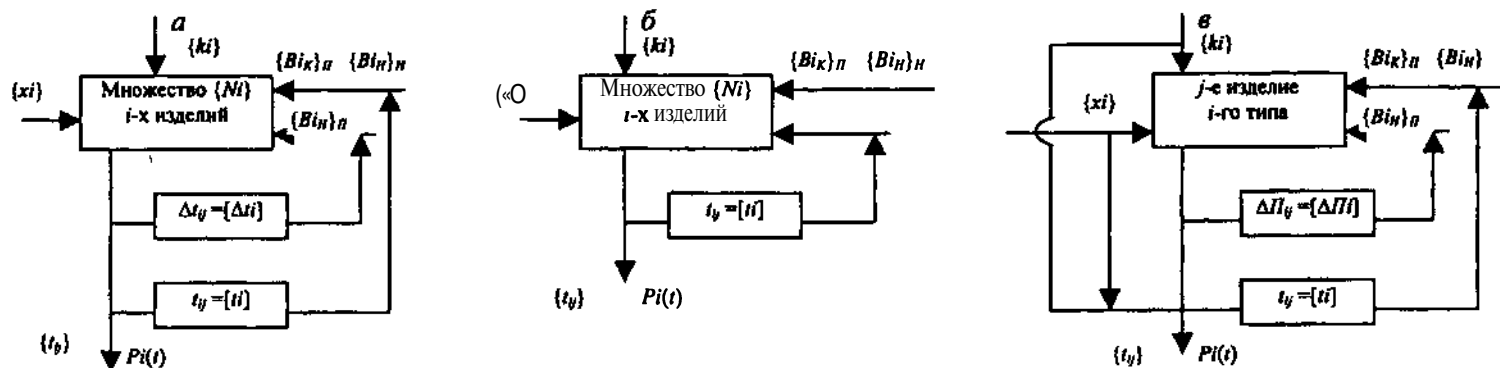


Рис. 6.8. Информационные схемы реализации стратегий восстановления изделия: а - C₁; б - C₃; в - C₄

зависит от t , т.е. $[P_i] = [P_i(t)]$, и от условий эксплуатации, поэтому входные факторы x_{ij} и k_{ij} в этом случае замкнуты на выходной параметр $P_{ij}(t)$, зависимость которого от наработки (t) требует и наличия контролируемого выходного параметра t_{ij} .

При методе ТЭО (рис.6.7, в) выходным параметром является надежность изделия, выраженная через безотказность $P_i(t)$. При достижении безотказностью заданного ограничения $[P_i]$ становится необходимым поддержание надежности за счет выполнения работ $\{B_m\}$. Входные факторы x_i и k_i в этом случае также не замкнуты на выходной параметр $P_i(t)$, зависимость которого от наработки требует наличия контролируемого выходного параметра t_{ij} .

При всех методах эксплуатации требуется выполнение плановых работ по контролю состояния $\{B_{ik}\}_n$ для определения заданного вида предельного состояния. Такой контроль проводится при заданных ограничениях $[t_i]$ на его периодичность, что характеризуется замкнутой цепью $ty = [t_i]$ выходного параметра ty на входные работы $\{B_{ik}\}_n$.

Следует учесть, что метод ТЭО применим для восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий, что определяет и вид плана исследований надежности.

При ТЭО невосстанавливаемого изделия необходимо установить факт его отказа и заменить на новое. Отказавшее изделие в эксплуатацию не возвращается. Контроль надежности изделий на календарном интервале времени $[T_i]$ рассматривается в этом случае как одновременные испытания на надежность N объектов с заменой отказавших новыми и прекращением испытаний по истечении заданного времени. На следующем интервале процесс повторяется. Такой план соответствует плану $[NRT]$ испытаний на надежность (здесь и далее планы испытаний на надежность по ГОСТ 27.002). Безотказность этих изделий характеризуется интенсивностью отказов $\lambda(t)$ и контролируется значениями наработки на отказ в полете $T_{оп}$ или наработки на неисправность в межрегламентный период T_M - для необслуживаемых изделий, или наработки на неисправность, выявленную в полете и на земле T_C - для обслуживаемых изделий.

При ТЭО восстанавливаемого изделия необходимо установить факт его отказа и заменить на исправное. Отказавшее изделие восстанавливается и возвращается в эксплуатацию на замену очередному отказавшему. Контроль надежности этих изделий на данном интервале времени $[T]$ рассматривается как одновременные испытания на надежность объектов с восстановлением отказавших и прекращением испытаний по истечении заданного времени T . Это соответствует плану испытаний $[NMT]$. Безотказность этих изделий характеризуется параметром потока отказов $\omega(t)$ и контролируется значениями $T_{оп}$ или T_M для необслуживаемых изделий и T_C для обслуживаемых.

Контролируемые уровни надежности могут устанавливаться для всей совокупности изделий данного типа или для групп изделий эксплуатирующихся в одинаковых условиях или на ВС одного авиапредприятия. При контроле всей совокупности изделий необходимо обеспечить однородность результатов наблюдений относительно условий эксплуатации.

Получение в эксплуатации значений контролируемого параметра **надежности** изделия ниже установленного контрольного уровня является сигналом для принятия решения о последующих действиях с целью **восстановления надежности**. Эти действия могут заключаться в проведении дополнительных плановых восстановительных работ или ремонта восстанавливаемых изделий, проведении доработок или ограничении ресурса восстанавливаемых и невосстанавливаемых изделий.

При введении дополнительных плановых работ ТООР контрольные уровни надежности изделий и план исследований надежности на последующих этапах остаются без изменений. В случае конструктивной доработки изделия **после** доработки могут приобрести новые качества и соответственно могут измениться контрольные уровни и план исследования надежности этих изделий.

При ограничении ресурса изделия списываются по отработке ресурса или ремонтируются. Превышение контрольного уровня с последующим ограничением ресурса и списанием изделий приводит к снятию с эксплуатации всех изделий, наработка которых на данном этапе превышает установленное ограничение, и замене их новыми. План испытаний в этом случае принимает вид $[NU(r_1n_1)(r_2n_2)...(r_{k-1})(n_{k-1})r_k]$. Новые изделия, установленные взамен списанных, в дальнейших исследованиях надежности не учитываются.

Превышение контрольного уровня с последующим ограничением ресурса и ремонтом изделий приводит к плану испытаний **[NMT]** в случае неполного восстановления качеств изделий при ремонте и плану **[NRT]**, если изделия после ремонта рассматриваются как новые.

Ограничение по наработке может вводиться не для всех изделий, а **ранжированно**, по условиям эксплуатации групп изделий. После ограничения по наработке эти изделия в дальнейшем эксплуатируются по методу ТЭР.

Расчет надежности изделий при ТЭО производится известными методами математической статистики на основе плана испытаний, выбранного в соответствии с изложенными рекомендациями. В зависимости от плана испытаний значения получаемых оценок надежности могут различаться в 1,5-2 раза.

Таким образом, план исследования надежности изделий при ТЭО определяется правилами замены отказавших изделий, их классификацией относительно работ ТООР и последующими действиями в системе ТООР с целью восстановления надежности этих изделий в эксплуатации. Схема информации о техническом состоянии изделий в эксплуатации при ТЭО является разомкнутой, т.е. нет прямой связи между ТО каждого изделия и выходной информацией.

Входные эксплуатационные факторы $\{x_i\}$ и $\{k_i\}$ не замкнуты на выходной параметр $P_i(t)$, зависимость которого от наработки требует контроля и выходного параметра t_j . Если $P_i(t \leq T_H) = \text{const}$, где T_H - назначенный ресурс ВС, то контроль $P_i(t)$ не имеет смысла и ***i-е*** изделие эксплуатируется без контроля безотказности и наработки изделия до списания ВС.

Статистическая оценка безотказности $P_i(t)$ в процессе эксплуатации требует следующей информации: о количестве изделий в эксплуатации (N_i) и количестве их отказов (n_{io}), суммарной наработке изделий за оцениваемый период (7) и виде плана испытаний.

Прогнозирование интенсивности отказов изделий требует информации о видах отказов и наработке изделий на момент отказа, с начала эксплуатации этих изделий, включая и результаты испытаний на надежность.

При методе ТЭП (см. рис. 6.7, б) выходным параметром являются контролируемые значения $\{\Pi_i\}_j$ определяющего параметра Π_i (или $\sum \Pi_i$), достижение которым заданного ограничения $[\Pi_i]$ приводит к необходимости восстановления или изъятия j -го изделия из эксплуатации выполнением работ $\{B_{иH}\}$, которые могут быть плановыми или неплановыми. В общем случае, значение $[\Pi_i]$ зависит от наработки и от условий эксплуатации, т.е. $[\Pi_i] = [\Pi_i(t, x, k_i)]$, поэтому информация о текущих значениях $\{x_i\}_j$, $\{k_i\}_j$, $\{t_i\}_j$ замыкается на контролируемое значение H_u , и информационная схема является замкнутой.

Метод ТЭП требует информации о текущем значении определяющего параметра Π_{ij} для каждого j -го изделия данного типа i и его сравнения с предельным значением $[\Pi_i]$. Контроль значений Π_{ij} может выполняться непрерывно или периодически, однако управляющие воздействия $\{B_{ij}\}$ могут выполняться только периодически через интервалы наработки или времени в соответствии с организационными состояниями процесса ТОиР. Множество измеренных значений $\{\Pi_{ij}\}$ обеспечивает в конечном счете решение задачи недопущения в эксплуатации появления значений $\Pi_{ij} > [\Pi_i]$ или $\Pi_{ij} < [\Pi_i]$ с заданной вероятностью, что соответствует общим положениям испытаний на надежность, рассмотренным для метода ТЭО, в зависимости от классификации изделий и правил восстановления исправности ВС при достижении предельного состояния [Щ для данного i -го типа изделий в эксплуатации. Поэтому планы испытаний на надежность для метода ТЭП являются аналогичными как и для метода ТЭО, а контрольный уровень надежности устанавливается относительно допустимого числа появления в эксплуатации предельных значений $\Pi_{ij} > [\Pi_i]$ или $\Pi_{ij} < [\Pi_i]$.

Таким образом, метод ТЭП требует информации об условиях эксплуатации x_{ij} и k_{ij} каждого i -го изделия и его наработке, если $\Pi_{ij} = \Pi_i(t_j, x_{ij}, k_{ij})$ и информации аналогичной методу ТЭО для подтверждения обоснованности предела $[\Pi_i]$, допустимого в эксплуатации, и оценки надежности ВС в целом.

В предельном случае применения метода ТЭП, когда определяющий параметр Π / контролировать невозможно или нецелесообразно по конструктивным, технологическим или организационным причинам, вводится ограничение по наработке таким образом, чтобы

$$P_i\{(t_{ij}) \leq [T_i]\} \geq [P_i], \quad (6.6)$$

где $[T_i]$ предельная величина наработки изделий в эксплуатации, равная межремонтному ресурсу для восстанавливаемых изделий или назначенному ресурсу для невосстанавливаемых.

Величина $[T_i]$ устанавливается на основе комплексов исследований при проектировании, изготовлении, испытаниях и эксплуатации изделий. Контроль наработки t_{ij} для каждого изделия не позволяет прогнозировать отказ конкретного j -го изделия i -го типа, однако обеспечивает заданную вероятность безотказной

работы совокупности $\{j\}$ изделий при условии, что наработка любого j -го элемента этой совокупности не превышает $[T_i]$. По мере накопления информации о техническом состоянии изделий в эксплуатации повышается достоверность оценки P_i , и значение $[T_i]$ поэтапно увеличивается, пока (6.6) не превратится в равенство. Ограничение $[T_i]$ может устанавливаться единым для всех изделий данного типа или ранжировано по группам изделий в зависимости от условий эксплуатации $\{x_i\}$ и $\{k_i\}$. В этом случае цепь $\{x_i, k_i\}$ (см. рис. 6.7, а) замыкается на ограничение $[T_i]$. Планы испытаний на надежность при методе ТЭР также соответствуют рассмотренным для ТЭО в зависимости от классификации и правил восстановления изделий. Схема информации о ТС изделий в эксплуатации является разомкнутой, так как контроль наработки j -го изделия не фиксирует его фактического ТС и нет прямой связи между ТС j -го изделия, выходной информацией Π и управляющими действиями $\{B_{ij}\}$.

Применение метода ТЭР требует информации о текущей наработке каждого изделия, о соответствии условий эксплуатации $\{x_i\}$ и $\{k_{ij}\}$ j -го изделия установленным ограничениям $[x_i]$ и $[k_i]$, что обеспечивает заданную вероятность безотказности этих изделий при отработке ресурса $[T_i]$, а также информацию, аналогичную при ТЭО для оценки обоснованности ресурса $[T_i]$ и надежности ВС в целом.

Классификация информации по групповому признаку (для всей совокупности изделий, выборке изделий или индивидуально по изделию) определяется логическими условиями применения каждого метода эксплуатации при обеспечении безопасности полетов.

Реализация методов эксплуатации по достаточному условию обеспечения эффективности ПТЭ сводится к выбору метода эксплуатации ТЭО или ТЭП, обеспечивающего максимальное сокращение затрат на ТЭ относительно альтернативного метода ТЭР согласно условию (5.1). Соответственно **информационное** обеспечение достаточного условия выбора и **реализации** метода эксплуатации ТЭО или ТЭП требует статистической информации об эффективности применения метода ТЭР и дополнительной информации об относительной эффективности применения методов ТЭО или ТЭП по каждому типу изделий. Расчет эффективности всех методов эксплуатации производится относительно удельных затрат на ТЭ одного изделия данного типа по каждому авиапредприятию при **условиях**, что годовой объем летной работы и срок службы **ЛА** в целом не меняется, а парк **ЛА** (изделий данного типа) остается неизменным в данном авиапредприятии.

Расчет эффективности базового варианта ТЭ i -го типа изделий при методе ТЭР и состав исходной информации определяют в соответствии с разделом 5.1, а дополнительные удельные затраты с учетом (5.7) допустимо представить как

$$\Delta C_{\text{уд}}^3 = \frac{1}{T_{\Gamma} \cdot n_i} f(3_{2i}, u_{2i}, k_{2i}), \quad (6.7)$$

где 3_{2i} - затраты на доработку или модернизацию i -х изделий;

u_{2i} - дополнительные текущие эксплуатационные издержки на ТОиР i -х изделий;

k_{2i} – сопутствующие капитальные вложения;

T_i, n_i – годовой налет на ВС и количество ***i*-ых** изделий в авиапредприятии соответственно.

Значения z_{2i} и k_{2i} приводятся на год эксплуатации и относительно срока службы ВС и срока амортизации капвложений. Средний ресурс $T_{ср}$ из (5.6) определяется как м.о. наработки изделий до предельного состояния, соответствующего методам эксплуатации ТЭП и ТЭО.

Выполнение работ, соответствующих стратегии **восстановления**, согласно определению, непосредственно изменяет ТС изделия или ФС ВС, поэтому реализация стратегии восстановления обуславливает информационный процесс обеспечения системы ТОиР данными о выполнении работ по поддержанию и восстановлению надежности изделий в эксплуатации, влиянии этих работ на надежность и эффективности применения принятой стратегии восстановления.

Реализация стратегий восстановления из необходимого условия обеспечения безопасности полетов выражается структурными информационными схемами (рис. 6.8), определяющими процесс изменения и восстановления ТС изделий в эксплуатации. При всех стратегиях восстановления отказ изделия приводит к необходимости выполнения работ непланового восстановления $\{B_{пн}\}_n$, проводимого по результатам работ планового контроля работоспособности $\{B_{ик}\}_n$ через установленные интервалы $[t_i]$, что характеризуется цепью, замыкающей значения выходного параметра $t_{ij} = [t_i]$ на работы $\{B_{ик}\}_n$ и $\{B_{пн}\}_n$.

При стратегии C_1 (см. **рис.6.8, а**) выходным параметром является наработка изделия t_j , через интервалы $[\Delta t_i]$ которой выполняются плановые работы $\{B_{пн}\}_n$ независимо от потребности в них **каждого *j*-го** изделия. При отказе проводится неплановое восстановление $\{B_{пн}\}_n$, что требует планового контроля $\{B_{ик}\}_n$. Выходной параметр t_j замкнут на входные управляющие факторы $\{B_{ик}\}$ и $\{B_{пн}\}$. Следовательно, стратегия C_1 характеризуется дополнительной к C_3 информационной цепью $t_j = [\Delta t_i]$, замкнутой на $\{B_{пн}\}_n$.

При стратегии C_3 (см. **рис. 6.8, б**) выходным параметром также является наработка t_j , через интервалы которой $[t_i]$ выполняются плановый контроль $\{B_{ик}\}_n$, а при отказе – неплановое восстановление $\{B_{пн}\}_n$. Выходной параметр t_j замкнут на входные факторы $\{B_{ик}\}$ и $\{B_{пн}\}$, т.е. стратегия C_3 полностью характеризуется общей цепью для всех стратегий восстановления.

При стратегии C_4 (см. **рис. 6.8, в**) выходным параметром являются контролируемые по наработке t_j значения определяющего параметра $P_i(t)$, при отклонении которых от заданных ограничений $[\Delta P_i(t)]$ выполняются работы $\{B_{пн}\}_n$. Контроль P_i требует выполнения плановых работ $\{B_{ик}\}_n$. Выходные параметры P_{ij} и t_j замкнуты на входные $\{B_{пн}\}$ и $\{B_{ик}\}$.

Поскольку $P_{ij} = f(t_{ij}, x_{ij}, k_{ij})$ значения $\{x_{ij}\}_j$ и $\{k_{ij}\}_j$ замкнуты на выходной параметр P_i . Относительно C_3 стратегия C_4 характеризуется дополнительной цепью $P_{ij}(t_{ij}, x_{ij}, k_{ij})$ замкнутой на работы $\{B_{ик}\}_n$ и $\{B_{пн}\}_n$.

Информационные схемы стратегий C_2 и C_3 по выполнению работ $\{B_{\Pi}\}$ и $\{B_{\text{ж}}\}$ через календарные интервалы времени аналогичны стратегиям C_1 и C_4 соответственно.

При всех стратегиях восстановления общим выходным параметром является безотказность $P(t)$ изделий, что позволяет контролировать выполнение условия обеспечения безопасности полетов.

Выбор и реализация стратегий восстановления по достаточному условию обеспечения эффективности ПТЭ требует следующей информации: о виде и параметрах функции распределения по изделию в целом и каждому i -му виду его неисправности при выполнении работ $\{B_{\Pi}\}$ и их отсутствии; об оперативной трудоемкости и продолжительности каждой i -й работы $B_{\text{ж}}$ и B_{Π} , плановой и неплановой соответственно; о простоях ВС при плановом и неплановом выполнении каждой работы $\{B_{\Pi}\}$.

Сравнение схем на рис. 6.7 и рис. 6.8 показывает, что имеется информация, общая для Методов эксплуатации и стратегий восстановления, по безопасности полетов и по эффективности эксплуатации. Такая взаимосвязь информации определяется ПТЭ, составными характеристиками которого являются и методы ТЭ, и стратегии восстановления.

Информационная схема управления ТС изделий в процессе эксплуатации формируется сложением информационных схем, соответствующих виду изделия, его методу эксплуатации и стратегии восстановления.

Приведенные информационные схемы разработаны на основе необходимого условия обеспечения заданного технического состояния изделий на уровне нормативных требований безопасности полетов. Однако выбор метода эксплуатации и стратегии восстановления изделия требует информационного обеспечения и по эффективности эксплуатации в соответствии с (5.7 и 6.7) для обеспечения достаточного условия применения того или иного метода эксплуатации и стратегии восстановления (табл. 6.4 и 6.5).

Рассмотренный метод позволяет полностью определить потребности в первичной информации при выборе методов эксплуатации и стратегий восстановления изделий для формирования и корректировки эксплуатационной документации и оптимизации режимов ТОиР.

Для обслуживаемых изделий АТ в системе ТОиР дополнительно реализуется технологическое обслуживание, которое, не изменяя ТС изделий, обеспечивает последовательную смену организационных состояний $\{\Phi\}$ в узлах графа S (4.1). Информационный процесс обеспечения технологического обслуживания представлен на рис. 6.6.

Состав работ технологического обслуживания обусловлен организационным состоянием ВС, его предшествующим использованием и последующим назначением, а также зависит от условий эксплуатации ВС. Информационная схема технологического обслуживания является замкнутой на $\{QT\}$ относительно условий эксплуатации $\{x_i\}_j$, $\{u_i\}_j$ и узлов графа S .

Таким образом, рассмотренные условия информационного обеспечения выбора методов эксплуатации и стратегий восстановления изделий АТ позволяют

определить достаточные условия их применения с позиции не только экономической эффективности, но и в зависимости от располагаемой и потребной информации, общие требования к которой сформированы на основе изложенных принципов. Конкретные информационные потоки формируются в системе ТОиР для каждого изделия АТ и ВС в целом. Схема информационного обеспечения методов эксплуатации по состоянию приведена на рис. 6.9.

Таблица 6.4

Информационное обеспечение методов эксплуатации изделий

Информация		ТЭО	ТЭР	ТЭП
Входная	По безопасности	E - категория; $[P_i]$ – последствия отказа изделия	$\{x_i\} \in [x_i], \{k_i\} \in [k_i]$ E - категория; $[P_i]$ – последствия отказа изделия	E - категория; $[P_i]$ - последствия отказа изделия; условие: $\Pi_{\text{н}} = f[P_i(t, x, k)]$
	По эффективности	$\{B_{ik}\}_n, \{B_{in}\}_n, \{t_{ik}\}, \{T_{ik}\};$ $\{t_{in}\}_n, \{T_{in}\}_n, T_i, n_i, \{N_i\}$	Аналогично ЭО и дополнительно: $u_{1i},$ $z_{1i}, K_{1i}, [T_i]$	$\{x_i\}, \{k_i\}_i, \{B_{ik}\}_n, \{B_{in}\}_n;$ $\{t_{ik}\}, \{T_{ik}\}, \{t_{in}\};$ $\{T_{in}\}_n, T_i, n_i, \{N_i\}$
Управляющая	По безопасности	$P_i(t) \leq [P_i]; t_y = [t_i], \{B_{ik}\}_n,$ $\{B_{in}\}_n$	$t_y = [t_i], T_y = [T_i]$ $\{B_{ik}\}_n, \{B_{in}\}_n$	$\Pi_i(t_i, x_i, k_i) = [\Pi_i]$ $t_y = [t_i], \{B_{ik}\}_n, \{B_{in}\}_n$
	По эффективности	$\Delta C_{\text{гд}}^3 > 0; z_{2i}, u_{2i}, K_{2i}$	$\Delta C_{\text{гд}}^3 \leq 0; z_{2i}, u_{2i};$ K_{2i}	$\Delta C_{\text{гд}}^3 \leq 0; z_{2i}, u_{2i}, K_{2i}$
Выходная	По безопасности	$T_{ij}, P_i(t)$	$T_{ij}, P_i(t)$	$T_{ij}, P_i(t); \Pi_i(t_i, x_i, k_i)$
	По эффективности	$T_{\text{иср}}; \Delta C_{\text{гд}}^3$	T_i	$T_{\text{иср}}; \Delta C_{\text{гд}}^3$

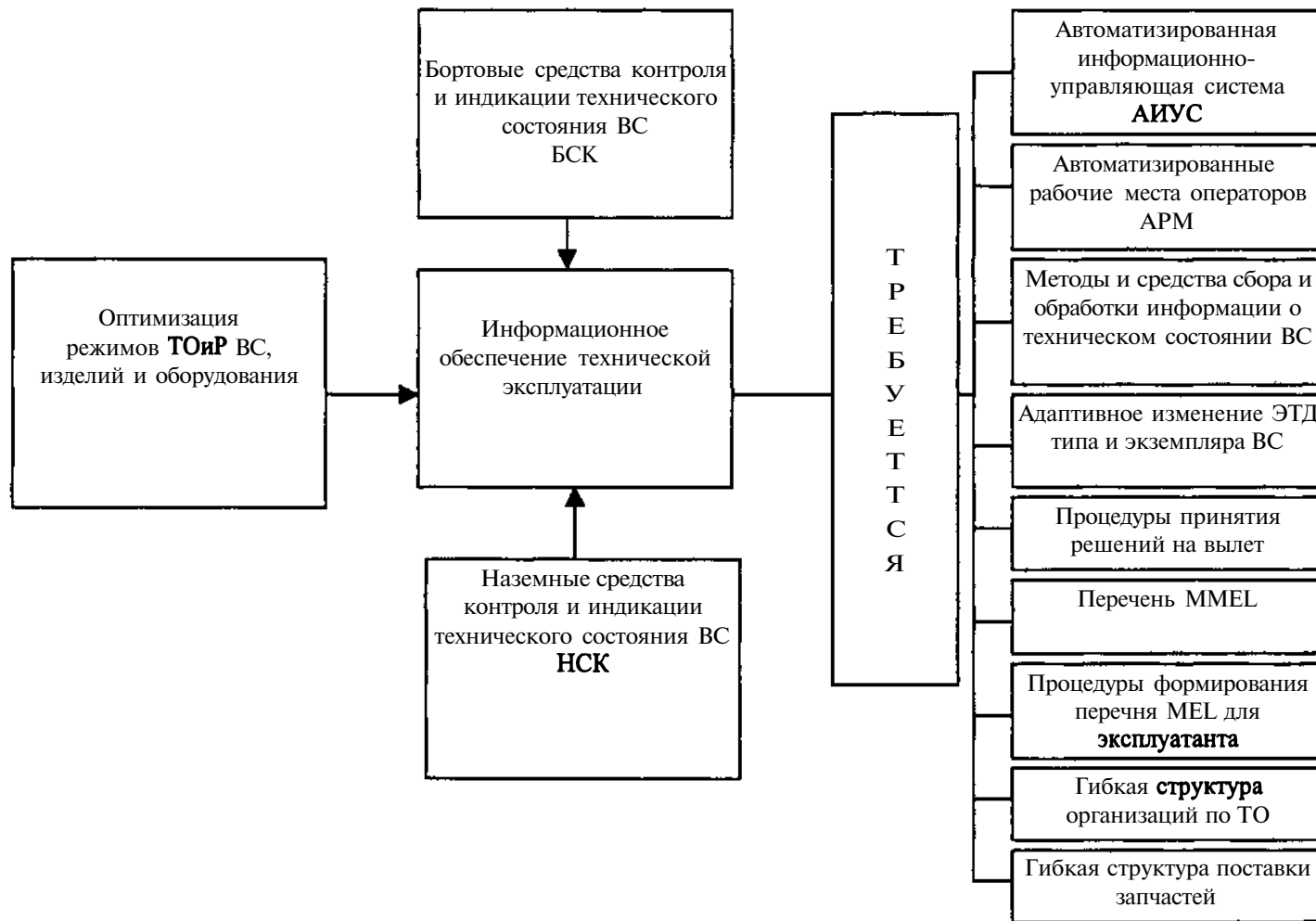


Рис. 6.9. Укрупненная схема информационного обеспечения реализации методов эксплуатации по состоянию

Информационное обеспечение стратегий восстановления изделий

Информация		С ₃	С, (С ₂)	С ₄ (С ₅)
Входная	По безопасности	E – категория; $[P_i]$ – влияние отказа на безопасность	Аналогично С ₃	Аналогично С ₃
	По эффективности	$\{N_i\}; \{B_{ik}\}_n; \{B_{in}\}_n; \{t_{ik}\}; \{T_{ik}\}; \{t_{in}\}_n; \{T_{in}\}_n; K_{TP}; t_{TP}$	Аналогично С ₃ и дополнительно: $\{B_{ik}\}_n; \{t_m\}_n; \{T_m\}_n$	Аналогично С и дополнительно: $\{x_i\}_j; \{k_i\}_j$
Управляющая	По безопасности	$P_i(t) \leq [P_i]; t_y = [t_i]$ $\{B_{ik}\}_n; \{B_{in}\}_n$	$P_i(t) \leq [P_i]; t_y = [t_i]$ $\{B_{ik}\}_n; \{B_{in}\}_n$	$P_i(t) \leq [P_i]; t_y = [t_i]$ $\Delta P_y - [\Delta P_i(t)]; \{B_{in}\}_n; \{B_{ik}\}_n; \{B_{in}\}_n$
	По эффективности	$K_T(C_3) = \min$ $K_T(C_3) = \max$	$K_T(C_3) = \min$ $K_T(C_1) = \max$ ($K_T(C_2); K_T(C_2)$)	$K_T(C_4) = \min$ $K_T(C_4) = \max$ ($K_T(C_5); K_T(C_5)$)
Выходная	По безопасности	$F_i^x(t), \bar{t}^x$	$F_i(t), \bar{t}$	$F_i(t), \bar{t}$
	По эффективности	$K_T(C_3); K_T(C_3)$	$K_T(C_3); K_T(C_3)$ ($K_T(C_2); K_T(C_2)$)	$K_T(C_4); K_T(C_4)$ ($K_T(C_5); K_T(C_5)$)

6.3. КОНТРОЛЬ НАДЕЖНОСТИ КОМПЛЕКТУЮЩИХ ИЗДЕЛИЙ ВС, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ ПО МЕТОДУ ТЭО

Общие принципы информационного обеспечения конкретизированы применительно к контролю надежности комплектующих изделий, эксплуатирующихся по методу ТЭО. Необходимым условием применения этого метода (раздел 5.1) для **КИ** является требование по безопасности полетов **ВС** в целом, которое формируется таким образом, чтобы единичный отказ данного **КИ** не приводил к ситуации более опасной, чем усложнение условий полета (**УУП**). Достаточным условием применения этого метода является его экономическая эффективность относительно альтернативных методов эксплуатации **ТЭР** и **ТЭП**. На современном уровне развития **ГА** методом **ТЭО** могут эксплуатироваться 85-90% **номенклатуры** **КИ** на **ВС**, т. е. практическая реализация метода **ТЭО** является наиболее актуальной, а методы контроля надежности **КИ** в целом не зависят от типа **ВС**, поэтому единая методология контроля надежности может быть применена в отрасли для большинства типов **ВС**. Решение этой задачи рассматривается далее в форме практической методики контроля надежности **КИ**.

Эксплуатация комплектующих изделий **КИ** **ВС** по техническому состоянию до безопасного отказа является основным направлением снижения **эксплуатаци-**

онных затрат на замену **КИ** по отработке ресурсов. Контроль надежности **КИ** является необходимым условием внедрения эксплуатации **КИ** по методу ТЭО. Такой контроль может выполняться на основе **программы** надежности [17], назначение которой, в частности, состоит в выявлении, регистрации и анализе отказов и неисправностей **КИ**.

В программе надежности могут содержаться следующие элементы: организационная **структура**, система сбора данных, методы анализа данных, порядок установления и пересмотра контрольных уровней эксплуатационных характеристик, порядок пересмотра программы.

Организационная структура включает комплекс нормативных, эксплуатационных и методических документов, действующих при эксплуатации **КИ** по ТЭО. Система сбора данных обеспечивает полноту, достоверность и своевременность поступления данных об отказах **КИ**. По типу **ВС** собираются данные о досрочном снятии **КИ** с эксплуатации, подтвержденные отказы, донесения с **борта**, результаты выборочного инспектирования, функциональных проверок, осмотров в процессе выполнения работ по **ТОиР** и др.

Контрольные эксплуатационные уровни выражаются в математических величинах, определяющих допустимые уровни надежности.

Удовлетворительными результатами исследования надежности считаются результаты, соответствующие контрольным уровням или имеющие меньшие значения. Контрольный эксплуатационный уровень каждого типа **КИ** может быть выражен через число отказов на заданное количество часов эксплуатации **ВС** или число посадок.

Первоначальный контрольный уровень надежности **КИ** типа **ВС** устанавливается разработчиком на основе анализа опыта эксплуатации такого же или аналогичного оборудования на других типах **ВС**. Ежегодно контрольные уровни корректируются на основе полученных эксплуатационных данных, т.е. контрольные уровни каждого типа **КИ** не являются фиксированными. Если в течение какого-либо периода времени контрольный эксплуатационный уровень надежности конкретного типа **КИ** постоянно ниже текущего уровня или существенно превышает, данный уровень пересматривается и делается более реалистичным.

Необходимым условием пересмотра контрольных уровней надежности **КИ** является обеспечение требуемого по условиям летной годности уровня надежности соответствующих функциональных систем и **ВС** в целом.

В программу надежности должно включаться также описание статистических методов, используемых при оценке характеристик надежности, анализе тенденции изменения и прогнозирования значений характеристик надежности на заданный интервал эксплуатации **ВС**, а также описание действия, выбираемого на основе информации о тенденции и контрольном уровне надежности. Соответствующие действия могут состоять в:

- **актуриальных** или технических исследованиях для определения необходимости изменения программы технического обслуживания;
- фактических изменений программы технического обслуживания, связанных

с изменением периодичности (частоты) контроля состояния и его содержания, режимов (периодичности **и/или** объема) ТОиР;

- модификации или ремонте систем или агрегатов ВС и др.

При проведении контроля надежности агрегатов и **КИ ВС, эксплуатирующихся** по ТЭО, рекомендуется применение **следующей** процедуры обработки статистической информации.

На основе сведений об отказах и неисправностях КИ и налете ВС для каждого агрегата производится поквартальное сравнение текущего уровня надежности с заданным контрольным уровнем ω_u .

Такое сравнение имеет целью своевременное выявление неслучайных изменений уровня надежности и непрерывное наблюдение за тенденцией изменения уровня надежности.

Практически выявление неслучайных изменений уровня надежности сводится к следующему.

Для каждого типа КИ определяются допустимые для ***i*-го** квартала уровни отказов n_{di} путем решения уравнения [50]

$$\chi^2_{\alpha}(2n_{di} + 2) = 2\omega_u \cdot T_i, \quad (6.8)$$

где $\chi^2_{\alpha}(2n_{di} + 2)$ - квантиль уровня $\alpha \approx 0.9$ χ^2 распределения с $(2n_{di} + 2)$ степенями свободы;

T_i - суммарная наработка в часах совокупности рассматриваемых однотипных КИ в течение ***i*-го** квартала.

Допустимый уровень отказов представляет собой верхнюю границу ожидаемого количества отказов на рассматриваемом интервале, в пределах которой с заданной вероятностью отклонения числа отказов имеют случайный характер.

Текущее число отказов в ***i*-м** квартале n_i сравнивается с допустимым n_{di} .

Превышение n_i допустимого уровня отказов свидетельствует о статистически значимом превышении заданного контрольного уровня надежности ω_u , т.е. о неслучайном снижении надежности рассматриваемого типа КИ.

По результатам контроля превышения допустимого уровня надежности в рассматриваемый период эксплуатации выявляются типы КИ, у которых имело место устойчивое (в течение трех и более кварталов) превышение. Для этих КИ проводится проверка наличия тренда, т.е. тенденции к возрастанию значений параметра потока отказов ω_i на рассматриваемом интервале эксплуатации, а также определяются и прогнозируются на два квартала значения верхней доверительной границы регрессионной модели для ω_i .

Оценка тенденции изменения надежности КИ производится путем построения линейной регрессионной модели изменения параметров потока отказов вида

$$M(\omega_i) = a + b \cdot i, \quad (6.9)$$

где $M(\omega_i)$ - математическое ожидание последовательности значений ω_i , определяемых для каждого квартала заданного контрольного периода, предшествующего рассматриваемому i -му кварталу.

Поскольку линейный тренд в течение времени может изменять свой наклон, последние значения ω_i содержат более информативные данные о тренде и, следовательно, должны рассматриваться с большими весами, чем начальные значения.

Дисперсия ω_i может быть представлена в виде

$$D(\omega_i) = \frac{\sigma^2}{T_i * R^{K-i}}, \quad (6.10)$$

где σ - дисперсия не взвешенных наблюдений;

T_i - наработка рассматриваемого типа КИ в i -м квартале;

R - коэффициент (в пределах 0,6 - 0,8), учитывающий значимость наблюдений в зависимости от их номера;

K - число интервалов наблюдений (кварталов), учитываемых на рассматриваемый момент времени.

Оценки параметров потока отказов ω_i определяются как отношение количества отказов типа КИ n_i к его наработке T_i на i -м интервале наблюдения:

$$\omega_i = \frac{n_i}{T_i}. \quad (6.11)$$

Оценки параметров регрессионной модели (6.9) определяются с помощью взвешенного метода наименьших квадратов решением системы уравнений

$$\begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} = \frac{1}{G_0 * G_2 - G_1^2} \begin{bmatrix} G_2 - G_1 \\ -G_1 G_0 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} G_3 \\ G_4 \end{bmatrix}, \quad (6.12)$$

откуда

$$\hat{a} = \frac{G_2 * G_3 - G_1 * G_4}{G_0 * G_2 - G_1^2}; \quad \hat{b} = \frac{G_0 * G_4 - G_1 * G_3}{G_0 * G_2 - G_1^2}, \quad (6.13)$$

где

$$\begin{aligned} G_0 &= \sum_i T_i * R^{K-i}; \quad G_1 = \sum_i i * T_i * R^{K-i}; \quad G_2 = \sum_i i^2 * T_i * R^{K-i}; \\ G_3 &= \sum_i \omega_i * T_i * R^{K-i}; \quad G_4 = \sum_i i * \omega_i * T_i * R^{K-i}; \quad G_5 = \sum_i \omega_i^2 * T_i * R^{K-i}. \end{aligned} \quad (6.14)$$

Оценка неизвестного параметра $\hat{a}$ определяется выражением

$$\hat{\sigma} = G_5 - \hat{a}^2 * G_0 - \hat{b}^2 * G_2 - 2 \hat{a} * \hat{b} * G_1. \quad (6.15)$$

Наличие тренда характеристики надежности конкретного типа **КИ** устанавливается на основе оценки наклона линии регрессии (6.9), для чего проверяется статистическая гипотеза $H_0: b = 0$ против альтернативной гипотезы $H_0: b > 0$ на уровне значимости $\alpha = 0.9$.

Условием принятия гипотезы H_1 является удовлетворение неравенства

$$\frac{\hat{b}}{\hat{a}} * \left[\frac{G_0 * G_2 - G_1^2}{G_0} \right]^{1/2} > t_{k-2, \alpha}, \quad (6.16)$$

где $t_{k-2, \alpha}$ - квантиль уровня $\alpha = 0,9$ t -распределения Стьюдента с $(k-2)$ степенями свободы.

Для прогнозирования изменения параметра потока отказов в заданном интервале эксплуатации **КИ** $t > k$ используется выражение

$$\omega(t) = \hat{a} + \hat{b} * t. \quad (6.17)$$

Верхняя доверительная граница прогнозируемых значений $\bar{\omega}(t)$ определялась из выражения

$$\bar{\omega}(t) = \hat{a} + \hat{b} + \hat{\sigma} * t_{k-2, \alpha} \left[\frac{G_2 - \hat{a}^2 * G_0 - \hat{b}^2 * G_2}{G_0 * G_2 - G_1^2} \right]^{1/2}. \quad (6.18)$$

Результаты расчетов по выражениям (6.8 - 6.18) представляются в таблицах и в виде графиков, типовая форма которых показана на **рис.6.10**.

Горизонтальная ось графиков соответствует номерам кварталов эксплуатации **ВС**, начиная с квартала и года отсчета по текущий момент наблюдений.

Программное обеспечение автоматизированного контроля и анализа тенденций изменения характеристик надежности **КИ** **ВС** ориентировано на **использование** ПЭВМ и основано на комплексном использовании разработанного математического (алгоритмического и программного) обеспечения в соответствии с описанным и включает в себя:

- комплексную программу обработки статистических данных «Nad» для оценки тенденций и прогнозирования изменений характеристик надежности **КИ** **ВС** типа;
- систему управления базой данных (СУБД) типа dBase III **Plus** (dBase IV, V) для ввода и хранения исходной информации об отказах и наработках **КИ** и **ВС**, а также хранения результатов оценки тенденций и прогнозирования изменений характеристик надежности **КИ**;

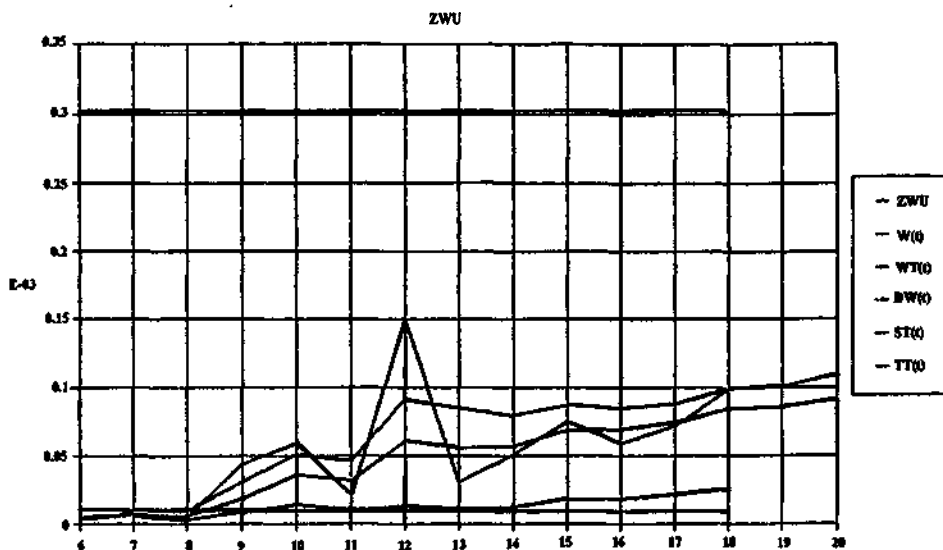


Рис. 6.10. Результаты контроля надежности пульта управления системы радиооборудования самолета **Як-42** за 1993-1997 гг.

