

Техническая эксплуатация летательных аппаратов

Под редакцией
заслуженного деятеля науки
и техники РСФСР профессора Н. Н. СМЕРНОВА

Допущено
Управлением учебных заведений МГА
в качестве учебника
для вузов гражданской авиации



МОСКВА "ТРАНСПОРТ" 1990

Техническая эксплуатация летательных аппаратов: Учеб. для вузов / Н. Н. Смирнов, Н. И. Владимиров, Ж. С. Черненко и др.; Под ред. Н. Н. Смирнова.—М.: Транспорт, 1990.—423 с.

Изложены принципы построения и содержание системы инженерно-авиационного обеспечения полетов, конструктивно-эксплуатационные свойства летательных аппаратов, программы, стратегии и технологические процессы технического обслуживания и ремонта, методы и средства определения технического состояния авиационной техники. Рассмотрены инженерные основы летно-технической эксплуатации и обеспечения безопасности полетов, перспективы развития системы технической эксплуатации.

Для студентов высших учебных заведений гражданской авиации. Может быть использован инженерно-техническим составом эксплуатационных предприятий.

Ил. 129, табл. 28, библиогр. 32 назв.

Книгу написали: Н. Н. Смирнов — введение, гл. 3, 7, 8, 10, 11, 12, 37; Н. И. Владимиров — гл. 1, 6, 15, 17, 31; А. А. Комаров — гл. 2, 5, 20, 27, 28, 33; А. И. Пугачев — гл. 14, 16, 23, 29, 32, 34, 35; Ж. С. Черненко — гл. 21, 22, 24, 25, 26, 30; Ю. М. Чинючин — гл. 4, 9, 13, 18, 19, 36.

Рецензенты: кафедра инженерно-авиационной службы ОЛИАГА; канд. техн. наук В. П. Степаненко.

Заведующий редакцией Л. В. Васильева

Редактор Э. М. Федорова

Т 3206030000-172
049(01)-90 215-90

ISBN 5-277-00990-6

© Коллектив авторов, 1990

ПРЕДИСЛОВИЕ

Дальнейшее развитие гражданской авиации (ГА) нашей страны тесно связано с переходом отрасли на новые условия хозяйствования и ускорением научно-технического прогресса. Объем и характер задач, выдвигаемых ныне перед ГА, требуют не частичных улучшений, а крупных комплексных мер, которые бы определяли дальнейший качественный скачок в ее развитии. Успех в проходящей перестройке возможен лишь на основе внедрения современной авиационной техники, прогрессивных технологий ее использования и технической эксплуатации.

Техническая эксплуатация авиационной техники по своей природе является составной частью более широкого понятия — эксплуатация. Она включает в себя такие слагаемые, как подготовку летательных аппаратов (ЛА) к полетам, их техническое обслуживание, ремонт, хранение и транспортирование. Основным предназначением технической эксплуатации является обеспечение надежности, исправности и своевременной готовности ЛА к полетам, а также экономичности при проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР).

В настоящее время развернут комплекс работ по созданию и оснащению Аэрофлота новыми самолетами и вертолетами, которые по своим летно-техническим и эксплуатационным характеристикам должны обеспечивать более высокий в сравнении с существующим уровень безопасности, регулярности и интенсивности полетов, экономию авиатоплива, снижение расходов на ТОиР и себестоимости авиационных перевозок. В данном комплексе работ особое место занимает проблема повышения эффективности технической эксплуатации ЛА. На современном этапе развития ГА эта проблема требует поиска новых решений, эффективных направлений и форм организации практической деятельности.

Сложные условия и характер задач технической эксплуатации, высокая ответственность за обеспечение безопасности и регулярности полетов диктуют особые требования к инженерно-техническому персоналу, занятому в сфере технической эксплуатации ЛА.

В вопросах разработки современных систем ТОиР летательных аппаратов и авиационных двигателей, методов контроля их технического состояния, распознавания и поиска причин отказов и повреждений элементов функциональных групп ЛА инженер должен быть специалистом

высокой квалификации. Вместе с тем в учебной литературе вопросы технической эксплуатации ЛА и авиационных двигателей представлены практически лишь одним учебником под ред. проф. Пугачева А. И., вышедшим в 1977 г.

При подготовке настоящей книги в основу были положены многолетний опыт работы инженерно-авиационной службы (ИАС) эксплуатационных предприятий по обеспечению работоспособности, исправности и готовности к полетам ЛА, литературные источники, изданные в последние годы по рассматриваемой проблеме и содержащие ряд новых положений по теории и практике технической эксплуатации. При этом учтены изменения терминологии, закрепленные в действующих ГОСТах, а также требования новых руководящих документов по технической эксплуатации и безопасности полетов ЛА, таких как Наставление по производству полетов ЛА (НПП ГА), Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники (НТЭРАТ ГА), Нормы летной годности гражданских самолетов (НЛГС).

В книгу включены новые материалы по процессам технической эксплуатации ЛА, стратегиям и программам ТОиР, конструктивно-эксплуатационным свойствам, поиску причин отказов и повреждений элементов функциональных групп ЛА.

Авторы использовали материалы лекций, читаемых ими на механических факультетах КИИГА, МИИГА и РКИИГА. При написании книги ставилась задача дать системное представление о широком круге вопросов, составляющих предмет технической эксплуатации ЛА, чтобы ориентировать читателя в этой комплексной и многосторонней проблеме и показать основные пути, методы и средства ее решения. При этом имелось в виду, что курс технической эксплуатации ЛА, излагаемый в данной книге, является специальной научной дисциплиной широкого профиля, завершающей формирование будущих инженеров. Он базируется на знании обучающимися предшествующих общеинженерных и специальных дисциплин, таких, как конструкция и прочность ЛА и авиационных двигателей, аэромеханика и динамика полета, теория авиадвигателей, теория надежности, техническая диагностика и др. Авторы стремились избавить читателя от подробного изложения теоретического материала, алгоритмов и машинных программ, при этом старались проиллюстрировать ход решения рассматриваемых задач результатами обработки статистических данных и проанализировать результаты графически.

Авторы выражают благодарность за предоставленные материалы, которые были использованы в книге: А. В. Орлову (гл. 21), Ф. К. Германчуку (гл. 22, 26), И. Т. Чехаровскому (гл. 24), Б. Д. Уриновскому (гл. 25).

Авторами с благодарностью будут приняты все критические замечания, которые можно направить в адрес издательства «Транспорт».

Гражданская авиация нашей страны вступила в очередной этап своего развития. Расширяется сеть внутренних и международных воздушных линий, увеличиваются объемы транспортной работы. На эксплуатацию поступают летательные аппараты нового поколения с улучшенными показателями топливной эффективности и конструктивно-эксплуатационных свойств.

В жизненном цикле ЛА, как и всякой машины, начиная от его постройки и до списания после отработки назначенного ресурса, значительная доля времени приходится на стадию эксплуатации. Только на ней ЛА выполняет функции, для которых предназначен, проявляет заложенные в нем при создании потенциальные возможности, а также конструктивно-эксплуатационные свойства. Только в процессе эксплуатации ЛА возмещаются все те затраты, которые связаны с его созданием. В показателях эффективности эксплуатации ЛА отражается труд многих коллективов ученых, конструкторов, технологов, производственников разных ведомств. Чем лучше эти показатели, тем выше оценивается совместный труд коллективов, создающих и эксплуатирующих технику.

Эксплуатация ЛА представляет собой сложный динамический процесс, включающий в себя ряд взаимосвязанных функциональных процессов. К их числу можно отнести процессы летной, технической, коммерческой, аэродромной эксплуатации, управления воздушным движением и др.

Техническая эксплуатация, являясь составной частью эксплуатации, призвана обеспечивать работоспособность и исправность авиационной техники, своевременную готовность ее к использованию по назначению при наименьших трудовых и материальных затратах. Она включает в себя такие стадии, как техническое обслуживание, ремонт, хранение и транспортирование.

Под влиянием научно-технического прогресса происходит непрерывное совершенствование и усложнение конструкций ЛА. Это сказывается на стоимости их разработки и изготовления, а также затратах на проведение технического обслуживания и ремонта (ТОиР). Возникает необходимость постоянного совершенствования процесса технической

эксплуатации ЛА для повышения эффективности их использования и снижения затрат на ТОиР.

Эффективность процесса технической эксплуатации ЛА в общем случае определяется большим числом факторов, действующих на различных этапах их создания, испытаний и эксплуатации. Это прежде всего глубина проработки и полнота обеспечения требований по надежности, эксплуатационной технологичности, программам ТОиР, полнота и качество проведения ресурсных испытаний на надежность, совершенство предложенной программы ТОиР, уровень производственно-технической базы эксплуатационных и ремонтных предприятий.

Коллективы организаций и предприятий разных ведомств вносят свой конкретный вклад в решение проблемы повышения эффективности эксплуатации ЛА. В результате этого обеспечивается соответствующий уровень конструктивно-эксплуатационных свойств ЛА и разрабатывается программа его ТОиР на длительный период эксплуатации. Разработка программ ТОиР на стадиях создания новых типов ЛА осуществляется во взаимодействии с программами обеспечения надежности, эксплуатационной технологичности и контролепригодности. Организация такого взаимодействия позволяет выполнять одновременно и согласованно весь комплекс работ по обеспечению приспособленности конструкции ЛА к наиболее эффективным стратегиям ТОиР, разработку этих стратегий и подготовку эксплуатационных и ремонтных предприятий к их применению.

В последние годы тщательно изучаются экономические и технические аспекты разработки и эксплуатации новых типов ЛА. Еще в процессе проектирования анализируются и оптимизируются будущие эксплуатационные расходы, связанные непосредственно с использованием ЛА. Все технические усовершенствования при проектировании проходят через своеобразное сито, где отсеиваются все нововведения, не приносящие дохода в эксплуатации в пределах установленных норм. В этом заложен большой смысл.

Кардинальная перестройка процессов технической эксплуатации ЛА в решающей степени зависит от успехов в разработке современной теории на базе имеющихся научных достижений. Изучение и теоретическое обобщение механизмов физических процессов, происходящих в материалах, элементах конструкции, функциональных системах, понимание их общих закономерностей позволяют сделать эксплуатационную науку точной. А это дает возможность инженеру действовать всегда в полном соответствии с обстоятельствами, целесообразно и с наибольшей эффективностью.

Весьма важно, чтобы специалисты разных ведомств, опираясь на теоретические обобщения в области технической эксплуатации авиационной техники, одинаково представляли общие цели и задачи проблемы в их взаимосвязи, знали свое место в общей работе, пользовались единой терминологией, едиными методами проведения исследований и оценки результатов. Это залог успешного решения всех прикладных проблем технической эксплуатации ЛА и в первую очередь проблем,

определяющих содержание ТОиР (перечень работ, их трудоемкость и периодичность выполнения), от которого в основном зависят все виды затрат при технической эксплуатации ЛА.

К числу других прикладных проблем технической эксплуатации относятся проблемы: управления техническим состоянием авиационной техники; совершенствования организационно-технических структур и производственной базы предприятий, занятых ТОиР ЛА; управления эффективностью процесса технической эксплуатации.

Реализацией практических задач технической эксплуатации занята инженерно-авиационная служба (ИАС). Круг задач этой службы чрезвычайно велик. Она осуществляет: комплексную подготовку ЛА к полетам, оценку и прогнозирование их технического состояния, поиск и устранение повреждений и отказов элементов функциональных систем ЛА, организацию и управление процессами технического обслуживания, управление эффективностью процесса технической эксплуатации, сохранение летно-технических характеристик ЛА в соответствии с требованиями норм летной годности, развитие имеющейся производственно-технической базы и другие функции. Наряду с этим ИАС принимает участие в совершенствовании авиационной техники и прежде всего в повышении ее надежности и эксплуатационной технологичности. Успешное выполнение обязанностей инженера ИАС возможно лишь при наличии широкой общеинженерной подготовки, глубокого знания конструкции и технической эксплуатации ЛА.

ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ КАК ОБЪЕКТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Глава 1

БЕЗОТКАЗНОСТЬ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

1.1. ОСНОВНЫЕ ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Безопасность и регулярность полетов, экономические показатели использования ЛА во многом определяются их безотказностью в работе.