На **Рис.6.10** использованы следующие обозначения изображаемых функций:

ZWU - удвоенные значения заданного уровня параметра потока отказов * **1000**;

W(t) - текущие значения параметра потока отказов * **1000**;

WT(t) - значения регрессионной модели параметра потока отказов * **1000**;

DW(t) - значения верхней доверительной границы регрессионной модели параметра потока отказов * **1000**;

ST(t) - значения статистического критерия * **200**;

TT(t) - значения квантилей t распределения * **200**.

- системы отображения графической информации (пакет деловой графики **MsChart** либо графические средства пакета **Ms Excel**) по изменению характеристик надежности **КИ** **ВС** относительно заданных контрольных уровней надежности.

При сохранении графических файлов результатов контроля надежности по всему перечню **КИ** **ВС** целесообразно их располагать в отдельной директории.

При проведении инженерного анализа результатов контроля надежности **КИ** **ВС**, эксплуатирующихся по техническому состоянию, на основе построенных графиков типа, представленных на рис. **6.10**, рекомендуется в выводах акцентировать внимание на следующих аспектах:

1. Подтверждает ли проведенный анализ уровней надежности **КИ** летную годность **ВС**, установленную сертификатом типа.
2. Как изменился для большинства типов **КИ** уровень надежности в заданный период эксплуатации парка **ВС** и подтверждается ли, учитывая соответствующие экономические преимущества, целесообразность применяемого метода технической эксплуатации этих **КИ**.

3. Для **КИ**, у которых имело место многократное превышение текущим количеством отказов допустимого уровня, следует на основе инженерного анализа причин отказов и условий эксплуатации агрегатов выработать требования к промышленности по повышению их надежности.
4. Для **КИ**, у которых наряду с превышением допустимого уровня отказов установлена тенденция к снижению надежности, необходимо на основе инженерного анализа причин отказов, условий эксплуатации и экономических последствий отказов выработать перечень дополнительных профилактических работ по техническому обслуживанию **КИ** и мероприятий, обеспечивающих поддержание требуемого уровня надежности.
5. Для **КИ**, у которых установлен сильный тренд с превышением или достижением параметром потока отказов удвоенного значения заданного уровня, можно предположить наличие интенсивных процессов износа, старения или разрегулировок. В связи с этим необходимо для данных типов **КИ** разработать требования к промышленности по повышению надежности и скорректировать режимы ТО вплоть до перевода на эксплуатацию с заменой по ресурсу (ТЭР). В противном случае для этих **КИ** следует ожидать существенного увеличения эксплуатационных затрат.
6. В случае наблюдения для отдельных типов **КИ** явно заниженных или явно завышенных контрольных уровней надежности необходимо выработать предложения по их изменению исходя из условий сохранения при этом летной годности ВС, установленной сертификатом типа.

Изложенная методология контроля надежности **КИ** реализуется с 1996 г. на самолетах **Як-42**.

Пример. Контроль надежности **КИ**, эксплуатирующихся по **ТЭО**, производится на самолетах **Як-42** с 1996 г. Перечень агрегатов, эксплуатирующихся по методу ТЭО, определяется бюллетенем, а контрольные уровни установлены по согласованию ОКБ и ГосНИИ ГА и утверждены ФС ВТ РФ. Форма представления данных об отказах **КИ** и результаты расчетов по указанной методике приводятся.

В результате проводимой работы по контролю надежности **КИ** первоначальный перечень **КИ**, эксплуатирующихся по **ТЭО**, расширен с 200 до S60 наименований. Затраты на контроль экземпляра **КИ** составляют для эксплуатанта 0,3–0,5 доллара США (за рубежом 5 долларов США) и окупаются в первый же год эксплуатации **КИ** по ТЭО. Формы таблиц и графиков расчета контрольных уровней **надежности**, а также форма установления контрольных уровней государственным органом управления гражданской авиации приводятся далее (табл. 6.6–6.10, рис. 6.11).

Приложение к Решению №

ПЕРЕЧЕНЬ

комплектующих изделий самолета **Як-42**, эксплуатируемых
по техническому состоянию методом ТЭО (Бюллетень №731-БЭ)

Шифр системы	Наименование системы, агрегата	Тип или индекс агрегата	Кол-во	Контрольный уровень надежности $W_{\text{кун}} \cdot 10^{-4}$
021.00.00 СИСТЕМА КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ				
	Фильтр	11ВФ12	3	0.072
	Фильтр	11ВФ12-1	4	0.124
	Регулятор давления	1227Б	1	0.031
	Дроссельная заслонка	1293 ДТ	3	0.407
	Регулятор абсолютного давления	1314В	3	0.0103
	Клапан обратный	1327	7	0.0052
	Регулятор подачи воздуха	1408Т	6	0.138
	Регулирующая заслонка	1919Т	2	0.094
	Регулятор давления	2077АТ	1	0.188
	Электроклапан переключения	2259Т	6	0.0052
	Радиатор воздухо-воздушный	2385	6	0.0157
	Обратный клапан	2509Т	6	0.0052
	Клапан обратный	3165	4 (6)	0.0078
	Блок заслонок	3173	2	0.006
	Дроссельная заслонка	3182А	2	0.01
	Заслонка	3184	3	0.192
	Клапан обратный	3204	3	0.016
	Запорный кран	3213	2	0.0062
	Электроклапан переключения	4073Т	6	0.016
	Термореле	4463БТ-67	2	0.001
	Термореле	4463ВТ-15	3	0.072
	Термореле	4463ВТ-8	1	0.217
	Обратный клапан	4604Т	1	0.019
	Обратный клапан	4732	2	0.031
	Турбохолодильник	5063АТ(5063Т)	3	0.0103
	Командный прибор	5378Т	3	0.435

Рекомендации
по предоставлению авиапредприятиями сведений об **отказах** агрегатов и полетах самолетов **Як-42**

Таблица 6.7

Отказы агрегатов и комплектующих изделий самолетов Як-42, эксплуатирующихся по техническому состоянию в авиапредприятии

№ сл	Код системы	Шифр агрегата	Количество на самолете	Кварталы 1999 г.				Кварталы 2000 г.				Кварталы 2001 г.				Кварталы 2002 г.				Кварталы 2003 г.				Кварталы 2004 г.			
				1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	ПО	УВ-5М-1	2	5	2	4	6	3	4	4	2	3	1	4	2	5	7	4	5	9	3	7	2	5	8	2	7

Таблица 6.8

Суммарные поквартальные полеты самолетов Як-42, эксплуатирующихся в авиапредприятии

Кварталы 1999 г.				Кварталы 2000 г.				Кварталы 2001 г.				Кварталы 2002 г.				Кварталы 2003 г.				Кварталы 2004 г.			
1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
9350	11 188	18 276	8100	15026	18650	13308	9960	18370	20 135	12 107	11300	12050	21440	13356	14065	9995	12540	17255	9880	8632	19875	10056	13 962

При заполнении таблицы 6.7 сведения о шифре агрегата и коде **соответствующей** системы самолета берутся из РЭ42. В графу «Количество на самолете» заносится суммарное количество однотипных агрегатов, установленных во всех системах самолета. В остальные графы заносятся сведения о количестве отказов однотипных агрегатов, зафиксированные в карточках учета отказов и неисправностей, картах-нарядах и другой документации **эксплуатанта** в каждом из кварталов рассматриваемого периода эксплуатации 1999-2004 гг. на всех самолетах Як-42 данного авиапредприятия.

В таблицу 6.8 заносятся сведения из формуляров самолетов (ПДО) о суммарном полете всех самолетов Як-42 данного авиапредприятия (собственных и арендованных) в каждом из кварталов рассматриваемого периода эксплуатации 1999-2004 гг.

Таблица 6.9

Превышение допустимого уровня отказов агрегатов самолета Як-42

Код сист.	Агрегат	Количество агрегатов	Квартальные превышения	Число отказов	Допуск	Налет
22	ПП-72-14	2	4	3	1	13 246
			5	5	1	13 346
			6	2	1	14090
			7	7	1	17228
			8	7	1	8123
			9	2	1	7237
			11	2	1	11 775
			13	5	1	10954
			14	3	1	10 650
			15	5	1	11 568
			17	2	1	6401
			18	2	1	7852
			19	3	1	16 191
			20	3	1	11 540
			21	4	1	11 326
			22	2	1	13 296
			23	6	1	15 906
			24	4	1	9199
			25	9	1	10043
			26	4	1	7416

**Результаты анализа тенденции изменения уровня надежности агрегата самолета Як-42
ПНП-72-14**

Год	Квар- тал	До- пуск	Нара- ботка	Параметры потока от- казов	Регрессион- ная модель	Верхняя довери- тельная граница	Статист. критерия	T-крите- рий
Установившийся уровень параметра потока отказов = 9.00E-05								
1993	3	1	18 086	2.765E-05	2.460E-05	7.927E-05	1.948	6.3135
1993	4	* 1	13 246	1.132E-04	9.310E-05	1.623E-04	2.754	2.9200
1994	5	* 1	13 346	1.873E-04	1.706E-04	*0.222E-03	* 5.166	2.3533
1994	6	* 1	14 090	7.097E-05	1.264E-04	*0.213E-03	1.512	2.1319
1994	7	* 1	17 228	2.032E-04	* 0.184E-03	*0.247E-03	* 2.985	2.0151
1994	8	* 1	8123	4.309E-04	* 0.299E-03	*0.399E-03	* 3.415	1.9431
1995	9	* 1	7237	1.382E-04	* 0.266E-03	*0.381E-03	* 2.212	1.8945
1995	10	1	8964	5.578E-05	* 0.184E-03	*0.306E-03	0.833	1.8595
1995	11	* 1	11 775	8.493E-05	1.375E-04	*0.237E-03	0.242	1.8330
1995	12	1	7026	0.000E+00	9.076E-05	*0.187E-03	-0.449	1.8124
1996	13	* 1	10 954	2.282E-04	1.547E-04	*0.240E-03	0.552	1.7958
1996	14	* 1	10 650	1.408E-04	1.515E-04	*0.222E-03	0.529	1.7822
1996	15	* 1	11 568	2.161E-04	* 0.182E-03	* 0.242E-03	1.186	1.7708
1996	16	1	8206	0.000E-00	1.258E-04	* 0.194E-03	-0.109	1.7612
1997	17	* 1	6401	1.562E-04	1.343E-04	* 0.197E-03	0.068	1.7529
1997	18	* 1	7852	1.274E-04	1.320E-04	* 0.186E-03	0.016	1.7458
1997	19	* 1	16 191	9.264E-05	1.104E-04	1.510E-04	-0.591	1.7395
1997	20	* 1	11 540	1.300E-04	1.164E-04	1.515E-04	-0.405	1.7340
1998	21	* 1	11 326	1.766E-04	1.380E-04	1.706E-04	0.373	1.7290
1998	22	* 1	13 296	7.521E-05	1.129E-04	1.429E-04	-0.588	1.7246
1998	23	* 1	15 906	1.886E-04	1.451E-04	1.737E-04	0.707	1.7206
1998	24	* 1	9199	2.174E-04	1.675E-04	* 0.196E-03	1.522	1.7171
1999	25	* 1	10043	4.481E-04	* 0.264E-03	* 0.318E-03	* 2.873	1.7140
1999	26	* 1	7416	2.697E-04	* 0.277E-03	* 0.327E-03	* 3.136	1.7110

Изменение характеристики надежности изделия ПНП-72-14(22) самолета Як-42

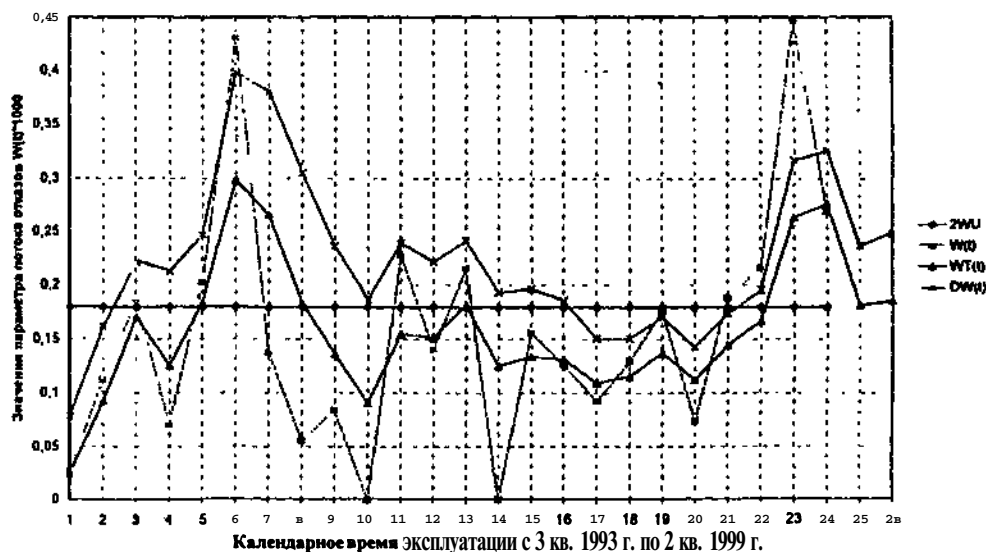


Рис. 6.11. Результаты расчетов уровня надежности агрегата ПНП-72-14 самолета Як-42

6.4. СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

6.4.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ СИСТЕМЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВС

Общие положения системы информационного обеспечения ТЭ ВС включают сведения о требованиях, ограничениях и рекомендациях разработчика и изготовителя к системе сбора, обработки и использования информации о техническом состоянии ВС в процессе эксплуатации с целью поддержания летной годности ВС, обеспечения ожидаемых условий эксплуатации и установленных ресурсов ВС, их систем и изделий, корректировки режимов **ТоИР** и эффективного использования самолетов по назначению с учетом особенностей каждого авиапредприятия.

Информационное обеспечение ТЭ ВС включает информационное взаимодействие эксплуатанта с предприятиями **разработчика**, поставщика и государственных органов управления и контроля за безопасностью полетов в части обеспечения и поддержания летной годности ВС. Эти требования базируются на нормативных документах отрасли ГА России, рекомендациях ИКАО и являются общими для всех **эксплуатантов** ВС данного типа.

Ограничения на разработку системы информационного обеспечения ТЭ ВС для эксплуатанта включают ограничения условий эксплуатации ВС, установленные в эксплуатационной документации ВС, и ограничения, связанные с ин-

формационным обеспечением работ по установлению ресурсов и сроков службы и поддержанию летной годности ВС. Указанные ограничения определяют объем, регулярность и качество информации о техническом состоянии ВС, передаваемой **эксплуатантом** разработчику и изготовителю ВС.

Рекомендации разработчика и изготовителя к формированию системы информационного обеспечения ТЭ ВС каждым эксплуатантом должны содержать сведения об основных принципах информационно-управляющей системы, формируемой эксплуатантом для эффективного использования ВС данного типа. Указанные рекомендации должны быть разработаны на основе современных информационно-управляющих систем (**ИУС**), применяемых при технической эксплуатации отечественных и зарубежных типов ВС ГА.

Информационное обеспечение **эксплуатанта** обычно осуществляется в соответствии с положениями Программы ТООР типа ВС или на основе самостоятельных разработок эксплуатанта при условии выполнения им установленных требований и ограничений к ИУС.

Для обеспечения и поддержания летной годности ВС **эксплуатант** в соответствии с требованиями действующих информационных норм и правил ГА должен:

- производить сбор и обработку информации о возникших отказах и особых ситуациях в полете из-за конструктивно-производственных недостатков авиатехники и доведения этой информации до разработчика, поставщика и государственных органов управления и контроля с целью разработки и внедрения мероприятий по устранению причин;
- производить сбор и систематизацию информации об ошибках летного и инженерно-технического состава, обусловленных несовершенством конструкции ВС, его систем, оборудования или эксплуатационной и ремонтной документации и доведение этой информации до разработчика, поставщика и государственных органов управления и контроля с целью разработки мероприятий по совершенствованию конструкции ВС, его систем, оборудования или эксплуатационной и ремонтной документации.

Эта информация является обязательной, а ее сбор, обработка и обмен производятся в соответствии с действующими положениями.

Кроме того для планирования и **организации** ТООР ВС, устранения **недостатков** исполнителей ТООР и собственных служб **эксплуатанту** рекомендуется производить сбор и обработку информации:

- об отказах и неисправностях, вызванных ошибками исполнителей ТООР;
- « о затратах труда, времени и средств на ТООР;
- о расходах запчастей, инструмента и материалов на ТООР;
- об эффективности и достаточности применяемых средств и оборудования, а также другая производственная и экономическая информация, применяемая на предприятиях эксплуатанта в системе ТЭ ВС.

Учитывая, что одинаковая информация применяется для решения различных задач как поддержания летной годности, так и повышения эффективности **процессов** технической эксплуатации, на предприятиях эксплуатанта рекомендуется

формирование информационно-управляющей системы (**ИУС**). Основные принципы ИУС следующие.

Назначением ИУС является обеспечение высокого качества управления технической эксплуатацией (ТЭ) ВС за счет выполнения следующих основных функций:

- обеспечения всех уровней и звеньев управления ТЭ полной, достоверной и своевременной информацией о ТС АТ и состоянии производственных процессов ТОиР;
- обеспечения принятия технических решений по использованию ВС и восстановлению технического состояния изделий АТ на основе анализа указанной информации как по каждому экземпляру ВС, так и по всему парку ВС в соответствии с правилами (алгоритмами), изложенными в эксплуатационно-технической документации с учетом располагаемого времени, материальных и трудовых ресурсов, оборудования и других условий;
- обеспечения эффективных управляющих воздействий по выполнению инженерно-техническими службами принятых решений на всех уровнях организационной структуры предприятия.

ИУС управления ТЭ ВС должна иметь многоуровневую и многоцелевую структуру. Здесь следует выделить 2 основных уровня использования ИУС: для автоматизированного управления ТЭ на основе эксплуатационного предприятия и, в первую очередь, для оперативного управления процессами использования и ТОиР ВС; для автоматизированного управления парком ВС на уровне **регионального центра ТОиР**, включая взаимодействие с организациями разработчика и изготовителя в процессе управления эксплуатацией всего парка ВС данного типа.

При оперативном управлении ТЭ ВС на уровне эксплуатационного предприятия с целью обеспечения высокой готовности вылета и в соответствии с особенностями назначения каждого типа ВС на ИУС возлагаются функции оперативной обработки сообщений о внешних проявлениях неисправностей с борта ВС, своевременной локализации отказа, определения объемов и потребной трудоемкости работ по его устранению, выявлению на складе наличия необходимых для замены агрегатов или **ЗИПа** и возможности своевременной их доставки, оценки возможности проведения указанных работ в межрейсовое время, а при необходимости подготовки замены ВС из резерва или на основе оперативной перестыковки рейсов. Кроме того на ИУС возлагаются функции оперативного планирования и корректировки **сменно-суточных** заданий производственным подразделениям, регулярного контроля и учета их выполнения, отображения текущей производственной ситуации, выявления и учета сбоев и обеспечения подготовки решений и мероприятий по ликвидации сбоев, формирования отчетно-учетной документации и др.

Другой важнейшей задачей управления ТЭ ВС является обеспечение минимального времени пребывания их на периодических формах ТОиР. В этом случае на основе автоматизированного учета информации о ТС ВС (формируемой бортовыми средствами контроля, на основе замечаний экипажа, в процессе

ТОиР в цехах и обследования агрегатов и систем в отделе диагностики) - с одной стороны, и на их основе автоматизированного контроля выполнения плана **налета**, учета сведений о наработке и остатках ресурсов по агрегатам и системам **планера**, двигателей и АиРЭО, учета выполнения объема работ по ТОиР заданных нормативов по ТОиР и ограничениям использования - с другой стороны, ИУС формирует для каждого экземпляра ВС очередность, сроки поступления на ТОиР и требуемые объемы работ, а также заблаговременно передает эту информацию в цех **ПТОиР**. Одновременно с этим ИУС формирует и передает на склад материально-технического обеспечения (**МТО**) центра заявки на комплектацию агрегатов для замен и ЗИП с указанием срока исполнения, последний сообщается также в цех ПП для обеспечения своевременной доставки агрегатов и ЗИПа и в ОУП для контроля исполнения.

Выполнение всех этих функций ИУС обеспечивается за счет реализации ее в виде распределенной вычислительной сети.

Типовая структура рекомендуемой ИУС ТЭ транспортного типа ВС, представленная на рис. **6.12**, объединяет в своем составе ИУС центра ТОиР ВС на базе соответствующего ЭП, информационные системы ЭП, связанных с указанным центром ТОиР, ИС разработчика и изготовителя.

Структура ИУС центра ТОиР представлена на рис. 6.12 в виде ряда производственно либо функционально ориентированных информационных подсистем, интегрированных на техническом и программном уровнях на основе средств локальной вычислительной сети (ЛВС), обеспечивающей распределенную обработку информации.

ИУС включает в себя следующие подсистемы (ПС):

- ПС отдела диагностики (ОД);
- ПС отдела оперативных технических решений, анализа технического состояния и управления ТЭ парка ВС (**ОТР**);
- ПС цеха оперативного технического обслуживания (ОТО);
- ПС цеха периодического технического обслуживания и ремонта (**ПТОиР**);
- ПС цеха подготовки производства (ПП);
- ПС цеха лабораторных проверок АиРЭО (ЛП);
- ПС отдела материально-технического обеспечения (МТО) и складов;
- ПС отдела управления производством (ОУП);
- ПС отдела технологической подготовки производства (ОТПП);
- ПС руководства и отделов управления центра ТОиР;

Структура ПС, входящих в состав ИУС, предполагает построение их на основе отдельных или объединенных в сеть магистральной или кольцевой структуры однотипных ПЭВМ. При этом каждая ПЭВМ выполняет функции автоматизации ИО конкретного рабочего места (например начальников цеха, смены, диспетчера **цеха**, инженера смены и др.), целесообразность автоматизации которого устанавливается на основе обследования функциональной деятельности и информационного обеспечения производственных подразделений ЭП.

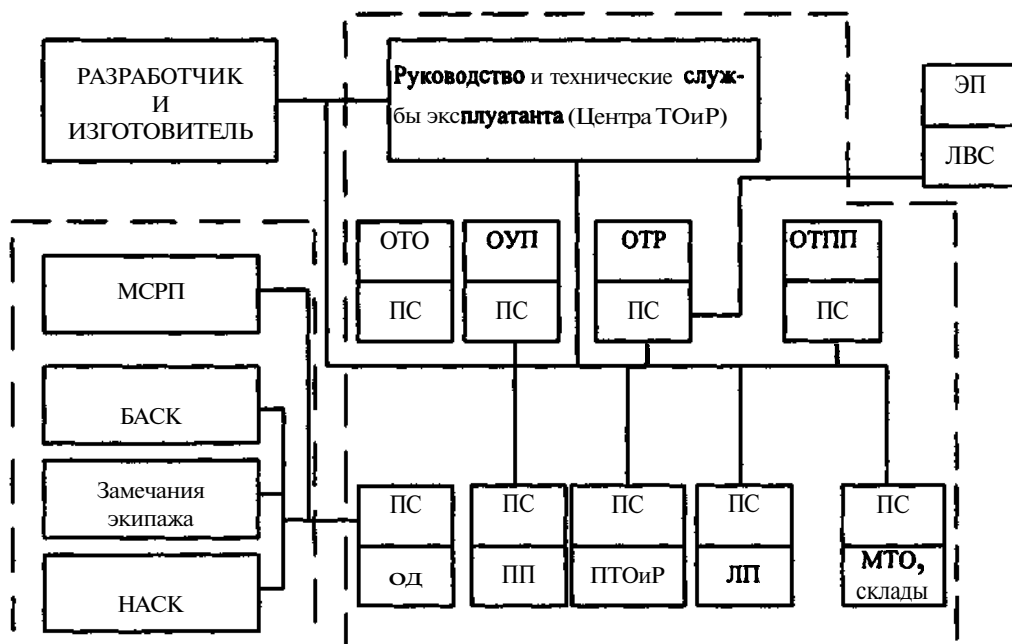


Рис. 6.12. Структура управления технической эксплуатации ВС на основе ИУС

На ПС цехов ОТО, ПТОиР **возлагаются** такие функции, как **автоматизированное** формирование на основе выданного сменного (суточного) задания технологического графика выполнения работ по ТО ВС с учетом численности наличного состава исполнителей и объема дополнительных работ, автоматизированная выдача заданий по ТО на рабочие места исполнителей, регулярный контроль и выдача для ОУП сведений о ходе выполнения работ по ТО ВС и обнаруженным в процессе ТО неисправностям, получения по запросу рекомендаций по устранению неисправностей и требуемых нормативов **времени**, справок о наличии и возможности поступления к заданному моменту времени запасных агрегатов блоков со склада (складов) центра ТОиР, учет мероприятий по устранению неисправностей и информации, связанной с ее описанием, передача сведений в базу знаний ПС отдела диагностики, автоматизированное формирование **учетно-отчетной** документации в процессе ТО ВС, а также расчет и анализ показателей эффективности **производственно-хозяйственной** деятельности цеха.

На ПС отдела диагностики возлагаются функции автоматизированного информационного обеспечения контроля технического состояния (ТС) АТ на основе методов неразрушающего контроля; контроля ТС авиадвигателей на основе анализа газодинамических параметров, вибрации, анализа масла; поиск неисправностей на основе информации об их внешних проявлениях и анализ неисправностей, регистрируемых как бортовыми средствами контроля, так и с помощью наземной КПА; анализа и прогноза изменения параметров функционирования агрегатов и систем ВС; расшифровки и экспресс-анализа с помощью имеющихся средств бортового и наземного контроля полетной информации, зафиксированной на эксплуатационных накопителях типа МСРП.

Наиболее перспективным направлением формирования ПС отдела **диагностики** является создание экспертных систем (ЭС), основу которых составляют проблемно-ориентированные базы знаний, сформированные на основе фактов и правил, например по внешним проявлениям и способам поиска и устранения неисправностей в различных системах и агрегатах ВС; в области неразрушающих методов контроля, в области спектрального анализа масла для двигателей, расшифровки и анализа полетной информации, изменения основных параметров функционирования двигателя и других систем самолета.

Помимо баз знаний в ЭС должны быть предусмотрены интерфейс с **пользователем** на **проблемно-ориентированном** языке непроектного типа, подсистема логического вывода, генерирующая рекомендации по решению искомой задачи, модуль отображения и объяснения решения и модуль приобретения знаний от экспертов.

Сообщения о необходимых дополнительных работах по ТО, установленных по результатам анализа ТС в отделе **диагностики**, поступают в подсистемы ОУП и ОТР.

Основной функцией ПС ОТР является выработка оперативных технических решений о режимах эксплуатации конкретного экземпляра ВС в зависимости от его технического состояния, требуемого и выполненного объема **ТОиР** и определяемых нормативно-технической документацией ограничений по его использованию.

Решения вырабатываются на основе накопления и анализа опыта как в самом центре **ТОиР**, так и на основе поступления соответствующей информации из других ЭП. При этом рекомендуется использовать имитационное моделирование текущей и планируемой ситуаций использования и ТО ВС.

На данную ПС ОТР возлагаются также функции контроля и прогнозирования количественных характеристик надежности, анализа эффективности действующих стратегий и режимов **ТОиР** ВС.

Для обеспечения указанных функций ПС ОТР осуществляет ведение базы данных о ТО и использовании ВС (учет наработки, количества посадок, остатков ресурсов и времени до ближайшей формы **ТОиР**, объемов выполненных и незавершенных плановых и дополнительных работ по ТО конкретного ВС), а также ведение базы данных о техническом состоянии всего парка ВС (учет отказов и неисправностей, измерения параметров технического состояния и т.д.).

Пользователями ПС ОТР также являются руководство ОУП и цеха **ПТОиР** в части получения справок о ТС конкретных экземпляров ВС, сроках их поступления на **ТОиР** и объемах работ по **ТОиР**.

На ПС склада МТО возлагаются функции автоматизированного учета поступления и контроля за расходованием агрегатов ЗИП (контроль неснижаемого запаса), а также функции обеспечения своевременной подготовки сменных агрегатов и ЗИП по заявкам ОУП и выдачи соответствующего сообщения в цех **ПП** для обеспечения их доставки в заданные сроки на рабочие места цехов ТО.

На ПС отдела технологической подготовки производства (**ОТПП**) возлагаются функции по подготовке технологических рекомендаций в процессе восста-

новления и совершенствования регламента и технологий ТОиР АТ. Структурно данная система строится по типу САПР.

На ПС ОУП, обеспечивающего в данной структуре в основном функции оперативного управления процессами использования и ТОиР ВС, возлагаются функции планирования, оперативной корректировки расстановки ВС под рейсы, планирования и выдачи в цеха и отделы ЭП **сменно-суточных** заданий, контроль их исполнения на основе регулярно **поступаемых** из цехов рапортов о ходе выполнения работ по ТО, выявление и учет сбоев в процессах использования и ТОиР ВС, а также обеспечение подготовки и учет оперативных решений по их ликвидации. Кроме указанных функций ПС ОУП выполняет также автоматизированный учет количества и причин задержек и отмен рейсов, учет выполнения доработок по бюллетеням и указаниям.

На ПС цеха **ПП**, учитывая его **специфику** и территориальное расположение участков, обслуживающих цеха оперативного ТО, возлагается функция управления обеспечением процесса ТО в цехах, а также функция планирования и анализа производственной деятельности цеха ПП и учета информации о движении материальных ценностей в цехах при ТО АТ.

На ПС цеха лабораторных проверок АиРЭО (**ЛП**) возлагаются функции учета информации по объектам ТО в процессе поиска и устранения **неисправностей**, планирования, контроля и анализа производственной деятельности на уровне лабораторий, управления обеспечением процесса ТО и учет движения материальных ценностей на уровнях цеха, участка обменного фонда.

На ПС руководства и отделов управления центра ТОиР возлагаются функции отображения текущей производственной ситуации, представления информации об использовании, ТС и ТОиР конкретного экземпляра ВС, а также информации о производственно-хозяйственной деятельности подразделений центра ТОиР.

Организационная структура типового цеха (участка) эксплуатационного предприятия (центра ТОиР) представлена на рис. 6.13. и 6.14.

Принципиальным здесь является введение на предприятии **эксплуатанта** двух производственных групп:

- принятия оперативных технических решений (ОТР);
- информационного обеспечения.

Через эти группы принимаются оперативные решения по восстановлению ВС во всех цехах (участках). Они входят в подсистему ОТР **ИУС**.

Группа принятия технических решений формируется из наиболее квалифицированных специалистов эксплуатанта и представителей **разработчика**, поставщика и государственного органа контроля, уполномоченных своими организациями на принятие решений в соответствующих условиях.

Группа информационного обеспечения состоит из операторов ЭВМ, производящих кодирование информации, ее ввод в ЭВМ, ведущих диалог с ЭВМ и представляющих результаты экспресс-анализа в группу принятия технических решений.

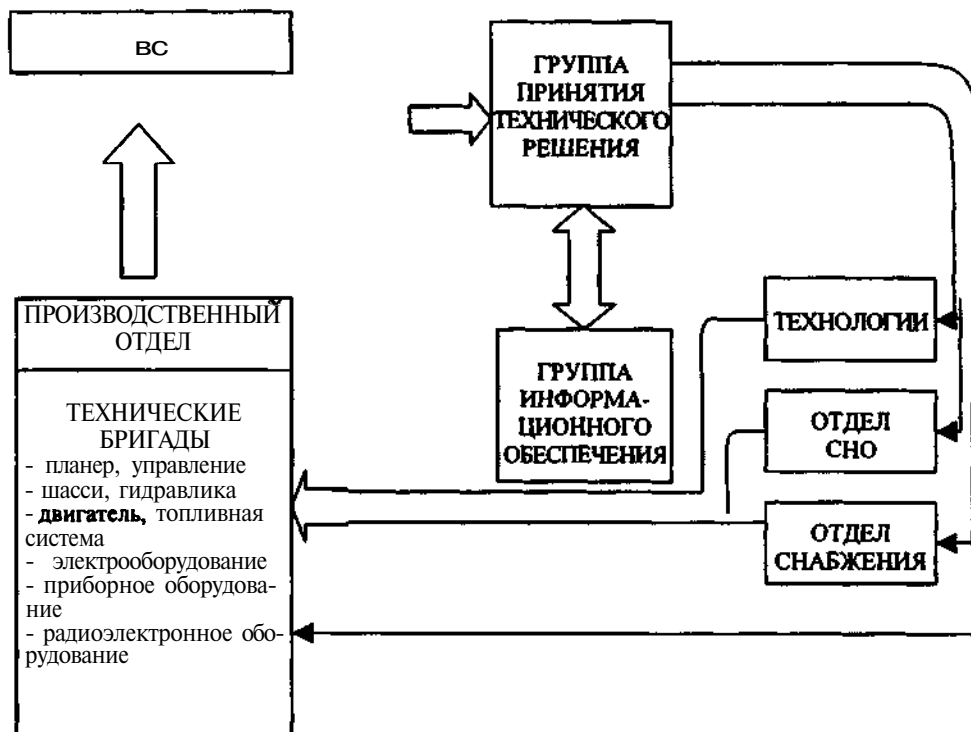


Рис. 6.13. Типовая **организационно-информационная** структура цеха

Контроль за принятием технических решений осуществляют предприятия разработчика и поставщика ВС и организаций государственных органов управления и контроля путем обмена информации через ЭВМ и информационные банки **Эксплуатанта** и соответствующих предприятий и организаций на основе единой информационной сети.

Создание единой информационной сети по новому типу ВС должно производиться в процессе подготовки **эксплуатанта** к эксплуатации этого типа ВС путем:

- оснащения **эксплуатантов** совместимыми ЭВМ во всех аэропортах базирования;
- обеспечения каналов связи между базовыми аэропортами, ремонтными предприятиями (центрами **ТОиР**), разработчиком, поставщиком и государственными органами управления контроля.

Организационная структура **ИУС** определяется **эксплуатантом** с учетом численности парка и типов ВС, производственных потребностей, наличия ЭВМ и их использования для решения задач управления эксплуатацией других типов ВС, располагаемых данным эксплуатантом. При этом отдельные подсистемы ИУС могут объединяться в одно автоматизированное рабочее место на основе ЭВМ или отдельные подсистемы могут состоять из нескольких АРМ при условии решения всех указанных задач управления технической эксплуатацией.

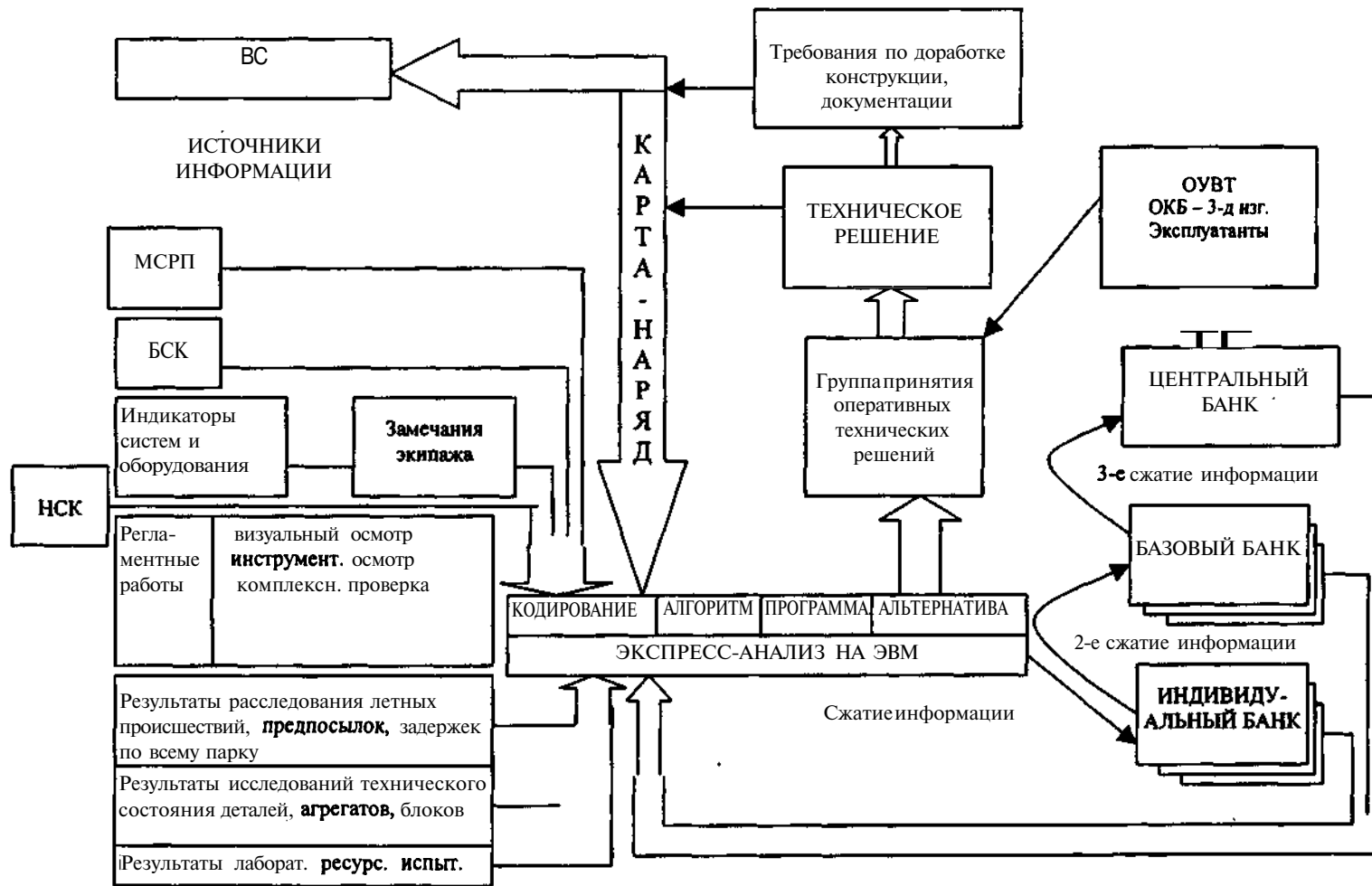


Рис. 6.14. Типовая информационная схема контроля и поддержания летной годности ВС

Разработка и поставка **ИУС**, оснащение предприятий программным обеспечением и ЭВМ являются функцией **эксплуатанта**.

Общие требования к формированию ИУС авиапредприятия следующие:

1. ИУС должна обеспечить замену бумажной технологии при решении задач управления эксплуатацией и **ТО СВП** электронной информационной технологией.
2. ИУС должна состоять из аппаратно-программных средств, представляющих собой подсистемы и функционально законченные модули (далее по тексту - подсистемы).
3. ИУС должна быть построена по функционально-модульному принципу и иметь открытую архитектуру, обеспечивающую возможность расширения номенклатуры технических средств и компонентов программного обеспечения (ПО).
4. Внутреннее строение ИУС должно характеризоваться следующими видами структур:
 - 1) функциональные (элементы - функции, задачи, процедуры; связи - информационные);
 - 2) технические (элементы - устройства, компоненты, комплексы; связи - линии и каналы связи);
 - 3) организационные (элементы - коллективы людей и отдельные исполнители; связи - информационные, соподчинения и взаимодействия);
 - 4) информационные (элементы - формы существования и представления информации в системе; связи - операции преобразования информации в системе).
5. Конкретная конфигурация ИУС создается путем объединения в единый комплекс соответствующих подсистем.

Должна быть обеспечена полная совместимость подсистем при работе в составе ИУС.

Должна быть обеспечена взаимозаменяемость однотипных подсистем.

6. Интеграция подсистем в ИУС должна осуществляться на техническом и программном уровнях посредством средств локальной вычислительной сети (ЛВС), обеспечивающей распределенную обработку информации.
7. Центральной частью ИУС должна являться распределенная система сбора, обработки и хранения информации, используемой при ТО и эксплуатации самолетов (вертолетов), формирующая центральную информационную базу ИУС.

Информация, сопровождающая процессы ТО и эксплуатации ВС, должна обрабатываться, передаваться и храниться с помощью электронно-вычислительных машин (ЭВМ).

8. ИУС должна иметь технические средства самоконтроля и диагностирования, обеспечивающие проверку работоспособности системы и локализацию неисправности в ней с точностью до конструктивно сменной единицы, заменяемой в условиях эксплуатации.
9. Подсистемы должны функционировать в сетевом многопользовательском режиме.

10. Подсистемы должны быть **снабжены** встроенной многоуровневой инструкцией пользователя.

11. ИУС должна предоставить пользователям развитые сервисные функции:

- 1) защиту информации от несанкционированного доступа;
- 2) обеспечение полноты и правильности вводимой информации;
- 3) архивирование и **разархивирование** баз данных;
- 4) автоматическое периодическое копирование информации на внешние магнитные носители для их защиты при сбоях ЭВМ;
- 5) предоставление справочной информации по режимам работы подсистем;
- 6) просмотр и поиск необходимой информации в базе данных;
- 7) возврат к исходному состоянию информации в случае обнаружения пользователем ошибок во время ввода данных;
- 8) выдачу по запросу отчетов в установленных формах.