Под *безотказностью* понимают свойство объекта непрерывно сохранять работоспособное состояние в течение некоторого времени или некоторой наработки. Безотказность — одно из свойств надежности изделий. Проблема обеспечения безотказности стала особенно актуальной в настоящее время вследствие усложнения конструкции ЛА и их систем, состоящих из большого числа элементов, блоков и узлов, увеличения выполняемых ими функций и повышения режимов их работы. На безотказность авиационной техники (АТ), а следовательно, и ее свойства влияют различные факторы, определяемые условиями проектирования, производства и эксплуатации (рис. 1.1). Анализ факторов показывает, что отказы агрегатов и систем ЛА возникают из-за наличия конструктивных и производственных недостатков эксплуатационных повреждений, недостаточной надежности агрегатов и систем ЛА и их силовых установок, неудовлетворительной контролепригодности ЛА, а также недостаточности контроля их технического состояния в процессе обслуживания и перед полетом.

Низкая надежность АТ, заложенная при проектировании и производстве и не поддерживаемая в процессе эксплуатации, недостаточная проработка вопросов безопасности полетов (БП) при проектировании не могут быть компенсированы в дальнейшем ни самым высоким качеством подготовки экипажей, ни созданием самой совершенной системы организации и руководства полетами. Но, к сожалению, и процесс эксплуатации АТ сопровождается непрерывным изменением ее технического состояния, что вызывается воздействием на конструкцию ряда эксплуатационных факторов. К их числу можно отнести: аэродинамические нагрузки, действующие на несущие поверхности, рули и фюзеляж ЛА; динамические нагрузки на шасси при взлете и посадке; вибрационные нагрузки от неуравновешенных вращающихся масс; избыточное давление в герметичной кабине; акустическое давление на конструкцию; термические нагрузки на детали горячей части двигателей; пульсации давления в гидравлических и пневматических системах;

возрастание массы конструкции при обледенении; солнечная радиация, низкие температуры; атмосферные осадки и т. д.

Воздействие приведенных факторов на ЛА приводит к возникновению необратимых структурных изменений в конструкционных материалах, изнашиванию сопряженных деталей, повреждению защитных покрытий, коррозии и, как следствие, к появлению повреждений, неисправностей, отказов, число которых со временем возрастает. Поэтому каждый объект в процессе его эксплуатации может находиться в исправном, неисправном, работоспособном и неработоспособном состояниях.

Исправное состояние — такое состояние объекта, при котором он соответствует всем требованиям, установленным нормативно-технической и (или) конструкторской документацией. Если объект исправен, то он всегда работоспособен, а работоспособный объект может быть неисправен (рис. 1.2).

Неисправное состояние характеризуется тем, что объект не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и (или) конструкторской документации. В неисправное состояние объект переходит после события — возникновение неисправности. Возникновение неисправности проявляется в виде повреждения или отказа.

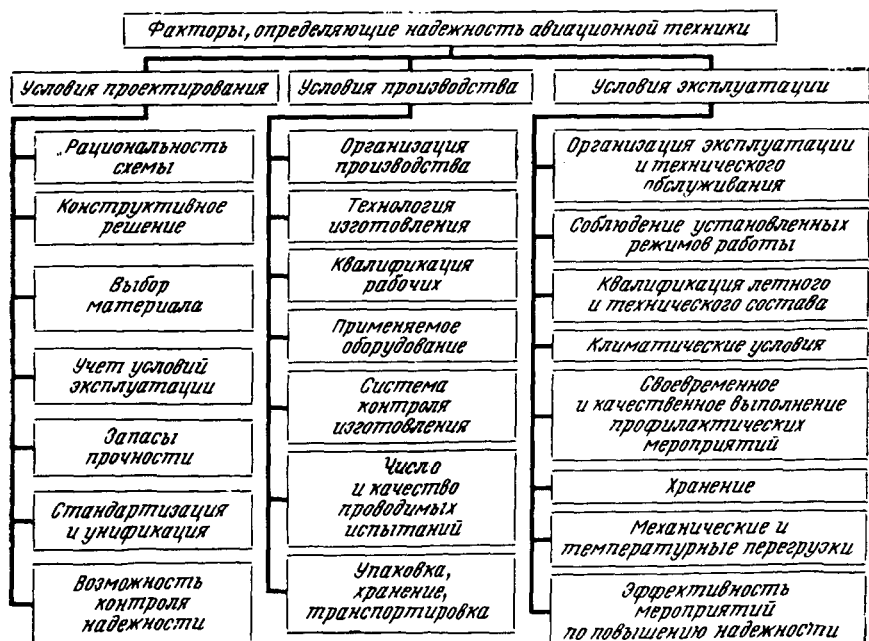


Рис. 1.1. Основные факторы, влияющие на надежность авиационной техники

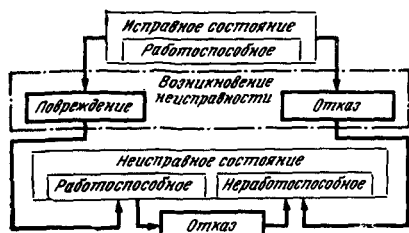


Рис. 1.2. Схема перехода объекта из исправного в неработоспособное состояние

Работоспособность характеризуется таким состоянием объекта, при котором значения всех его параметров соответствуют требованиям нормативно-технической документации. В неработоспособное состояние объект может перейти из исправного и неисправного, но еще работоспособного состояния (см. рис. 1.2).

По характеру повреждения неисправности и отказы можно разделить на опасные, которые могут привести к предпосылкам авиационных происшествий и требуют, как правило, срочного устранения, и неопасные, которые не требуют перерыва в эксплуатации ЛА и устраняются при очередных регламентных работах. Поддержание ЛА в исправном состоянии в процессе эксплуатации за счет устранения отказов и неисправностей и восстановление их работоспособности в короткие сроки в результате выполнения специальных инженерно-технических мероприятий — одна из главных задач технического обслуживания АТ.

1.2. КЛАССИФИКАЦИЯ ОТКАЗОВ

Причинами отказов, определяющих безотказность ЛА, могут быть: ошибки, допущенные при конструировании, производстве и ремонте; нарушения правил и норм эксплуатации; естественные процессы износа и старения.

В зависимости от характера изменения основного параметра системы до момента возникновения отказы подразделяются на внезапные и постепенные.