12. Ввод информации должен осуществляться методом «выбора из меню», на основе кодификаторов работ ТООР и неисправностей (разд. 2).

Основным первичным носителем информации в ИУС о техническом состоянии ВС, его систем, изделий и оборудования в процессе эксплуатации ВС в России является «Карточка учета неисправностей авиатехники (КУН АТ)» (рис. 6.15). Рекомендуемая ИКАО (Дос. **85/АН**) форма «Карточки...» для ВС иностранного производства приводится на рис. **6.16**, а правила заполнения определены действующими положениями.

Источникам информации для заполнения «Карточки...» являются:

- ✓ акты расследования предпосылок авиационных происшествий;
- ✓ оперативные донесения об особо опасных и впервые выявленных неисправностях (отказах) авиационной техники;
- ✓ карты-наряды на техническое обслуживание;
- ✓ ведомости **дефектации**;
- ✓ бортовые журналы воздушных судов;
- ✓ результаты расшифровки и анализа записей средствами контроля параметров работы, систем и оборудования (**МСРП-А-0,2, АЦПУ**);
- ✓ отчеты, заключения, акты и другие материалы по результатам исследований причин отказов.

Информация, переносимая в первичный носитель («Карточку...») должна отвечать следующим требованиям:

- ✓ данные должны быть достоверными и полными;
- ✓ данные должны носить фактический и своевременный характер;
- ✓ данные должны отражать фактические условия эксплуатации;
- ✓ данные должны сохраняться в течение срока, предусмотренного нормативно-технической отраслевой документацией.

ИУС на основе применения ЭВМ предлагается для автоматизации решения задач управления технической эксплуатацией парка ВС и всех изделий их комплектации в данном авиапредприятии, включая оценку технического состояния и безопасности полетов ВС, ТООР и технологий их выполнения, обеспечение запчастями, оборудованием и документацией ТООР, контроль качества и другие

ГА карточка учёта неисправности авиатехники №					
Дата	Борт № ВС	Тип ВС	Номер даиґ.	Эксплуатант В С П	
			1 2 3 4		
Проявление неисправности ВС					

Этап обнаружения		Последствия	
На земле	В полете		
11 Подготовка к вылету	21 Взлёт	1 Задержка рейса	1 час 1 мин
12 Буксировка	22 Набор высоты	2 Замена ВС	
13 Запуск двигателей	23 Эшелон	3 АП	
14 Руление	24 Снижение	4 Инцидент	
15 Оперативное ТО	25 Заход на посадку	5 Без последствий	
16 Периодическое ТО	26 Посадка	Причина задержки рейса	
17 Прочие ТО	27 Висение	1 Поиск адреса неисправности	
18 Диагностирование	Подт. неисправнос. на земле	2 Устранение неисправности	
Форма ТО	1 Подтвердилась	3 Ожидание запчастей	
	2 Не подтвердилась	4 Ожидание средств ТО	
	3 Не проверялась	5 Ожидание Исполнителей	

Способ восстановления неисправности ВС

1 - без съёма изделий 2 - со съёмом изделий 3 - путем замены изделий

система, подсистема			
Тип замененного/неисправного комплектующего изделия	Заводской №	Адрес на ВС	Подт.

(продолжение)» обороте

Проявление неисправности комплектующего изделия

Причина неисправности комплектующего изделия 1 - установленная 2 - предполагаемая

Элемент РЭО

	Блок	Суббл	Узел	Гр.эл	Сх.№

Принятые меры в отношении комплектующего изделия

1 Восстановлено в АЗ	3 Направлено в ремонт	5 Восстановл. представит. промышл.
2 Списано	4 Направлено на исследование	6 Подлежит рекламации

Дополнительные требования

		Воздушное судно		2 - Двигатель	3 - ВСУ	Комплектующее изделие	
Тип (модификация)							
Заводской номер							
Завод - изготовитель							
Дата выпуска		(месяц/год)		(месяц/год)		(месяц/год)	
Наработка	СНЭ	ч	ц	ч	ц		1-ч 2-ц
	ППР	ч	ц	ч	ц		3-ц
Количество ремонтов							
Дата послед. ремонта							
Завод послед. ремонта							
Дата установки на ВС				(число/месяц/год)		(число/месяц/год)	

предприятие	должность	фамилия	подпись	дата	таб. №

Рис. 6.15. Форма ГА РФ сообщения о неисправностях АТ

Сообщение об эксплуатационных помехах

Форма 4-A-5

1	Регистрационный номер	2 Ведомство гражданской авиации. Отдел инспектирования воздушных судов . (адрес)			3 Дата происшествия	5 Не ☐ закончено		
					4 Дата представления	Закончено ☐		
8	Воздушное судно	Конструкция	Модель	Серийный номер	6 Местонахождение:			
Силовая установка					7 Примечание: (Описать эксплуатационную помеху и обстоятельства , при которых она произошла. Указать вероятную причину и рекомендации по предотвращению повторения ; при необходимости использовать обратную сторону)			
Воздушный винт								
9 Система/компонент (узел, включающий часть)								
Наименование	Номер	Местонахождение части/дефекта						
11	Код АТА	12 Общее время наработки части	13 Время наработки части после капитального ремонта	14 Состояние части			16 Представлено: Пилотом ☐ Инженером ☐ подпись Другим лицом ☐ Организация:	

15 Этап эксплуатации технического обслуживания:

наземная	☐	руление	☐	взлет	☐
набор высоты	☐	крейсерский	☐	снижение	☐
посадка	☐	полет	☐		

Форма AID № A/W.....

Рис. 6.16. Форма ИКАО сообщения о неисправностях АТ

задачи обеспечения технической эксплуатации, предусмотренные применением ИУС. Автоматизация решения каждой указанной задачи решается оборудованием автоматизированного рабочего места (АРМ), которое может использоваться только для решения одной задачи или нескольких в зависимости от объема накопленной и используемой информации, применяемых алгоритмов и программ, объема производственной деятельности данного авиапредприятия. Обмен информацией между АРМ определяется принятой технологией и структурой системы ИУС.

В число основных АРМ при формировании ИУС рекомендуется включать (рис.6.17):

- АРМ БСК - АРМ бортовых систем контроля и регистрации;
- АРМ ТС - АРМ управления техническим состоянием;
- АРМ ЭТД - АРМ ведения эксплуатационной и ремонтной документации;
- АРМ ЗИП - АРМ управления запасами агрегатов и запасных частей;
- АРМ ПД - АРМ управления производственной деятельностью;
- АРМ СНО - АРМ управления СНО и КПА.

АРМ бортовых систем контроля и регистрации предназначен для автоматизации, **входа**, хранения, первичной обработки и анализа информации, поступающей с бортовых средств контроля и регистрации, в том числе: МСРП, БАСК и др., включая бортовой журнал ВС.

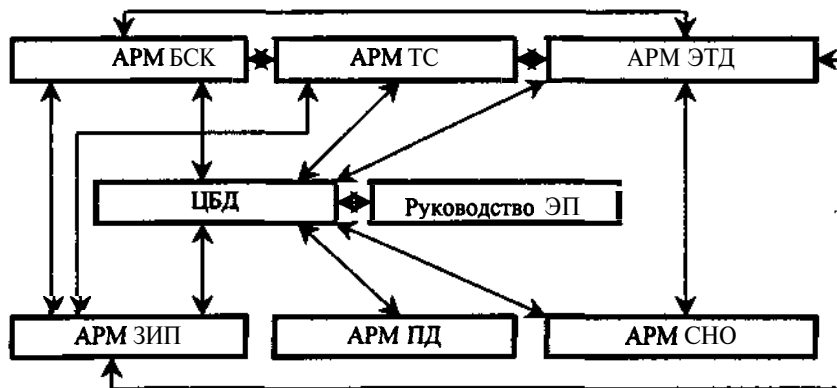


Рис. 6.17. Схема взаимодействия автоматизированных рабочих мест в ИУС авиапредприятия

1. АРМ БСК обеспечивает выполнение следующих функций:

- ведение информации по наблюдаемому парку ВС и полетам;
- ввод и предварительную обработку информации с магнитных носителей БСК;
- анализ данных полетов;
- сбор данных и анализ техники пилотирования экипажей по наблюдаемым самолетам.

Функция ведения информации по наблюдаемому парку ВС и их полетам выполняется решением следующих задач:

- ведение учета парка **ВС**;
- ведение таблиц полетов;
- ведение таблиц магнитных лент БСК;
- ведение архива данных по полетам;
- **ведение** таблиц магнитных носителей.

Задача ведения парка ВС позволяет:

- просматривать БД «Парк ВС» в виде таблицы;
- регистрировать новое ВС, которое включается в число наблюдаемых;
- корректировать информацию о ВС;
- отмечать отдельные ВС и просматривать только отмеченные;
- переходить на ведение таблицы полетов по всем или по выбранному самолету;
- удалять информацию о ВС, которое более не наблюдается.

Задача ведения таблицы полетов позволяет:

- просматривать БД «Полеты ВС» в виде таблицы;
- корректировать информацию о полете ВС;
- отмечать отдельные полеты и просматривать только отмеченные;
- определять наличие данных полета в кадровом и параметрическом виде;
- просматривать данные полета в кадровом виде;
- удалять информацию о полете.

Задача ведение таблицы магнитных лент БСК позволяет:

- просматривать БД «Магнитные ленты ЭР» в виде таблицы по всем МЛ или только по необработанным;
- регистрировать новую МЛ, полученную для обработки;
- корректировать информацию о МЛ;
- выбрать необработанную МЛ для обработки или обработанную МЛ для повторной обработки;
- фиксировать стирание МЛ;
- удалить информацию о МЛ.

Задача ведение архива данных по полетам позволяет:

- просматривать наличие данных для полетов в виде таблицы по всем или только по отмеченным полетам;
- преобразовывать данные полета из кадрового формата в более сжатый параметрический формат;
- архивировать и **разархивировать** данные полета;
- сохранять архивы данных о полетах на съемные магнитные носители (**МД**) и восстанавливать архивы с них;
- удалять ненужные файлы данных и их архивы.

Задача ведение таблицы магнитных носителей позволяет:

- просматривать БД «Магнитные носители» в виде таблицы;
- регистрировать новые магнитные носители, используемые для хранения **архивов** данных;
- удалять информацию о магнитных носителях, более не используемых для хранения архивов данных.

Функция ввода и предварительной обработки информации с магнитных носителей БСКО выполняется с помощью задач:

- чтение МЛ ЭР БСК в покадровом формате;
- отбраковка и восстановление кадров;
- разделение кадров данных по полетам;
- регистрация новых полетов.

Задача чтения МЛ ЭР БСК в покадровом формате позволяет читать кадры с МЛ БСК в виде отдельных файлов.

Задача отбраковки и восстановления кадров позволяет:

- проверить формат кадров и определить кадры ошибочной длины;
- выполнить автоматическое удаление кадров ошибочной длины;
- выполнить ручное удаление кадров ошибочной длины;
- определить интервалы непрерывной записи кадров на МЛ;
- восстановить дату и время для отдельных интервалов кадров;
- просматривать кадры файлов магнитной ленты во внешнем и внутреннем формате;
- осуществлять поиск кадров с заданным номером;
- осуществлять поиск кадров с указанным временем;
- осуществлять поиск кадров с указанными ситуациями.

Задача разделения кадров данных по полетам позволяет:

- объединить кадры, относящиеся к одному полету;
- разделить кадры, относящиеся к разным полетам;
- зарегистрировать полеты, по которым сформированы файлы данных в таблице полетов.

Задача переструктурирования и сжатия параметров полетов позволяет преобразовать файл данных полета из кадрового формата в сжатой и более удобной для последующей обработки файл параметров полета.

Функция анализа данных полетов выполняется с помощью задач:

- получения справок по классификаторам контролируемых систем, параметров и ситуаций в полете;
- получения справок по произвольным запросам к данным полетов с учетом заданных ограничений.

Задача получения справок по классификаторам контролируемых систем, параметров и ситуаций в полете позволяет получить справку о:

- системах ВС;
- параметрах и сигналах систем, контролируемых в полете;
- ситуациях, определяемых по значениям параметров и сигналам.

Задача получения справок по произвольным запросам к данным полетов с учетом заданных ограничений позволяет:

- задать ограничения (условия) поиска по ВС, их полетам и значениям параметров и сигналов;
- задать запрос на получение значений указанных параметров при заданных ограничениях;

- выполнить поиск полетов ВС, удовлетворяющих заданным ограничениям и получить значения указанных в запросе параметров;
- построить графики полученных значений параметров.

Функция сбора данных и анализа техники пилотирования экипажей по наблюдаемым ВС выполняется с помощью задач:

- ввода данных по технике пилотирования в полете;
- просмотра параметров пилотирования;
- анализа параметров пилотирования и построения графиков по выборкам полетов.

Задача ввода данных по технике пилотирования в полете позволяет ввести данные о:

- командирах экипажей;
- аэропортах;
- допусках параметров, характеризующих технику пилотирования;
- значениях параметров для конкретных полетов.

Задача просмотра параметров пилотирования позволяет просмотреть выбранные параметры по выбранным командирам экипажей.

- Задача анализа параметров пилотирования по выборкам полетов позволяет:
 - вычислить средние показатели по заданным выборкам полетов;
- оценить отклонения от допусков;
- построить графики параметров.

АРМ БСК имеет связь с АРМ ТС и АРМ ЭТД.

2. АРМ ТС предназначен для оценки ТС систем и изделий ВС на основе:

- параметрической информации АРМ БСК;
- информации АРМ ЭТД и АРМ ЗИП.

Информация АРМ ТС позволяет оценить фактическое соответствие ТС систем предъявляемым требованиям и принять решение о режимах дальнейшей эксплуатации как ВС в целом, так и отдельных его систем, изделий и оборудования.

АРМ ТС обеспечивает выполнение следующих функций:

- учет ресурсов изделий на ВС;
- учет отклонений от **ТТ**;
- выполненные доработки и бюллетени;
- учет выполнения **ТОиР**;
- поиск и устранение отказов и неисправностей.

Функция учета ресурсов изделий на ВС выполняется с помощью задач:

- учета снятия, замены и установки изделий;
- записи изменения ресурсов изделиям;
- вывода данных по агрегатам, которые удовлетворяют (не удовлетворяют) условию в произвольном запросе пользователя;
- контроля минимального запаса остатков ресурсов;
- контроля полноты комплектации ВС;
- вывода дополнительных работ по ТО изделий к определенной форме ТО;

- ведение протоколов установок и снятий изделий, изменений и продлений ресурсов.

Функция учета отклонений от **ТТ** предназначена для автоматизации обработки информации о повреждениях конструкции и отказах изделий, при которых допускается эксплуатация ВС до завершения рейса или до очередной формы ТО. Она обеспечивает:

- регистрацию всех отклонений от ТТ, выявленных как БСК, так и при ТО;
- ведение перечня минимально допустимого исправного оборудования, необходимого для отправки ВС в рейс;
- выдачу заданий на устранение отклонений от ТТ перед применением ВС или на очередной форме ТО;
- регистрацию отклонений от ТТ.

Функция учета выполнения **доработок**, в том числе и по бюллетеням различных категорий, предназначена для регистрации и обработки данных о всех доработках, подлежащих выполнению на ВС, его системах и оборудовании на всех этапах эксплуатации и выполняемых изготовителем, **эксплуатантом** или ремонтным предприятием, в том числе и по комплектующим изделиям. Она обеспечивает:

- ввод и хранение информации, содержащейся в бюллетенях и контрольных картах;
- корректировку и учет изменений с ведением протоколов изменений бюллетеней и контрольных карт;
- выдачу перечней действующих бюллетеней и справок по ним;
- подбор перечней бюллетеней для выполнения на конкретном ВС на данной форме ТО;
- ведение учета выполнения бюллетеней по номерам ВС и изделий.

Функция учета выполнения работ и форм ТОиР на ВС предназначена для учета и планирования выполнения видов работ и форм ТОиР на ВС в процессе эксплуатации. Она выполняет:

- формирование перечней плановых регламентных работ для очередной формы ТОиР по конкретному номеру ВС;
- формирование индивидуальных работ ТОиР по конкретному номеру ВС;
- перечень доработок и контрольных карт;
- разовые указания и контрольные осмотры;
- работы по агрегатам с ограниченным ресурсом;
- работы по агрегатам, эксплуатируемым по состоянию;
- работы при отклонениях от ТТ.

Функция поиска и устранения отказов и неисправностей предназначена для автоматизации сбора, обработки и хранения информации о надежности АТ, разработке алгоритмов поиска и принятия решений на устранение. Она выполняет:

- сбор, обработку и хранение информации об отказах и неисправностях;
- получение информации, облегчающей принятие решений при поиске и устранении неисправностей;
- разработку и совершенствование алгоритмов поиска отказов;

- прогнозирование объемов внеплановых работ по поиску и устранению отказов;
- контроль уровня надежности изделий;
- прогнозирование потребности в ЗИП;
- ведение рекламационной работы;
- получение информации об отказах по произвольному запросу или коду внешних проявлений;
- получение текстов, алгоритмов и технологий устранения отказов;
- получение перечней СНО и **КПА**, материалов и инструмента, необходимых для устранения отказов;
- ведение и корректировку кодификатора внешних проявлений отказов;
- корректировку программ поиска и устранения отказов.

3. АРМ ЭТД предназначен для автоматизированного ведения и учета изменений типовой эксплуатационной и ремонтной документации ВС в комплектации, поставляемой с ВС. Взаимодействует с АРМ ТС, АРМ БСК, АРМ ЗИП и АРМ СНО.

АРМ ЭТД обеспечивает выполнение следующих функций:

- начальное заведение ЭТД;
- введение изменений и дополнений ЭТД и их регистрацию;
- выдачу справочной информации ЭТД по запросу потребителя.

Функция начального заведения ЭТД в ЭВМ реализуется решением задач:

- разработки программы ведения машиноориентированной документации по данному типу ВС;
- введение в ЭВМ полного комплекта действующей ЭТД, в том числе с указанием отличий по конструкции ВС и содержанию ЭТД по каждому номеру ВС.

Функция введения дополнений и изменений ЭТД и их регистрация, выполняется с помощью задач:

- разработки программ внесения изменений и дополнений к ЭТД и их учету;
- внесение изменений и дополнений ЭТД;
- ведение контрольных экземпляров ЭТД по типу ВС и каждому номеру;
- ведение формуляров и паспортов на ВС и **КИ** с внесением всех требуемых сведений о комплектации, наработках, выполненных ТОиР, доработках и т.д.

Функция **выдачи** справочной информации по запросу потребителя выполняется для информационного обеспечения планового и непланового ТОиР формированием следующих данных:

- перечней плановых работ по каждой форме ТОиР каждого ВС;
- справок по комплектации каждого ВС;
- справок по **истории** ТОиР каждого ВС;
- справок по отказам и неисправностям ВС и произведенным заменам КИ;
- технологий выполнения работ ТОиР;
- другой информации по запросу потребителя в соответствии с принятой системой кодирования ЭТД и программ ведения ЭТД.

4. АРМ ЗИП предназначен для автоматизации информационных процессов по контролю наличия, состояния, учета движения и формирования необходимого запаса агрегатов, запасных частей и материалов в соответствии с планируемым налетом парка ВС и нормами расхода согласно ЭТД. Взаимодействует с АРМ ТС, АРМ ЭТД, АРМ БСК.

АРМ ЗИП обеспечивает выполнение следующих функций:

- формирование годовой поквартальной заявки;
- формирование месячной заявки;
- контроль наличия и состояния агрегатов;
- учет агрегатов на земле;
- учет драгоценных металлов;
- учет движения агрегатов;
- ТО агрегатов **АиРЭО**;
- комплектация агрегатов;
- рекламация.

Функция «Формирование годовой поквартальной заявки» предназначена для **расчета**, корректировки и формирования годовых (с **разбивкой по** кварталам) заявок на запасные части, агрегаты и расходные материалы. Она обеспечивает решение задач:

- расчет заявок на заданный год (с разбивкой по кварталам) на заказ агрегатов **1-й** категории и отправку агрегатов в ремонт;
- редактирование рассчитанных данных и создание альтернативных вариантов заявок;
- просмотр итогов заявочных кампаний и расхода агрегатов за прошлые годы;
- корректировка заявок, в результате которой будут автоматически учтены накопившиеся с момента первоначального формирования годовой заявки неточности прогноза по отношению к текущим данным;
- расчет заявок на закупку запасных частей и расходных материалов;
- расчет суммы затрат на заявки по текущим ценам;
- распечатывание подготовленной заявки.

Функция «Формирование месячной заявки в отдел комплектации и снабжения» предназначена для расчета, корректировки и формирования месячных заявок в ОМТС на поставку агрегатов на базе прогноза дефицита на предстоящий месяц. Она обеспечивает решение задач:

- расчет дефицита по каждому типу агрегатов, определяемый текущим запасом в комплектровке, лабораториях, уходом агрегатов по ресурсу, отказам и досрочным **съемам**;
- распечатка требований в ОМТС.

Функция «Контроль наличия и состояния агрегатов» предназначена для оперативного управления запасами. Она обеспечивает решение задач:

- расчет и контроль рационального неснижаемого запаса в обменном фонде поданном прогноза за 30 суток;
- формирование суточного задания на восстановление агрегатов;
- формирование списка дефицитных агрегатов и подготовку заявок в ОМТС;

- списание запасных частей и агрегатов;
- выдачу справок о прогнозе заявок для комплектации агрегатов, о наличии агрегатов, их текущем состоянии и местонахождении;
- просмотр и корректировку паспортов агрегатов.

Функция «Учет агрегатов на земле» предназначена для ведения паспортов агрегатов, находящихся на земле, заведения паспортов вновь **прибывших** агрегатов, контроля перемещения агрегатов между подразделениями и учета наличия агрегатов в них. Она представляет собой набор функционально законченных программ (блоков):

- паспорт агрегата;
- движение агрегатов;
- наличие агрегатов.

Функция «Учет драгоценных металлов» предназначена для учета содержания драгоценных металлов в агрегатах, находящихся на земле, создания машинных и печатных форм отчетности по содержанию драгоценных металлов.

Функция «Учет движения агрегатов» предназначена для контроля перемещения агрегатов между подразделениями.

Она обеспечивает выполнение следующих операций:

- изменение информации о местонахождении агрегата при приходе (уходе) в подразделение;
- ведение журнала прихода и ухода агрегатов;
- ввод данных в систему о вновь прибывших агрегатах.

Функция «ТО агрегатов **АиРЭО**» предназначена для информационного обеспечения процессов ТО, проведения ремонтных и профилактических работ по состоянию агрегатов АиРЭО в лабораториях, ведения архивов паспортов агрегатов, находящихся на земле, заведения паспортов вновь прибывших агрегатов, контроля перемещения агрегатов между обменным фондом и лабораториями. Она состоит из функционально законченных программ:

- движение агрегатов;
- распределение задания;
- отчет техника.

Функция «Комплектация агрегатов» предназначена для автоматизации сбора информации и принятия решений в процессе формирования комплекта агрегатов для периодического и оперативного ТО ВС. Она обеспечивает:

- автоматический или ручной ввод задания на периодическое или оперативное ТО ВС;
- просмотр и корректировку задания на комплект агрегатов;
- формирование вариантов комплектов агрегатов;
- просмотр комплекта агрегатов.

Функция «Рекламация» предназначена для ведения **рекламационно-претензионной** работы.

Она обеспечивает:

- формирование **рекламационно-претензионной** документации и контроль за сроками прохождения документов;

- контроль за процессами восстановления изделия в авиапредприятии силами предприятия-изготовителя, замены отказавшего агрегата представителем промышленности, получения восстановленного изделия после исследования, возмещения убытков, связанных с **внутрипортовыми** расходами;
- комплектацию и регистрацию входящей и исходящей документации;
- систематизацию информации, поступающей от организаций, проводящих исследование отказавших изделий;
- формирование статистических отчетов по **рекламационно-претензионной** деятельности.

5. АРМ **ПД** «Управление производственной и хозяйственной деятельностью» предназначен для автоматизации процессов организационной структуры. АРМ ПД выполняет следующие функции:

- кадры;
- **планово-экономический** отдел;
- табель;
- учеба;
- охрана труда и техника безопасности;
- руководитель;

а) функция «Кадры» используется в авиапредприятиях, имеющих в своей структуре отдел кадров, и предназначена для ведения и учета сотрудников. Она обеспечивает:

- ведение и учет рабочих и служащих и обеспечение этой информацией других подсистем комплекса;
- ведение архива;
- выдачу информации о сотрудниках по стандартным и произвольным запросам;
- контроль собственной работоспособности и восстановление;

б) функция «Планово-экономический отдел» в случае отсутствия подсистемы «Кадры» в структуре авиапредприятия осуществляет функции этой подсистемы, а также предназначена производить расчеты плановой и экономической деятельности авиапредприятия;

в) функция «Табель» предназначена для ведения табельного учета. Она обеспечивает:

- ведение месячного табеля подразделения;
- ведение архива;
- выдачу информации о сотрудниках по вопросам охраны труда и наличия **до**пуска к ТО в стандартных формах с выдачей результатов на экран, на печатающее устройство;

г) функция «Учеба» предназначена для автоматизации процессов сбора и обработки информации по вопросам учебы и повышения квалификации сотрудников и ведения соответствующего архива;

д) функция «Охрана труда и техника безопасности» предназначена для **авто**матизации процессов сбора и обработки информации по вопросам охраны труда и техники безопасности, формирования наглядных форм представления этой информации и ведения соответствующего архива;

е) функция «Руководитель» предназначена для автоматизации процессов обеспечения руководящего состава оперативной информацией по вопросам функционирования и состояния **СВП**, по кадровым вопросам и вопросам учебы, по охране труда и технике безопасности.

6. АРМ СНО «**Управление** средствами ТО» предназначен для учета состояния и формирования комплектности средств для проведения периодического и оперативного ТО. АРМ СНО выполняет следующие функции:

- метрология;
- комплектация средств ТО;

а) функция «Метрология» предназначена для автоматизации обработки информации метрологических служб. Она обеспечивает:

- формирование графиков поверки СИ с возможностью коррекции сроков поверки и контролем загрузки стендов поверки в заданный отрезок времени;
- регистрацию перемещения СИ;
 - выдачу справок о состоянии СИ по стандартной или произвольной форме;
 - ведение ЭТД по СНО и **КПА** аналогично АРМ ЭТД;
- контроль выполнения графиков поверки;
- формирование ведомостей выполненных **поверок/ремонтов** СИ;
- регистрацию времени использования образцовых СИ при поверке с начала года;

б) функция «Комплектация средств ТО» предназначена для учета состояния и формирования комплектов СНО и КПА для оперативного и периодического ТО самолетов.

Основной задачей ИУС является оперативное восстановление технического состояния ВС.

Восстановление ТС ВС, системы или изделия определяется последовательным решением задач контроля, идентификации состояния и, при необходимости, перевода в требуемое состояние.

Критериями оптимизации решения этих задач в зависимости от обстоятельств могут быть:

- минимальное время восстановления;
- минимальная трудоемкость восстановления;
- наибольшая вероятность восстановления.

Алгоритмы всех этих классов - это алгоритмы без циклов, «элементарными» операторами которых являются проверки и операции восстановления. Алгоритмы являются условными, поскольку проверки являются аналогами условных операторов и результаты проверки определяют, какая ветвь алгоритма будет выполняться, а какая нет. В зависимости от класса алгоритма он может завершаться определением состояния с заданной точностью или приведением системы в работоспособное либо исправное состояние. Визуально все алгоритмы могут быть представлены в виде дерева, вершины которого есть проверки или операции восстановления, а ветви соответствуют переходу к следующей операции по завершению алгоритма.

Оперативность и качество устранения отказов обеспечивается на основе информации из банка данных ТС, позволяющей проанализировать конкретное внешнее проявление отказа (ВПО) и наиболее рационально провести работы по выявлению отказавшего **элемента**, его регулировке или замене.

Рекомендуемый алгоритм поиска (идентификации) отказа на базе данных АРМ БСК приводится **на рис. 6.18.**

Соответствующими этой информации являются:

- данные о причинах возникновения и методах устранения аналогичных ВПО на парке ВС;
- данные о причинах возникновения и методах устранения конкретного ВПО.

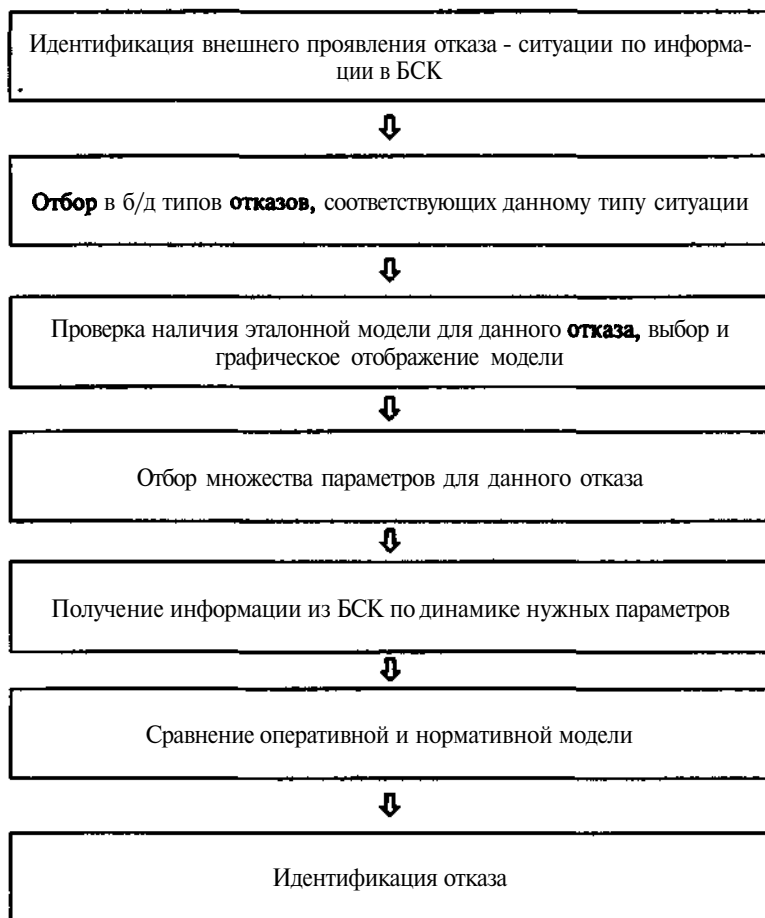


Рис. 6.18. Типовой алгоритм поиска неисправностей

Базой для получения данных служит банк данных АРМ ТС на основе информации из карточек учета КУН АТ по следующим реквизитам КУН АТ:

- проявление неисправности ВС;

- подтвержденный адрес неисправности;
- проявление неисправности КИ;
- причина неисправности КИ;

Типовая технология построения алгоритмов на основе банка данных АРМ ТС следующая:

а) при получении информации о происшедшем на ВС отказе и его ВПО выбираются все КУН АТ, **составленные** на данное ВПО из массива данных парка ВС с помощью кода проявления неисправности ВС.

По этим КУН АТ формируется перечень возможных причин по кодам подтвержденных адресов неисправностей;

б) из массива КУН АТ по конкретному ВПО выделяется информация по ВС, на котором предстоит устранять отказ;

в) в соответствии с перечнем возможных причин с учетом данных по конкретному ВС осуществляется подготовка запасных частей, которые возможно понадобятся при устранении отказа;

г) на основе анализа перечня возможных причин **отказа**, данных по предшествующим случаям возникновения ВПО на конкретном ВС, обеспеченности запасными частями и **контрольно-проверочной аппаратурой** формируется последовательность (алгоритм) проведения работ по поиску и устранению неисправности. При этом должны учитываться вероятности появления данного ВПО из-за неисправности отдельных элементов системы и затраты времени на проведение проверок и устранение неисправности.

Если в авиапредприятии обеспечена высокая оперативность доставки **необходимых** запасных частей, то возможны следующие варианты подготовки запасных частей:

1. Подготавливаются для замены изделия по всему перечню возможных причин, если они имеют примерно одинаковые количества, в предшествующих полетах возникшее ВПО не происходило на данном **ВС**, и ресурсное состояние изделий близко к средним наработкам до отказа.

2. Подготавливаются для замены изделия только по части позиций возможных причин, если эта часть имеет существенно преобладающие количества.

3. Если наработки основной части изделий из перечня причин лежат в заданных диапазонах значений, то не планируются к замене изделия, имеющие наработку ниже минимальных значений диапазонов наработок до отказа.

4. Если конкретное ВПО носит повторяющийся характер, т.е. в предыдущих полетах уже проявлялся этот отказ, то изделия, замененные при предыдущих устранениях данного **проявления**, не планируются к замене.

Последний вариант установлен с учетом предположения, что отказ является перемежающимся и его причина фактически не была устранена ранее путем замены изделия.

Возможен и противоположный подход к повторяющимся на конкретном ВС отказам, когда один из элементов работает в неблагоприятных условиях и (или) отличается пониженной надежностью и на парке ВС. Этот элемент планируется к замене несмотря на то, что он был заменен при одном из предыдущих устранений ВПО на конкретном ВС.

Если заказ и доставка запасных частей в авиапредприятии связаны со значительными затратами времени, то осуществляется подготовка запасных частей по всему перечню возможных причин **ВПО**.

Построение алгоритма поиска и устранения причин отказа следует производить путем последовательного анализа и учета следующих факторов:

- обеспеченности запасными частями и **контрольно-проверочной** аппаратурой;
- вероятности возникновения **ВПО** при появлении отказов отдельных элементов в системе;
- продолжительности проведения операций по устранению отказов отдельных элементов в системе;
- повторяемости **ВПО** на данном **ВС** в предыдущих полетах;
- ресурсного состояния изделий данного **ВС**, отказы которых входят в перечень возможных причин.

Предлагается следующая упрощенная методика анализа факторов и построения **алгоритма**, не требующая существенных затрат времени, что позволяет при наличии информационного обеспечения использовать ее в оперативном режиме.

1. На основе перечня возможных причин формируются группы отказов элементов системы, устранение которых обеспечено контрольно-проверочной аппаратурой и запасными частями. Параллельно должен прорабатываться вопрос возможности получения (при необходимости) недостающих **КПА** и запасных частей.

2. Возможная ситуация: нет жестких ограничений по времени стоянки **ВС**; целесообразно сократить время поиска причин отказа, чтобы рационально с минимальными трудозатратами организовать работу бригады. Для этого необходимо осуществить ряд корректировочных шагов, содержание которых приведено ниже.

Шаг 1. Корректировка по вероятности отказов элементов. Выделенные в п. 1 отказы элементов располагаются по убыванию значений, т.е. по убыванию условной вероятности возникновения **ВПО** из-за отказов отдельных элементов.

Шаг 2. Корректировка по продолжительности проведения проверочных операций. Если специалист располагает сведениями по продолжительности проверки работоспособности агрегатов, то он корректирует последовательность работ по принципу: когда отказы отдельных элементов примерно равновероятны, в первую очередь выполняются проверки элементов, имеющие меньшую продолжительность. Однако если проверочная операция имеет минимальную продолжительность (например: нажать кнопку проверки, посмотреть, горит ли **табло** или лампа сигнализации), то такую операцию надо выполнять раньше других, даже при малой вероятности обнаружения причины.

Шаг 3. Корректировка по повторяемости **ВПО**. В случае перемежающегося отказа (когда нет уверенности, что он был устранен после предыдущего проявления) при равной значимости (по шагам 1 и 2) меньший приоритет имеют проверочные операции изделий, которые были заменены при предыдущих устранениях **ВПО** на данном **ВС**.

Шаг 4. Корректировка по ресурсному состоянию изделий. При равной значимости (по шагам 1, 2 и 3) меньший приоритет имеют проверочные операции изделий, имеющих наработки ниже минимальных значений диапазонов наработок до отказа.

3. Возможная ситуация: необходимо устранить причину отказа за ограниченное время стоянки ВС до следующего вылета: время стоянки недостаточно для проведения полного комплекса работ по поиску и устранению отказа, поэтому необходимо выполнить прежде всего те работы, которые позволяли бы устранить отказ за располагаемое время. Для этого последовательно выполняются следующие операции:

Шаг 1. Из группы отказов элементов системы, сформированной в п.1, выделяется подгруппа причин ВПО, которые, по оценке специалиста, могут быть проверены и устранены за заданное время стоянки ВС.

Шаг 2. Корректировка подгруппы по вероятности отказов элементов. Выполняется аналогично п.2 (шаг 1).

Шаг 3. Корректировка по продолжительности проведения проверочных операций. Выполняется аналогично п.2 (шаг 2).

Шаг 4. Корректировка по продолжительности устранения отказа элемента. При равной значимости (по шагам 2 и 3 п.3) больший приоритет в подгруппе имеют проверочные операции изделий, устранение отказов которых требует большей продолжительности.

Шаг 5. Корректировка по повторяемости ВПО. Выполняется аналогично п.2 (шаг 3).

Шаг 6. Корректировка по ресурсному состоянию изделий. Выполняется аналогично п.2 (шаг 4).

Приведенная технология принятия решения по устранению последовательности операций поиска причины отказа является ориентировочной и носит качественный характер. При практическом использовании она может уточняться, меняться очередность корректировок на основе знания специалистом особенностей конкретных ВС и уровня его компетентности.

Организационное обеспечение технологической подготовки построения алгоритмов поиска устранения отказов состоит в формировании кодированных сообщений об отказе на борту ВС, передаче их с борта в авиапредприятие, выработке рекомендаций специалистами с учетом конкретной производственной ситуации и условий выполнения рейса, передаче этих рекомендаций непосредственно исполнителем.

Если отказ произошел в полете, то сообщение о нем должно поступить еще до посадки, что создаст резерв времени для принятия решения и подготовки производства, включая материально-техническое обеспечение.

Информация об отказе должна кодироваться. Для этого на борту ВС необходимо иметь сборник кодов внешних проявлений (СКВПО).

С помощью СКВПО экипаж ВС, находящегося в полете, или инженерно-технический персонал при ТО, проанализировав **ситуацию**, подготавливает сжатое кодированное сообщение для передачи на базу.

Использование кодов позволяет занимать значительно меньше времени в эфире при передаче сообщений об отказе по радиосвязи и обеспечивает более точное описание ВПО, чем текстовое.

Получив сообщение о возникновении ВПО, специалисты разрабатывают рациональную последовательность операций по поиску и устранению отказа в аэропорту посадки или на базе.

Система кодирования внешних проявлений отказов позволяет оперативно получать информацию для принятия решений, а также использовать заранее подготовленные алгоритмы, что безусловно сократит время простоя ВС на устранение отказа.

Обеспечение функционирования предполагаемой системы может быть организовано на базе групп принятия оперативных решений и информационного обеспечения согласно рис. 6.13 и 6.14.

Ниже приводятся типовые характеристики систем информационного обеспечения ТОиР [51,52], рекомендуемые **эксплуатанту** при организации процессов и процедур в системе ТЭ типа ВС во взаимосвязи с уже имеющимися процессами информационного обеспечения ТОиР данного **эксплуатанта**.

6.4.2. ТИПОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВС

1. Уровень информационного сопровождения процессов технической эксплуатации непосредственно сказывается на качестве **инженерно-авиационного** обеспечения, на всем комплексе мероприятий, проводимых **ИАС** в целях поддержания исправности, безопасности и интенсивности использования парка эксплуатируемых ВС.

На эксплуатационном предприятии должны быть разработаны и внедрены системы информационного обеспечения, **реализующие** следующие функции:

- управление процессами ТОиР;
- оценку технического состояния и диагностику авиационной техники;
- сбор, обработку и оценку информации по надежности авиационной техники;
- назначение и исключение работ по ТОиР;
- учет и контроль выполненных работ;
- обработку информации бортовых регистраторов (средств сбора полетной информации).

2. **Эксплуатант** должен разработать и внедрить специальный внутренний стандарт предприятия, в котором должны быть установлены и поддерживаться в рабочем состоянии процедуры наполнения, движения и хранения полномерной и производственно-технической документации. Эти процедуры должны соответствовать требованиям государственных органов управления.

Информационное обеспечение, основанное на бумажной технологии, обладает рядом недостатков. С целью повышения надежности и оперативности системы информационного обеспечения ТОиР **эксплуатант** наряду с бумажной технологией должен реализовать компьютерную технологию сбора и обработки информации.

Система информационного обеспечения на базе компьютерной технологии должна соответствовать требованиям к **информационно-управляющим** системам (**ИУС**), изложенным в ГОСТ Р 50596–93 «Система **информационно-управляющая** для обеспечения технической эксплуатации воздушных судов. Основные положения».

3. Для авиапредприятий, эксплуатирующих 3 и более самолетов класса **Ту-154, Як-42** и выше, вертолетов класса Ми-26, **самолетов** и вертолетов поколения 90-х годов, система информационного обеспечения ТО ВС, основанная на базе компьютерной технологии сбора и обработки информации, должна соответствовать в полном объеме ГОСТ Р 50596–93. Для прочих авиапредприятий допускается эксплуатация систем, реализующих ограниченное число задач. К этим задачам относятся:

- однозначная идентификация всех объектов эксплуатации (машинно-ориентированное описание типа ВС и составляющих его элементов);
- учет наработки и контроль остатков ресурсов АТ (ВС, двигателей, узлов и агрегатов);
- учет выполнения работ по ТО и текущему ремонту АТ;
- контроль периодичности выполнения работ по ТО (регламентных, бюллетеней, карт контроля, индивидуальных) АТ;
- планирование и учет доработок АТ;
- учет комплектности ВС, двигателей, систем и блоков;
- учет перестановок двигателей, узлов и агрегатов;
- учет оперативного состояния парка АТ (**диспетчирование**);
- учет отказов и неисправностей АТ;
- анализ надежности АТ и полетной информации;
- контроль параметров двигателей;
- передача данных о состоянии и использовании парка, отказах и неисправностях в органы государственного управления ГА в согласованных форматах).

4. Наличие единого информационного пространства ИУС предъявляет требование однозначности идентификации всех объектов системы:

- объектов эксплуатации (ВС и их агрегатов);
- служб авиапредприятия (цехов, лабораторий, складов ...);
- внешних организаций (заводов-изготовителей, ремонтных заводов ...);
- атрибутов и характеристик эксплуатации и технического обслуживания;
- других объектов.

Решение данной задачи достигается ведением **единых**, т.е. обязательных к использованию во всех задачах ИУС, словарей данных и эталонных значений, содержащаяся в которых информация может дополняться в процессе развития системы.

Основным словарем системы является эталонное описание типа ВС как объекта эксплуатации. Машинно-ориентированное описание типа ВС должно удовлетворять следующим основным требованиям:

- однозначно идентифицировать агрегаты по их уникальному атрибуту (шифру, чертежному номеру и т.д.);

- описывать систему, подсистему и входящие в них агрегаты как иерархические структуры;
- описывать взаимозаменяемость агрегатов;
- однозначно идентифицировать агрегаты одного наименования (шифра), расположенные в разных системах самолета;
- позволять описывать индивидуальную комплектацию и условную взаимозаменяемость агрегатов конкретного ВС;
- позволять поддерживать справочник по типовым эксплуатационным характеристикам агрегатов (ресурсы, виды периодического обслуживания и др.);
- содержать широкий спектр сервисных функций для редактирования состава оборудования и эксплуатационных характеристик, поиска интересующего элемента структуры самолета.

5. Реализация задач учета АТ должна удовлетворять следующим требованиям по хранению информации:

- а) возможность ведения наработок (с начала эксплуатации и после последнего ремонта) и ресурсов (назначенного и межремонтного) по всем необходимым видам учета для данного парка АТ;
- б) хранение информации о наработке основных изделий (ОИ) за месяц по всем видам учета. Длительность хранения - от ремонта до ремонта;
- в) заведение, хранение, возможность коррекции (в случае обнаружения ошибок) справок о наработке АТ за рейс. Заведение и коррекция данной информации должна автоматически приводить к соответствующему изменению данных в пп. 1 и 2. Длительность хранения - не менее месяца;
- г) ведение истории выполнения регламентных работ. Длительность хранения - от ремонта до ремонта;
- д) ведение истории выполнения капитальных и восстановительных ремонтов. Длительность хранения - до списания;
- е) ведение истории движения АТ в эксплуатации (прибытие, убытие, передача, списание). Длительность хранения - до списания (или бессрочно);
- ж) ведение истории перестановок АТ. Длительность хранения - до списания;
- з) ведение истории изменения ресурсов, сроков службы АТ. Длительность хранения - до списания.

6. Требования по предоставлению информации включают:

- а) возможность получения списка изделий, остаток ресурса которых меньше заданного (по всем видам учета и до формы ТО);
- б) возможность получения широкого спектра отчетности по ОИ путем выбора необходимых атрибутов и произвольного логического условия. Например список заводских номеров, места установки для двигателей типа **Д-ЗОКП** с датой выпуска после 01.01.1988;
- в) создание стандартной отчетности, посылаемой в вышестоящие органы (отчет о **прибывших**, убывших и списанных самолетах, вертолетах и авиадвигателях, отчет о наличии резервных самолетов и их ресурсном состоянии ...).

7. Реализация задачи контроля параметров двигателей должна удовлетворять следующим требованиям:

7.1. По хранению информации:

- а) ведение (ввод, хранение, возможность коррекции) полетных карт и результатов наземного опробования двигателей. Длительность хранения зависит от применяемой методики обработки;
- б) ведение формулярных данных по параметрам двигателей.

7.2. По обработке и представлению информации:

- а) обработка введенных параметров двигателей и выдача сообщений в зависимости от применяемой методики;
- б) графическое представление поведения параметров в осях величина параметра - наработка (в зависимости от применяемой методики могут использоваться такие значения параметров, как приведенное, начальное, **предельное**, допустимое, прогнозное, зрительное и т.п.);
- в) возможность оперативного получения информации о:
 - замене агрегатов, влиявших на изменение параметров;
 - проводимых формах ТО;
 - выполненных регулировках;
 - результатах анализа масла;
 - обнаруженных дефектах лопаток.

8. Система учета оперативного состояния парка АТ (**диспетчирование**) предназначена для сбора и хранения информации по отдельным ВС, существенной для планирования и сопровождения процесса технического обслуживания АТ.

Основными требованиями, предъявляемыми к системе, являются:

- достоверность информации о состояниях ВС;
- оперативность внесения изменений в информацию.

8.1. Достоверность фиксируемой информации обеспечивается путем организации системы идентификации лиц, вносящих в нее изменения.

При реализации системы на базе компьютерной технологии процесс сбора информации может быть реализован двумя способами:

- а) ввод информации об изменении текущего состояния ВС осуществляется непосредственно диспетчером на основании сообщений, поступающих от служб авиапредприятия с использованием различных средств связи (телефон, пневмопочта, и др.);
- б) ввод информации об изменении текущего состояния ВС осуществляется непосредственно должностными лицами служб авиапредприятия в рамках их зон ответственности.

8.2. Система учета оперативного состояния парка АТ (**диспетчирование**) ИУС АТБ, реализованная на базе компьютерной технологии, должна обеспечивать:

- а) сбор, хранение и обработку информации о текущем состоянии ВС парка и его изменениях (по стандартному перечню типовых состояний ВС);
- б) представление по запросам пользователей (инженер по оперативному планированию и диспетчер) информации, требуемой для принятия решений по **вопросам** оперативного планирования эксплуатации ВС парка и диспетчеризации;

- в) хранение информации о изменениях состояний авиационной техники в течение срока ее службы;
- г) формирование по запросам отчетов о состоянии **самолетомоторного** парка, за требуемые периоды времени как для пользователей АТБ, так и для внешних организаций ГА («Карточка суточного состояния самолета», «Отчет о распределении календарного времени самолетов по их состоянию» и др.).

9. Система учета отказов и неисправностей предназначена для автоматизации **сбора**, обработки и хранения информации по отказам и неисправностям основных и комплектующих изделий самолетов базового парка авиапредприятия.

Эта информация является основой для решения целого ряда задач, возникающих в процессе эксплуатации авиатехники:

- анализа надежности;
- получения информации, облегчающей принятие решений при поиске и устранении отказов;
- разработки и совершенствования алгоритмов поиска отказов;
- ведения **рекламационно-претензионной** работы;
- прогнозирования потребности авиапредприятия в запасных частях;
- прогнозирования объемов и трудоемкости работ по **ТОиР**.

Реализация системы учета отказов и неисправностей должна удовлетворять следующим требованиям:

9.1. По вводу и хранению информации:

- а) допускать как централизованный ввод информации по отказам и неисправностям с унифицированных бумажных носителей (КУН), так и распределенный ввод информации без использования специальных бумажных носителей;
- б) обеспечивать минимальную трудоемкость при вводе информации по отказам - основной объем информации должен заполняться автоматически из соответствующих БД по основным и комплектующим изделиям;
- в) обеспечивать архивирование данных, тестирование на полноту и правильность заполнения информации по отказам.

9.2. По обработке и представлению информации:

- а) возможность получения информации по отказам в соответствии с запросом, формируемым пользователем;
- б) создание стандартной отчетности, посылаемой в вышестоящие органы (отчет о распределении отказов по подсистемам ВС, отчет по отказам и неисправностям в формате, согласованном с государственными органами управления ГА);
- в) вывод информации по отказам в графическом виде.

10. Система анализа надежности предназначена для контроля уровня надежности систем ВС и комплектующих изделий и его восстановления при возможных отклонениях.

Реализация системы анализа надежности должна обеспечивать:

- а) получение значений выбранных показателей надежности в табличном или графическом виде;

- б) статистический анализ показателей надежности (контрольные карты, гистограммы) с графическим представлением результатов;
- в) создание стандартной отчетности, посылаемой в вышестоящие органы.

11. Реализация задачи обработки и анализа полетной информации должна обеспечивать:

- а) считывание полетной информации с бортовых накопителей;
- б) экспресс-анализ параметрической информации в соответствии с перечнем алгоритмов Генерального конструктора ВС;
- в) экспресс-анализ параметрической информации в соответствии с дополнительным перечнем алгоритмов, представленных заказчиком;
- г) редактирование и ввод паспортных данных и редактирование градуировок;
- д) документирование;
- е) вторичную (в том числе статистическую) обработку полетной информации.

12. Общие требования к компьютерной информационно-управляющей системе (ИУС) эксплуатационного авиапредприятия, существенно влияющие на качество информационного обеспечения ТО ВС:

- а) наличие единого информационного пространства ИУС. Принципиальная возможность доступа с любого рабочего места к любой информации системы. Одновременная работа с информацией многими пользователями;
- б) ввод входной информации ИУС непосредственно в тех местах (службах авиапредприятия), где эта информация возникает или впервые попадает в авиапредприятие. Исключение многократного ввода одной и той же информации;
- в) алгоритмическое обеспечение полноты и правильности вводимой информации. Ведение словарей данных и эталонных значений;
- г) защита информации от несанкционированного доступа, в том числе средствами системного программного обеспечения;
- д) периодическое резервное копирование информации на внешние магнитные (магнитно-оптические) носители;
- е) возврат к исходному состоянию информации в системе в случаях обнаружения пользователем ошибок при вводе данных, системных ошибок, аппаратных сбоях и т.п.;
- ж) ведение протоколов доступа к данным ИУС и изменения информации;
- з) наличие компетентной службы администрирования ИУС.

13. Типовые варианты построения комплекса технических средств для **автоматизированного учета и планирования работ по ТОиР**:

- а) локальная вычислительная сеть (ЛВС) из **IBM-совместимых** персональных ЭВМ, охватывающая основные технические службы авиапредприятия, выполненная в стандарте Ethernet. Выделенный файловый сервер (высоконадежная персональная ЭВМ с резервом или специализированный файл-сервер). Электропитание файл-сервера и наиболее ответственных рабочих станций производится от источников бесперебойного питания. ЛВС функционирует под управлением сетевой операционной системы Novell NetWare, рабочие станции - под **DOS**;

- б) центральная ЭВМ под управлением **многопользовательской**, многозадачной операционной системы (UNIX, OS/2, VAX VMS ...) с терминалами в основных технических службах авиапредприятия.

Не рекомендуется построение системы на основе морально и физически устаревших ЭВМ серии ЕС и СМ.

14. Организация контроля уровня надежности ВС и комплектующих изделий.

1. Организационная структура.

Программа контроля надежности должна содержать организационную схему, включающую:

- перечень организационных элементов, отвечающих за функционирование и руководство выполнением программы;
- схему взаимодействия между организационными элементами с указанием иерархии полномочий и ответственности;
- порядок внесения изменений в программу.

2. Система сбора и регистрации данных.

Система сбора и регистрации данных, необходимых для контроля надежности должна обеспечивать:

- оперативность;
- достоверность;
- полноту;
- небольшую трудоемкость сбора и регистрации.

Эти качества системы сбора и регистрации могут быть достигнуты при использовании:

- специализированных программ подсистем, работающих в составе локальной вычислительной системы, обеспечивающей информационную поддержку процессов технической эксплуатации ВС;
- распределенного способа сбора и регистрации данных;
- квалифицированных специалистов, производящих регистрацию данных;
- унифицированных классификаторов данных.

К числу унифицированных классификаторов относятся следующие:

- типов ВС и ОИ;
- бортового оборудования ВС;
- внешних проявлений отказов и неисправностей;
- заводов-изготовителей и ремонтных заводов;
- предприятий-владельцев ВС и аэропортов посадки;
- форм ТО;
- этапов обнаружения отказов;
- характера отказов;
- последствий отказов;
- причин задержки рейсов;
- способов устранения отказов;
- принятых мер по устранению отказов.

Типовой формат данных, обеспечивающий решение большинства задач по программе контроля уровня надежности, приведен в табл. 6.11.

3. Система сбора и обработки информации о надежности ВС должна соответствовать действующим в отрасли ГА РФ типовым положениям. Для импортных ВС может применяться циркуляр ИКАО № 95АН/78.
4. Контрольные уровни надежности агрегатов и изделий ВС, правила обработки и принятия решений устанавливает разработчик ВС в эксплуатационной документации.

В Руководстве по ТОиР **эксплуатант** показывает свои возможности по выполнению этих требований ссылкой на соответствующие организационные структуры, имеющиеся у него для этих целей.

5. Эксплуатант может предложить любые другие методы и способы сбора и обработки информации о надежности изделий и принятия решений, не установленные в ЭТД.

В этом случае он должен разработать соответствующие инструкции и согласовать их с разработчиком ВС и ГОУ ВТ. В Руководстве по ТОиР в этом случае должны быть ссылки на эти инструкции.

6. В Руководстве по ТОиР эксплуатант должен указать материально-техническую базу, на основе которой производятся сбор, обработка информации о надежности.

Сюда должны включаться применяемые носители информации, ЭВМ, структурное подразделение, решающее эти вопросы, и другие сведения по информационному обеспечению ТОиР у данного **эксплуатанта**.

Таблица 6.11

Типовой формат данных для контроля уровня надежности

Раздел данных	Содержание данных раздела	Классификатор
Общая информация по отказам и неисправностям	1.1. Регистрационный номер отказа	
	1.2. Дата отказа	
	1.3. Бортовой номер ВС	
	1.4. Код типа ВС	
	1.5. Код владельца ВС	
	1.6. Код аэропорта посадки	
	1.7. Код обнаружения	1.7.1. На борту ВС
		1.7.2. При лабораторной проверке КИ
	1.8. Код характера отказа	1.8.1. Обычный отказ
		1.8.2. Опасный отказ
		1.8.3. Повторный отказ
	1.9. Номер СУ	
	1.10. код формы ТО	
	1.11. Код внешнего проявления отказа	1.11.1. Классификатор внешнего проявления отказов

Раздел данных	Содержание данных раздела	Классификатор
Общая информация по отказам и неисправностям	1.12. Код этапа обнаружения	1.12.1. Подготовка к вылету
		1.12.2. Буксировка
		1.12.3. Запуск двигателей
		1.12.4. Руление
		1.12.5. Оперативное ТО
		1.12.6. Периодическое ТО
		1.12.7. Диагностирование
		1.12.8. Взлет
		1.12.9. Набор высоты
		1.12.10. Эшелон
		1.12.11. Заход на посадку
		1.12.12. Посадка
		1.12.13. Висение
	1.13. Код системы/подсистемы ВС	1.13.1. По ГОСТ 18675—79
	1.14. Код подтверждения отказа на земле	1.14.1. Подтвердился
		1.14.2. Не подтвердился
		1.14.3. Не проверялся
	1.15. Код последствий отказа	1.15.1. Без последствий
		1.15.2. Задержка рейса
		1.15.3. Замена ВС
		1.15.4. Инцидент
	1.16. Код причины задержки рейса	1.16.1. Поиск адреса неисправности
		1.16.2. Ожидание запчастей
		1.16.3. Ожидание средств ТО
	1.17. Код способа устранения отказа	1.17.1. С заменой
		1.17.2. Со съемом
		1.17.3. Без съема
	1.18. Число КИ, снятых по отказу	
	1.19. Описание внешнего проявления отказа	
	1.20. Перечень работ, проведенных при устранении отказа	
	1.21. Код подраздела, устранившего отказ	
	1.22. Код специалиста, устранившего отказ	
Информация по ОИ ВС (планер, двигатель, ВСУ)	2.1. Код завода-изготовителя	
	2.2. Дата выпуска	
	2.3. Число ремонтов	
	2.4. Код завода последнего ремонта	

Раздел данных	Содержание данных раздела	Классификатор
Информация по ОИ ВС (планер, двигатель, ВСУ)	2.5. Дата ремонта	
	2.6. Нарботка СНЭ	2.6.1. Часы
		2.6.2. Посадки
		2.6.3. Циклы
		2.6.4. Запуски
	2.7. Нарботка ППР	2.7.1. Часы
		2.7.2. Посадки
		2.7.3. Циклы
		2.7.4. Запуски
	2.8. Ресурс гарантированный	2.8.1. Часы
		2.8.2. Посадки
		2.8.3. Циклы
		2.8.4. Запуски
	2.9. Ресурс межремонтный	2.8.5. Календарный
		2.9.1. Часы
		2.9.2. Посадки
		2.9.3. Циклы
		2.9.4. Запуски
	2.10. Ресурс назначенный	2.9.5. Календарный
		2.10.1. Часы
		2.10.2. Посадки
		2.10.3. Циклы
		2.10.4. Запуски
		2.10.5. Календарный
	2.11. Дата последней установки на ВС	
Информация по отказавшим КИ	3.1. Код КИ	3.1.1. Классификатор бортового оборудования ВС
	3.2. Шифр КИ	
	3.3. Заводской номер КИ	
	3.4. Код лица установки на ВС	
	3.5. Подтверждение отказа КИ	3.5.1. Подтвердился
		3.5.2. Не подтвердился
		3.5.3. Не проверялся
	3.6. Код причины отказа	3.6.1. Установленная
		3.6.2. Предполагаемая
	3.7. Причина отказа КИ	
	3.8. Дата выпуска КИ	
	3.9. Код завода-изготовителя	

Раздел данных	Содержание данных раздела	Классификатор
Информация по отказавшим КИ	3.10. Нарботка СНЭ	3.10.1. Часы
		3.10.2. Посадки
		3.10.3. Циклы
	3.11. Количество ремонтов КИ	
	3.12. Нарботка ППР	3.12.1. Часы
		3.12.2. Посадки
		3.12.3. Циклы
	3.13. Дата последнего ремонта	
	3.14. Код завода ремонта	
	3.15. Код внешнего проявления отказа КИ	
	3.16. Код принятых мер по устранению отказа	3.16.1. Восстановлен эксплуатантом
		3.16.2. Списан
		3.16.3. Направлен в ремонт
		3.16.4. Направлен на исследование
		3.16.5. Подлежит рекламации
		3.16.6. Восстановлен представителем завода-изготовителя
	3.17. Ресурс гарантийный	3.17.1. Часы
		3.17.2. Посадки
		3.17.3. Циклы
	3.18. Ресурс межремонтный	3.18.1. Часы
		3.18.2. Посадки
		3.18.3. Циклы
	3.19. Число замененных элементов РЭО	
	3.20. Схемный номер элемента РЭО	

Типовая организационная **структура** службы информационного обеспечения **эксплуатанта**.

В данной рекомендации по штатному расписанию обслуживающего персонала программно-технического комплекса **ИУС** АТБ приведены ориентировочные значения численности персонала. Конкретные численность и состав служб определяются объемом внедряемых подсистем, размерами, АТБ, его производственной структурой и т.п.

В отдельных случаях выполнение указанных в настоящем документе должностных обязанностей может быть возложено на работников основного производства, имеющих необходимую квалификацию и сходный режим работы, что отражается в соответствующих дополнениях к должностным инструкциям.

1. Администратор ИУС (административная группа).

1.1. Ориентировочная численность - 2 чел.

1.2. Специализация - инженер АТБ или инженер-системотехник или инженер-программист, владеющий вопросами использования вычислительной техни-

ки, функционирования служб АТБ, построения и функционирования информационно-управляющих систем.

1.3. Должностные обязанности.

Выполнение всей необходимой административной работы по поддержанию исправности и работоспособности **ИУС**, ее модернизации и развитию, в том числе:

- контроль и управление составом и структурой ИУС;
- распределение средств вычислительной техники между функциональными задачами и пользователями;
- определение прав доступа и полномочий пользователей;
- определение порядка и контроль за архивированием и восстановлением информации;
- управление изменением файловой структуры ОС ЛВС;
- взаимодействие с разработчиком по вопросам обслуживания, модернизации и наращивания ИУС.

2. Инженер по электронике, техник по электронике.

2.1. Ориентировочная **численность** – 1-2 чел.

2.2. Специализация - инженер-электронщик, техник-электронщик.

2.3. Должностные обязанности.

Поддержание исправного состояния электронных компонентов комплекса, в том числе:

- проведение профилактических работ;
- мелкий ремонт и изменение (при необходимости) конфигурации технических средств;
- организация ремонта технических средств.

3. Техник-электрик.

3.1. Ориентировочная численность - 1 чел.

3.2. Специализация - техник-электрик.

3.3. Должностные обязанности.

Обеспечение исправности электросети и кабельной **сети**, используемых ИУС.

4. Оператор ИУС.

4.1. Ориентировочная численность - 4 чел. (при круглосуточном режиме) 1 чел. (при дневном режиме) (режим работы круглосуточно при круглосуточном режиме использования ИУС).

4.2. Специализация - техник-программист или инженер-программист (**старший оператор**).

4.3. Должностные обязанности.

Оперативное обеспечение функционирования ИУС, в том числе:

- включение - выключение сервера, запуск и перезапуск ИУС;
- архивирование и восстановление информации;
- восстановление ОС ЛВС в случае отключения питания, управление использованием автономных источников питания;
- предоставление информации пользователям о состоянии ИУС и разрешение локальных конфликтов;
- контроль прав и условий доступа пользователей.

7. ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАРУБЕЖНЫХ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

7.1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭТХ ЗАРУБЕЖНЫХ САМОЛЕТОВ

Основой формирования ЭТХ зарубежных самолетов являются программы **ТОиР**, некоторые процедуры формирования и совершенствования которых рассмотрим ниже. При этом полагается, что **реализация** программы **ТОиР** обеспечивает и реализацию ЭТХ самолета, заявленных его разработчиком и поставщиком.

Для зарубежных типов вертолетов ГА процедура в целом **аналогична**, однако в связи с отсутствием данных далее рассматриваются процессы формирования ЭТХ только для самолетов ГА зарубежного типа.

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 Национальных Авиационных Администраций (САА), **имеющих**, как правило, две основные службы (комитета):

- 1) сертификации самолетов и **КИ**;
- 2) 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. 7.1).

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. 7.2 приведена общая схема структуры **ISC** по самолетам Boeing 757/767.

В табл. 7.1 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. 7.1-7.6:

- 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 отказобезопасности и влияния на летную годность.

При формировании программ MPD на основе анализа оценки отказобезопасности систем отказы, приводящие к аварийной или катастрофической ситуации самолета, рассматриваются в качестве возможных сертификационных требований к ТОиР данного типа самолета (CMR), на основе которых все работы ТОиР, сформированные по **MSG-3**, делятся на две группы:

- обязательные работы, режимы выполнения которых (объем и периодичность) не могут быть изменены **эксплуатантом** без согласования с органом по сертификации данного типа ВС (ACO). Эти работы обозначаются звездочкой «*»;
- работы, **которые могут** быть изменены, отменены или изменены интервалы их выполнения (по методикам **эксплуатантов**, одобренных САА) и после предварительного одобрения этих изменений САА внесены изменения в ЭТД данного **эксплуатанта**. Эти работы обозначаются двумя звездочками «**».

Указанные группы обязательных работ совместно с работами, рекомендуемыми к выполнению эксплуатантами в зависимости от технических и организационных возможностей эксплуатантов и условий эксплуатации самолетов, и составляют полное содержание программы MPD данного типа самолета;

- 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 выше принципам. Следует отметить, однако, некоторые технологические и процедурные особенности.

На рис. 7.7 приведена общая схема организации работ по формированию и сертификации программ ТОиР самолетов в авиакомпании BA. 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 BA.

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**. Оработанный 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 боржурнале (**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 демонтированным с борта компонентам.

Эта информация обрабатывается техническими службами **ВА** 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 **ВА** обобщаются специальным Комитетом по управлению технической эксплуатацией самолета (**ATCC** - Aircraft Technical Control Committee), который рассматривает их и принимает решение о подготовке и представлению **САА** официального изменения **AMS**.

В случае одобрения предлагаемого изменения **САА** оно включается в план **ТОиР**, в противном случае оно вновь рассматривается техническими службами **ВА** 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 авиакомпании. 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**.

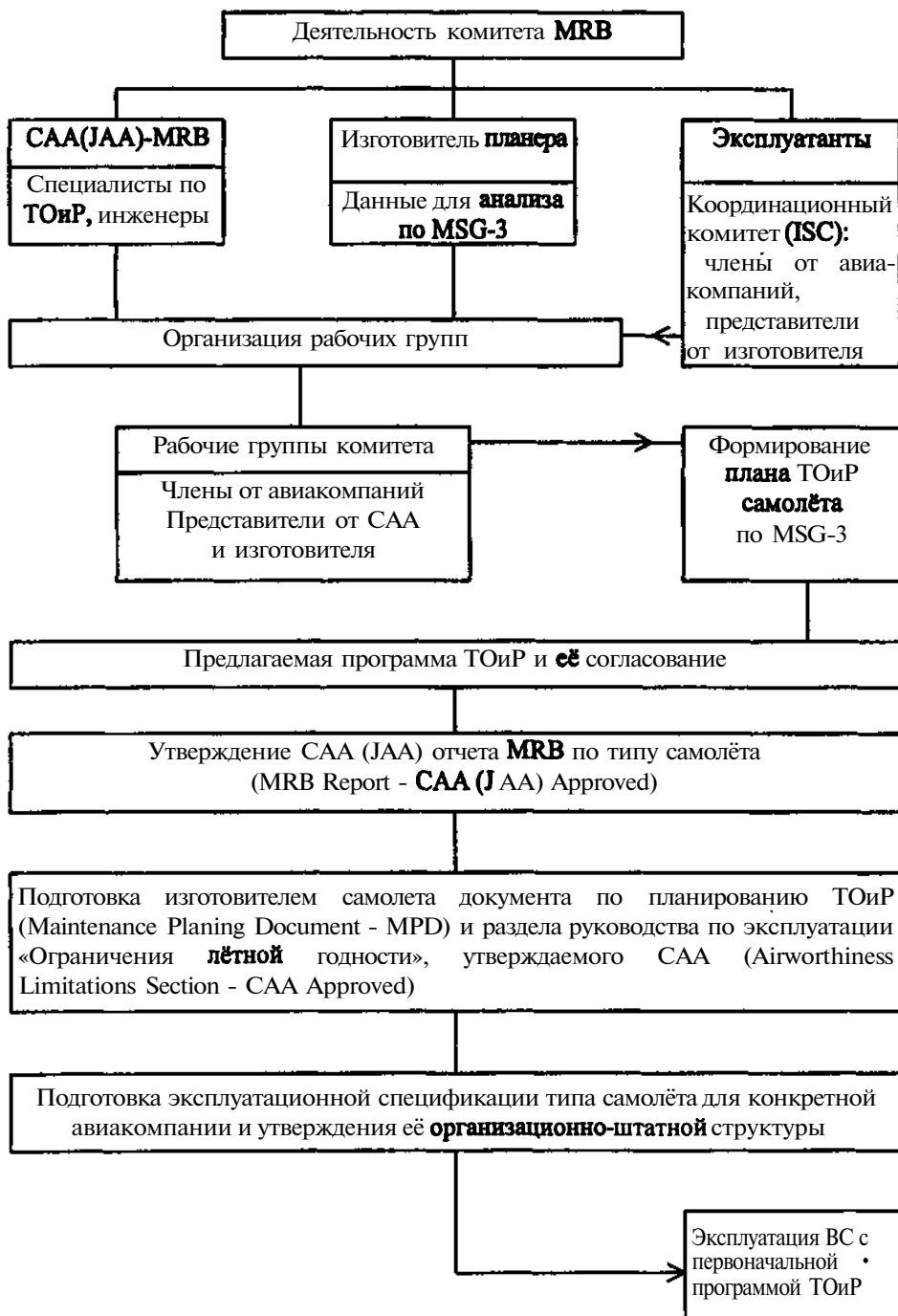


Рис. 7.1. Организация деятельности комитетов MRB и ISC

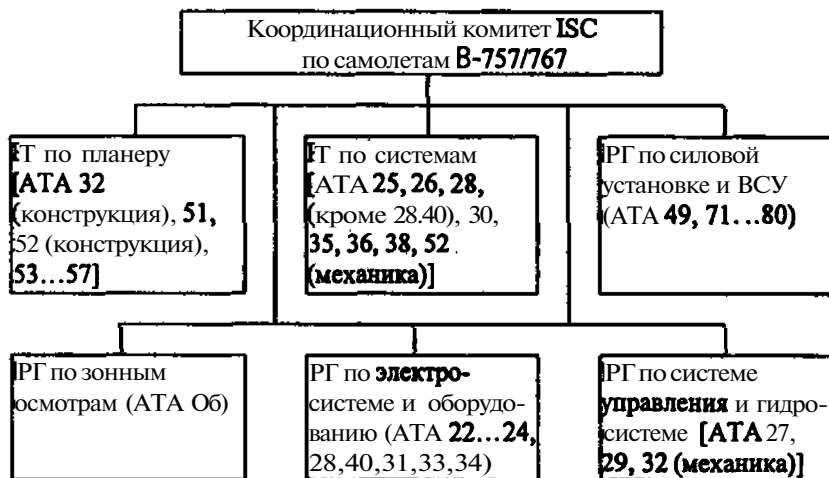


Рис. 7.2. Состав рабочих групп (РГ) координационного комитета ISC по разработке программ ТОиР самолетов B-757/767

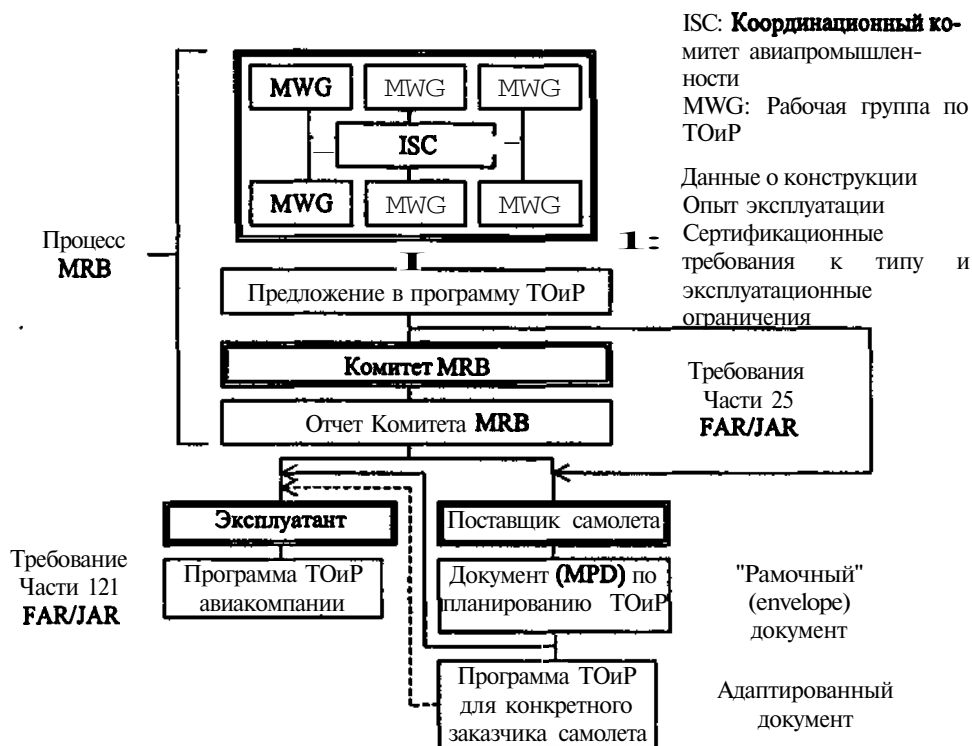


Рис. 7.3. Разработка первоначальной программы ТОиР

Сертификационные требования, данные о конструкции, ТОиР, опыт эксплуатации в авиакомпаниях и т.п.

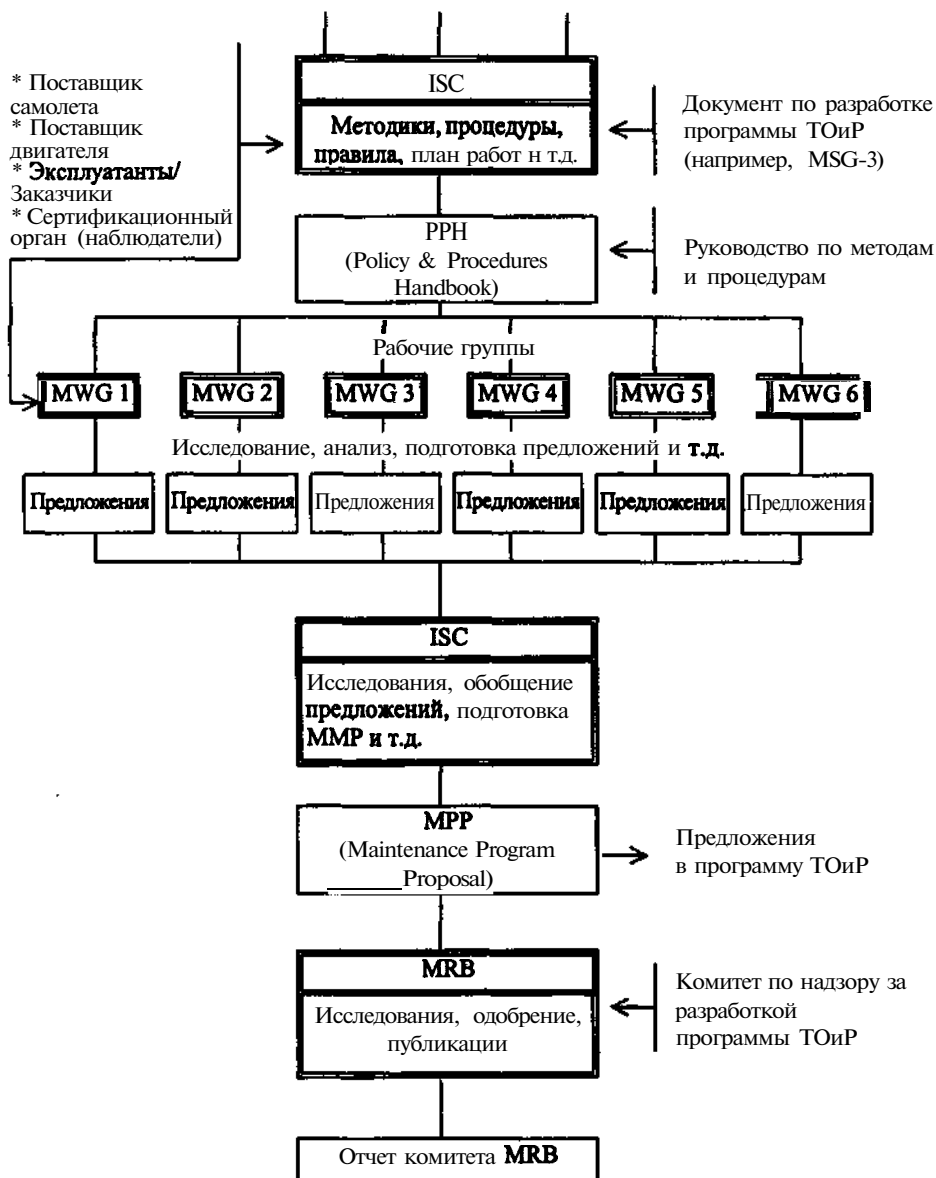


Рис. 7.4. Процесс работы Комитета MRB



SSA - Оценка отказобезопасности систем

DTA - Оценка усталостной повреждаемости планера

Рис. 7.5. Методы анализа технического обслуживания и ремонта

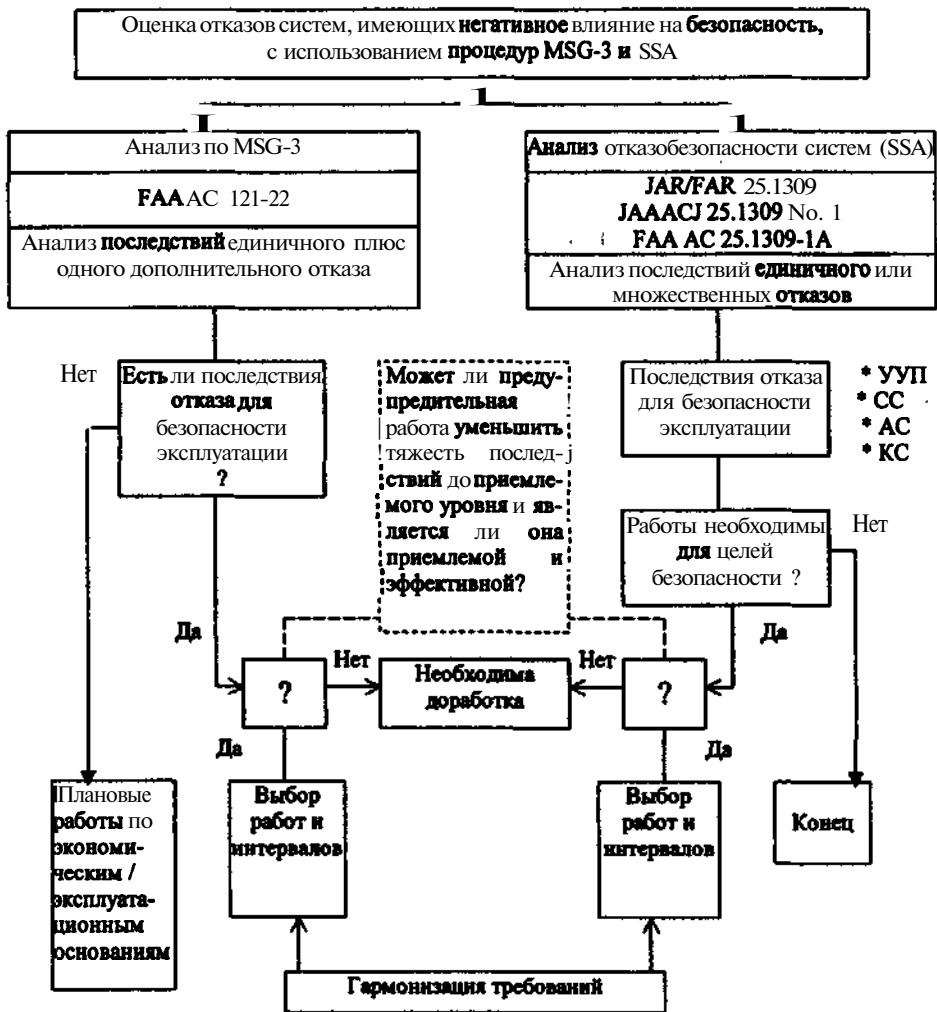


Рис. 7.6. Взаимосвязь анализа по MSG-3 и анализ отказобезопасности систем (SSA)

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 РГ между собой. 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 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 и сервисного обеспечения эксплуатации (Product Assurance)	Содействует сопредседателю координационного комитета от фирмы «Boeing» в обеспечении данными по надежности, номерам изделий и другой информацией
Подразделение маркетинга (Customer Support)	Содействует сопредседателю от фирмы «Boeing» и РГ при необходимости

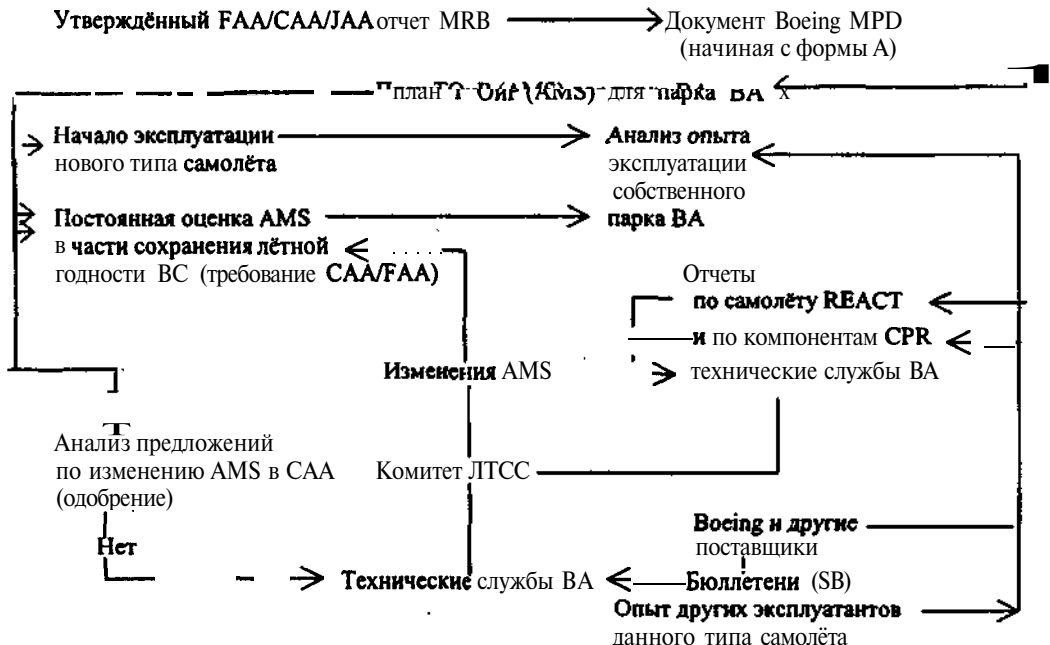


Рис. 7.7. Общая схема организации работ по формированию и сертификации программ ТОиР (AMS) в авиакомпании BA

Инженер по качеству отвечает за ряд принципиальных вопросов, включая:

- письменное согласование с САА величины («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 предусматривает рассмотрение всех работ формы и предложений по увеличению их периодичности на специальном заседании комитета АТСС с принятием решения о возможности их выполнения с увеличенной периодичностью. Принятие решения соответствующим образом документируется. Особое внимание уделяется особо ответственным агрегатам и составным частям планера (SSI - Structural Significant Items) и объектам ТОиР, отнесенным по методике **MSG-3** к влияющим на безопасность полетов.