Внезапный отказ характеризуется скачкообразным выходом значения основного параметра объекта за пределы допусков. Такие отказы вызываются обычно механическими повреждениями (поломками, трещинами, обрывами и т. д.).

Постепенный отказ характеризуется постепенным выходом значения основного параметра объекта за пределы допусков. Такие отказы связаны с процессами износа, коррозии, усталости и ползучести материала.

Повреждение — событие, заключающееся в нарушении исправности состояния объекта. При этом ряд параметров объекта, определяющих его работоспособность, находится в установленных пределах, а некоторые характеристики объекта, непосредственно не влияющие на его работоспособность, не соответствуют требованиям (нарушение окраски, ржавчина, внешние царапины и т. д.).

Отказ — событие, заключающееся в нарушении работоспособ-

По причинам возникновения отказы разделяются на конструкционные, производственные и эксплуатационные.

В зависимости от механизма возникновения отказы и повреждения АТ могут происходить вследствие:

- разрушений усталостного характера, трещин, деформаций, вызванных действием эксплуатационных нагрузок;

- выработки подвижных сочленений, ослабления резьбовых соединений и заклепочных швов, потертости и других видов механического износа элементов конструкции;

- разрушений и деформаций, вызванных разовым действием нагрузок, превышающих расчетные и связанных с особыми условиями полета (сильная болтанка, гроза, град и т. д.), или нарушений правил пилотирования ЛА (грубая посадка, приземление на повышенной скорости, неправильное руление и т.д.);

- потери свойств смазок и специальных жидкостей, используемых в узлах, агрегатах и системах ЛА;

- разрушения лакокрасочных и защитных покрытий;

- коррозии элементов конструкции ЛА;

- механических повреждений (деформации, пробоины, царапины и т. д.), вызванных небрежностью при техническом обслуживании или при выполнении погрузочно-разгрузочных работ.

При анализе причин возникновения отказов и неисправностей с целью разработки профилактических мероприятий по их предотвращению важное значение имеет их классификация по следующим факторам:

- моменту обнаружения (на земле при обслуживании АТ, в полете, при испытаниях АТ);

- последствиям (без последствий, приведших к задержке рейса, вызвавших особую ситуацию в полете или предпосылку к авиационному происшествию (АП), и др.);

- причинам (конструктивно-производственные недостатки, ошибки инженерно-технического и летного состава, внешние или случайные причины);

- способу устранения (при оперативном и периодическом технических обслуживаниях, при ремонте).

Ввиду сложности систем ЛА отказ в процессе эксплуатации какого-либо устройства не всегда приводит к отказу системы в целом, в которую входит это устройство.

По своим последствиям отказы авиационной техники можно разделить на следующие группы:

- катастрофические отказы, которые, как правило, заканчиваются авиационным происшествием (разрушение конструкции самолета в воздухе, отказы, следствием которых является взрыв, и т. д.);

- критические отказы, имеющие опасный характер и могущие привести к АП. Парирование таких отказов в полете связано с выполнением сложных операций в условиях высокой эмоциональной напряженно-

сти и дефицита времени. К ним можно отнести отказы двигателей, систем управления и других важнейших агрегатов и систем ЛА;

границные отказы, которые могут привести к нарушению полета, ухудшить работу агрегата или какой-либо системы ЛА, но не угрожают безопасности полета. Экипаж успешно справляется с последствиями таких отказов;

безопасные отказы, которые не приводят к опасным последствиям, а лишь создают незначительные затруднения при выполнении полета.

Требования к уровню надежности различных систем самолета или даже их отдельных элементов различны и зависят от опасности отказов. Так, вероятность отказа системы основного управления самолетом не должна превышать $10^{-7} \dots 10^{-9}$ на 1 ч полета, системы кондиционирования $10^{-5} \dots 10^{-6}$, гидравлической системы $10^{-7} \dots 10^{-8}$.

1.3. ПОКАЗАТЕЛИ БЕЗОТКАЗНОСТИ

При решении задач надежности в эксплуатации приходится в основном иметь дело со случайными величинами (оценками параметров законов распределения времени безотказной работы, времени восстановления и др.). Это объясняется тем, что отказы и неисправности изделий ЛА являются случайными событиями, и мы не можем точно определить, в какой момент они произойдут. Следовательно, и время работы изделия до отказа также является случайной величиной. Числовые данные об эксплуатации, полученные в различные моменты времени как результаты нескольких измерений, образуют реализации случайных процессов.

Для изучения случайных событий и случайных процессов используются теория вероятностей, математическая статистика, теория массового обслуживания и теория восстановления. Все вместе они образуют основу математических методов теории надежности, широко используемых при оценке показателей безотказности изделий по результатам эксплуатации АТ.

Рассмотрим определение основных показателей безотказности для ремонтируемых и неремонтируемых изделий.

Основными показателями, характеризующими безотказность неремонтируемых изделий, являются:

- вероятность безотказной работы $P(t)$ за наработку t ;
- интенсивность отказов $\lambda(t)$ в момент t ;
- средняя наработка изделия до отказа $T_{ср}$.

Для ремонтируемых изделий:

- вероятность безотказной работы $P(t)$ за наработку t ;
- параметр потока отказов $\omega(t)$ в момент t ;
- средняя наработка на отказ T_o ;
- вероятность безотказной работы $P(t_1, t_2)$ в интервале t_1, t_2 , где $t_1 < t_2$.

Т а б л и ц а 1.1. Дискретные распределения, применяемые в теории надежности

Распределение	Вероятность k -го значения	Параметры распределения	Математическое ожидание	Дисперсия
Биномиальное	$P_k = C_n^k p^k q^{n-k}$	$0 < p < 1;$ $q = 1 - p;$ $k = 0, 1, 2, \dots, k$	np	npq
Пуассона	$P_k = \frac{\lambda^k}{k!} e^{-\lambda}$	$\lambda > 0;$ $k = 0, 1, 2, \dots$	λ	λ
Геометрическое	$P_k = nq^k$	$0 < p < 1;$ $q = 1 - p;$ $k = 0, 1, 2, \dots$	$\frac{q}{p}$	$\frac{q}{p^2}$
Гипергеометрическое	$P_k = \frac{C_M^k C_{N-M}^{n-k}}{C_N^n}$	$0 \leq n \leq N;$ $0 \leq M \leq N;$ $p = \frac{M}{N};$ $q = \frac{N-M}{N};$ $k = 0, 1, 2, \dots;$ $\min(n, M)$	np	$npq \frac{N-n}{N-1}$

Приведенные характеристики выражаются через распределение величины наработки до отказа. Функция распределения наработки изделия до отказа обозначается $F(t)$, а плотность $f(t)$. При $t > 0$ имеют место следующие соотношения:

$$F(t) = \int_0^t f(x) dx = 1 - \exp \left\{ - \int_0^t \lambda(x) dx \right\};$$

$$P(t) = 1 - F(t) = \exp \left\{ - \int_0^t \lambda(x) dx \right\};$$

$$P(t_1, t_2) = \exp \left\{ - \int_{t_1}^{t_2} \lambda(x) dx \right\};$$

$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{P(t)}; \quad T_{cp} = \int_0^{\infty} P(t) dt.$$

Таблица 1.2. Основные

Закон распределения, его плотность $f(t)$	Формулы	
	функции распределения $F(t)$	
Экспоненциальный, $\lambda e^{-\lambda t}$	$1 - e^{-\lambda t}$	
Нормальный, $\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t-T_{cp})^2}{2\sigma^2}} = \frac{1}{\sigma} \varphi\left(\frac{t-T_{cp}}{\sigma}\right)$	$\frac{1}{\sigma \sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^t e^{-\frac{(t-T_{cp})^2}{2\sigma^2}} dt =$ $= \Phi\left(\frac{t-T_{cp}}{\sigma}\right)$	
Вейбулла, $\left(\frac{1}{v}\right)^{\beta-1} e^{-\left(\frac{t}{v}\right)^{\beta}}$	$1 - e^{-\left(\frac{t}{v}\right)^{\beta}}$	
Эрланга, $\frac{\lambda(\lambda t)^{l-1}}{(l-1)!} e^{-\lambda t}$	$1 - \sum_{i=0}^{l-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}$	

Основные виды распределений, используемых в теории надежности, и формулы для определения их основных характеристик приведены в

табл. 1.1, 1.2. В данных таблицах обозначены: $\Phi(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^Z e^{-0,5y^2} \times$

$\times dy$ — функция стандартного нормального распределения; $\varphi(Z) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-0,5Z^2}$ — плотность стандартного нормального распределения.

Значения $\Phi(Z)$ и $\varphi(Z)$ в зависимости от $Z = (t - T_{cp})/\sigma$ приводятся в специальных таблицах. Параметры распределений λ , T_{cp} , σ , β , v , l все больше нуля, а l — целое положительное число.

Математическое ожидание $M[T]$ и дисперсия $\sigma^2[T]$ наработки изделия до отказа:

$$M(T) = \int_{-\infty}^{\infty} t f(t) dt; \quad \sigma^2[T] = \int_{-\infty}^{\infty} (t - M[T])^2 f(t) dt.$$

характеристики распределений

для определения

вероятности безотказной работы $P(t)$	интенсивности отказов $\lambda(t)$	математического ожидания $M[T]$	дисперсии $\sigma^2[T]$
$e^{-\lambda t}$	λ	$\frac{1}{\lambda}$	$\frac{1}{\lambda^2}$
$\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_t^\infty e^{-\frac{(t-T_{cp})^2}{2\sigma^2}} dt =$ $= 1 - \Phi\left(\frac{t-T_{cp}}{\sigma}\right)$	$\frac{1}{\sigma} \frac{\psi\left(\frac{t-T_{cp}}{\sigma}\right)}{1 - \Phi\left(\frac{t-T_{cp}}{\sigma}\right)}$	T_{cp}	σ^2
$e^{-\left(\frac{t}{v}\right)^\beta}$	$\frac{\beta}{v} \left(\frac{t}{v}\right)^{\beta-1}$	Через элементарные функции не выражается	
$\sum_{i=0}^{l-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}$	$\frac{\lambda (\lambda t)^{l-1} e^{-\lambda t}}{(l-1)!} \bigg/ \sum_{i=0}^{l-1} \frac{(\lambda t)^i}{i!} e^{-\lambda t}$	$\frac{l}{\lambda}$	$\frac{l}{\lambda^2}$

Для ремонтируемых изделий, к числу которых принадлежит большинство агрегатов и систем ЛА, вместо интенсивности отказов используется понятие параметра потока отказов $\omega(t)$.

Параметр потока отказов — среднее число отказов ремонтируемого изделия в единицу времени, взятое для рассматриваемого момента времени. В предположении о мгновенном ремонте (восстановлении) отказавших изделий и о непрерывности параметра потока отказов в момент t справедливо соотношение

$$\omega(t) = \frac{d\Omega(t)}{dt},$$

где $\Omega(t)$ — среднее число отказов в интервале наработки $(0, t)$.

Вероятность безотказной работы ремонтируемого изделия в интервале от t_1 до t_2 (при пуассоновском потоке отказов)

$$P(t_1, t_2) = \exp\left\{-\int_{t_1}^{t_2} \omega(t) dt\right\}.$$

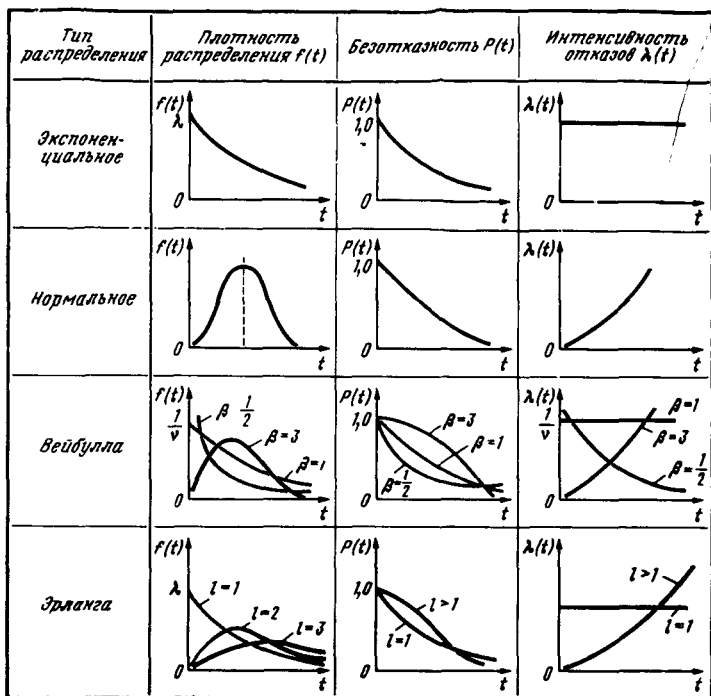


Рис. 1.3. Зависимости плотности, безотказности и интенсивности отказов от наработки t для некоторых типов распределений