В ряде случаев возможно сразу увеличить периодичность выполнения формы ТОиР, в других - устанавливают промежуточную величину ее с выполнением подконтрольных форм. Это зависит от величины предлагаемого увеличения и числа выполненных со старой периодичностью форм данного вида. При назначении подконтрольных форм специалисты BA Engineering проводят оценку технического состояния самолета и готовят отчет о выявленных отказах и повреждениях. Этот отчет подлежит рассмотрению на 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 производится развитие структуры ТОиР зарубежных типов самолетов, показанных в предыдущем разделе (например табл. 7.5).

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 эффективную эксплуатацию самолета с заданными значениями ЭТХ.

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

- программа поддержания летной годности стареющих самолетов;
- программа контроля и профилактики коррозии (РСРС) 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.

7.2. ОЦЕНКА ЭТХ 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 , КТР) и величины средних годовых и суточных налетов ($\tau_r, \tau_{сут}$) самолетов (табл. 1.1). 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 4 - **4,5тыс.** 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 затрат и условий эксплуатации. Основными учитываемыми в авиакомпаниях составляющими затрат на ТОиР являются затраты на:

- 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. 7.2 на примере самолета В-737, где приведены **осредненные** оценки

фирмы «Boeing» по всему парку самолетов данного типа при средней продолжительности типового полета $\tau_{\Pi} = 0,8$ 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. 1.1 введена специальная графа с расчетной оценкой суммарной удельной трудоемкости K_T^P , которая включает затраты на ТО ($K_{T,TO}$), заводской ремонт самолета ($K_{T,P}$) и ремонт демонтированных изделий; последняя составляющая оценена величиной 30% от суммарной величины удельной трудоемкости ТОиР самолета:

$$K_T = K_{T,TO} + K_{T,P}.$$

Следует также указать, что оценки авиапредприятий ГА (отчетные показатели АТ) 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. 1.1 указаны величины $K_T^{эксп}$ - отчетные показатели авиапредприятий ГА и $K_T^{пром}$ - 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. 7.3. При их рассмотрении следует учитывать, что трудоемкость, продолжительность и периодичность форм существенно варьируются в разных авиакомпаниях (см., например, данные по самолету В-747).

Развитие структуры ТОиР в процессе эксплуатации на примере самолета В-737 показано в табл. 7.4.

Таблица 7.2

Прямые удельные трудозатраты на ТОиР самолета В-737

Вид работ	Трудоемкость K_T , чел.-ч/ч	Доля от общего объема, %
1. Оперативное ТО: ежедневное, ночное (предполетное), на маршруте, в конечном пункте маршрута и неплановое	1,86	29,8
2. Периодическое ТО: формы А, В и С (через 125, 750 и 3000 ч налета)	0,79	12,6
3. КВР на планере и агрегатах: форма D (через 20 000 ч налета)	0,46	7,4

Вид работ	Трудоемкость K_T , чел.-ч/ч	Доля от общего объема, %
4. ТОиР демонтированных агрегатов и КИ	1,42	22,7
5. ТОиР демонтированных двигателей	1,72	27,5
ИТОГО	6,25	100,0

Таблица 7.3

Характеристики форм ТОиР зарубежных самолетов ГА

Тип самолета, авиакомпания	Форма ТОиР	Периодичность, ч	Продолжительность, ч	Трудоемкость, чел.-ч
DC-9	Транзитное ТО	1 полет	0,5	
	A	525		
	B	2000		
	C	10000	7дней	6500
	D	20 000	21*** день	14 000
B-737	Транзитное ТО	1 полет	0,6	
	A	125	3,0	29
	B	750	8,0	84
	C	3000	32,0	1201
	D	20 000	257,0	6914
B-727 «ANSETT»	Транзитное ТО	1 полет		
	A	65		
	B	130	8,5	80
	C	8000		8000
	D	16000	15 дней	20 000
B-747 «Air France»	Транзитное ТО	1 полет	0,75-1,0	
	A	330	21,0-30,0	95-156
	B	1200	3-4 дня	3000
	C	4500	4 дня	3000
	D	22 000	15 дней	50 000
B-747 «JAL»	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

Тип самолета, авиакомпания	Форма ТОиР	Периодичность, ч	Продолжительность, ч	Трудоемкость, чел.-ч
A-310 «Lufthansa»	Транзитное ТО (ТС)	1 полет	0,6	0,5
	Еженедельно		4,0	20
	Базовое ТО (SC)	250	6,0	40
	<i>A</i>	13 мес.	30,0	700
	<i>C</i>	4 года	2 нед.	12 000
	<i>IL</i>	8 лет	4 нед.	30000
	<i>D</i>			

* Выполняется совместно с одной из форм ТО

** При двухсменной работе специалистов

*** При работе 60 специалистов

Таблица 7.4

Развитие структуры ТОиР самолета В-737 [5]

Этапы развития структуры ТОиР	Формы ТОиР и их периодичность, ч			
	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Первоначальная (FAA/MRB,1967)	25	100	400	6000
Первое изменение (FAA/MRB,1971)	25	100	400	9000
Третье изменение (FAA/MRB,1984) для В-737-300	125	750	3000	20 000 (4000 пос. или 15 мес.)
Среднее значение по мировому парку	149	629	2895	18581
Максимальное значение в экс- плуатирующих а/к	330	1000	4320	27 000
Рекомендуемая фирмой для ос- воения а/к самолетов моделей В-200 и В-300	125	750	3000	20 000 (4000 пос. или 15 мес.)

* Значения для контрольно-восстановительных работ на планере самолета В-737-300

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 *A* и (или) *B* с созданием этапов равной продолжительности и (или) трудоемкости (табл. 7.5).

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.

Таблица 7.5

Организация выполнения форм ТОиР самолета В-737

Вариант структуры ТОиР	Выполняемые формы ТОиР			
«Пирамидальная» схема ТОиР	<i>A</i>	<i>B</i>	<i>C</i>	<i>D</i>
Поэтапно-блочная или частично фазовая схема ТОиР (различные варианты)	<i>A</i>	<i>B</i>	$C+60\%D/10$	$40\%D$
	$A+B/x$		<i>c</i>	<i>D</i>
	<i>A</i>	$B+C/4$		<i>D</i>
	<i>A</i>	<i>B</i>	$C+D/x$	
	<i>A</i>	$B/2+C/8$		$D/4$ (ежегодно)
	<i>A</i>	$B+C/4+\%D/x$		$\%D$
Фазовое ТОиР	<i>A</i>	$B+C/4+D/40$		«Подновление» (ежегодно или раз в 2 года)
	$A+B/x+C/x+D/x$			«Подновление»
	Оптимизированное, 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.

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

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 обоснованы с использованием 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. В главе 1 содержится Введение, замечания обязательного **характера**, программа контроля уровня надежности, перечень сокращений и сведения о периодичности осмотров. В главах 2, 3 и 4 представлена программа оперативного ТО, дано разбиение 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, при написании имеют отметку периодичности их выполнения в виде, например, **IA**, **2A**, **IC** и т.д. Ниже 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 Sistem - **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 **A**. Существуют две (различных) периодичности для выполнения работ по форме **A** на самолете В-767, которые указаны в графе «Периодичность РО»:

- для систем самолета и программы зонных осмотров установлена периодичность в 300 ч налета (обозначается как «**IA**»);
- для осмотра элементов конструкции планера установлена периодичность в 300 полетных циклов (обозначается как «**SIA**»).

3. Форма **C**. Аналогично форме **A**, периодичность формы **C** также имеет два вида:

- для систем самолета и программы зонных осмотров установлена периодичность в 3000 ч налета или **18** мес. (обозначение «**IC**»);

- для элементов конструкции планера - 3000 полетных циклов или **18** мес. («SIC»).

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 плановых работ на самолете.

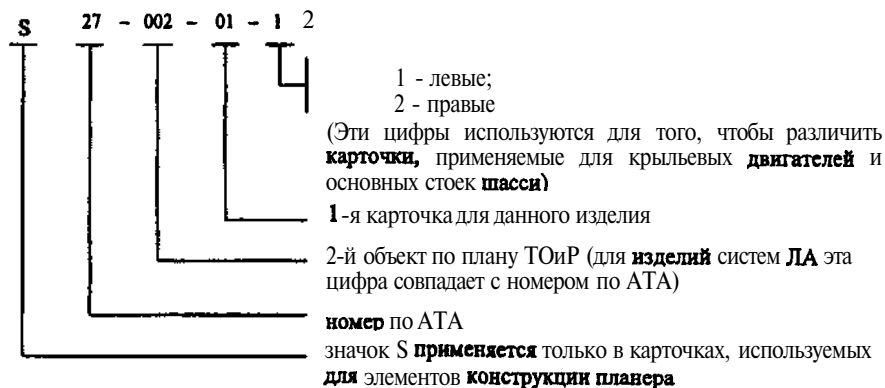
Для каждой выполняемой работы по ТО в рамках Ю подготавливается рабочая карточка (технологическая карта), которая содержит следующую информацию:

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 персонала.
13. Установленный двигатель (тип, серия).

14. Используемые иллюстрации или текстовый материал Руководства по эксплуатации (ссылки на текст **и/или** иллюстрации Руководства).

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 **карточке**. Любое изменение в Руководстве, изменяющее программу планового ТО, 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. Ниже дан пример нумерации рабочей карточки для системы управления полетом самолета (АТА 27).



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 превосходящий **120** дней.

3. Ничто в настоящем РО не должно быть истолковано так, чтобы освободить техперсонал от обязанности по поддержанию самолета в исправном состоянии. Любые 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. Любые 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 изделие 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 необходимо снять панели 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 имеется ряд указаний по технологии и методам ТОиР в части обеспечения безопасности и соответствия нормативным документам.

Основные параметры структуры РО самолета В-767 и иллюстрация содержания приведены в табл. 7.6 - 7.8.

Типовые технологические графики транзитного ТО некоторых типов самолетов приведены на рис. 7.8 - 7.11. 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-й класс, 122 пасс. - туристический класс) и 1,0 (48 пасс. - 1-й класс, 222 пасс. - туристический класс), производительность заправки топливом под давлением 6000 л/мин через 4 штуцера.

Самолет В-767-200. Взлетная масса 100 т, максимальное количество пассажиров - 212, коэффициент загрузки 0,77 (16 пасс. 1-й класс, 170 пасс. - туристический класс), темп выхода 20 пасс./мин, темп входа 16 пасс./мин через 1 дверь. Объем заправляемого топлива 31 230 л, производительность заправки под давлением 1040 л/мин через 1 штуцер.

Самолет А-310. Взлетная масса 138 т, максимальное количество пассажиров - 237, темп выхода 28 пасс/мин, темп входа 18 пасс/мин через 1 дверь (2 двери). Объем заправляемого топлива 40 000 л, производительность заправки под давлением 1040 л/мин через 1 штуцер.

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

Таблица 7.6

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 полных циклов
Форма С (для систем и зонных осмотров)	3000ч
Форма С (для конструкции планера)	3000 полных циклов или 1 раз в 18 месяцев

Пояснения к форме РО самолета В-767 (см. табл. 7.6)

№ колонки	Существо информации
1	Номеризменения
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 АТА.
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 обоих 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-3: - 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
	12-11-03-3А	197 532 542		Слить топливо из основного и дополнительного левого крыльевого баков, а также из отстойников		Ежедн.	SV	28-007-01-1
	12-11-03-3А	198 632 642		Слить топливо из основного и дополнительного правого крыльевого баков, а также из отстойников		Ежедн.	SV	28-007-01-2
	12-13-01-3А	411	417В	Проверить уровень масла в двигателе и долить, если необходимо (по индикаторам бака или работы двигателей в кабине экипажа)		Транз.	SV	79-111-01-1
	12-13-01-3А	421	427В	Проверить уровень масла в двигателе и долить, если необходимо (по индикаторам бака или работы двигателей в кабине экипажа)		Транз.	SV	79-111-01-2
	12-13-04-3А	315	315А	Проверить уровень масла в ВСУ, при необходимости дозаправить	7	Транз.	SV	49-021-01
	21-00-00-А	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-А	121		Проверить клапан стравливания давления по перемещаемому им сигнальному флажку		Транз.	IN	21-026-01
	24-33-00-6А	212		Проверить работу аварийной энергосистемы (**)	—	Ежедн. (**)	OP	24-010-01
	25-41-00-6А	200		Проверить состояние крышки туалетного сливного отсека и соответствующие уплотнения		Ежедн.	IN	25-006-01
	25-52-00-6А	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-АК	200		Проверить наличие и соответствующую укладку аварийного оборудования		Ежедн.	IN	

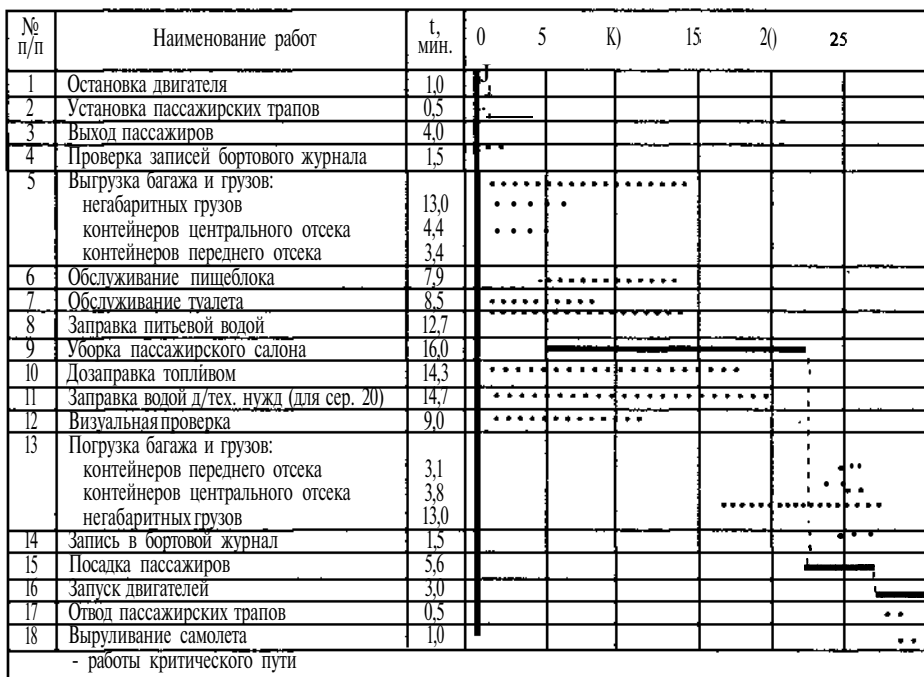


Рис. 7.8. Технологический график транзитного ТО самолета DC-10 серий 10, 20 и 30

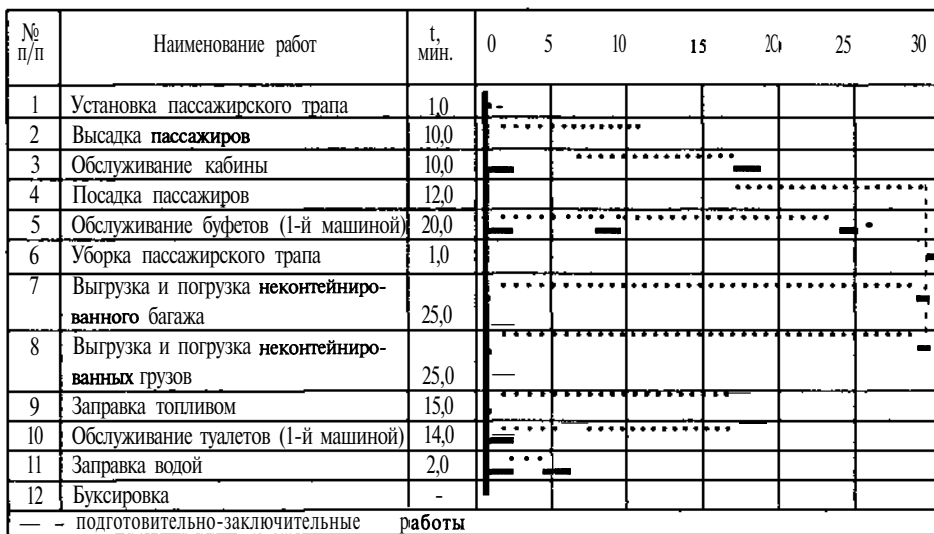
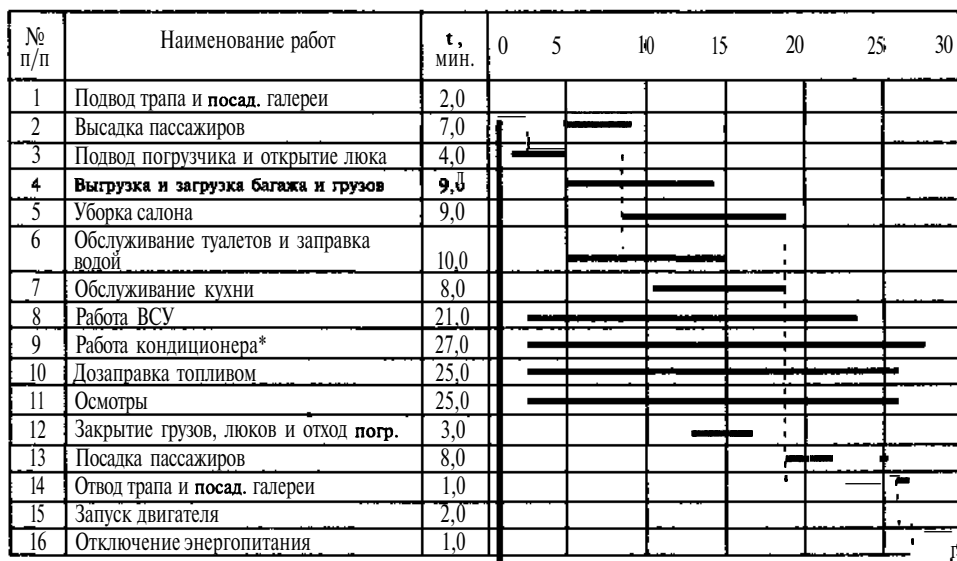


Рис. 7.9. Технологический график транзитного ТО самолета В-767-200



* – если не работает ВСУ

Рис. 7.10 Технологический график подготовки самолета А-310 к полету

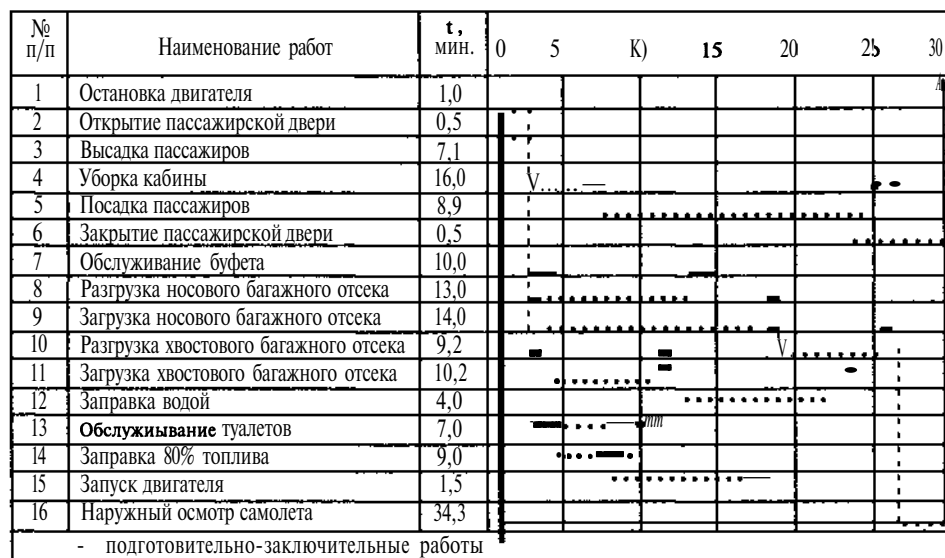


Рис. 7.11. Технологический график ТО самолета F-100 в базовом аэропорту

Для оценки систем **ТОиР** самолетов представляет интерес также и ряд частных **характеристик**, в частности, продолжительность (t) и трудоемкость (T) 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. 7.9 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 1 штуцер заправки. Для увеличения суммарной производительности заправки топливом увеличивают обычно количество заправочных штуцеров (до 4), 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 сокращаются 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 **1ч**, 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 **A-300** осуществляется за время, не превышающее 20 мин.

Характеристики восстанавливаемости зарубежных самолетов достаточно высоки, что обуславливает невысокий уровень трудозатрат 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.

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** дол./ч для **ближнемагистральных** самолетов (табл. 7.10) до **1400–1500** дол./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).

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
В-707-320	12	4	1370	6	8		
В-737	10	1					
В-747	25	4	2000				
В-757	15	2	1230				
В-767	.		1516				
А-300	24	2	1135				
А-310	21		1140	4-6/8-10		6	<u>0,8(2,5)</u>
L-1011							
DC-9	10	1					
ВAc. 146	11	1	1050				
DC-10	15	4					
А-320	13	2					
							1,7/-

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

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

Таблица 7.10

Стоимость ТОиР ближнемагистральных зарубежных самолетов

Составляющие затрат	Величина затрат по типам самолетов, дол./ч		
	F.28Mx4000	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. 7.11–7.13. Следует отметить, что с внедрением рыночных отношений доля КЭР в структуре эксплуатационных расходов отечественных са-

молетов ГА постоянно растет как в процентном, так и в стоимостном отношении.

Таблица 7.11

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

Структура себестоимости отечественных самолетов		Структура общих эксплуатационных расходов (ОЭР) зарубежных самолетов, %				
Статьи расходов	%	Статьи ПЭР	В-737	А-300	В-747	В-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	10Д	4. Зарплата экипажа	3	3,6	8	12
5. Зарплата наземных аэро- дромных 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

Таблица 7.12

Структура затрат на ТОиР в а/к «Люфганза» в 1987 г.

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

Структура общих затрат на ТОиР отечественных и зарубежных самолетов ГА

Статьи затрат	Затраты на ТОиР (%)	
	Отечественные самолеты	Зарубежные самолеты
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 (табл. 7.13) 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 уменьшилась с 15% в 1973 г. до 7% в 1985 г. (табл. 7.14).

Таблица 7.14

Затраты на ТОиР в структуре ПЭР зарубежных самолетов

Тип самолета	Доля затрат на ТОиР в ПЭР, %	
	1973 г.	1985 г.
В-737	18	8
В-747	17	9
DC-10	17	10
L-1011	17	10
В-757	—	7
В-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. Пригородова Ю.С., ЗАО «Саратовский авиационный завод») приведено для самолетов Як-42Д и В-737-300, эксплуатирующихся в авиакомпаниях Китая на одних маршрутах. Из табл. 7.14 следует, что по эффективности эксплуатации в одинаковых условиях Як-42Д в целом не уступает В-737-300, а по рентабельности на отдельных маршрутах и реальных пассажиропотоках Як-42Д превосходит В-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 15-7% 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 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.

Основным направлением поддержки ЭТХ типа самолета является проведение его глубокой модернизации, что обеспечивает реализацию уже выполненных (разд. 7.1) процедур.

В табл. 7.16 приведены некоторые характеристики модификаций самолета **В-737**, которые включают не только внутренние изменения систем и оборудования, что практикуется и отечественными разработчиками, но и изменение основной конструкции планера и силовой установки.

**Технико-экономические характеристики эксплуатации самолетов Як-42Д и В-737-300
в Китае на совместных маршрутах (1998 г.)**

Характеристика	Як-42Д				В-737-300			
Год внедрения	1908				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 максимальной за- правке, 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			
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 типо- вому 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

Некоторые характеристики модификаций самолетов В-737

№ п/п	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
1	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
2	Максимальная посадочная масса, т	48,5		51,71	52,89	54,88	56,24	49,89		54,659		58,061		65,318	
3	Масса снаряженного, т	27,3	27,6												
4	Масса топлива, т, тыс. л	21,04		20,1	23,89	20,1	23,89	20,1	23,89	26,03		26,03		26,03	
5	Количество пассажиров, чел.	120		149		168		132		130		149		184	
6	Тип двигателя														
	базовый	JT8D-15A		CFM56-3C-1				тот же		CFM56-7B18		CFM56-7B20		CFM56-7B24	
	оптимальный	JT8D-15A		CFM56-3-B1						CFM56-7B22		CFM56-7B24		CFM56-7B26	
				CFM56-3B-2		CFM56-3C		CFM56-3-B1							
7	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.

8. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ

Согласно определению системы ТЭ ВС и решаемым в этой системе задачам обеспечения надежной, безопасной и эффективной эксплуатации ВС, основные составные части системы, ТЭ, за исключениями собственно ВС, входящего в эту систему, обеспечивают функционирование системы ТЭ в целом посредством инженерного обеспечения процессов технической эксплуатации необходимыми техническими средствами, а именно: документацией, оборудованием, запчастями, технологическими средствами **ТОиР**, а также исполнителями и информацией, необходимой для организации и управления процессами в системе технической эксплуатации ВС.

Таким образом, при формировании системы ТЭ ВС состав, организация и процессы инженерно-технического обеспечения эксплуатации ВС в системе ТЭ определяют эффективность реализации эксплуатационно-технических характеристик ВС в процессе технической эксплуатации ВС в ожидаемых условиях с ожидаемыми результатами.

Поставщик ВС должен предлагать **эксплуатанту** такие формы организации технического сотрудничества на период после поставки ВС, которые заведомо обеспечивают реализацию **эксплуатантом** заявленных поставщиком **эксплуатационно-технических** качеств ВС, в том числе и ЭТХ данного типа ВС, включая экономичность и безопасность эксплуатации.

Эксплуатант вправе по согласованию с поставщиком ВС применять свои процедуры инженерно-технического обеспечения (**ИТО**) эксплуатации ВС, которые не противоречат действующей на тип ВС эксплуатационно-технической документации и общим нормативным документам отрасли ГА.

Зарубежный и отечественный опыт формирования систем ТЭ ВС, включая основные принципы инженерно-технического и материального обеспечения в системе ТЭ, отработанные на перспективных типах отечественных ВС, таких как **Ту-204**, **Ту-334**, **Бе-200** и др., позволяет определить общие положения ИТО в системе ТЭ ВС как сочетание следующих тем, необходимых **для** организации и выполнения **ТОиР** ВС в процессе технической эксплуатации ВС, включая **рекомендуемые** формы документального, материального и технического обеспечения в системе ТЭ данного типа ВС и расчетные нормы и условия такого обеспечения.

В общем случае ИТО может включать следующие темы (рис. 8.1):

- обязательства поставщика и **эксплуатанта**;

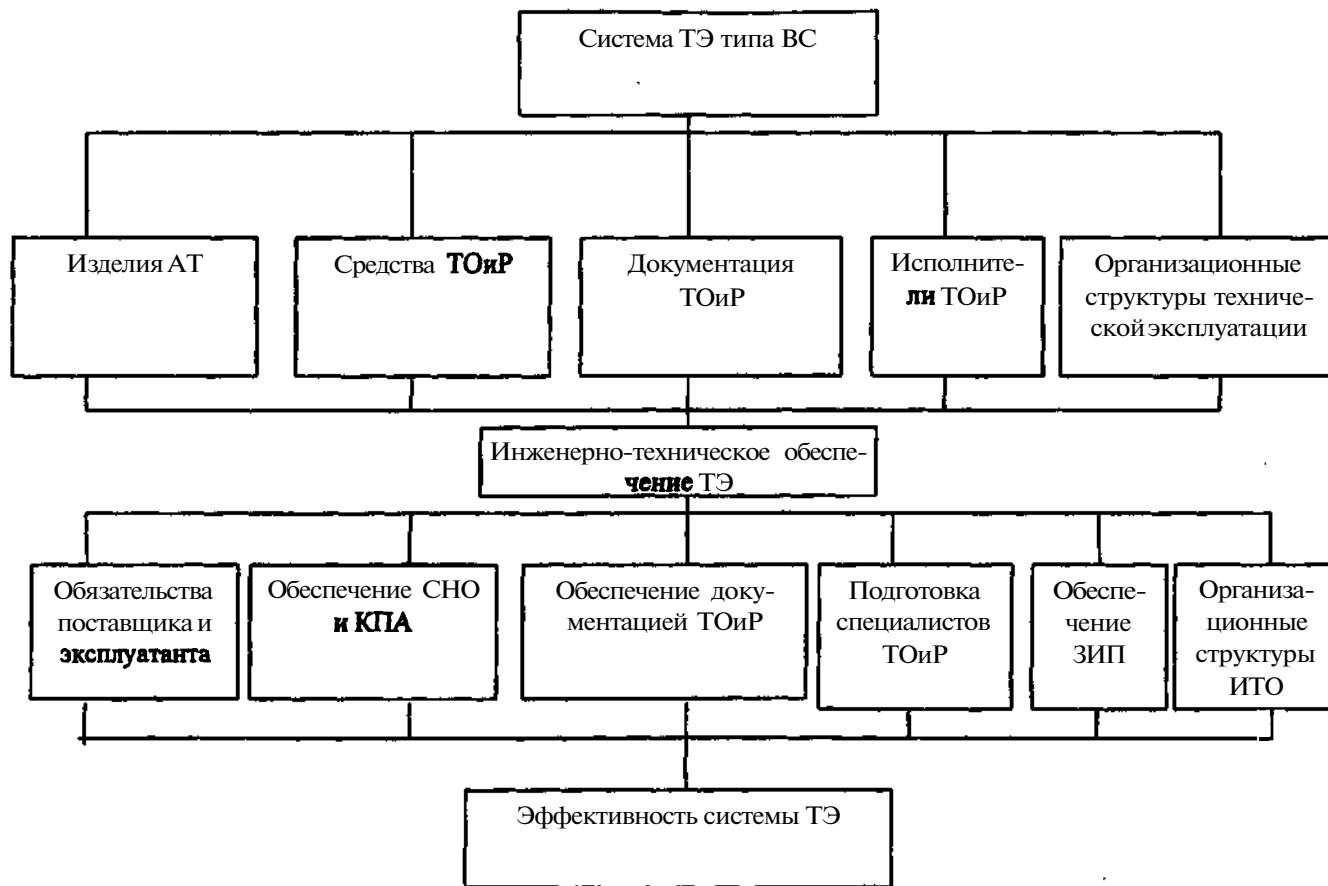


Рис. 8.1. Структуры ИТО в системе ТЭ

- обеспечение эксплуатанта документацией для ТОиР;
- обеспечение эксплуатанта средствами наземного обслуживания (СНО) и контрольно-проверочной аппаратурой (**КПА**) для ТОиР;
- сведения о нормах расхода запчастей и оборудования на эксплуатацию ВС;
- подготовка специалистов для ТОиР;
- организационные формы обеспечения ИТО.

Примерное содержание указанных тем для современных типов ВС ГА рассмотрено ниже.

8.1. ВЗАИМНЫЕ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА СТОРОН

Данный раздел ИТО включает сведения об обязательствах **поставщика**, **разработчика**, изготовителя и эксплуатанта, порядок их взаимоотношений по обеспечению технической эксплуатации ВС данного типа с начала эксплуатации и до списания.

ЭТХ ВС в процессе эксплуатации обеспечиваются системой гарантийных и других взаимных обязательств поставщика, разработчика и эксплуатанта при условии выполнения **эксплуатантом** основных требований и положений эксплуатационной документации ВС, в том числе и программы ТОиР. Формирование указанных гарантий и обеспечение их в процессе эксплуатации ВС может предлагаться в соответствии с отечественной практикой реализации требований ТУ на поставку АТ и зарубежных требований, например спецификаций АТА (в частности АТА Spes. 200, 300, 400 по вопросам поставок **КИ** и МТО) и **Руководстве** АТА для поставщиков.

Указанное Руководство предлагает поставщику ВС, при участии эксплуатанта и по согласованию с ним, поддерживать следующие виды гарантий на АТ:

- стандартная гарантия;
- гарантия предельного ресурса (срока службы);
- гарантия регулярности вылетов;
- гарантия удельных объемов ТОиР;
- гарантия предельных затрат на материалы и ЗИП;
- **послеремонтные** гарантии.

Стандартная гарантия соответствует принятым в отечественной практике гарантийным обязательствам поставщика ВС в соответствии с действующими ТУ на поставку.

Стандартная гарантия содержит условия:

- а) изделия не должны иметь отказов и повреждений и отвечать требованиям ТУ поставки (договоров) в течение согласованного сторонами периода наработки (времени) в эксплуатации;
- б) гарантированному устранению подлежат как отказы КИ, так и вызванные ими вторичные повреждения;
- в) обязательные доработки (директивы летной годности) подлежат выполнению за счет поставщика и, при необходимости, с участием его специалистов;

- г) период гарантии начинается с момента изготовления ВС (**КИ**) или с начала его использования согласно документации на данное ВС и не может составлять менее величины до первого планового периодического ТО;
- д) при выявлении и устранении в ходе гарантийного ремонта конструктивно-производственного недостатка, все изделия (**КИ**) данного типа должны быть заменены на доработанные;
- е) при отказе **КИ**, эксплуатируемого по ресурсу в период гарантии, оно должно заменяться на новое, если отработало менее 50%, в противном случае отказавшие **КИ** подлежат восстановлению.

Типовые сроки стандартной гарантии обычно составляют не менее 3-5 тыс. летних часов, 3-5 лет эксплуатации ВС.

Гарантия назначенного ресурса (срока службы) и уровня надежности АТ определяет условия отработки назначенного ресурса и имеет своей целью обеспечить уровень долговечности основных силовых элементов планера ВС и **КИ**, удовлетворяющий **эксплуатанта**. Гарантия устанавливается в единицах наработки (срока службы), в течение которых технически возможно и экономически целесообразно эксплуатировать ВС в целом.

Смысл этой гарантии заключается в том, что в ее пределах затраты, связанные с отказами планера ВС и основных **КИ**, в период после окончания стандартной гарантии возмещаются поставщиком и эксплуатантом совместно на основе пропорционального разделения, в зависимости от этапа отработки назначенного ресурса. При этом все затраты, связанные с обоснованием возможностей и условий отработки назначенного ресурса (в том числе заданного ресурса до списания), несет поставщик, что обычно оговаривается в ТУ (договорах поставки).

Гарантия уровня надежности АТ также связана с поддержанием долговечности **КИ**. Она заключается в обязательствах поставщика обеспечивать своими силами замену отказавших **КИ**, если:

- **КИ** эксплуатируются по ресурсу;
- **КИ** установлена гарантированная величина наработки на отказ, приводящий к замене, и эта величина не подтверждается в процессе эксплуатации.

Гарантия **послеремонтной** надежности заключается в обязательстве продления первоначальной гарантии **КИ**, т.е. учета ее истечения, начиная с момента эксплуатации после внепланового ремонта **КИ** из-за отказа.

В зависимости от модификации и условий применения типов ВС, например, в пассажирском варианте поставщик ВС может дополнительно, по желанию **эксплуатанта**, установить гарантию регулярности вылетов, которая гарантирует заданный уровень исправности ВС в любой момент времени, кроме периодов, когда он находится на выполнении ТОиР.

Применительно ко всем видам гарантий обычно вводится ряд общих условий поставки АТ, касающийся организации поддержания долговечности **КИ** и условий их поставки, в том числе:

- а) поставщик ВС и двигателей получает сертификаты качества от субпоставщиков **КИ** и заключает с ними соглашения о поддержании гарантий совместно

или поставщик ВС будет сам поддерживать обязательства поставщиков **КИ** по гарантиям на **КИ**;

- б) поставщик ВС представляет **эксплуатанту** общее руководство по всем гарантиям на ВС и **КИ** и порядок их выполнения и контроля;
- в) поставщики ВС и **КИ** могут позволять эксплуатанту устранять за счет поставщиков отказы и повреждения в период действия гарантий, если у него существует для этого аттестованная государством (национальными авиационными властями - САА) материально-техническая база, а технологии и оснастка отвечают требованиям эксплуатационной и ремонтной документации ВС или специальными инструкциями поставщиков;
- г) поставщик разделяет с **эксплуатантом** затраты на устранение отказов и неисправностей, если конструкция создана с учетом устойчивости к таким повреждениям;
- д) поставщики ВС и **КИ** могут проводить гарантийный ремонт **КИ** в сроки, меньшие сроков плановых форм ТОиР для данного **КИ**;
- е) поставщик может позволить эксплуатанту передачу прав на гарантии третьей стороне в случае аренды, продажи или передачи АТ;
- ж) поставщик возмещает трудозатраты на выполняемый силами **эксплуатанта** гарантийный ремонт по согласованным на текущий момент тарифам и затратам на материалы и запчасти по текущим ценам.

Для обеспечения **гарантии назначенного** ресурса в пределах заданного ресурса до списания поставщик (разработчик) ВС вводит систему дополнительных осмотров и доработок конструкции ВС с целью не «продления ресурса», а сохранения **уже** заявленного уровня долговечности, либо повышения технико-экономической эффективности эксплуатации ВС по согласованию с эксплуатантом. В пределах гарантии эти работы финансируются совместно поставщиком и эксплуатантом ВС.

Затраты и работы, выполняемые эксплуатантом с целью продления ресурса, обычно входят в условия поставки ВС и включаются в расчеты показателей эффективности эксплуатации ВС в целом.

В случае выявления необходимости доработок из-за недостаточного уровня надежности конструкции или выявленных в процессе эксплуатации несоответствий **сертификационному** базису ВС и принятым условиям сертификации, все расходы по доработке конструкции должны нести поставщики ВС и **КИ**, если другое не определено условиями поставки.

В случае выполнения поставщиком ВС специальных программ осмотров и доработок конструкции экземпляра ВС с целью увеличения назначенного **ресурса** сверх заданного ресурса до списания и по заявке эксплуатанта эти работы полностью финансируются эксплуатантом данного экземпляра ВС или, по согласованию, и другими **эксплуатантами** данного типа ВС на долевом участии.

Поставщик ВС по согласованию с разработчиком (в России - разработчик ВС) вправе осуществлять выбор различных методов эксплуатации **КИ**, в том числе и «по состоянию», в их комплектации и компоновке на данном типе ВС в соответствии с эксплуатационной документацией. При этом гарантии уровня

надежности **КИ**, установленные поставщиками **КИ**, обычно сохраняются, а ответственность за выполнение этих гарантий переходит на поставщика **ВС**.

Количественные значения гарантий, их состав и особенности применения и условия взаимодействия **поставщика ВС** и **эксплуатанта** устанавливаются в каждом конкретном случае в соответствии с ТУ (договорами поставки).

ВС в **целом** и основные **КИ** при установлении системы гарантий должны пройти сертификацию на соответствие требуемым нормам и правилам в соответствии с действующим в РФ законодательством или законодательством **страны эксплуатанта** (которые должны быть подтверждены или взаимно признаны).

Оформление сертификата продукции, подтверждение и **взаимная** ответственность сторон определяются в соответствии с законами страны поставщика **ВС** (иногда и **страны-эксплуатанта ВС**).

Взаимные права, обязательства и ответственность сторон за установленные гарантии, качественное и эффективное использование **ВС** обычно распределяются следующим образом:

1. Разработчик-изготовитель несет полную ответственность за обеспечение количественных показателей качества изделий **АТ**.

Определение соответствия создаваемых **ВС**, оборудования и приборов предъявляемым требованиям, решение вопроса о постановке их на серийное производство выполняются на основе результатов государственных испытаний опытных образцов изделия, проводимых по согласованной программе и методике и на основе заключений заказчика-потребителя и разработчика-изготовителя.

2. Предприятия-изготовители (поставщики) в плановом порядке обеспечивают создание условий для эффективной работы своих изделий у **потребителя**.