Средняя наработка на отказ (между отказами) ремонтируемого изделия при стационарном процессе восстановления

$$T_0 = \int_0^t t f(t) dt.$$

Зависимости плотности распределения, надежности и интенсивности отказов некоторых распределений приведены на рис. 1.3. В реальных условиях эксплуатации для каждого случая стараются выбрать такие законы распределений, которые бы наиболее полно отражали сущность рассматриваемого процесса.

1.4. МОДЕЛИ БЕЗОТКАЗНОСТИ

Выбор закона распределения случайной величины на основе опытных данных производится при достаточном объеме выборки и включает в себя: выбор предполагаемого вида закона распределения; проверку согласия выборки с принятым законом распределения; оценку пара-

метров выбранного закона распределения. Многолетние исследования и опыт эксплуатации АТ позволяют указать наиболее часто встречающиеся случаи применения некоторых законов распределения в задачах надежности.

Дискретные распределения. В теории надежности используются биномиальное, Пуассона, геометрическое, отрицательное биномиальное распределения в основном при статистическом контроле качества и ряде других технических решений. Круг использования непрерывных распределений в теории надежности более широкий.

Экспоненциальное распределение. Особенностью этого распределения является то, что интенсивность отказов не зависит от времени, т. е. наработка изделия не сказывается на его надежности. В настоящее время это распределение используется при анализе сложных систем, прошедших период приработки, внезапных отказах, происходящих за счет скрытых дефектов технологии. Ресурс большинства элементов радиоэлектронного и высотного самолетного оборудования имеет экспоненциальное распределение. Этому закону подчиняется наработка между двумя последовательными отказами в установившемся режиме работы сложного изделия.

Нормальное распределение. Если процесс возникновения некоторого отказа можно представить состоящим из большого числа стадий (этапов), то наработка до отказа будет иметь нормальное распределение. В практике эксплуатации АТ нормальное распределение возникает при износе, характеризующемся постоянной скоростью, при отказах вследствие старения, а также влияния большого числа факторов, равнозначных по величине. Время восстановления ремонтируемых изделий, наработка до отказа невосстанавливаемых изделий в ряде случаев приближенно распределены по нормальному закону.

Распределение Вейбулла. Нарботка до отказа у многих невосстанавливаемых изделий имеет распределение Вейбулла (подшипники качения, электронные лампы, некоторые полупроводниковые изделия). Оно обычно используется и для описания усталостной долговечности и характеристик прочности авиационных конструкций.

Распределение Эрланга. Пусть отказ возникает в том случае, когда на изделии возникнет l единичных неисправностей (повреждений). Если наработки между появлениями неисправностей взаимно независимы и имеют одно и то же распределение с параметром λ , то общая наработка к моменту возникновения отказа имеет распределение Эрланга с параметрами λ и l (см. табл. 1.2).

В практике эксплуатации АТ распределение Эрланга может возникнуть как распределение, описывающее ресурс резервированных элементов. С ростом значения параметра l распределение Эрланга стремится к нормальному распределению.

Выбор в процессе эксплуатации соответствующего распределения для определения показателей надежности изделий АТ должен осуществляться на основе анализа физики процессов, приводящих к отказам,

опыта эксплуатации, законов распределения наработки агрегатов до отказа аналогичных изделий и т.д.

Обеспечение надежности сложных систем АТ — одна из актуальных проблем в гражданской авиации. Надежность сложной системы определяется прежде всего надежностью ее элементов, их количеством, методами включения резервных элементов и т.д. Рассчитать надежность системы — это значит найти одну или несколько количественных характеристик ее безотказности по известным показателям надежности элементов, составляющих систему.

Расчет надежности сложных систем обычно производится в определенной последовательности: составляется расчетная схема системы (в которой элементы могут быть соединены последовательно и параллельно); производится разбивка элементов системы на отдельные группы путем деления системы на блоки, узлы, участки и т.д.; обрабатываются данные о надежности элементов системы; определяются характеристики надежности отдельных участков и системы в целом; на основании проведенного расчета делается вывод о соответствии системы требованиям надежности, а при необходимости составляются рекомендации по повышению надежности системы.

В процессе эксплуатации в системах существует тесная связь между их элементами, взаимодействующими между собой при функционировании объектов, и это необходимо учитывать при расчете надежности.

1.5. МЕТОДЫ АНАЛИЗА НАДЕЖНОСТИ

При анализе надежности изделий используются различные виды оценки статистической информации: оперативная (по срочной, ежедневной и ежемесячной информации); периодическая (по квартальной, полугодовой и годовой информации).

Обработка информации при оперативной оценке надежности представляет в основном качественный анализ, а при периодической — количественный и качественный анализы. Обработка и анализ информации проводятся по агрегатам, системам и ЛА в целом.

Качественный анализ информации о надежности позволяет установить степень влияния различных отказов и неисправностей на работоспособность отдельных агрегатов или систем, оценить последствия, к которым может привести появление тех или иных неисправностей, выявить основные конструктивно-производственные недостатки, а также недостатки эксплуатации и ремонта. В результате качественного анализа можно сделать предварительные выводы о возможности изменения периодичности обслуживания объектов и определить в некоторых случаях основные направления экспериментальных и теоретических исследований по повышению надежности изделий.

Количественный анализ информации о надежности позволяет определить фактический уровень надежности АТ, оценка которого произво-

дится с помощью показателей, вычисляемых по определенным математическим зависимостям. При оценке количественных показателей надежности основными величинами, используемыми в расчетах, являются число отказов или неисправностей и значения наработки (часы, посадки, циклы и т. д.). Расчетные показатели надежности сравниваются с нормативными и используются для их уточнения.