2.1. Изготовители **ВС** и **КИ**:

- организуют эксплуатационную службу, обеспечивающую поставку **потребителю** изделий комплектных, в исправном и работоспособном состоянии и надлежащее обслуживание в гарантийный период;
- при постановке изделия на серийное производство устанавливают по согласованию с потребителем требуемые виды, формы и методы технического обслуживания и ремонта выпускаемых изделий, оборудования и приборов, обеспечивают их нормативами расхода запасных частей и расхода средств на содержание изделий;
- обеспечивают эксплуатационной, ремонтной и нормативно-технической документацией, а также образцами специального **ремонтно-технологического** оборудования и оснастки, которая требуется для выполнения работ по ремонту и техническому обслуживанию;
- выполняют по согласованию с потребителем или поручают посредникам осуществление капитального ремонта и наиболее сложных работ технического обслуживания и текущего ремонта сложной техники силами специализированных предприятий и организаций с учетом специфических потребностей специального и уникального **оборудования**, обычного стационарного оборудования, мобильных технических средств, приборов и автоматических устройств;

- выполняют монтаж (установку, сборку и регулировку) изделия **КИ** на месте эксплуатации, **пусконаладочные** работы и комплексное обеспечение необходимой оснасткой, инструментом, а также обучение **рабочих-операторов**;
- приступая к серийному изготовлению изделий и оборудования, изготовитель предполагает иметь базовое предприятие для выполнения сложных технических обслуживании и ремонтов, предусмотренных ремонтной документацией, выполнение которых силами предприятий, эксплуатирующих технику, невозможно или экономически нецелесообразно;
- обеспечивают потребителя ВС специальным оборудованием для ремонта и технического обслуживания ВС и КИ;

2.2. Уточненные показатели обеспечения качества и надежности выпускаемых изделий определяются отраслевыми службам эксплуатации изготовителей. Для этого изготовители:

- организуют сбор, обработку и хранение информации о качестве (надежности, экономичности, технологичности и т.п.) работы своих изделий в реальных условиях эксплуатации;
- создают материально-техническую базу испытания изделий и их составных частей;
- разрабатывают и реализуют методы ускоренных испытаний изделий и составных частей с применением новейших средств, в том числе диагностирования, тензометрии, **виброметрии**, хрупких лаков и т.д., позволяющих объективно оценивать значения показателей качества изделий, подлежащих постановке на серийное производство.

2.3. Изготовители ВС, КИ и оборудования совместно с потребителем обеспечивают нормирование расхода запасных частей, организуют производство их и обеспечение запасными частями потребителей в течение всего срока эксплуатации изделий.

Запасные части к ВС, КИ, оборудованию и приборам, как правило, изготавливаются на специализированных подразделениях изготовителя или в отдельных случаях на других предприятиях, однако надзор и ответственность за их качество и удовлетворение потребности в них несет изготовитель ВС или КИ (оборудования).

Производитель ВС, КИ и оборудования организует сам или через посредников доставку запасных частей потребителю через сеть региональных складов или каким-либо другим способом по согласованию.

3. Предприятия и объединения - потребители изделий АТ несут полную ответственность за эффективное использование и обеспечение установленных сроков службы ВС, КИ, оборудования и приборов, для чего:

3.1. Обосновывают требования по количественным показателям качества новых изделий, оборудования и приборов, подлежащих конструированию и изготовлению, контролируют выполнение **требований**, участвуют в испытаниях, решении вопросов о серийном производстве и приемке машин, оборудования и приборов.

Разрабатывают прогрессивную технологию, нормативно-техническую документацию и передовые методы организации эксплуатации АТ с помощью средств и оборудования, получаемых от изготовителя.

Разрабатывают систему средств и оборудования для отрасли ГА, определяют потребность отдельных предприятий в машинах и оборудовании, осуществляют эффективную эксплуатацию каждого ВС, **КИ**, оборудования в соответствии с действующими у потребителя нормативами в интересах каждого предприятия, объединения.

Обеспечивают использование ВС, КИ и оборудования в строгом соответствии с требованиями эксплуатационной и **ремонтно-технологической** документации в части условий и режимов эксплуатации (летной и технической).

3.2. Организуют неукоснительное выполнение правил технического обслуживания, хранения и ремонта ВС, КИ и оборудования для обеспечения их высокой готовности, безотказности, долговечности, сохраняемости при оптимальных затратах **труда**, материалов, запасных частей и денежных средств.

Создают необходимые условия эффективной технической эксплуатации ВС, КИ и оборудования - эксплуатационную (ремонтную) службу со всеми подразделениями по согласованию с производителем ВС, КИ и оборудования и с учетом их специфических особенностей, участвуют в разработке норм расхода запасных частей на эксплуатацию ВС, КИ и оборудования, для чего совместно с поставщиком (разработчиком) ВС и оборудования используют системы сбора и обработки статистической информации об эксплуатации ВС и оборудования.

Разрабатывают нормы амортизации и сроки службы ВС и оборудования, правила их списания и представляют их на утверждение в установленном порядке с участием изготовителей и с учетом экономических интересов предприятий, эксплуатирующих технику.

3.3. Разрабатывают совместно с изготовителями и отраслью ГА оптимальную систему эксплуатации ВС и оборудования, определяют потребность в трудовых, материальных и финансовых ресурсах на выполнение требуемых объемов **ремонтно-обслуживающих** работ, в том числе:

а) положения и нормативы, определяющие потребность парка ВС в работах ТОиР и их технико-экономические характеристики:

- состав (структуру) ТОиР изделия за срок их эксплуатации с учетом рекомендованных изготовителем видов технических обслуживания и ремонтов;
- плановые нормативы потребности ВС и оборудования в техническом обслуживании и ремонте и потребности в материально-технической базе для их выполнения;
- нормативы трудоемкости и продолжительности выполнения ТО и ремонтов, потребности в запасных частях и материалах (номенклатура и количество), затраты средств на ТО и ремонт по маркам и типам изделий и видам ТоиР;
- нормативы качества технического обслуживания и ремонта изделий, в частности, их технической готовности, безотказности, долговечности, экономичности и т.д.;

б) структуру, **основы** организации и оснащение **ремонтно-обслуживающей** базы по назначению и объектам ТООР с учетом оптимальной **концентрации** и специализации производства:

- распределение работ ТООР по объектам базы ТООР;
- рекомендуемые принципы и способы организации **производства**, выбор технологических процессов ремонта и организации рабочих мест;
- нормативно-техническую документацию для организации управления **ремонтно-обслуживающим** производством;
- системы оборудования, оснастки и приборов для технического обслуживания, хранения и ремонта машин и оборудования по технологическим **процессам**: очистки и мойки, разборки и сборки, измерений и контроля, обкатки и испытаний, диагностирования, заправки, хранения и т.д.;
- методы материально-технического обеспечения **ремонтно-обслуживающих** производств;
- систему прогрессивных способов технического обслуживания и ремонта конкретных изделий по их фактической потребности, в зависимости от технического состояния, определяемого диагностированием;
- разработку принципов управления **работоспособностью** изделий по их техническому состоянию;
- организацию слежения за техническим состоянием изделий и их составных частей и обеспечение производства **диагностическими** средствами;
- правила назначения ремонтных работ к выполнению по результатам диагностирования.

Выполнение указанных работ осуществляется силами специальных подразделений в имеющихся отраслевых институтах ГА и промышленности на договорных началах или по государственному заказу.

3.4. Разрабатывают структуру и создают на основе нормативов потребные мощности ремонтно-обслуживающей базы с оптимальной концепцией и специализацией производства:

- обеспечивают **ремонтно-обслуживающее** предприятие **ремонтно-технологическим** оборудованием и оснасткой, метрологическими средствами, а также средствами испытания и контроля изделий и их составных частей при ремонте для внедрения высокого уровня технологии ремонта и обслуживания изделий;
- разрабатывают методы и средства оценки показателей качества отремонтированной техники, в первую очередь - безотказности и долговечности;
- создают резервные запасы узлов и агрегатов машин, оборудования, приборов по номенклатуре и в количествах согласно нормативов;
- разрабатывают перспективные схемы развития и размещения ремонтно-обслуживающей отрасли, позволяющие предупреждать и устранять диспропорции между парком эксплуатирующихся изделий и производственными мощностями ремонтно-обслуживающей базы.

4. Посредники, обслуживающие потребителей ВС и оборудования, выполняют функции по обеспечению эффективной эксплуатации ВС и оборудования в

обслуживаемых предприятиях на основе положений, согласованных с производителями и потребителями.

Они участвуют в разработке требований на ВС и оборудование, в их испытаниях и решении вопросов о поставке на серийное производство, планировании и создании **ремонтно-обслуживающей** базы, материально-техническом обеспечении обслуживаемой техники, в проведении сложных видов ТО и ремонтов и разработке и производстве **ремонтно-технологического** и диагностического оборудования.

5. Покупные изделия и ЗИП к ним должны иметь к моменту сдачи **эксплуатанту** гарантийный срок хранения в соответствии с документацией на эти изделия и комплект ЗИП.

На имущество и ЗИП, поставляемые вместе с ВС, устанавливаются, как правило, гарантийные сроки службы:

на запасные части, инструмент, СНО, приспособления — гарантийный срок службы ВС;

на готовые изделия и запчасти к ним, **КПА** - гарантийные сроки службы (ресурсы), установленные их поставщиками.

8.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДОКУМЕНТАЦИЕЙ ДЛЯ ТОиР

Данный раздел включает сведения об эксплуатационной и ремонтной документации в части соответствия **стандартам** и другим документам по комплектности, условиям и срокам поставки, особенностям применения ЭТД в зависимости от условий эксплуатации ВС.

1. Эксплуатационная и ремонтная документация на ВС и покупные изделия для него, а также документация на СНО и КПА по номенклатуре и содержанию выполняются в соответствии с требованиями основных стандартов:

- **ГОСТ 18675.** «Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее»;
- **ГОСТ 25545.** «Документация эксплуатационная и ремонтная на контрольно-проверочную аппаратуру для авиационной техники»;
- **ГОСТ 28056.** «Документация эксплуатационная и ремонтная на АТ. Программа **ТоиР**»;
- **ГОСТ 18681.** «Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику. Формуляры и паспорта»

и других стандартов, связанных с указанными выше и упоминаемыми в них. Эксплуатационная и ремонтная документация при поставке ВС за рубеж или на импортную АТ обычно выполняется под формат **АТА-100**.

2. Все текущие изменения конструкции ВС и условий эксплуатации, влияющие на эксплуатацию, отражаются поставщиком в соответствующих эксплуатационных документах путем замены или добавления листов или другим способом по согласованию. Держателем эталона документации является ее ответственный исполнитель.

3. Состав обязательной эксплуатационной документации, прикладываемой поставщиком к ВС, с учетом раздела **1.4** обычно включает:

1. Общая приемосдаточная **ведомость**.
 2. Формуляр ВС.
 3. Формуляр двигателя (на каждый двигатель).
 4. Формуляр ВСУ.
 5. Паспорта или этикетки на комплектующие изделия в комплекте на **ВС**.
 6. Руководство по летной эксплуатации ВС.
 7. Руководство по технической эксплуатации ВС, (включая самостоятельные РЭ по двигателю, ВСУ, комплексам и др. изделиям) в комплекте.
 8. Регламент технического обслуживания ВС.
 9. Альбом электрических схем.
 10. Нивелировочный и регулировочный паспорт ВС.
 11. Сертификат качества ВС.
 12. Временное удостоверение о годности к полетам.
 13. Ведомость одиночного комплекта запчастей, прикладываемых к каждому **ВС (1:1)**.
 14. Нормы расхода запчастей и материалов на **100** часов эксплуатации.
 15. Технологические указания на поставку в ЗИП и установку **деталей**, узлов и агрегатов, требующих выполнения специальных работ при их установке.
 16. Перечень СНО и **КПА**, прикладываемых к каждому ВС **(1:1)**.
 17. Перечень СНО и КПА, прикладываемых к ВС в комплектации **1:5**.
 18. Ведомость одиночного комплекта инструмента, прикладываемого к **каждому ВС (1:1)**.
 19. Ведомость группового комплекта **инструмента**, прикладываемого к ВС в комплектации **(1:5)**.
 20. Ведомость эксплуатационной документации.
 21. Ведомость комплекта имущества для базового аэропорта.
 22. Ведомость комплекта имущества для промежуточных аэропортов.
 23. Эксплуатационная документация к СНО и КПА (по **пп.16, 17)**.
 24. Альбом **тарировочных** графиков для изделий и оборудования.
 25. Бланк экспресс-анализа полетной информации при сдаточных и приемных испытаниях.
4. Дополнительно по договорам с эксплуатантом поставщик ВС, как правило, может поставить следующую документацию:
1. Руководство по летной эксплуатации.
 2. Руководство по технической эксплуатации (комплект).
 3. Регламент технического обслуживания ВС.
 4. Альбом электрических схем.
 5. Ведомости **авиатехимущества**, поставляемого в одиночный и групповой комплекты ЗИП.
 6. ТУ на поставку и приемку ВС.
 7. Полную **спецификацию** комплектующих изделий, устанавливаемых на ВС, с указанием поставщиков.
 8. Инструкцию по уходу и восстановлению лакокрасочных покрытий в эксплуатации.

9. Руководство по ремонту.
10. Каталог деталей и **сборочных** единиц.
11. Альбом основных **сочленений** и ремонтных допусков.
12. Ведомости ЗИП, ремонтные.
13. Нормы расхода ЗИП на плановый ремонт.
14. Нормы расхода материалов на плановый ремонт.
15. Нормы расхода запчастей и материалов на 100 часов эксплуатации.
16. Техническую документацию на нестандартное технологическое оборудование, приборы и инструменты.
17. Учебно-технические плакаты.

Перечень действующей обязательной типовой ЭД по самолету **Як-42** с указанием держателей подлинников, эталонов и контрольных экземпляров приводится в табл. 8.1.

Сроки поставки ремонтной документации обычно определяются условиями договоров поставки.

5. Бюллетени (директивы летной годности) поставляются **эксплуатанту** в порядке, определенном действующими положениями, установленными авиационными властями страны-изготовителя ВС.

Для зарубежного **эксплуатанта** разработка и поставка директив летной годности могут быть выполнены в соответствии с положениями FAR-39 по согласованию с поставщиком.

6. Применение ЭТД рекомендуется в соответствии с положениями **НТЭРАТ** ГА-93 или заменяющего его документа отрасли ГА РФ.

Зарубежный **эксплуатант** при применении ЭТД, ее хранении, учете и контроле руководствуется соответствующими требованиями **органа, осуществляющего контроль** за безопасностью полетов в стране эксплуатанта.

7. Применение ЭТД в зависимости от условий эксплуатации, сложившихся у эксплуатанта, определяется процедурами эксплуатационной сертификации и инспектирования эксплуатанта, выполняемыми при получении свидетельства эксплуатанта.

8. Для зарубежных **эксплуатантов** следует руководствоваться **соответствующими** инструкциями, которые выдаются при оформлении эксплуатационного **удостоверения** (свидетельства эксплуатанта). Рекомендуются следующие основные положения применения ЭТД зарубежным или отечественным **эксплуатантом**.

Каждый владелец удостоверения несет первостепенную ответственность за проведение ТО, профилактического ремонта и доработок своих ВС в соответствии с руководствами и правилами.

Владелец удостоверения может передоверить другому лицу выполнение любого ТО, профилактического ремонта или доработок, что не снимает с него ответственности за соответствие ВС летной годности.

Каждый владелец удостоверения, который выполняет любой вид ТО, профилактику, доработку или обязательный осмотр, и каждое лицо, которому передовано выполнение таких работ, должны получить разрешение на выполнение этих работ.

Таблица 8.1

ПЕРЕЧЕНЬ
действующей типовой эксплуатационной документации по самолету **Як-42**
(по состоянию на **01.01.2004 г.**)

№ п/п	Шифр документа	Наименование документа	Держатель подлинника	Держатель эта-лона	Наличие контрольного экз.	Область применения	Дополнительные указания
1. Обязательные документы							
1.1	РЛЭ	Руководство по летной эксплуатации в двух частях	Саратовский авиационный завод	1. АСЦ ГосНИИ ГА 2. ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева»	Оформляется	На каждый самолет	
1.2	ИЦ	Инструкция по загрузке и центровке	Саратовский авиационный завод	1. АСЦ ГосНИИ ГА 2. ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева»	Оформляется	На каждый самолет	Приложение к РЛЭ
1.3	РО Як-42	Регламент технического обслуживания самолета Як-42 в четырех книгах	ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева»	1. НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА	Оформляется	На каждый самолет	
1.3.1		РО. Книга 1. Оперативные формы ТО					
1.3.2		РО. Книга 2. Периодические формы ТО					
1.3.3		РО. Книга 3. ТО при хранении. Специальные виды ТО					
1.3.4		РО. Книга 4. Перечень работ по форме технического обслуживания «ТО-10000»	ОАО «ОКБ им. А.С. Яковлева»	НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА	Оформляется	Предприятия, выполняющие «ТО-10000»; «ТО-20000»	РО комплектуется по запросу заказчика

№ п/п	Шифр доку-мента	Наименование документа	Держатель подлинника	Держатель эта-лона	Наличие контрольного экз.	Область приме-нения	Дополнительные указания
1.3.5		РО. Книга 4. Перечень работ по форме технического обслуживания «ТО-20000»					
1.4	РЭ Як-42	Руководство по технической эксплуата-ции самолета Як-42. Комплект состоит из 44 разделов	Саратовский авиационный завод	НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА	Оформляется	На каждый самолет	
1.5	ФО	Формуляры на ВС, двигатели, ВСУ и др.	Эксплуатант ВС	—	Не оформляется	На каждый самолет	По ГОСТ 18681
1.6	ПС	Паспорта на комплектующие изде-лия	Эксплуатант ВС	—	Не оформляется	На каждый самолет	По ГОСТ 18681
1.7	ЭТ	Этикетки	Эксплуатант ВС	—	Не оформляется	На каждый самолет	По ГОСТ 18681
1.8	ПКС	Паспорт коррозионного состояния самолета	Эксплуатант ВС	—	Не оформляется	На каждый самолет	Введен Указанием ДПЛГ ГВС и ТР ГА №24.10-12 ГА от 30.01.04
1.9		Бюллетени	Саратовский авиационный завод	—	Не оформляется	На серийные номера само-летов Як-42 по тексту бюллетеня	
1.10	РЭ Д-36	Руководство по технической эксплуатации двигателя Д-36	Запорожский моторострои-тельный завод «Мотор СИЧ»	—	Не оформляется	На каждый самолет	

1.11	РЭ ТА-6В	Руководство по технической эксплуатации двигателя ТА-6В	ОАО НПП «Аэросила»	—	Не оформляется	На каждый самолет	
2.2	РЭ КИ	Руководство по технической эксплуатации покупных изделий (Приложение 1)	Изготовитель КИ	—	Не оформляется	—	Номенклатура и комплектация РЭ на КИ указана в ведомости эксплуатационных документов (ЭД) 420000-ЭД
2.3	АЭ	Альбом электрических схем	Саратовский авиационный завод	—		На все самолеты Як-42	Вводится на конкретный борт самолета Як-42
2. Дополнительные документы							
2.1	КД	Каталог деталей и сборочных единиц	Саратовский авиационный завод		Не оформляется	На все самолеты Як-42	Применяется как справочный материал
2.2	АС	Альбом основных сочленений и ремонтных допусков	Саратовский авиационный завод		Не оформляется	На все самолеты Як-42	Применяется для обучения специалистов и как справочный материал.
2.3	—	Учебно-технические плакаты	Саратовский авиационный завод		Не оформляется	На все самолеты Як-42	Применяется для обучения специалистов

Примечания: 1. Контрольные экземпляры ТЭД оформляются только по пп. 1.1–1.4.

2. Дополнительная ТЭД по разделу 2 не сверяется, и контрольные экземпляры не оформляются.

3. Держатель подлинника производит переиздание, разработку изменений и дополнений.

4. Сверку контрольных экземпляров ТЭД авиапредприятий и организаций ГА производит ГосНИИ ГА.

Обязательные проверки, выполняемые дополнительно к плановому ТО, должны быть организационно отделены от выполнения планового ТО.

Каждый владелец удостоверения обязан иметь Руководство по ТОиР, включающее осмотры, ТО, профилактику и доработки, которое удостоверяет, что:

- ТОиР выполняется в **соответствии** с положениями технического руководства (ЭТД);
- имеется квалифицированный персонал, необходимые СНО и оборудование;
- ВС отвечает нормам годности и прошел требуемое ТО.

Владелец удостоверения обязан внести в Руководство по ТОиР:

- схему оргструктуры ТОиР;
- перечень лиц, (предприятий), которым он передоверил обязательные виды ТОиР с описанием этих работ;
- перечень всех работ ТОиР с указанием их назначения, влияния на безопасность полетов, технологий выполнения, организации **выполнения, требований** по качеству выполнения работ, стандарты, процедуры, инструкции, организационно-распорядительную документацию, обеспечивающую учет и контроль выполнения работ ТО, доработок и **осмотров**.

Владелец удостоверения обязан организовать и осуществлять контроль за выполнением и эффективностью программ проверок и ТОиР, совершенствовать их и вносить все необходимые изменения по требованию Авиационных Властей. Должны быть разработаны программы обучения персонала по ТОиР, который должен получать соответствующие **свидетельства**, а лицом, непосредственно отвечающим за осуществление ТОиР, является всякое лицо, которое по должности несет ответственность за выполнение работ ТОиР, влияющих на летную годность, не обязательно постоянно наблюдает и контролирует работу каждого исполнителя ТОиР, но всегда готово дать консультации и принять решение.

Владелец удостоверения вправе допустить к дальнейшей эксплуатации ВС после выполнения работ ТОиР по программам осмотров и ТОиР, но после крупного ремонта или доработок допуск к эксплуатации проводится по техническим данным, утвержденным Авиационными Властями **страны-эксплуатанта**.

Каждая авиакомпания должна доказать наличие квалифицированного персонала ТОиР, соответствующего оборудования и технических средств (включая запчасти, источники электроснабжения и материалы), необходимых для обеспечения ТОиР.

Владелец удостоверения обязан вести и хранить записи текущей наработки ВС, его узлов и оборудования, для которых это требуется по условиям летной годности ВС. Все работы по устранению отказа или неисправности ВС, влияющих на безопасность полетов, записываются в журнал по ТО ВС. Должны составляться отчеты о всех отказах и **неисправностях**, влияющих на безопасность полетов и выполненные в полете или при ТО, которые должны представляться контролирующему органу таким путем и в такой форме, которая удобна по действующей системе связи в течение суток.

Должны также составляться сводные отчеты, включающие сведения обо всех нарушениях и отказах в полете, о ремонтах и крупных доработках.

Летная годность ВС после ТО или доработок подтверждается соответствующей записью в бортовом журнале ВС.

На основе данных эксплуатации, поставляемых в виде донесений, по форме близких к отечественным картам учета неисправностей (**КУНАТ**), формируются предложения по изменениям и рекомендациям для программ ТО **эксплуатантов**. Эти предложения связаны с необходимостью устранения опасных для безопасности полетов причин вследствие **конструкции** ВС, недостатков ТО или изменившихся условий эксплуатации и выпускаются в виде директив по летной годности двух категорий:

1. Срочного характера.
2. С установленным интервалом **исполнения**.

Процедура обмена информацией, в частности «Циркуляр ИКАО» 95 AN/78, обеспечивает всех эксплуатантов информацией о директивах летной годности, эксплуатационных бюллетенях и т.д., издаваемых поставщиком или органом по контролю летной годности.

Эксплуатант обеспечивает выполнение директив летной годности в зависимости от условий, в которых он осуществляет контроль над ВС и выполняет директивы сам или договаривается с владельцем ВС об их выполнении.

Владелец использует ВС только в соответствии с действующими директивами летной годности, а если сдает ВС в аренду или разрешает использовать ВС другому лицу, то должен обеспечить соблюдение директив и несет ответственность за их выполнение.

Исполнитель ТОиР обеспечивает выполнение директив только в части сделанной работы по инспектированию ВС, о чем делает соответствующую запись в журнале учета ТО. Лицо, принимающее ВС после ТО, обязано убедиться, что записи о ТО соответствуют действующим требованиям директив, прежде чем приступить к эксплуатации. В пределах компетенции все стороны, участвующие в эксплуатации или ТОиР ВС, несут ответственность за выполнение директив, при этом полагается, что все участники знакомы с порядком выпуска директив и понимают свою роль в их выполнении.

9. Дополнительно к указанным ЭТД поставщик составляет перечень паспортизованных изделий, покупных и собственного изготовления, установленных **на ВС**.

10. Покупные изделия и ЗИП к ним поставляются **эксплуатанту** с документацией, получаемой от их поставщиков, в **комплектации**, указанной в паспортах на них.

11. Поставщик перед предъявлением ВС эксплуатанту, представляет в комплекте ЭТД перечень конструктивных изменений, подлежащих внедрению начиная с данного серийного экземпляра ВС, и **паспорт-справку** о выполнении всех доработок по указанному перечню.

12. Доработка ВС в эксплуатации производится по бюллетеням (директивам летной годности), выпускаемым в установленном порядке.

13. Внесение изменений в копии ЭТД для ВС, находящихся в эксплуатации, производится бюллетенями (директивами летной годности). Бюллетени на уточнение ЭТД выпускаются одновременно с бюллетенями на изменение конструкции.

Кроме формирования **номенклатуры** ЭТД и условий ее применения важной задачей является обеспечение **эксплуатантов** всей необходимой ЭТД.

Воздушным кодексом РФ (ст. 37, пп. 5, 6) ответственность за выполнение норм и правил эксплуатационной документации возложена на **эксплуатанта**.

Однако условия, нормы и правила поставки, контроля и учета эксплуатационной документации **эксплуатантами** на федеральном уровне **РФ** в настоящее время отсутствуют, поэтому каждый **эксплуатант** в РФ использует в своей деятельности какие-то свои сложившиеся нормы и правила работы с эксплуатационной документацией федерального уровня (нормы, стандарты, инструкции и т.д.) и типовой документацией на ВС (РЭЛ, РЭ, РО и т.д.), номенклатура, состав и содержание которой установлены выше и в разделе 1.4.

Такое положение дел не обеспечивает поддержание летной годности парка ВС в целом и отдельных экземпляров ВС в эксплуатации. Отдельные **эксплуатанты** пользуются устаревшей ЭТД по ВС, не имеют информации о текущих изменениях ЭТД как федерального уровня, так и типовой на ВС, что приводит к возможности нарушения норм и правил эксплуатации ВС различных типов без непосредственной ответственности **эксплуатантов**.

В целях упорядочения контроля и поставки ЭТД **эксплуатантам** РФ предлагается зарубежная практика организации и проведения работ по контролю, учету и поставке ЭТД эксплуатантам.

Обобщение опыта работы с ЭТД в зарубежных авиакомпаниях и предприятиях позволяет сделать следующие выводы.

Обеспечение эксплуатанта ЭТД разделено на три направления:

- общедокументация;
- типовая (пономерная) документация ВС;
- производственная ЭТД эксплуатанта.

1. Общедокументация.

а) общедокументация включает нормативы, стандарты, инструкции FAA (JAA), документы ICAO и документы Авиационных Властей страны регистрации ВС и страны эксплуатанта ВС.

Документы FAA (**JAA**), и ICAO каждый эксплуатант приобретает самостоятельно или через посредников в магазинах при региональных организациях FAA (JAA), имеющих соответствующие полномочия (сертификаты) на торговлю этими документами. Номенклатуру необходимых документов эксплуатант определяет самостоятельно с учетом рекомендаций типовой документации на эксплуатируемые типы ВС и требований Авиационных Властей стран регистрации ВС и эксплуатанта;

б) общая документация Авиационных Властей стран регистрации ВС и эксплуатанта поставляется Авиационными Властями соответствующих стран (СAA) каждому **эксплуатанту** в безусловном порядке в той номенклатуре, которая определяется этими СAA или по запросу эксплуатанта на дополнительную документацию.

Поставки данной ЭТД производятся за государственный счет, расходы компенсируются сборами с эксплуатантов при их регистрации, сертификации и лицензировании.

2. Производственная документация разрабатывается каждым **эксплуатантом** за свой счет на основе требований документов местных САА и положений типовой документации на ВС.

Номенклатуру, содержание, контроль и учет производственной документации каждый **эксплуатант** отражает в:

- Руководстве по полетам;
- Руководстве по ТОиР,

которые составляются в соответствии с требованиями местных САА и международных документов (например ICAO, Doc. 8935 и др.), проверяются и одобряются местными САА при сертификации данного **эксплуатанта**.

3. Типовая (пономерная) документация на ВС поставляется **эксплуатанту** только изготовителем ВС (двигателя).

При выдаче сертификата (удостоверения) летной годности экземпляра ВС Авиационные Власти страны регистрации ВС обязаны проверить наличие у эксплуатанта договора с изготовителем ВС (двигателя) на сервисное обеспечение ЭТД. Сертификат (удостоверение) ЛГ ВС (двигателя) выдается местной САА только при наличии такого договора. Поставка документации производится за счет эксплуатанта и включает как поставку ЭТД и изменений к ней, так и директивы летной годности FAA (JAA), сервисные бюллетени, инструкции и рекомендации изготовителя ВС (двигателя).

Отдельно о директивах летной годности (ID).

Порядок выпуска директив летной годности определен **FAR-39** (АП-39).

Они разделяются на:

- срочные;
- с установленным сроком исполнения;
- с отложенным сроком исполнения;
- сервисные бюллетени.

Соответственно это российские бюллетени: ДА, ДК, ДМ, БЭ.

Обычно все директивы поставляются двумя путями, т.е. прохождение директив дублируется:

- изготовителем ВС (двигателя);
- Авиационными Властями стран регистрации ВС.

Изготовитель направляет все директивы, касающиеся типа ВС и конкретных экземпляров ВС, эксплуатанту в обязательном порядке, сервисные - по запросу.

Местной САА направляются все директивы, связанные с летной годностью типа и экземпляров ВС регистрации данной страны, а также информация о сервисных директивах. Местные САА направляют эксплуатанту в обязательном порядке все директивы, определяющие летную годность типа ВС и экземпляров ВС данного эксплуатанта.

Поставка директив САА производится за счет САА. Контроль выполнения, учета, хранения директив производится инспекторами САА при сертификации и инспектировании данного эксплуатанта.

Такими методами организации поставки и контроля ЭТД эксплуатант ВС за рубежом обеспечивается всей необходимой ЭТД, ее учетом и контролем. При

этом сверка ЭТД как самостоятельное разовое мероприятие для эксплуатантов не производится.

Реализация предлагаемой схемы обеспечения эксплуатантов ЭТД позволяет выполнить требования эксплуатантов и Авиационных Властей к безопасности полетов ВС каждого типа и экземпляра и интегрирует российскую ГА в мировую практику.

8.3. ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ДЛЯ ТООР

Данный раздел ИТО включает сведения о подготовке специалистов ТООР, об условиях обучения и программах обучения, квалификационные требования и другие сведения о специалистах, необходимые для ТООР данного типа ВС.

1. Обучение специалистов ТООР.

Поставщик ВС, желая максимально эффективного использования эксплуатационных качеств ВС при обеспечении требуемого уровня качеств ТООР, обычно предлагает **эксплуатанту** ВС программы обучения специалистов ТООР различного профиля. Подготовка специалистов обычно производится в рамках сложившейся системы обучения централизованно или на предприятиях и в учебных центрах поставщика (например на фирме **«Boeing»**). **Эксплуатант** обычно сам выбирает схему подготовки специалистов на новый тип ВС. В рамках существующих организационных структур подготовки специалистов ТООР нового типа ВС может быть реализована новая информационно-компьютерная технология обучения (**ИКТО**), построенная на базе современной вычислительной техники и аудио- и видеоаппаратуры. ИКТО широко применяется в различных отраслях промышленности и транспорта в РФ и за рубежом и может быть построена на различных программах и методиках.

Информационно-компьютерная технология индивидуальной подготовки специалистов обеспечивает комплексное решение проблем начального обучения при освоении эксплуатации ВС и непрерывного поддержания уровня полученных знаний. Применение этой передовой технологии обучения обеспечивает правильное сочетание теоретической подготовки летного и инженерно-технического состава с практической отработкой навыков и умения работы с АТ, применяя системные и процедурные тренажеры.

Информационно-компьютерная технология индивидуальной подготовки способствует накоплению положительного интеллектуального опыта высококвалифицированных инструкторов и преподавателей - специалистов ГА, передовых **методик**, на основе которых формируются алгоритмические и программные средства курсов обучения.

Высокая степень совместимости компьютерных курсов позволяет их использовать как в сетевых системах классов, состоящих из нескольких рабочих мест обучаемого (РМО), управляемых с единого места инструктора (**РМИ**), так и на отдельных ПЭВМ. При этом нет необходимости содержания штата высококвалифицированных инструкторов и преподавателей. Указанные качества информационно-компьютерной технологии обеспечивают ее высокоэффективное применение как в центрах обучения и в УТЦ базовых предприятий, так и в малых

периферийных предприятиях независимо от наличия инструкторских, преподавательских кадров и уровня их подготовки.

Одним из показателей экономической эффективности применения информационно-компьютерной технологии является универсальность технических средств. На вычислительной и аудио- и видеотехнике класса или отдельного **РМО**, меняя программные средства курсов обучения, можно проводить подготовку различных специалистов по всем типам ВС, эксплуатируемых в предприятии. При этом создаваемые программные средства курсов обучения по каждому типу ВС открывают доступ к готовому программному продукту всех заинтересованных предприятий.

Типовой компьютерный класс индивидуальной подготовки на **4–20 РМО** может представлять собой сетевую систему, генерирующую через **файл-сервис** общую базу данных программных средств курсов обучения и одного РМИ для управления учебным процессом на РМО.

Состав РМО по основным компонентам, как правило, идентичен составу РМИ, сформирован на базе современной вычислительной и аудио- и видеотехники, совместимой с отечественными и зарубежными образцами.

Принципиальной особенностью технических средств обучения является применение на РМО и РМИ сенсорных мониторов, обеспечивающих возможность взаимодействия человека с ПЭВМ путем прикосновения непосредственно пальцами рук к экрану дисплея, без использования клавиатуры и мыши. Это максимально упрощает общение с вычислительной техникой без специальной подготовки обучающихся, а главное – обеспечивает отработку процедур управления самолетным оборудованием на имитируемых реальных макетах пультов, щитков и других органов управления, которые выводятся на мониторы.

Такая конфигурация сетевой системы класса обучения персонала ТООР обладает рядом преимуществ как с точки зрения обучения, так и управления обучением, позволяет создавать общий банк данных по изучаемой АТ, который обеспечивает теоретическое изучение и приобретение первоначальных практических навыков и умений техническим персоналом в объеме, необходимом для обеспечения эксплуатации ВС в соответствии с РЭ, РО и другой эксплуатационной документацией.

В настоящее время за рубежом и в РФ накоплен опыт в создании:

- методологии построения **ИКТО**;
- сценариев учебных курсов;
- учебных программ подготовки специалистов ТООР;
- автоматизированных компьютерных учебных курсов, созданных с помощью комплекса инструментальных средств, ориентированных на создание ИКТО по изучению авиационной техники.

Рассмотренные общие процедуры процессов обучения специалистов ТООР могут быть конкретизированы поставщиком (изготовителем) ВС и рекомендованы к применению.

2. Квалификационные требования к специалистам ТООР и их сертификация.

Сертификация инженерно-технического и рабочего персонала инженерно-авиационной службы (**ИАС**) предприятий гражданской авиации представляет собой систему мероприятий, предназначенную для подтверждения от имени **Государства** подготовленности (пригодности) конкретного специалиста **к выполнению** определенного круга работ по обслуживанию и ремонту эксплуатируемой в предприятии авиационной техники с таким качеством, которое гарантирует безопасность выполнения полета обслуженных воздушных судов за счет обеспечения работоспособности и нормального функционирования конструкции воздушного **судна**, его силовых **установок**, систем и оборудования при эксплуатации на земле и в воздухе.

Система сертификации включает в себя:

- а) выдачу специалистам **ИАС** - на основании проверки теоретических знаний, умения выполнять соответствующие работы и оценки общего опыта и навыков специалиста - сертификата технической подготовленности к техническому обслуживанию авиационной техники определенного **типа**;
- б) продление срока действия сертификатов, их возобновление, расширение области их применения, приостановка действия и отзыв сертификатов;
- в) утверждение программ курсов по подготовке специалистов к сертификации для технического обслуживания воздушных судов определенного **типа**, организацию и проведение экзаменов и **испытаний**;
- г) периодический контроль непосредственно в эксплуатирующих предприятиях за наличием достаточного количества сертифицированных специалистов **ИАС**, за сроками действия сертификатов и их соответствием эксплуатируемой авиационной технике и выполняемым специалистами работам, а также за строгим соблюдением правил эксплуатации авиационной техники сертифицированными специалистами.

Сертификат технической подготовленности является документом, дающим специалисту право выполнять конкретный перечень **и(или)** виды работ по обслуживанию и ремонту определенного типа авиационной техники, как правило - с самоконтролем, т.е. без предъявления ОТК, а также контролировать качество указанных работ, выполненных другими работниками **ИАС**, не имеющими сертификата и работающими в подчинении сертифицированного специалиста.

Исходя из вышеизложенного, специалист, претендующий на получение сертификата технической подготовленности к техническому обслуживанию авиационной техники, должен удовлетворять определенным требованиям, которые относятся исключительно к обеспечению безопасности полетов.

Сертификационные требования представляют собой лишь некоторую часть общих требований к специалистам, участвующим в техническом обслуживании и ремонте авиационной техники.

Общие требования к персоналу ИАС определяются на основании:

1. «Тарифно-квалификационного справочника работ и профессий **рабочих**, занятых в гражданской авиации».
2. Действующих требований нормативных и методических документов отрасли ГА;

3. Сохранивших свою актуальность требований, изложенных в типовой документации разработчика по конкретным типам авиационной техники.
4. Требования трудового законодательства, а также применительно к обслуживанию и ремонту воздушных судов конкретных типов с учетом:
 - а) особенностей этих ВС как объектов ТО и ремонта;
 - б) применяемых на этих ВС систем ТО и ремонта, новых форм организации производства (включая интеграцию процессов ТО и ремонта), новых средств и методов технического обслуживания;
 - в) специализации технического персонала при ТО конкретной авиационной техники;
 - г) **необходимости** пользоваться имеющимися в АТБ автоматизированными системами контроля технического состояния авиационной техники, информационными и управляющими системами.

Сертификационные требования отбираются из совокупности общих требований, содержащихся в перечисленных источниках и вытекающих из приведенных выше факторов.

Сертификационные требования к персоналу **ИАС** предъявляются по следующим характеристикам:

- 1 - по возрасту специалиста;
- 2 - по физической возможности (способности) выполнять предстоящую работу (например по остроте зрения, цветоощущению и пр.);
- 3 - по базовой подготовке специалиста;
- 4 - по специальной подготовке на данный тип ВС и знанию конкретной авиационной техники, технологии выполнения работ на ней, применяемого оборудования;
- 5 - по умению выполнять работы, предусмотренные функциями осуществляемой или предстоящей деятельности;
- 6 - по общему опыту работы на авиационной технике (в том числе в зависимости от базовой подготовки специалиста);
- 7 - по психологической способности качественно выполнять свою работу (в том числе по способности ориентироваться в нештатных ситуациях).

Требования, предъявляемые к персоналу, участвующему в техническом обслуживании авиационной техники, должны быть дифференцированы:

- 1 - по категориям работников:
 - а) исполнители (техники, механики, рабочие);
 - б) руководители работ (бригадиры, мастера, инженеры различных уровней);
 - в) контролеры (отдела технического контроля, отдела управления качеством, инспекции по безопасности полетов и т.д.);
- 2 - по типам ВС;
- 3 - по специализации (объектам работы), например:
 - а) планер;
 - б) система планера;
 - в) двигатели и их оборудование;
 - г) электрооборудование;

- д) приборное оборудование;
 - е) навигационное оборудование;
 - ж) радио- и радиоэлектронное оборудование;
 - з) вычислительные устройства и т.д.
- или
- 4 - по комбинациям специализаций в зависимости от типа ВС, условий и объемов производства;
 - 5 - по характеру выполняемой работы:
 - а) оперативное ТО;
 - б) периодическое ТО;
 - в) лабораторные проверки;
 - г) ремонт и восстановление АТ;
 - д) техническая диагностика
 - и др.;**
 - 6 - по уровню ответственности специалистов:
 - а) работающие самостоятельно с правом оформления документов на ТО;
 - б) то же, с правом выдачи «Разрешения на полеты»;
 - в) руководители производства (различных уровней);
 - 7 - в зависимости от степени освоения эксплуатации ВС нового типа:
 - а) для специалистов предприятий, в которых проводятся эксплуатационные испытания ВС нового **типа**, т.е. первыми осваивающих их техническое обслуживание;
 - б) для специалистов предприятий, осваивающих уже эксплуатируемый в ГА тип ВС;
 - в) - на период освоенной эксплуатации;
 - 8 - исходя из рекомендаций, включать в состав требований по сертификации только то, что необходимо для безопасности полетов и реально может быть выполнено, а также из установок государства, что кандидат на получение Сертификата технической подготовленности к техническому обслуживанию авиационной техники должен отвечать определенному набору требований, относящихся к его возрасту, физическим кондициям, базовой и специальной подготовке, знаниям, опыту и квалификации.

Отраслевыми нормами ГА РФ сформированы требования по сертификации различных специалистов **ИАС**. Эти нормы подлежат обязательному исполнению **эксплуатантом**. Аналогичные процедуры и нормы действуют и за рубежом.