Все показатели надежности в процессе эксплуатации определяются с использованием статистических данных по отказам и неисправностям, собранных за определенный период. Их обычно называют оценками показателей надежности. Рассмотрим определение некоторых статистических показателей надежности для ремонтируемых и неремонтируемых изделий. Для отличия статистического показателя от истинного будем первый обозначать со звездочкой: $P^*(t)$, $f^*(t)$, $\lambda^*(t)$, $T_{\text{ср}}^*$ и т. д.

Для вычисления основных статистических показателей надежности *неремонтируемых изделий* используются следующие выражения: вероятность безотказной работы за наработку t

$$P^*(t) = \frac{N(t)}{N_0} = 1 - \frac{r(t)}{N_0},$$

где $N(t)$ — число изделий, работоспособных к моменту времени t ; N_0 — общее число исправных изделий в начальный момент времени; $r(t) = N_0 - N(t)$ — общее число отказов за наработку t ;

плотность распределения наработки до отказа

$$f^*(t) = \frac{r(t_i + \Delta t_i) - r(t_i)}{N_0 \Delta t_i} = \frac{\Delta r_i}{N_0 \Delta t_i},$$

где t_i — левый конец i -го интервала наработки; Δt_i — длина i -го интервала ($\Delta t_i = t_i - t_{i-1}$); $r(t_i)$ — число изделий, отказавших к моменту времени t_i ; Δr_i — число отказов в i -м интервале наработки;

интенсивность отказов

$$\lambda^*(t) = \frac{r(t_i + \Delta t_i) - r(t_i)}{N(t_i) \Delta t_i} = \frac{\Delta r_i}{N(t_i) \Delta t_i};$$

средняя наработка до отказа (в случае отказа всех наблюдаемых изделий)

$$T_{\text{ср}}^* = M^*[T] = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} t_i,$$

где t_i — наработка i -го изделия от отказа;

дисперсия средней наработки изделия до отказа

$$\sigma^{2*}[T] = \frac{1}{N_0} \sum_{i=1}^{N_0} (t_i - M^*[T])^2.$$

Для ремонтируемых изделий определяются:
средняя наработка на отказ

$$T_0^* = \frac{1}{r(t)} \sum_{i=1}^{N_0} t_i;$$

параметр потока отказов

$$\omega^*(t) = \frac{\Delta r_i}{N_0 \Delta t_i},$$

где Δr_i — общее число отказов восстанавливаемых изделий в i -м интервале длины Δt_i ; $N_0 \Delta t_i$ — общая наработка всех изделий в i -м интервале;

среднее число отказов (неисправностей) на 1000 ч налета

$$K_{1000}^* = \frac{r_{\Sigma}}{T_{\Sigma}} 10^3,$$

где r_{Σ} , T_{Σ} — суммарное число отказов и суммарная наработка изделий за рассматриваемый период.

Определение показателей надежности по статистическим данным, полученным в процессе эксплуатации, имеет большое значение, так как учитывается влияние условий и режимов работы на состояние АТ, влияние конструктивного выполнения функциональных систем, технологии изготовления их элементов и правил эксплуатации.

Глава 2

ДОЛГОВЕЧНОСТЬ И ЖИВУЧЕСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

2.1. ФАКТОРЫ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Под долговечностью объекта эксплуатации понимают его свойство сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе ТОиР. При этом предельным считается такое состояние объекта, при котором его дальнейшее применение по назначению недопустимо или нецелесообразно. Долговечность зависит от многочисленных факторов, которые можно подразделить на прочностные, эксплуатационные и организационные.

Прочностные включают конструктивные, производственные, технологические, нагрузочные и температурные факторы. Они происходят из-за концентрации напряжений в элементах конструкции и остаточных напряжений, возникающих при несовершенной технологии и за счет пластических деформаций при сборке узлов или ремонте, и зависят от свойств материалов и их изменения во время эксплуатации. Решающее воздействие на конструкцию ЛА оказывает внешняя среда.

классифицируемая по воздействию на конструкцию одновременно и отдельно действующих факторов, обуславливающих нагрузки. Особое влияние оказывают динамические нагрузки, различающиеся по амплитудно-частотным характеристикам, градиенту напряжений, среднему напряжению длительности воздействия и т.д.

Эксплуатационные факторы включают: режимы полета, различающиеся по скорости, высоте, применяемым маневрам, полетной массе ЛА: состояние ВПП; продолжительность руления и буксировки по ВПП; индивидуальные особенности членов экипажа и их профессиональную подготовку; метеорологические и климатические условия полетов, в том числе турбулентность атмосферы, градиенты температуры по высоте, снег, град и др.; квалификацию инженерно-технического состава (ИТС), определяемую, в частности, знанием конструкции ЛА, полнотой обнаружения неисправностей и повреждений, мест начального развития трещин, своевременностью и эффективностью мер по их локализации и устранению; качеством и полнотой профилактических мероприятий, а также качеством использования применяемых средств контроля технического состояния ЛА и др.

Организационные факторы включают: техническую общеинженерную и специальную подготовку ИТС; выбор соответствующей стратегии и методов; ритмичность в проведении форм ТО по принятой программе и проведение текущих ремонтов; своевременность в обеспечении производства запасными частями при появлении отказов и выполнении текущих ремонтов; применяемые методы и средства механизации и автоматизации процессов подготовки ЛА к полетам; поиск неисправностей, отказов и их устранение; выполнение других работ, связанных с подготовкой ЛА к полетам, в особенности использования автоматизированных средств контроля технического состояния всех функциональных систем ЛА и др.

Большие затраты на создание современных ЛА обуславливают необходимость обеспечения соответствующей долговечности и длительности их использования по назначению. Специалисты считают, что экономически выгодная длительность использования современных пассажирских ЛА должна составлять не менее $60 \cdot 10^3$ летных часов. При этом возникают проблемы, связанные с физической, экономической и моральной долговечностью ЛА.