Например, типовые обязательные требования при сертификации авиатехника по самолету и двигателю следующие:

1. ТРЕБОВАНИЯ ОБЩЕГО ХАРАКТЕРА

- 1.1. Возраст - не моложе **18** лет.
- 1.2. Физические кондиции - физическая способность выполнять предстоящие работы, в частности, по остроте зрения и **слуха**, цветоощущению (по **дефектации** и диагностике авиационной техники), по созданию необходимых усилий в процессе технического обслуживания и ремонта АТ.
- 1.3. Базовая подготовка:
 - 1.3.1. среднее техническое образование;

- 1.3.2. авиатехническое училище ГА по данной специальности;
- 1.3.3. среднее специальное учебное заведение авиационного профиля других ведомств;
- 1.3.4. специальное профтехучилище по аналогичным специальностям.

1.4. Специальная подготовка:

- 1.4.1. изучение конструкции и технического обслуживания авиационной техники, на которую запрашивается Сертификат, в процессе основного курса обучения в вузе или авиационном училище, со сдачей экзаменов государственной экзаменационной комиссии и оформлением допуска к самостоятельному ТО;
- 1.4.2. курсы подготовки для **соответствующей** специальности по техническому обслуживанию (ремонту) авиационной техники, на которую запрашивается Сертификат, проведенные по программе, утвержденной сертифицирующим органом, и удовлетворительная сдача экзаменов согласно процедуре сертификации;
- 1.4.3. самостоятельное изучение модификации авиационной техники, на ТО которой кандидат имеет Сертификат, или дополнительного к этому Сертификату объекта и удовлетворительная сдача экзаменов согласно процедуре сертификации.

2. ТРЕБОВАНИЯ ПО ЗНАНИЯМ И УМЕНИЮ

Кандидат должен знать:

- 2.1. Требования наставлений, приказов, указаний и других нормативных и методических документов отрасли **ГА**, распоряжения руководства инженерно-авиационной службы по вопросам обеспечения безопасности полетов и надежной работы авиационной техники.
- 2.2. Конструкцию ВС, вертолета данного типа в целом, его двигателя и систем; уметь пользоваться техническими описаниями и схемами.
- 2.3. Общие положения принятой для данного типа ВС системы технической эксплуатации.
- 2.4. Порядок ведения бортовой и пономерной документации на авиационную технику и производственно-технической документации на техническое обслуживание и ремонт АТ.
- 2.5. Должностные инструкции: **свою**, своих подчиненных, непосредственных **руководителей (бригадира, инженера, начальника смены)**, инженера ОТК.
- 2.6. Действия инженерно-технического персонала при возникновении аварийных ситуаций на аэродроме и прилегающей территории и свое место при проведении аварийно-спасательных работ.
- 2.7. Порядок выполнения работ: по буксировке ВС, **принятию** его на место стоянки; при подогреве, запуске двигателей и вырубании, по очистке ВС от наземного обледенения; по приему - передаче ВС экипажу и охране.
- 2.8. Правила техники безопасности, охраны труда и противопожарной защиты при техническом обслуживании ВС.
- 2.9. Комплектацию, функции, входные и выходные сигналы информационно-управляющих систем **АТБ**; уметь пользоваться ими.
- 2.10. Применительно к системам, зонам, видам работ, по которым специализируется кандидат и в отношении которых запрашивается Сертификат, он должен знать:
 - а) конструкцию, функции, принципы работы, правила эксплуатации, содержание и технологию технического обслуживания;
 - б) ' характерные неисправности, порядок проведения **дефектации** и проверки работоспособности авиационной техники, методы выявления и устранения отказов и неисправностей, замены **деталей**, агрегатов (комплектующих изделий) по механической части закрепленных объектов ТО; уметь выполнять соответствующие работы;
 - в) при зонной специализации и освоении смежной специальности дополнительно знать:

- комплектацию, принципы работы, правила **эксплуатации**, содержание технического обслуживания электро- и электронного оборудования закрепленной зоны, системы, а также порядок выполнения **регулировок**, устранения неисправностей, замены деталей и агрегатов в пределах предоставленной данному специалисту компетенции;
уметь выполнять соответствующие работы;
- г) диагностическое оборудование и **средства**, методы неразрушающего контроля, подлежащие применению при ТО закрепленной зоны, системы; правила их использования, порядок оценки результатов контроля авиационной техники;
уметь применять их при ТО;
- д) комплектацию, принципы работы, правила эксплуатации и использования средств (устройств) встроенного контроля и автоматизированных наземных систем **контроля** технического состояния авиационной техники;
уметь пользоваться ими;
- е) правила ухода за поверхностью ВС, лакокрасочными и другими защитными покрытиями, порядок и методы ремонта обшивки ВС и покрытий;
уметь выполнять ремонтные работы по ЛПК;
- ж) правила ухода за деталями из магниевых и титановых сплавов, композиционных материалов и их ремонта (замены);
уметь выполнять ремонтные работы, возможные в условиях **АТБ**;
- з) особенности конструкции модульных двигателей, схему их членения, порядок демонтирования и монтажа отдельных модулей, перечень ремонтных работ, которые можно выполнять в **АТБ**; оборудование, используемое при модульном ремонте двигателей;
уметь выполнять соответствующие работы;
- и) особенности организации и содержания технического обслуживания воздушных судов на аэродромах местных воздушных линий и временного базирования, порядок хранения **авиаГСМ**, их аэродромного контроля и использования, заправки ВС (вертолетов) топливом и маслом, порядок запуска и опробования авиадвигателей;
уметь выполнять соответствующие работы в пределах предоставленной компетенции.

Приведенные выше типовые требования по знаниям и умению инженерно-технического персонала составлены, во-первых, по всему ВС данного типа и, во-вторых, с учетом как эксплуатируемых типов ВС, так и поступления ВС нового поколения, имеющих значительные конструктивные особенности, насыщенных электроникой, оснащенных автоматизированными системами управления и контроля. В связи с этим применительно к каждому специалисту, На которого запрашивается Сертификат технической подготовленности к ТО, перечисленные требования конкретизируются органом сертификации в части типа ВС, системы, зоны ВС или отдельных объектов ТО и ремонта, а также с учетом характера выполняемой работы (периодическое или оперативное ТО, лабораторные проверки и ремонт агрегатов, техническая **диагностика**, работа в отрыве от базы, обслуживание транзитных ВС в аэропортах местных воздушных линий, контроль качества ТО и т.п.).

Соответствие кандидата набору требований, предъявляемых в части знаний и умения, должно подтверждаться удовлетворительными результатами экзаменов, которые назначаются органом сертификации и проводятся в соответствии со специальной процедурой.

Для выдачи Сертификата с правом подписи документа о выполненном техническом обслуживании кандидат-авиатехник должен удовлетворять одному из следующих сочетаний базовой подготовки и практического опыта:

- а) при наличии диплома об окончании авиатехнического училища, где он изучил авиационную технику, которая является объектом сертификации, и оформленного допуска к ее обслуживанию иметь не менее шести месяцев непрерывного производственного стажа в тех подразделениях или на тех объектах ТО, в отношении которых запрашивается Сертификат;
- б) при наличии диплома об окончании авиационного техникума (где данная авиационная техника не изучалась) и успешном прохождении курсов подготовки для соответствующей специальности по ТО авиационной техники, которая является объектом сертификации, иметь не менее одного года непрерывного производственного стажа в качестве авиатехника, в том числе не менее шести последних месяцев в тех подразделениях или на тех объектах ТО, в отношении которых запрашивается Сертификат;
- в) при наличии образования более высокого уровня и считающегося полезным с точки зрения рассматриваемой сертификации требуемый производственный стаж может быть сокращен до шести месяцев, в том числе не менее трех последних месяцев должно приходиться на работу в тех подразделениях или на тех объектах ТО, в отношении которых запрашивается Сертификат;
- г) при других видах базового образования и успешном прохождении курсов подготовки для соответствующей специальности по ТО авиационной техники, которая является объектом сертификации, иметь не менее трех лет непрерывного производственного стажа работы в качестве **авиатехника**, в том числе не менее года в тех подразделениях или на тех объектах ТО (ремонта), в отношении которых запрашивается Сертификат;
- д) для кандидата, самостоятельно освоившего техническое обслуживание авиационной техники, на которую запрашивается **Сертификат**, — практическая работа по ТО (ремонту) этой авиационной техники в течение не менее трех лет.

Соблюдение кандидатом предъявляемых ему требований в части теоретической подготовки и практического опыта подтверждается копиями дипломов, аттестатов, свидетельств об образовании и специальной подготовке, выпиской из трудовой книжки и справкой о компетентности.

При сертификации авиаперсонала зарубежных авиакомпаний рекомендуется придерживаться требований FAR-65, **FAR-45, FAR-145 и FAR-147**.

Указанные требования к подготовке специалистов ТОиР разработчик и поставщик ВС должны учитывать при формировании типовой и пономерной документации на ВС в части содержания изложения материала и технологий выполнения работ по ТОиР на данном ВС. Поставщик ВС может сформировать собственные квалификационные требования к специалистам ТОиР данного типа ВС и отработать процедуры их подготовки и обучения, но все эти разработки должны соответствовать общефедеральным и отраслевым документам, вводиться и применяться в отрасли ГА в установленном порядке.

8.4. НОРМЫ РАСХОДА ЗАПАСНЫХ ЧАСТЕЙ, МАТЕРИАЛОВ И ИНСТРУМЕНТА **ДЛЯ ТООП**

Данный раздел ИТО включает сведения о планируемых потребностях **эксплуатантов** в материалах, запчастях и инструменте, в том числе: применяемые методики расчета норм и расчетные условия, номенклатура и удельные нормы расхода материалов, применяемых при ТООП, особенности поставки ЗИП, в том числе плановых поставок вместе с ВС и внеплановых поставок изделий, материалов и инструмента для восстановления поврежденных ВС.

На этапе освоения серийного производства ВС и при отсутствии достаточно-го опыта эксплуатации нового типа ВС в различных условиях, при расчете потребного количества запасных частей и планировании их производства обычно применяются методы оценки потребности в выпуске комплектующих изделий, основанные на вероятностных, статистических методах расчетов при следующих условиях:

- а) количественные характеристики норм расхода ЗИП и материалов на **100** часов налета каждого ВС приводятся в эксплуатационном документе «Нормы расхода запчастей на **100** ч эксплуатации» и «Нормы расхода материалов на 100 ч эксплуатации», которыми устанавливается и номенклатура ЗИП, что отражается в ТУ (условиях договоров поставки);
- б) нормы расхода устанавливаются и рассчитываются для ожидаемых условий эксплуатации ВС, разрабатываются и уточняются для начальной стадии и длительной эксплуатации (последняя исчисляется по истечении 5 лет с начала серийного производства ВС данного типа, двигателя, агрегата);
- в) ответственными за разработку норм расхода запасных частей на ВС, подготовленный к серийному производству, являются предприятия-разработчики ВС, двигателя, комплектующего изделия (**КИ**). В дальнейшем ответственными за разработку и уточнение норм расхода в течение первых пяти лет эксплуатации ВС с начала серийного производства являются предприятия-изготовители ВС, двигателя, КИ;
- г) ответственным за разработку норм расхода на длительной стадии эксплуатации является потребитель (**эксплуатант**).

В свою очередь, формирование норм расхода разработчиком авиационной техники предусматривается в два этапа:

1. На этапе проектирования - разработка проекта норм расхода запасных частей (проектные нормы).
2. На этапе **стендовых, летно-конструкторских** и государственных испытаний - уточнение проектных норм по результатам этих испытаний.

При разработке этих норм под расходом запасных частей понимается количество составных частей ВС, двигателя, КИ, подлежащих замене и списанию в результате отказа или выработки ресурса.

Нормы на техническое обслуживание включают расход запасных частей на все виды работ, проводимых в эксплуатационных подразделениях, при этом сборочные единицы, снимаемые для проведения восстановительных работ в эксплуатационном подразделении или на ремонтном предприятии, в эти нормы

не включаются. В этих случаях учитывается расход составных частей, входящих в сборочные единицы и подлежащих замене и списанию, соответственно в **нормах** на ТО ВС (при восстановлении в эксплуатационном подразделении) или в нормах на ремонт сборочной единицы (при восстановлении на ремонтном предприятии).

Таким образом, предусматривается разработка норм расхода на двух уровнях:

1-й уровень - ТОиР ВС (раздельно для технического обслуживания и для ремонта);

2-й уровень - ремонт **агрегатов**, включая двигатель.

При этом основной задачей нормирования расхода запасных частей является:

- расчет и анализ плановых и фактических показателей деятельности эксплуатационных подразделений и ремонтных предприятий;
- расчет потребности в запасных частях;
- разработка балансов и планов распределения запасных частей (включая расчет потребности в запасных **частях**), формирование проекта плана производства запасных частей, планирование **авиационно-технического** обеспечения;
- контроль и учет использования запасных частей в производстве и товаропроводящей сети.

Разработка норм расхода в рамках Программы ТОиР имеет своей целью оценку экономических характеристик системы ТОиР:

- при определении экономической эффективности вариантов системы ТОиР, в частности, при выборе методов технической эксплуатации (т.е. при формировании самой Программы ТОиР);
- при формировании эксплуатационного «лица» создаваемого ВС.

В этом случае необходимо объединение норм расхода запасных частей различного уровня в одну интегральную характеристику: «нормы расхода запасных частей на ТОиР ВС» с включением в них норм расхода на ремонт агрегатов.

Нормы на ТО ВС устанавливаются на 100 ч **налета**, а нормы на капитальный (средний) ремонт ВС, двигателя, **КИ** - на один ремонт данного вида. Сведение этих норм в единые нормы расхода на ТОиР ВС осуществляется путем учета ожидаемого количества ремонтов за время эксплуатации ВС и приведением их к единой размерности - на **100** ч налета. При безремонтной эксплуатации ВС **нормы** расхода на ремонт включаются в нормы расхода на ТО. Рекомендуемый подход к формированию норм рассмотрен ниже.

Начальным этапом формирования норм расхода запасных частей является определение их номенклатуры. Номенклатура запасных частей - это классифицированный в определенном порядке перечень деталей, сборочных единиц, требуемых для замены отказавших и выработавших ресурс КИ при проведении ТОиР ВС.

При разработке проекта норм расхода для ВС в номенклатуру запасных частей включаются:

- все КИ и агрегаты, входящие в Программу ТОиР ВС;

- детали и составные части этих агрегатов (сборочных единиц), замена которых предусмотрена при ремонте **последних**, которые включаются в нормы расхода запасных частей при капитальном (среднем) ремонте агрегатов (**КИ**). Формирование комплектов деталей на замену **осуществляется**:
- по определенному параметру сопряжения (совместно обработанные, сбалансированные, подобранные селективным методом и т.п.);
- на основании анализа проведения ТОиР ВС, когда признана технико-экономически целесообразным одновременная совместная замена нескольких составных частей.

В номенклатуру запасных частей не включаются:

- детали и сборочные единицы, замена которых признана невозможной или технико-экономически нецелесообразной;
- детали и сборочные единицы, плановая замена которых не регламентирована эксплуатационной и ремонтной документацией и по которым (по аналогам которых) отсутствует информация об **отказах**, устраняемых заменой в процессе испытаний и эксплуатации (безотказные детали и сборочные единицы);
- детали к неремонтируемым сборочным единицам.

Расчет норм производится в натуральном и стоимостном выражении, при этом размер оборотного фонда запасных частей не учитывается. Это функция **эксплуатанта**.

Установление норм расхода в стоимостном выражении осуществляется на основании норм в натуральном выражении и прейскурантных или договорных цен.

$$N_{ci} = N_{ni} * C_i, \quad (8.1)$$

где N_{ci} - норма расхода запасной части **i-го** наименования в стоимостном выражении;

N_{ni} - норма расхода запасной части данного наименования в натуральном выражении;

C_i - цена (прейскурантная или договорная) запасной части данного наименования.

Норма расхода запасных частей в целом на техническое обслуживание или капитальный (средний) ремонт ВС, двигателя, КИ рассчитывается как сумма норм расхода по всей номенклатуре

$$N_{cm} = \sum_{i=1}^I N_{ci}, \quad (8.2)$$

где N_{cm} - норма расхода запасных частей в целом на техническое обслуживание и ремонт ВС, двигателя, агрегата;

I - общее количество наименований, входящих в номенклатуру запасных частей.

Общие принципы расчета норм расхода запчастей следующие:

- а) расчет норм расхода на ТО неремонтируемых изделий.

Для неремонтируемых изделий нормы расхода рассчитываются отдельно на плановые и внеплановые замены при ТО.

Нормы расхода запасных частей на плановые замены определяются на основании величины назначенного ресурса ВС и периодичности форм периодического ТО, при которых производится обязательная замена изделий, например крепежные элементы разового пользования и т.п.

Расчет норм расхода на детали и сборочные **единицы**, замена которых предусмотрена при периодическом ТО (ПТО), определяется из выражения (на 100 часов)

$$N_{ij} = (m_{ij} / \tau_{ij}) * 100, \quad (7.3)$$

где N_{ij} — норма расхода запасной части ***i*-го** наименования, замена которой предусмотрена при **выполнении *j*-й** формы ПТО;

m_{ij} — количество деталей, сборочных единиц ***i*-го** наименования, подлежащих замене **при *j*-й** форме ПТО;

τ_{ij} — периодичность **выполнения *j*-й** формы ПТО для ***i*-го** изделия.

По формуле (8.3) рассчитываются нормы для всех форм ПТО, а итог определяется суммированием результатов по всем формам.

$$N_{ii} = \sum_{j=1}^J N_{ij}, \quad (8.4)$$

где N_{ij} — норма расхода запасной части ***i*-го** наименования **при *j*-м** ПТО;

J — количество форм ПТО.

Норма расхода неремонтируемых изделий на замены по выработке ими назначенного ресурса может быть получена из выражения (на 100 часов)

$$N_{ii} = (F_{ii} / T_{ii}) * b_i * 100, \quad (8.5)$$

где N_{ii} — норма расхода на плановые замены детали (сборочной единицы) ***i*-го** наименования на один ВС, установленная на основании величины назначенного ресурса;

T_{ii} — величина назначенного ресурса детали (сборочной единицы) ***i*-го** наименования;

b_i — количество деталей (сборочных единиц) ***i*-го** наименования, установленных на ВС;

F_{ii} — значение функции распределения отказов детали (сборочной единицы) ***i*-го** наименования при отработке назначенного ресурса T_{ii} .

При отсутствии данных о виде закона распределения отказов детали принимается допущение об экспоненциальном законе. Тогда

$$F_{ii} = p_i * \lambda_i * T_{ii}, \quad (8.6)$$

где λ_i , T_{ii} — соответственно интенсивность отказов и назначенный ресурс детали или сборочной единицы ***i*-го** наименования;

p_i — коэффициент, учитывающий долю замен в общем количестве отказов.

Для изделий с возрастающей по наработке интенсивностью отказов такая оценка вероятности является оценкой сверху.

Нормы расхода запасных частей на внеплановые замены неремонтируемых изделий разрабатываются с использованием норм расхода аналогичных изделий на **ВС-аналогах**, прошедших длительную эксплуатацию.

При отсутствии таких норм расчет осуществляется по выражению (на 100 часов)

$$N_{TB}=(1/T_{ci})*p_i*b_i*100, \quad (8.7)$$

где N_{TB} - норма расхода неремонтируемых деталей (сборочных единиц) данного наименования на внеплановые замены.

В случае, когда запасная часть подлежит одновременно и плановым, и внеплановым заменам, суммарная норма определяется сложением результатов расчета по формулам (8.4), (8.5), (8.7).

б) расчет норм расхода ремонтируемых изделий на T_{oiP} .

Для ремонтируемых составных частей (агрегатов) ВС правила расчета норм расхода определяются в зависимости от того, каким образом для данного агрегата установлен порядок списания. Ниже рассмотрены три основных случая:

- списание производится лишь в случае признания невозможности или экономической нецелесообразности ремонта агрегата и дальнейшей его эксплуатации (аварийные агрегаты);
- списание производится по выработке назначенного ресурса агрегата;
- списание производится при достижении предельно допустимого количества ремонтов агрегата.

Первоначально для ремонтируемых агрегатов определяется количество их замен (съемов с борта ВС) как плановых по выработке ресурса, так и **внеплановых** из-за отказов.

Количество внеплановых замен ремонтируемых агрегатов определяется по формуле, аналогичной (8.7)

$$K_{звi}=(1/T_{ci})*p_i*b_i*100, \quad (8.8)$$

где $K_{звi}$ - количество внеплановых замен на 100 ч налета.

Количество плановых замен по выработке ресурса определяется по формулам, аналогичным формулам (8.5), (8.6), с заменой в них величины назначенного ресурса величиной межремонтного ресурса.

$$K_{зпi}=(F_{pi}/T_{pi})*b_i*100, \quad (8.9)$$

где $K_{зпi}$ - количество плановых замен по выработке межремонтного ресурса агрегата данного наименования;

T_{pi} - межремонтный ресурс агрегата данного наименования;

F_{pi} - значение функции распределения отказов агрегатов данного **наименования** межремонтного ресурса.

Как и в случае выражения (8.6)

$$F_{pi}=p*w_i*T_{pi}, \quad (8.10)$$

где w_i – параметр потока отказов агрегатов i -го наименования.

Суммарное количество плановых и внеплановых замен определяется сложением результатов расчета по (8.8) и (8.9).

$$K_{3i} = K_{3pi} + K_{3mi} . \quad (8.11)$$

Норма расхода агрегатов i -го наименования при техническом обслуживании ВС определяется как количество списанных агрегатов, приходящееся на 100 ч налета ВС.

По аварийным агрегатам

$$N_{lai} = \alpha_i * K_{3mi}, \quad (8.12)$$

где N_{lai} – норма расхода агрегатов, списанных в результате установления невозможности или нецелесообразности их ремонта;

α_i – относительное количество таких агрегатов в общем количестве снятых в процессе эксплуатации.

Коэффициент α_i устанавливается экспертно или по статистике аналога. При отсутствии данных допускается применение значения $\alpha = 0$.

По ремонтируемым агрегатам, списываемым в результате выработки назначенного ресурса,

$$N_{ii} = (1/T_{ni}) * b_i * 100. \quad (8.13)$$

По агрегатам, списываемым в результате достижения предельно допустимого количества ремонтов,

$$N_{lgi} = K_{3i} / (m + 1), \quad (8.14)$$

где N_{lgi} – норма расхода агрегатов i -го наименования, списанных по достижении предельно допустимого количества ремонтов;

m – допустимое количество ремонтов агрегата данного наименования.

Полученные значения количества замен K_3 и норм расхода (количества списаний) агрегата при техническом обслуживании ВС используются для определения количества ремонтов агрегата i -го наименования в расчете на 100 ч налета ВС.

$$K_{3i} = K_{3i} + N_{ii}, \quad (8.15)$$

где N_{ii} – норма расхода агрегата данного наименования на ТО ВС (в зависимости от порядка списания агрегата эта норма равна N_{lai} , N_{ii} или N_{lgi}).

С учетом (8.15) осуществляется приведение на 100 ч полета ВС норм расхода деталей и сборочных единиц, входящих в состав i -го агрегата, при его ремонте.

$$N_{pni} = K_{pi} * N_{pi}, \quad (8.16)$$

где N_{pni} – приведенная к 100 ч налета норма расхода детали (сборочной единицы) i -го наименования, расходуемой при ремонте агрегата;

N_{pi} – норма расхода детали (сборочной единицы) на ремонт агрегата, которая составляется разработчиком агрегата.

Следует отметить, что оценки расхода запасных частей, сделанные с помощью приведенной выше методики, являются довольно приближенными и применяются на начальном этапе формирования системы ТОиР ВС для общей оценки эффективности эксплуатации ВС данного типа.

Для практической оценки норм **расхода** запчастей в процессе эксплуатации ВС до списания **эксплуатанту** рекомендуется руководствоваться показателями долговечности изделий и агрегатов, приведенными в паспортах и формулярах и Руководстве по технической эксплуатации ВС, при следующих условиях.

1. Для изделий, имеющих ресурс до списания (полный назначенный ресурс) равным или более аналогичного ресурса ВС, потребность в ЗИП определяется вероятностью невосстанавливаемого отказа изделия за этот период наработки, т.е.

$$N_i = T_{\text{нвс}} * \lambda_i, \quad (8.17)$$

где $T_{\text{нвс}}$ - ресурс до списания ВС;

λ_i - **интенсивность** отказов ***i*-го** изделия;

N_i - норма расхода ЗИП в натуральном выражении.

2. Для изделий, имеющих ресурс до списания менее аналогичного ресурса ВС, потребность в ЗИП определяется как сумма замен изделий по отработке ресурса плюс сумма вероятностей появления невосстанавливаемого отказа изделия, т.е.

$$N_i = T_{\text{нвс}} / T_{\text{ни}} + T_{\text{ни}} * \lambda_i, \quad (8.18)$$

где $T_{\text{ни}}$ - ресурс до списания ***i*-го** изделия.

Для обеспечения функционирования ВС без простоев из-за отсутствия запчастей **эксплуатант** формирует оборотный фонд ремонтируемых изделий и пополняемый фонд неремонтируемых изделий на замену отказавших. Условия формирования этих фондов, их обеспечение определяются условиями поставки или в соответствии с договором.

Перечни ЗИП и нормы их расхода должны приводиться в соответствующих типовых эксплуатационных и ремонтных документах согласно ТУ или **договорам** поставки.

Вместе с ВС обычно поставляются:

- Перечни одиночного комплекта ЗИП, поставляемого с каждым ВС;
- Перечни групповых комплектов ЗИП, поставляемых эксплуатанту для группы ВС, например 1:5, или в другом соотношении по согласованию с **эксплуатантом**.

Дальнейшее обеспечение **эксплуатанта** ЗИП, материалами и оборудованием возможно следующими способами:

- а) непосредственно поставщиком ВС на основе договоров с **эксплуатантом**, определяющим условия, номенклатуру и сроки поставки, в том числе и внеплановые поставки отдельных изделий;

б) централизованно, через региональные или отраслевые органы снабжения на основе договоров с **эксплуатантами** и поставщиками ВС и изделий по следующей схеме.

Поставщики ВС и изделий поставляют изделия непосредственно на **централизованные** склады региональных или отраслевых снабженческих организаций (предприятий). Отсюда ЗИП поставляется эксплуатанту по его заявке. Форма взаимодействия участников МТО определяется договорами;

в) на основе договоров поставщика и **эксплуатанта** о сервисном обслуживании технической эксплуатации ВС. В этом случае поставщик обеспечивает поставку ЗИП непосредственно по каждой заявке эксплуатанта в согласованные сроки и условия, в том числе и восстановление исправности ВС путем замены отказавшего изделия или его ремонта, другие сервисные услуги.

Эксплуатант выбирает способ обеспечения своих потребностей в ЗИП для эффективной эксплуатации ВС с оформлением соответствующих договоров с поставщиком ВС или снабженческими организациями.

8.5. ОБЕСПЕЧЕНИЕ СНО и КПА для ТОиР

Данный раздел ИТО включает сведения об особенностях применения и условиях обеспечения исполнителей ТОиР СНО, КПА и технологическим оборудованием, необходимым для ТОиР ВС в ожидаемых условиях эксплуатации.

Оборудование, СНО и КПА рекомендуемые к применению при ТОиР транспортного типа ВС, обычно подразделяются по условиям применения и поставки на:

- перечни СНО, КПА и ЗИП, поставляемые с каждым ВС;
- перечни СНО, КПА и ЗИП, поставляемые с группой ВС (3-5) по согласованию с **эксплуатантом**;
- перечни оборудования, поставляемые поставщиком по договорам с эксплуатантом;
- перечни оборудования, рекомендуемого при ТОиР ВС, поставки которого поставщик ВС не обеспечивает.

Оборудование, СНО и КПА, рекомендуемые к применению при ТОиР транспортного типа ВС, обычно подразделяются по условиям применения на:

- перечни СНО, КПА и оборудования специального применения для базовых аэропортов эксплуатанта;
- перечни оборудования для промежуточных аэропортов;
- перечень СНО для запасных аэродромов.

Основные принципы формирования комплексов СНО, КПА и оборудования следующие:

- каждое авиапредприятие должно иметь возможность выбора оптимальных для своих условий типов и типоразмеров СНО из прилагаемых перечней или по своему усмотрению при условии, что выбранные СНО по своим параметрам не уступают рекомендуемым, прошли метрологическую проверку и допущены к использованию в ГА соответствующими документами Авиационных Властей или иного правомочного органа;

- выбор СНО и оснащение им авиапредприятия определяется состоянием производства. При наличии в эксплуатации одновременно нескольких типов ВС предприятие может использовать для ТО данного типа ВС имеющиеся типы и виды СНО при условии, что их применение не противоречит общеотраслевым нормам и правилам и условиям сертификации данного предприятия под эксплуатацию данного типа ВС;
- при применении СНО, отличных от рекомендуемых, предприятие самостоятельно разрабатывает технологию их одновременного применения и задействования у ВС с учетом габаритов ВС и СНО, расположения разъемов и регламентируемых правилами схем движения и расположения СНО.

Развитие и применение СНО, средств механизации и автоматизации применительно к авиаремонтному производству является функцией исполнителя работ. Рекомендуется руководствоваться нормами оснащенности АРЗ, существующими в отрасли ГА. Для **эксплуатанта** рекомендуется руководствоваться нормами оснащенности АТБ, установленными «Основными требованиями к оснащению АТБ при организации новых мест базирования» или другими документами.

Оснащенность мест стоянки ВС, в том числе ангарных, обычно приводится в «Руководстве по технической эксплуатации» (РЭ) типа ВС.

Основой формирования комплексов СНО, **КПА** и оборудования являются технологические карты на выполнение работ ТОиР из комплекта РЭ типа ВС в соответствии с составом работ, выполняемых данным авиапредприятием, и наличием лицензии на их выполнение.

Оснащенность авиапредприятия общетехническими средствами защиты, пожаротушения, сигнализации, связи и т.д. производится в соответствии с установленными нормами ГА самостоятельно каждым авиапредприятием и подтверждается в заявке на получение свидетельства эксплуатанта в соответствии с действующим в отрасли «Руководством по процедурам эксплуатационной сертификации и инспектирования **эксплуатантов**» или заменяющего его документа.

Зарубежные **эксплуатанты** при оснащении предприятий СНО, КПА и оборудования руководствуются требованиями типовой эксплуатационной документации и соответствующими правилами и нормами **страны-эксплуатанта**.

8.6. ОРГАНИЗАЦИЯ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЭ

Основным компонентом системы ТЭ является объект эксплуатации - воздушное судно, эксплуатационные характеристики которого определяют содержание «Программы технического обслуживания и ремонта» и принципы построения системы ТЭ. В современных типах транспортных ВС реализованы следующие основные принципы конструирования:

- принцип повышенной живучести, который достигнут рациональным сочетанием известных методов конструирования - «безопасной повреждаемости» и «безопасного ресурса», а также применением многократного резервирования

функциональных систем и реализацией программ повышенной сохраняемости узлов и конструкций (коррозионной устойчивости и др.);

- принцип оптимальности эксплуатационных свойств, который достигнут рациональным сочетанием безотказности, долговечности, эксплуатационной технологичности и живучести, с целью получения максимальной эксплуатационной эффективности типа ВС при удовлетворении ограничений по безопасности полетов, регламентированных нормами летной годности;
- принцип автоматизированного информационного обеспечения бортовых средств контроля состояния ВС (БАСК), реализуемый на базе избыточности бортовых измерительных, логических и управляющих устройств, функционирование которых основывается на использовании **БЦВМ**.

Реализация принципа «повышенной живучести» **ВС применительно** к его функциональным системам обусловила необходимость их существенного усложнения за счет использования практически всех известных методов резервирования - рациональных для каждой системы. Использование резервирования не только привело к количественному увеличению числа агрегатов, узлов и устройств, но и существенно усложнило их функциональное взаимодействие, что в свою очередь вызвало необходимость применения сложных автоматизированных систем управления данными системами, их контроля и индикации (сигнализации) отказов как самих функциональных систем, так и их наиболее значимых комплектующих изделий. Вместе с тем, обеспечение живучести за счет резервирования элементов, имеющих даже не низкий, а удовлетворительный уровень безотказности, повышает общий поток неисправностей в данных **системах**, что в свою очередь создает ряд проблем для эксплуатирующих организаций.

Во-первых, высокий поток отказов вызывает необходимость разработки комплекса управляющих воздействий на его парирование, включая разработку перечня допустимых неисправностей, с которыми вылет разрешен (**MMEL**). Этот перечень должен быть сформирован с учетом поддержания заданного уровня безопасности полетов и при этом обеспечивать нормальную коммерческую эксплуатацию ВС при наличии неисправностей, не угрожающих безопасности полетов.

Вторая проблема связана с необходимостью создания целой системы управления поставкой обменного фонда агрегатов и их рационального размещения по всей сети воздушных линий, реализующих процессы ТЭ. Эта проблема кроме того требует решения информационного обеспечения, разработки вопросов **кооперации** с промышленностью, гарантийного обслуживания и т.д.

Третья проблема связана с организацией ремонта комплектующих изделий по большой номенклатуре, с различными конструктивными и технологическими характеристикам. Вопросы организации производств и размещения заказов на **ремонтно-восстановительные работы КИ** требуют тесной взаимосвязи с разработкой сети их хранения, транспортировки и материально-технического обеспечения в общей структуре парка данного типа ВС. При решении этой сложной технико-экономической проблемы обязательно должны учитываться возможности располагаемых мощностей отрасли, возможности заводов промышленности, а также предложения иностранных фирм.

Четвертая проблема. Сочетание в одной функциональной системе нескольких физических принципов работы (например **гидромеханических**, электротехнических, электронных), применение в гидромеханических системах электронных процессоров управления определяют необходимость пересмотра концепции подготовки специалистов, принципов формирования бригад по ТО и организации технического обслуживания.

Модульность конструкции современных двигателей существенно повышает их эксплуатационную и ремонтную технологичность, что реально снижает **простои** ВС при техническом обслуживании. Вместе с тем, использование двигателей модульной конструкции требует решения целого ряда задач как в части организации **ремонтно-восстановительных** работ по модулям, так и в части организации комплексной системы диагностики, существенно отличающейся от двигателей немодульной конструкции. Опыт зарубежных авиакомпаний показал, что в ряде случаев зарубежные авиакомпании воздерживаются от заказов на двигатели модульной конструкции из-за сложности решения указанных проблем.

Применение цифрового бортового оборудования существенно расширяет возможности информационного обеспечения как **летно-технической** эксплуатации, так и наземного ТО. Вместе с тем, существенной эксплуатационной особенностью цифрового бортового оборудования является превышение объемов внепланового ТО над плановым в связи с тем, что основная масса изделий предполагается эксплуатироваться по стратегии **ТЭО**. **Так**, плановое ТО цифрового оборудования комплексов **ПН** и **РЭО** представляет в основном проверку **работоспособности** изделий на борту с помощью ВСК, смотровые работы, а также **более** глубокий контроль ТС с помощью НАСК и **Г** АРМ небольшой части демонтируемого оборудования при периодическом ТО.

По предварительной оценке основную долю трудозатрат на ТО цифрового оборудования составит неплановое ТО, т.е. работы по поиску места отказов и восстановлению неисправностей изделий комплексов. Важной особенностью ВС, как объекта ТЭ, является высокая стоимость изделий бортового оборудования и необходимого для его ТО технологического оборудования. Следовательно, содержание во всех предприятиях базового и транзитных аэропортов всей номенклатуры блоков в достаточном количестве для обеспечения непланового ТО путем их замены на борту, а также комплекта НАСК становится экономически нецелесообразным.

В целях сокращения эксплуатационных расходов целесообразно ряд демонтированных блоков ВС, комплексов цифрового оборудования и их составных частей восстанавливать в специализированных предприятиях ГА или промышленности.

Решение этой задачи приводит к выводу об экономической целесообразности создания региональных центров ТОиР на базе ведущих эксплуатационных и ремонтных предприятий, их специализации и кооперации в единой системе **для** реализации комплексного ТОиР.

Автоматизация бортового и наземного контроля в значительной степени сокращает время поиска причин отказов и неисправностей, облегчает их **локализа-**

цию и парирование. Вместе с тем, для повышения эффективности использования этих систем, реализации их возможностей в условиях регулярной эксплуатации необходимо решение ряда задач.

Во-первых, создание комплексной системы оценки технического состояния по результатам контроля.

Во-вторых, создание системы стандартных решений об объеме, методе и средствах ТО по результатам контроля и диагностирования.

В **третьих**, решение вопроса о едином информационном обеспечении как процесса контроля и диагностирования, так и правил принятия решения о ТО по результатам контроля. Такое обеспечение может быть реализовано в рамках **АИУС** (см. раздел 6.4).

В **четвертых**, проведение организационных мероприятий, направленных на рациональное включение служб, реализующих процессы контроля и диагностирования, в общую организационную структуру системы **ТЭ** парка данного **типа** ВС.

Отличительной особенностью современных типов ВС является эксплуатация без капитального **ремонта**, которая значительно сокращает непроизводительные простои самолета и вместе с тем ставит перед эксплуатационными организациями ряд нетрадиционных для них проблем:

- разработки методологии определения объемов по восстановлению **работоспособности планера**, необходимых и достаточных для обеспечения **заданного НЛГ** уровней безопасности полетов после отработки гарантийного **ресурса**;
- определения технологических условий эксплуатационного восстановления конструкции при вероятном коррозионном и усталостном повреждении элементов конструкции, разработки технологического и инженерного обеспечения;
- решения конкретных организационных мероприятий по определению материально-технических ресурсов на реализацию частичного восстановления, в том числе назначения и обеспечения конкретных эксплуатационно-ремонтных подразделений, специализированных на конкретных видах работ **ТОиР**;
- решения комплекса вопросов, связанных с восстановлением лакокрасочного покрытия.

Особенности конструкции современных типов ВС, применение новых материалов, оснащение ВС современным радиоэлектронным оборудованием **обусловили** высокую стоимость ВС. В связи с этим экономическая целесообразность его эксплуатации возможна лишь при полной реализации его эксплуатационных свойств и обеспечении максимально возможного среднегодового налета на среднесписочный **ВС**.

Располагаемый годовой налет зависит от структуры и продолжительности простоев на техническом обслуживании и на устранении неисправностей, а **потребный** - от структуры рейсов. Максимально возможный годовой налет реализуется при равенстве потребного и располагаемого налетов.

Установлено, что максимальный налет может быть достигнут при полном соответствии заявленных эксплуатационных характеристик реальным. **Реализа-**

ция указанного налета возможна при условии, что предусматривается использование исправных ВС с минимальными технологическими промежутками между рейсами.

Реализация концепции системы технической эксплуатации современных типов ВС, обеспечение интенсивной и экономичной эксплуатации базируются на следующих принципах:

1. Принцип динамического управления системой технической эксплуатации парка ВС.
2. Принцип концентрации средств и ресурсов производства, который заключается в том, что структура производственных предприятий СТЭ парка ВС формируется на базе крупных, экономически самостоятельных специализированных производств — центров ТОиР, организованных на основе интеграции эксплуатационных предприятий ГА и ремонтных производств в кооперации с предприятиями промышленности.
3. Принцип единства информационного обеспечения, который заключается в том, что построение всей системы информационного обеспечения парка ВС осуществляется на едином подходе организации оптимальных сетей информационного обеспечения каждого уровня управления деятельностью авиапредприятия, объединенных в комплексную автоматизированную информационно-управляющую систему.
4. Принцип формирования заинтересованности всех предприятий и организаций, объединенных СТЭ парка ВС, в повышении эффективности всех аспектов ее деятельности. Этот принцип должен быть реализован на основе единого экономического механизма деятельности СТЭ парка ВС.
5. Принцип адаптивности технологического обоснования процессов технической эксплуатации парка ВС. Его реализация базируется на современных концепциях формирования программ ТОиР и адаптивных механизмах управления процессами реализации ТОиР. Данный принцип обуславливает всемерное внедрение прогрессивных методов эксплуатации и стратегий ТОиР, технологических процессов и методов управления их реализацией.

Обобщенная структура системы технической эксплуатации парка ВС может выглядеть следующим образом.

Основными компонентами системы технической эксплуатации парка ВС являются:

- государственные органы управления;
 - эксплуатационные предприятия;
 - предприятия-поставщики авиационной техники;
 - предприятия, проводящие ремонт;
 - учебные заведения;
 - хозрасчетные посреднические организации и предприятия, оказывающие отдельные виды услуг эксплуатационным и ремонтным предприятиям.
1. Государственные органы управления обеспечивают
- формирование и проведение государственной политики в области технической эксплуатации;

- сертификацию и **государственную** регистрацию парка ВС и другой авиационной техники, центров технического обслуживания и **ремонта**, ремонтных предприятий, технологических процессов, специалистов, учебных заведений, нормативно-технической документации;
 - государственный надзор за техническим обеспечением безопасности полетов.
2. Эксплуатационные предприятия обеспечивают техническую эксплуатацию ВС в соответствии с требованиями ЭТД.

Основными **производственно-структурными** звеньями в системе технической эксплуатации современных типов ВС являются организации по ТО и центры технического обслуживания и ремонта, предназначенные для непосредственного **выполнения** всего комплекса работ, реализуемых в системе технической эксплуатации.

Центры технического обслуживания и ремонта могут быть как самостоятельными хозрасчетными предприятиями, обеспечивающими проведения всего комплекса работ по техническому обслуживанию и ремонту на основании хозяйственных договоров с предприятиями-владельцами ВС, так и хозрасчетными структурными подразделениями авиакомпании на базе организаций по ТО, предоставляющие коммерческой службе авиакомпании исправные ВС в соответствии с согласованным графиком и гарантирующие исправность ВС в течение заданного налета между **обслуживаниями**.

В отношениях собственности ВС ЦТОиР могут быть как владельцами ВС, так и производить техническое обслуживание ВС, принадлежащих другим владельцам.

Основным документом, подтверждающим право ЦТОиР на производство работ по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники, является лицензия, выдаваемая государственным органом управления после сертификации основных технологических процессов, и государственная регистрация.

С целью координации деятельности, разделения труда и концентрации средств центры технического обслуживания и ремонта могут на договорных основах организовать консорциумы, ассоциации и концерны, действующие в соответствии с уставом, выработанным учредителями.

3. Предприятия - поставщики авиационной техники в соответствии с условиями договора на поставку авиационной техники:

- обеспечивают поставку авиационной техники, комплектующих изделий, средств технического обслуживания, бумажной и **машинно-ориентированной** нормативно-технической документации;
- обеспечивают доработку авиационной техники в случае обнаружения в процессе эксплуатации отклонений фактических эксплуатационных характеристик от заявленных в договоре на поставку;
- предлагают эксплуатационным предприятиям доработку авиационной техники для реализации достижений науки и техники с целью улучшения эксплуатационных характеристик ВС по сравнению с заявленными в договоре на поставку;

разрабатывают и поставляют эксплуатационным предприятиям технологические процессы по поддержанию технического состояния ВС в пределах, установленных нормами летной годности ВС;

- обеспечивают подтверждение эксплуатационных характеристик ВС, заявленных в договоре на поставку **ВС**;
 - совместно с эксплуатационными предприятиями ГА ведут базу данных об отказах и **неисправностях**, особых ситуациях в полете и обеспечивает обмен информацией;
 - совершенствуют эксплуатационно-техническую документацию и передают **машинно-ориентированную** документацию на магнитных носителях в эксплуатационное предприятие ГА;
 - обеспечивают восстановление и ремонт авиационной **техники**, снятой с эксплуатации по отказам или при необеспечении **ресурса**, предусмотренного договором на поставку АТ, а также выполняют ТООР АТ по разным договорам.
4. Ремонтные предприятия производят ремонт комплектующих изделий или ВС в целом на основании лицензии, выданной государственными органами управления и регистрации после сертификации основных производственных процессов.

Сроки и объем ремонта, а также гарантийные обязательства сторон определяются договорами между предприятиями-владельцами ВС (или ЦТООР) и предприятиями, производящими ремонт.

Ремонтные предприятия могут на договорных основах организовать **консорциумы**, ассоциации, концерны.

В систему технической эксплуатации могут входить специальные учебные заведения, имеющие право выдавать сертификаты на право занятия соответствующих должностей или выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту ВС и изделий АТ.

Право на выдачу сертификата специалистам подтверждается **лицензией**, выдаваемой государственными органами управления ГА и регистрации.

Специальные учебные заведения, выдающие сертификаты, могут быть как самостоятельными учреждениями (государственными, акционерными и т.д.), так и структурными подразделениями авиакомпаний.

В системе технической эксплуатации могут функционировать посреднические организации, оказывающие отдельные виды услуг эксплуатационным и ремонтным предприятиям в области:

- материально-технического снабжения;
- покраски и мойки ВС;
- восстановления комплектующих изделий;
- метрологического обеспечения и т.д.

Такие предприятия действуют на основании договоров, лицензий и **государственной** регистрации.

Инженерно-техническое обеспечение в системе технической эксплуатации может осуществляться по следующим вариантам.

1. Инженерно-техническое обеспечение **эксплуатантов** комплектующими изделиями, ЗИПами, средствами контроля и технического обслуживания регламентируется договором на поставку ВС. В этом случае предприятие-поставщик гарантирует обеспечение эксплуатации парка ВС на протяжении назначенного ресурса и организует поставку необходимых комплектующих изделий, ЗИПов и т.д. в сроки и в порядке, оговоренные договором.
2. Инженерно-техническое обеспечение ЦТОиР осуществляется на основании прямых договоров между предприятиями-поставщиками и ЦТОиР, который, в свою очередь, обеспечивается по договорам с поставщиками ВС и комплектующих изделий.
3. Инженерно-техническое обеспечение ЦТОиР осуществляется на основании прямых договоров с посредническими организациями.

Все предприятия в системе ТЭ типа ВС функционируют в условиях полной или частичной хозяйственной самостоятельности в рамках действующего **законодательства**. Отношения между ними регулируются договорами.

Государственные органы управления осуществляют сертификацию и государственную регистрацию авиационной техники, предприятий, технологических процессов нормативно-технической документации и не вмешиваются в оперативную и хозяйственную деятельность **предприятий-эксплуатантов ВС**.

Взаимные гарантийные обязательства сторон регламентируются договорами между ними. Договора между предприятиями в системе технической эксплуатации являются единственным документом, регулирующим техническое и **экономическое** взаимодействие компонентов системы.

Организационные формы выполнения ТОиР ВС, процедуры сертификации и надзор за деятельностью **эксплуатанта** определяются в соответствии с действующими нормативами отрасли ГА РФ.

Для зарубежных эксплуатантов рекомендуется применение документов типа FAR-91 и **FAR-145**, а также документа ИКАО «Руководство по процедурам эксплуатационной сертификации и контролю» (Дос. **8335-АН/879**).

Процедура сертификации ТОиР и надзор за деятельностью эксплуатанта удостоверяется выдачей свидетельства **эксплуатанту** ВС, подтверждающего тот факт, что эксплуатанту разрешено выполнять определенные виды ТОиР на данном типе ВС в соответствии с применяемыми нормами и правилами.

Поставщик ВС, как правило, предлагает эксплуатанту ВС на выбор в зависимости от условий эксплуатации ВС, возможностей эксплуатанта и его потребностей следующие организационные формы ТОиР:

- а) выполнение всех видов ТОиР силами и средствами самого эксплуатанта;
- б) выполнение отдельных видов ТОиР и работ по кооперации с другими предприятиями;
- в) организация сервисного обслуживания эксплуатанта поставщиком.

При выполнении всех видов ТОиР силами и средствами самого эксплуатанта он обязан получить удостоверение на право выполнения всех работ в установленном порядке. **Эксплуатант** должен доказать наличие квалифицированного персонала по **ТОиР**, соответствующего оборудования и др. технических средств,

необходимых для обеспечения ТОиР, в том числе полного комплекта документации на все виды работ ТОиР.

Эксплуатант обеспечивает выполнение **бюллетеней** (директив летной годности) в зависимости от условий договора с поставщиком. Эксплуатант при этом несет полную ответственность за летную годность ВС в соответствии с действующими нормами, правилами и положениями **страны-эксплуатанта**.

Эксплуатант вправе передать часть функций другим авиапредприятиям (в том числе все функции), имеющим большие возможности, в частности, специализированным предприятиям и заводам, центрам ТОиР и т.д. Передача прав производится на договорных отношениях при условии выполнения следующих требований:

эксплуатант сохраняет основную ответственность за летную годность ВС независимо от условий соглашения;

эксплуатант осуществляет информационное обеспечение органов контроля за безопасностью полетов и поставщика сведениями о надежности;

предприятия, осуществляющие ТОиР по договору, должны быть сертифицированы под соответствующие работы в установленном порядке;

подрядчик должен иметь соответствующие средства и оборудование, документацию и исполнителей для выполнения соответствующих работ:

- оборудование **эксплуатанта** не может считаться частью парка подрядчика без соответствующих программ надежности;
- опыт подрядчика может использоваться для корректировки документации ТОиР, в том числе программы ТОиР;
- должны быть определены правила и процедуры контроля договорных отношений ТОиР.

Договоры на подряд по ТОиР могут быть следующих категорий:

- А - когда подрядчик осуществляет все работы по ТО в соответствии со своими правилами, методами и программами ТО, включая контроль надежности, и все оборудование эксплуатанта считается при этом частью парка подрядчика.

Внесение изменений в программы ТО не требует утверждения, но обоснование представляется разработчику ВС;

- В - договоры на проведение периодического ТО и ремонта с обоснованием изменений программ ТОиР со стороны эксплуатанта и проведением контроля надежности самим **эксплуатантом**;
- С - договоры на заводское ТО (капремонт оборудования) с использованием ТУ и процедур подрядчика;
- D - договор на ремонт планера с обоснованием сроков проверок эксплуатантом и согласованием их подрядчиком с проверками типа периодического ТО и ремонта;
- Е - договоры типа А с передачей функций подрядчика другому лицу в объеме договора типа D с обеспечением контроля госорганов за взаимосвязью между эксплуатантом, подрядчиком и субподрядчиком в части сроков и объемов работ по ТО и обеспечения надежности.

Все конкретные положения ТО, не заданные в Правилах сертификации, указываются в специальном разрешении на ТОиР каждого **эксплуатанта** или исполнителя работ ТОиР на ВС.

Рассмотрим организацию сервисного обслуживания как наиболее перспективную форму взаимоотношений эксплуатанта с изготовителем ВС.

Важнейший принцип сервисного обслуживания заключается в том, что ответственность за его организацию в течение всего периода эксплуатации изделия несет фирма-разработчик (за рубежом она же и разработчик, и поставщик - далее - поставщик). На специалистов фирмы, занятых в системе сервисного обслуживания, возлагаются следующие задачи:

- обеспечение покупателя (частных лиц, авиакомпаний, организаций и предприятий) технической **информацией**, консультациями по всем вопросам эксплуатации изделия и комплексов его оборудования; участие в подготовке технического и летного персонала покупателя, занятого эксплуатацией;
- организация ТОиР изделия, удовлетворение претензий и рекламаций покупателя по всем выявленным в процессе эксплуатации недостаткам;
- подготовка необходимой эксплуатационно-технической документации, иллюстрирующей и поясняющей стратегии и методы ТОиР, принятую структуру обслуживания;
- организация материально-технического снабжения покупателя необходимым составом оборудования и запчастей;
- проведение доработок изделия и его функциональных систем, их модернизация в процессе эксплуатации с целью повышения эффективности применения;
- осуществление координирующих и посреднических услуг между подразделениями сбыта продукции, ее производства, научно-технических исследований по проблемам технического обслуживания и ремонта.

При этом покупатель может быть и **эксплуатантом** ВС или передать эти функции другой организации (лицу).

По времени сервисное обслуживание разделяется на два периода: предпродажный и послепродажный.

На предпродажном этапе работы по техническому обслуживанию изделия и его функциональных систем начинаются задолго до того, как изделие поступит на рынок или к покупателю. В процессе проводимых фирмой маркетинговых исследований осуществляется изучение спроса на продаваемую продукцию, участие специалистов фирмы в научно-исследовательских и **проектно-конструкторских** работах, подготовка продукции к продаже (придание изделию после его транспортировки товарного вида, его регулировка, проверка и испытание, проведение демонстрационных полетов).

Послепродажный сервис включает в себя комплекс проблем, начиная от обеспечения процессов ТОиР и снабжения запасными частями и кончая модернизацией изделия.

Послепродажное техническое обслуживание изделия разделяется на гарантийное и послегарантийное.

В период гарантийного обслуживания вся предусмотренная условиями контракта на поставку изделия техническая помощь осуществляется фирмой-поставщиком ВС за ее счет при условии соблюдения **эксплуатантом** правил эксплуатации, определенных эксплуатационно-технической документацией ВС.

Послегарантийное обслуживание осуществляется фирмой-поставщиком за счет **эксплуатантов** на основе заключаемых контрактов. При этом работы могут проводиться как на базах эксплуатирующих организаций, так и на производственных площадях фирмы поставщика с использованием специалистов фирмы.

Гарантийный период является наиболее ответственным этапом, ибо именно в этот период закладываются основы правильной эксплуатации изделия инженерно-техническим и летным персоналом, специалистами баз и центров обслуживания; создаются предпосылки их эффективной эксплуатации в течение жизненного цикла изделия.

В гарантийный период фирма-поставщик стремится осуществлять сервисное обслуживание в максимальном объеме, предоставляя все виды услуг, контролируя при этом правильность эксплуатации изделий и соблюдение авиакомпаниями и владельцами изделий норм и требований эксплуатационно-технических документов. От эксплуатантов в этот период требуется точное и безусловное соблюдение инструкций фирмы-разработчика (поставщика) по эксплуатации изделий в гарантийный период, ибо в случае отступления от этих правил владельцы изделий теряют право на бесплатное сервисное обслуживание фирмой-поставщиком.

В послегарантийный период фирма-поставщик за счет эксплуатантов может проводить оперативное и периодическое техническое обслуживание, осуществляет восстановление изделия и его функциональных систем (проводит работы в объеме текущего и среднего ремонта), оказывает помощь в снабжении эксплуатирующих предприятий и владельцев изделий запасными частями и материалами, дает технические консультации по вопросам технического обслуживания и **ремонта**, осуществляет **доработки**, проводит обучение **инженерно-технического состава** и специалистов для выполнения всех видов ремонтных работ.

Хорошо организованный авторский контроль фирмы за организацией **сервисного** обслуживания проданной техники помогает поддерживать высокую репутацию среди покупателей и сохранять конкурентоспособность на мировом рынке.

Фирма-поставщик (через разработчика) ВС (или изделия) определяет объем и периодичность работ по техническому обслуживанию и ремонту: оптимизирует их путем систематического изучения материалов по вопросам обслуживания, анализирует экономические характеристики всех видов оказываемых услуг, руководствуясь при этом не только желанием расширить объем продажи изделий, но и получить максимальную прибыль за услуги, оказываемые **эксплуатантам**.

Организация и сервисное обслуживание осуществляются непосредственно фирмой-поставщиком или через имеющиеся у нее филиалы в странах, где находятся покупатели и владельцы ВС. Все виды работ и услуг, осуществляемые в рамках сервисного обслуживания, производятся на контрактной основе. **Возмо-**

жен вариант сервисного обслуживания фирмой-поставщиком через субпоставщиков, и также на контрактной основе. Следует отметить, что одним из наиболее важных моментов, определяющих экономичность эксплуатации ВС и рассматриваемых уже на стадии его разработки, является оценка уровня прямых эксплуатационных расходов (ПЭР), включающих затраты, связанные с использованием ВС для выполнения производственных задач (расход на техническое обслуживание, стоимость **горюче-смазочных** материалов, зарплата экипажа и т.д.). Анализ и оценка указанных расходов на стадии создания ВС позволяют разработать и реализовать мероприятия, обеспечивающие высокий уровень эксплуатационного совершенства создаваемого изделия и его эффективную эксплуатацию с минимальными расходами на ТОиР. За жизненный цикл ВС расходы на его техническое обслуживание и ремонт могут в два раза и более превышать его покупную стоимость, поэтому одной из основных задач, обеспечивающих рентабельность эксплуатации создаваемого ВС, является обеспечение высокого уровня эксплуатационно-технических характеристик и хорошо организованная продуманная концепция сервисного обслуживания.

Ремонт комплектующих изделий организуется таким образом, чтобы они заменялись по выработке ресурса или по фактическому техническому состоянию вне зависимости от графика ремонта ВС. После восстановления комплектующих изделий они поступают на склад готовой продукции для последующей установки на другие однотипные ВС. Для **эксплуатантов**, имеющих небольшой парк ВС, или индивидуальных владельцев целесообразно ремонт комплектующих изделий производить в центрах обслуживания или на фирмах-поставщиках.

За последние годы в организации обеспечения запасными частями произошли существенные изменения в связи с требованиями нормативно-технических документов, разработанных фирмами-поставщиками и определяющими их рекомендации по номенклатуре и количеству запасных частей, которые необходимо иметь на централизованных складах для обеспечения нормальной эксплуатации ВС. Фирмы-поставщики на контрактной основе поставляют необходимую деталь или запасную часть в установленные сроки. Система централизованного складирования запасных частей вместо распределения их по многочисленным складам эксплуатирующих подразделений позволяет существенно сократить общее количество складов при одновременном повышении оперативности в решении задач обеспечения эксплуатантов необходимыми запчастями в нужный момент.

В процессе эксплуатации планер ВС, его функциональные системы, блоки и комплексы оборудования непрерывно совершенствуются и модернизируются путем проведения различного рода доработок, которые выполняются на этапах **технического** обслуживания и ремонта.

Для субпоставщиков готовых (комплектующих) изделий действует схема выполнения доработок, принятая фирмой-поставщиком. Комплекты запасных **частей**, потребных для доработок, определяет и изготавливает поставщик комплектующих изделий, он же обеспечивает их своевременную поставку.

Фирмы-разработчики (**изготовители**, поставщики) оказывают **эксплуатантам** всестороннюю помощь в подготовке различных категорий специалистов. Харак-

тер и объем оказываемой помощи зависит от уровня оснащенности учебных баз, уровня подготовленности кадров, наличия учебного центра, а также принятой в эксплуатирующих подразделениях системой технического обслуживания. Работа фирмы с потенциальными покупателями (будущим владельцами *ЕС*), как правило, начинается за 1–2 года до поставки ВС.

Фирма-поставщик, привлекая субподрядчиков (изготовителей двигателей, комплектующих изделий, агрегатов), представляет покупателям техническую, эксплуатационную и ремонтную документацию: микрофильмы чертежей систем изделия; рекомендуемые перечни запасных частей; перечни диагностической аппаратуры и инструмента с указанием сроков поставки. Специалисты фирмы дают необходимые консультации по вопросам подготовки учебного центра к приему на обучение специалистов по эксплуатации и обслуживанию. На втором этапе оказания помощи осуществляется переучивание на приобретаемый тип ВС небольшой группы специалистов летного и инженерно-технического персонала.

Обучение первых групп специалистов может проводиться преподавателями и инструкторами фирмы-разработчика как на собственной учебной базе, так и в организуемых региональных центрах на базе существующих авиационно-**технических** баз или центров подготовки. Организации, не имеющие учебных центров в близкорасположенных зонах, направляют своих специалистов для прохождения теоретического обучения и летной практики на фирму-разработчика или используют учебные центры других ведомств на контрактных началах. Следующим этапом обучения является направление фирмой по запросам эксплуатантов инструкторских экипажей и квалифицированных инженеров для завершения подготовки специалистов по эксплуатации и обслуживанию ВС в конкретных условиях.

Подготовка специалистов различной квалификации для выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту нового типа ВС состоит из теоретической подготовки и практического освоения различных операций по техническому обслуживанию, выполняемых под руководством опытных инструкторов. Продолжительность теоретического курса и практического обучения зависит от уровня подготовки слушателей и сложности осваиваемой авиационной техники.

Стратегия и структура сервисного обслуживания

Одной из важнейших **проблем**, стоящих перед **эксплуатантом**, является снижение затрат на ТОиР ВС при сохранении требуемого уровня безопасности полетов. Решение этой проблемы предлагается в рамках сервисного обслуживания ВС. В эксплуатирующих предприятиях обычно предлагается выполнять подготовку к полетам, годовые регламентные работы, работы по хранению, специальное ТО. На авиаремонтных предприятиях и центрах обслуживания предлагается выполнять сложные виды ТОиР: трудоемкие регламентные работы и **доработки**, восстановительные работы (**КВР**) и, при необходимости, специальное ТО.

Основные вопросы и проблемы, возникающие при ТОиР, - это своевременное материально-техническое обеспечение и информационное взаимодействие эксплуатантов ВС, поставщиков и разработчиков комплектующих изделий, поставщика и разработчика ВС в целом, авиаремонтных предприятий.

Новое в предлагаемой организации сервисного обслуживания - объединение в единый комплекс различных самостоятельных хозяйственных предприятий для выполнения конечной задачи - обеспечение полетов ВС и получение доли прибыли каждым участником в зависимости от выполнения поставленной задачи.

В единый комплекс сервисного обслуживания входят различные предприятия, осуществляющие разработку, изготовление, продажу ВС и комплектующих его изделий, выполняющие техническое обслуживание и ремонт техники, производящие средства наземного обслуживания, организующие склады запасных частей и материалов.

Предлагаемые масштабы изготовления ВС могут потребовать создания **фирменных** центров технического обслуживания разработчика и изготовителя ВС. Главным предприятием фирменных центров сервисного обслуживания может быть поставщик **ВС**.

Возможно использование различных методов осуществления **сервиса**, в том числе с привлечением:

- служб сервиса разработчика и изготовителя ВС;
- служб сервиса консорциума поставщиков, разработчиков и изготовителей отдельных систем и комплектующих изделий;
- специализированных сервисных фирм (авиаремонтные предприятия, эксплуатационные предприятия);
- агентов (дилеров), продающих комплектующие изделия и запасные части;
- сотрудников эксплуатирующих предприятий под руководством и при активной помощи специалистов продавца (разработчика и изготовителя изделия).

Однако во всех случаях поставщик ВС (разработчик и изготовитель) несет полную ответственность за результаты сервисного обслуживания и оказывает должную помощь своим агентам, которым переданы сервисные функции полностью или частично.

Предполагается, что структура сервисного обслуживания может включать в себя центральную службу и периферийный аппарат, максимально приближенный к местам эксплуатации (рис. 8.2).

Центральная служба сервисного обслуживания может состоять из специалистов разработчика и изготовителя изделия и выполняет функции:

- сбор технической информации, необходимой для разработки мероприятий по совершенствованию ВС и системы ТОиР;
- расчет запасных частей, заказ их у поставщиков комплектующих изделий;
- разработка и корректировка эксплуатационно-технической документации;
- обучение специалистов и разработка учебных материалов;
- связь с периферийными сервисными комплексами, разработчиками и изготовителями комплектующих изделий, поставщиками средств наземного обслуживания;
- организация и выполнения гарантированного технического обслуживания;
- выполнение доработок;
- анализ технического состояния изделий и планирование выполнения восстановительных работ (**КВР**) и трудоемких регламентных работ на авиаремонтном предприятии.

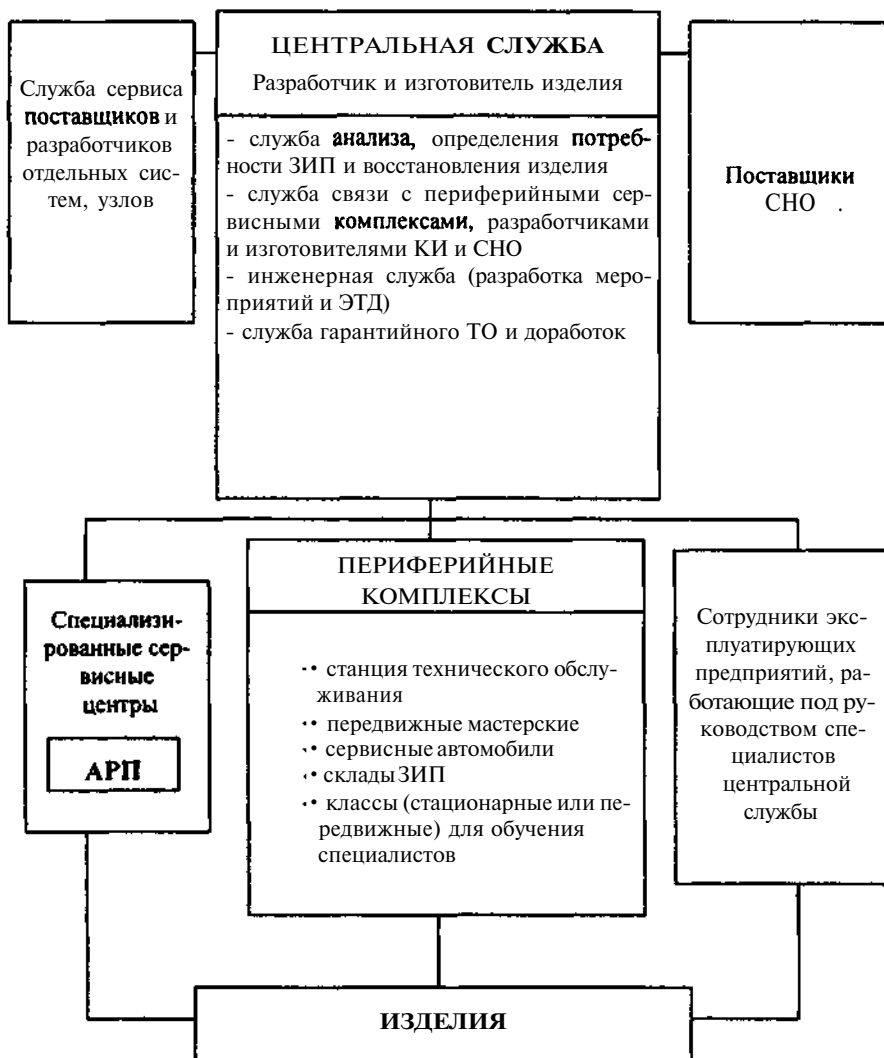


Рис. 8.2. Типовая структура сервисного обслуживания

Все эти функции выполняются следующими службами, организованными на базе отделов эксплуатации разработчика и изготовителя ВС:

- служба анализа и расчета ЗИП;
- служба связи с периферийными сервисными комплексами, разработчиками и изготовителями комплектующих изделий и средств наземного обслуживания;

- инженерная служба (разработка мероприятий по повышению надежности, совершенствованию системы технического обслуживания и ремонта, а также разработка эксплуатационно-технической документации);
- служба технического **обучения**;
- служба гарантийного технического обслуживания и доработок.

В периферийный сервисный комплекс, работа которого направлена на определенного **эксплуатанта** или группу близко расположенных **эксплуатантов**, входят центры технического обслуживания, передвижные мастерские, сервисные автомобили, склады ЗИП и классы (стационарные или передвижные) для обучения специалистов эксплуатирующих предприятий.

В качестве периферийного сервисного комплекса может использоваться и организационная структура эксплуатационного предприятия при заключении с ним договорных взаимовыгодных отношений. Авиаремонтное предприятие также рассматривается как периферийный сервисный комплекс (специализированная сервисная фирма).

Как один из вариантов может рассматриваться обучение специалистов на базе разработчика и изготовителя ВС с изъятием этой функции из функций периферийного сервисного центра.

Периферийные сервисные комплексы выполняют следующие функции:

- первичный сбор технической информации, необходимой для разработки мероприятий по совершенствованию ВС и системы ТОиР;
- анализ наличия ЗИП на складе и оформление заявки в центральную службу сервисного обслуживания;
- размещение специалистов предприятий для выполнения гарантийного технического обслуживания и доработок;
- восстановление техники;
- консультации по вопросам эксплуатации;
- заключение договоров с владельцами ВС.

Одна из основных задач Центральной службы сервисного обслуживания – обеспечение своевременного снабжения ЗИП с минимальным временем нахождения их на складе.

Основа этой работы — планирование и прогнозирование.

План выпуска ЗИП разрабатывают на основе норм расхода ЗИП, выявленных по данным предыдущих лет, а также корректив, учитывающих количество, структуру и возраст парка ВС, находящихся в эксплуатации и планируемых к выпуску на ближайший год. Если потребность в какой-либо детали сильно возрастает по сравнению с запланированным количеством, это говорит либо об ошибке в расчете, либо о какой-то конструктивной недоработке, и данные об этом немедленно сообщаются производителям для принятия мер.

Основной метод планирования работы периферийного центра по ЗИП должен быть краткосрочным (до 3 мес.) или в зависимости от объема производственного использования парка ВС.

Кроме того только количество, указанное для первого месяца, является твердым заказом, а для последующих – **прикидочным**, уточняемым за две-три недели до наступления данного месяца.

Обычно объем заказа изменяют на 1-5% в сторону увеличения расчетного **количества**, чтобы избежать риска отсутствия нужной детали на складе.

Ориентировочное планирование может вестись на один год с разбивкой по кварталам.

Перспективное планирование (прогнозирование) может быть на два года и более в зависимости от перспектив выпуска и продажи ВС.

Работа склада ЗИП периферийного центра должна быть организована так, чтобы обеспечить не менее чем трехкратный оборот находящихся на нем деталей в течение года (по отношению к среднему числу хранящихся деталей). Добиваются этого, разделяя всю номенклатуру на три группы (исходя из зарубежной практики работы):

1-я **группа** – 10% наименований, составляющих 70% потребления;

2-я **группа** – 30% наименований, составляющих 20% потребления;

3-я **группа** – 60% наименований, составляющих 10% потребления.

На складах в эксплуатирующих предприятиях обычно хранятся детали только группы 1 и 2. Запчасти группы 3 находятся у изготовителя, и доставляют их обычно заказчику на третий день после запроса. Такая система, несмотря на сравнительно дорогую практику срочных (самолетом или автомобилем) поставок, оказывается в итоге дешевле, чем омертвление на складах номенклатуры деталей, требующихся очень редко.

Можно считать вполне удовлетворительным, если спрос покупателей на ЗИП обеспечивается в установленные сроки на **91–96%**.

Для обеспечения планирования и контроля запасов деталей их подразделяются также и по стоимости.

Необходимо по каждому виду ЗИП рассчитывать их оптимальное количество с учетом стоимости ЗИП, стоимости их хранения на складах и годовой потребности.

Решая вопрос сервисного обслуживания нельзя обойти вниманием и вопрос информационного взаимодействия эксплуатирующих **предприятий**, разработчиков, изготовителей, АРЗ и периферийных сервисных комплексов. Целесообразно использовать для этого имеющиеся в наличии телекоммуникационные средства связи. На первых этапах возможно использовать обычную телефонную связь периферийных комплексов с Центральной службой, где будет производиться сбор, обработка и анализ полученной информации.

Таким образом, рассмотренные общие принципы ИТО обеспечивают **формирование** системы ТЭ ВС как совокупности составляющих ее частей и функционирование этой системы ТЭ с требуемыми или заданными показателями **эффективности**, основными из которых являются ЭТХ ВС.

Комплексное решение задачи формирования эффективных показателей эксплуатационно-технических характеристик ВС в процессе проектирования, испытаний и эксплуатации нового типа ВС обеспечивается последовательным применением всех положений, методов и процедур, изложенных в данной работе.

ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 18322. «Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения». - М.: **Стандартиздат**, 1978.
2. ГОСТ 28056. «Построение, изложение, оформление и содержание программы технического обслуживания и ремонта». - М.: **Стандартиздат**, 1989.
3. *Далецкий С.В.* Проектирование системы технического обслуживания и ремонта воздушных судов гражданской авиации. - М.: Изд-во МАИ, 2001.
4. *Далецкий С.В., Деркач О.Я., Петров А.Н.* Эффективность технической эксплуатации самолетов гражданской авиации. - М.: Воздушный транспорт, 2002.
5. *Смирнов Н.Н.* и др. Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания самолетов. - М.: Транспорт, 1974.
6. *Смирнов Н.Н., Ицкович А.А.* Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. - М.: Транспорт, 1987.
7. Инструкция 54-003-025-89. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Термины и определения. - М.: ЦНТИ ГА, 1990.
8. ОСТ 5430054-88. «Система ТОиР АТ. Регламент технического обслуживания самолета (вертолета)». - М.: ЦНТИ ГА, 1988.
9. *Селиванов А. И.* Основы теории старения машин. - М.: Машиностроение, 1971.
10. *Далецкий С.В.* Проблемы формирования системы технического обслуживания и ремонта воздушных судов гражданской авиации. - М.: Изд-во МАИ, 2001.
11. *Капур К., Ламберсон Л.* Надежность и проектирование систем. - М.: Мир, 1980.
12. *Корн Г., Корн Т.* Справочник по математике для научных работников и инженеров. - М.: Наука, 1968.
13. *Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.* Курс теории вероятности и математической статистики. - М.: Наука, 1969.
14. Общие технические требования по эксплуатационной технологичности перспективных самолетов гражданской авиации. - М.: ЦНТИ ГА, 1980.
15. Общие технические требования к эксплуатационно-техническим характеристикам самолетов и вертолетов гражданской авиации (ОТТЭТХ ГА-90). - М.: РИО МГА, 1990.
16. *Далецкий С.В.* Руководство эксплуатанта по техническому обслуживанию и ремонту воздушных судов (методические указания). - М.: Изд-во ГосНИИ ГА, 2000.
17. *Далецкий С.В.* Оптимизация режимов ТОиР самолетов летных воздушных линий. - М.: Изд-во ГосНИИ ГА, 2000.
18. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. - М.: Изд-во МАИ, 1994.

19. Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России (НТЭРАТ ГА - 93). - ТОО Триада Л.Т.Р., 1993.
20. *Розенфельд Н.Л.* Атмосферная коррозия металлов. - М.: АН СССР, 1960.
21. *Форрест П.* Усталость металлов. - М.: Машиностроение, 1968.
22. *Хейвуд Р.Б.* Проектирование с учетом усталости. - М.: Машиностроение, 1969.
23. *Беляев Ю.К.* Вероятностные методы выборочного контроля. - М.: Наука, 1975.
24. *Мелник М.* Основы прикладной статистики. - М.: Энергоатомиздат, 1983.
25. *Хикс Ч.* Основные методы планирования эксперимента. - М.: Мир, 1967.
26. *Смирнов Н.В., Дунин-Барковский И.В.* Курс теории вероятности и математической статистики. - М.: Наука, 1969.
27. *Закс Л.М.* Статистическое оценивание. - М.: Статистика, 1976.
28. MSG-3. Revision 2. Maintenance program development document. - АТА, 1993.
29. *Вознесенский В.А.* Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях. - М.: Статистика, 1975.
30. Рекомендации по способам расчета повреждения и оценки ресурсов конструкции самолета. - М.: ЦАГИ. № 019520, п. 1, 1971.
31. *Гудков А.Н., Лешаков П.С.* Внешние нагрузки и прочность летательных аппаратов. - М.: Машиностроение, 1968.
32. *Макаревский А.И.* и др. Прочность самолета. - М.: Машиностроение, 1975.
33. *Кирич В.В.* Точность определения средних параметров типового полета самолетов ГА. - М.: Труды ГосНИИ ГА, вып. 118.
34. *Тейлор Д.* Нагрузки, действующие на самолет. - М.: Машиностроение, 1971.
35. *Коваленко И.Н.* Предельные теоремы теории надежности. Кибернетика №6. - Киев: АН СССР, 1977.
36. *Феллер В.* Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 1. - М.: Мир, 1984.
37. *Феллер В.* Введение в теорию вероятностей и ее приложения. Т. 2. - М.: Мир, 1984.
38. *Скляревич А.Н.* Линейные системы с возможными нарушениями. - М.: Наука, 1975.
39. Надежность технических систем. / Под ред. *Ушакова И.А.* - М.: Радио и связь, 1985.
40. *Барзилович Е.Ю., Беляев Ю.К., Каштанов В.А.* и др. Вопросы математической теории надежности. / Под ред. *Гнеденко Б.В.* - М.: Радио и связь, 1983.
41. ГОСТ 21571. «Система технического обслуживания и ремонта техники. Методы определения допускаемого отношения параметра технического состояния и прогнозирования остаточного ресурса составных частей агрегатов машин». - М.: Стандарт-издат, 1976.
42. Надежность в технике. Методы определения оптимальной периодичности и объектов технического обслуживания и плановых ремонтов изделий. Методические рекомендации. - М.: ВНИИНМАШ, 1984.
43. *Барлоу Р, Прошан Ф.* Статистическая теория надежности и испытания на безотказность. - М.: Наука, 1985.
44. *Дедков В.К., Северцев П.А.* Основные вопросы эксплуатации сложных систем. - М.: Высшая школа, 1976.

45. *Форд Л., Фолкерсон Д.* Потоки в сетях. - М.: Мир, 1966.
46. *Харари Ф., Палмер Э.* Перечисление **графов**. - М.: Мир, 1977.
47. *Филиппе Д., Гарсия-Диаса.* Методы анализа сетей. - М.: Мир, 1984.
48. *Далецкий С.В.* Организация и процедуры формирования профамм ТОиР зарубежных типов самолетов. Научный вестник МГТУ ГА № 73(2), серия: Аэромеханика, прочность, поддержание летной годности ВС. - М.: 2004.
49. *Поспелов Г.С., Ириков В.А.* Программно-целевое планирование. - М.: Советское радио, 1976.
50. ГОСТ 11006. «Правила проверки согласия опытного распределения с теоретическим». - М.: Стандартиздат, 1974.
51. ГОСТ Р 50596. «Система информационно-управляющая для обеспечения технической эксплуатации воздушных судов». - М.: Стандартиздат, 1993.
52. Дос. 8337-АН/879/3. Руководство по процедурам эксплуатационной сертификации и инспекции. - ИКАО, 1983.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	3
1. ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	6
1.1. Классификация и анализ ЭТХ ВС.....	6
1.2. Основные положения системы ТЭ типа ВС.....	20
1.3. Понятия, определения и показатели эффективности в системах технической эксплуатации	28
1.4. Документация в системе технической эксплуатации ВС.....	46
2. ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	55
2.1. Классификация работ по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники.	55
2.2 Классификация изделий авиационной техники в системе технической эксплуатации.	63
2.3. Нормирование и оценка эксплуатационно-технических характеристик ВС.	73
3. ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	101
3.1. Классификация условий эксплуатации воздушных судов.	101
3.2. Статистическая оценка условий эксплуатации изделий АТ.....	117
3.3. Функциональная оценка условий эксплуатации изделий АТ.....	130
4. ФОРМИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ВИДОВ И ФОРМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУ- ЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	145
4.1. Формализация структуры видов и форм ТОиР.....	145
4.2.Формирование структуры регламента технического обслуживания ВС.....	165
4.3.Формирование типового регламента технического обслуживания ВС.....	172
5. ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТОиР ИЗДЕЛИЙ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.	191
5.1. Методы технической эксплуатации изделий авиационной техники.	191
5.2. Стратегии восстановления технического состояния изделий авиационной техники.	202
5.3. Формирование целевых работ ТОиР и периодичности их выполнения для изделий авиационной техники.	210
5.3.1. Основные положения эксплуатации планера ВС без межремонтного ресурса ...	213
5.3.2. Периодичность выполнения целевых работ на формах ТОиР изделий авиационной техники.....	216
5.4. Технологические аспекты выполнения целевых работ на формах ТОиР ВС.	228
5.4.1. Формирование рациональной последовательности выполнения целевых работ на формах ТОиР ВС.....	228
5.4.2. Размещение технологически взаимосвязанных работ по формам ТОиР ВС.	236
5.5. Методологические и организационные основы формирования режимов ТОиР ВС.	240
5.5.1. Рекомендации по формированию режимов ТОиР.....	240
5.5.2. Организация работ и исследований при формировании режимов ТОиР ВС в процессе эксплуатации.....	248

6. ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.	258
6.1. Структурная модель технической эксплуатации ВС.....	258
6.2. Информационное обеспечение методов эксплуатации и стратегий восстановления изделий.....	269
6.3. Контроль надежности комплектующих изделий ВС , эксплуатирующихся по методу ТЭО	280
6.4. Система информационного обеспечения технической эксплуатации воздушных судов ..	291
6.4.1. Общие положения системы информационного обеспечения технической эксплуатации ВС	291
6.4.2. Типовые характеристики систем информационного обеспечения технической эксплуатации ВС	318
7. ФОРМИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗАРУБЕЖНЫХ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	330
7.1. Общие принципы формирования ЭТХ зарубежных самолетов	330
7.2. Оценка ЭТХ зарубежных самолетов гражданской авиации	341
8. ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	361
8.1. Взаимные обязательства сторон.....	363
8.2. Обеспечение документацией для ТОиР	370
8.3. Подготовка специалистов для ТОиР	380
8.4. Нормы расхода запасных частей, материалов и инструмента для ТОиР	388
8.5. Обеспечение СНО и КПА для ТОиР	395
8.6. Организация инженерно-технического обеспечения ТЭ	396
ЛИТЕРАТУРА	413
СОДЕРЖАНИЕ.....	416

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

Далецкий Станислав Владимирович, 1944 г.р. Окончил Московский авиационный институт (1969), доктор технических наук. Начальник отдела Государственного научно-исследовательского института гражданской авиации (**ГосНИИ ГА**), эксперт-аудитор Межгосударственного авиационного комитета (МАК) и Госстандарта РФ, эксперт Федеральной службы надзора в сфере транспорта Минтранса РФ.

Заслуженный работник транспорта Российской Федерации, почетный авиастроитель Российской Федерации. Академик Российской Академии транспорта и Российской академии проблем качества. Имеет государственные и правительственные награды.

Автор более 100 научных работ, в том числе 5 монографий. Область научных интересов - обеспечение и поддержание летной годности воздушных судов гражданской авиации при разработке, испытаниях и эксплуатации в части формирования эксплуатационно-технических характеристик воздушных судов и систем их технической эксплуатации.

**ФОРМИРОВАНИЕ
ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Станислав Владимирович Далецкий

Редакторы: *Котенко Н И , Ладанова Н Ю*
Технический редактор *Азарова М Ю*
Корректор *Горбунова А Н*

Подписано в печать 19 08 2005 Формат 70×100^{1/16}
Бумага офсетная Офсетная печать Усл Печ Л 26,5
Тираж 300 экз Изд № 497 Зак № 4994
Издательство «Воздушный транспорт»
109012, Москва, Старопанский пер , д 5

ОАО «ТТ «Пролетарский светоч»
Тамбов, Моршанское шоссе, 14а