Физическая долговечность основывается на прочностных свойствах конструкции и факторах, ее определяющих. В общем, она сводится к выносливости конструкции под действием эксплуатационных факторов и нагрузок. По сути долговечность определяется, главным образом, усталостной сопротивляемостью конструкции, степенью коррозионной повреждаемости и износоустойчивостью отдельных элементов. Это обуславливает необходимость организации соответствующей системы ТОиР, обеспечивающей требуемую регулярность и высокую безопасность полетов. При этом важно обеспечить такие условия, чтобы затраты на эксплуатацию не превышали допустимых норм, что обуславливает экономическую долговечность.

Экономическая долговечность определяется рентабельностью ЛА, которая во многом зависит от платной нагрузки. При установленной полетной массе она ограничена массой конструкции и топлива. Кроме того, рентабельность зависит от физической долговечности при интенсивной повседневной эксплуатации, а также числа и периодов между ремонтами, плановых и внеплановых простоев на ТОиР и некоторых других факторов.

Моральная долговечность обусловлена особенностями протекания научно-технического прогресса в авиации. Действительно, с созданием новых композиционных материалов, совершенствованием технологии производства, совершенствованием расчетов на прочность и использованием концепции «допустимой повреждаемости» конструкций возникла возможность создания более легких конструкций ЛА, но отвечающих возрастающим требованиям безотказности и эксплуатационной технологичности. Одновременно работа по созданию более мощных и экономичных двигателей обуславливает снижение расходов топлива и соответствующих затрат. Все это приводит к тому, что «устаревшая» конструкция ЛА заменяется новой, более совершенной. Моральная долговечность не поддается какому-либо расчету. Это чисто социологическая концепция. Тем не менее при создании новых типов ЛА конструктора приходится учитывать физическую, экономическую и моральную долговечность.

2.2. ПОКАЗАТЕЛИ ДОЛГОВЕЧНОСТИ

Долговечность ЛА ограничивается предельным состоянием, которое наступает рано или поздно вследствие действующих нагрузок и факторов, ухудшающих его техническое состояние.

Предельное состояние оценивается по соответствующим признакам или критериям, которые устанавливаются главным конструктором и нормами летной годности. Для различных типов ЛА, двигателей, агрегатов, устройств они могут быть различными и оговариваются в соответствующей нормативно-технической документации (НТД). Требования НТД являются обязательными и должны неукоснительно выполняться эксплуатирующими организациями. Для количественной оценки долговечности используют понятия ресурса и срока службы. При этом ресурс измеряется в часах наработки, посадках, циклах, а срок службы — календарной продолжительностью эксплуатации объекта.

Применительно к ЛА, двигателям, агрегатам и изделиям приняты следующие виды ресурсов и сроков службы.

Гарантийный ресурс (срок службы) — наработка (календарное время), в течение которой предприятие-изготовитель несет ответственность за техническое состояние объекта при условии выполнения инструкции по эксплуатации. В течение гарантийного ресурса возникающие на объекте отказы и повреждения изготовитель устраняет своими силами и за свой счет.

Ресурс (срок службы) до первого ремонта — наработка (календарное время) от начала эксплуатации до поступления объекта в первый ремонт.

В процессе разработки объекта конструкторы стремятся обеспечить максимальное значение ресурса до первого ремонта, так как это связано с эффективностью использования объекта по назначению. При этом стараются также выполнить требования, чтобы ресурсы до ремонта комплектующих изделий и агрегатов были соответственно не меньше ресурса до первого ремонта основного объекта (летательного аппарата, двигателя).

Межремонтный ресурс (срок службы) — наработка (календарное время) между двумя смежными ремонтами объекта. Межремонтные ресурсы устанавливаются на основе обобщения опыта эксплуатации и первого ремонта объекта. Их значения, как правило, меньше значений до первого ремонта объекта. В лучшем случае они могут быть равными.

Гамма-процентный ресурс (срок службы) — наработка (календарное время), в течение которой объект не достигнет предельного состояния с заданной вероятностью γ , выраженной в процентах. При заданном значении γ мы имеем вполне определенное значение гамма-процентного ресурса T_γ (рис. 2.1).

Назначенный ресурс (срок службы) — суммарная наработка (календарное время), при достижении которой применение объекта по назначению должно быть прекращено.

Назначенные ресурсы по характеру обоснования различаются на расчетные, т. е. обоснованные соответствующими расчетами, и подтвержденные, т. е. обоснованные различными испытаниями. При эксплуатации объекта руководствуются подтвержденными назначенными ресурсами.

Процесс подтверждения ресурса является ступенчатым, поэтапным. Поэтому действующий в тот или иной промежуток времени эксплуатации объекта назначенный ресурс носит название *временного назначенного ресурса (срока службы)*.

Средний ресурс (срок службы) — математическое ожидание ресурса (срока службы) объекта эксплуатации. Этот показатель обычно используют при обработке данных испытаний элементов конструкций и узлов до предельного состояния, обусловленного, например, усталостным разрушением, износом и т. д. Его также используют при обработке статистических данных по отказам, возникающим в эксплуатации.

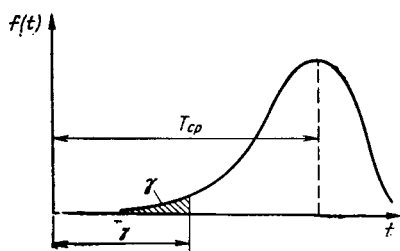


Рис. 2.1. Схема определения гамма-процентного ресурса

2.3. МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ И УВЕЛИЧЕНИЯ РЕСУРСА

Важнейшая проблема при определении ресурса — правильное (объективное) выявление связи ресурса и надежности. Причем значение ресурса влияет на уровень отказов (рис. 2.2).

При любой системе установления ресурса должны быть обоснованы предельно допустимые значения наработки ответственных элементов, агрегатов и зон конструкции. Поэтому первоначальной основой для оценки ограничений величины ресурса является расчетная долговечность.

Для получения экспериментальных обоснований значений ресурса проводятся различные виды наземных испытаний (статистические, усталостные, эквивалентные и т.д.).

Материалы по расчетной долговечности и результаты испытаний служат основой для подтверждения назначенного ресурса. Увеличение межремонтных ресурсов производится этапами по результатам эксплуатации. Стендовые (наземные) испытания не полностью выявляют особенности работы систем и агрегатов в эксплуатационных условиях. В связи с этим проводятся эксплуатационные и летные испытания.

Расчетные методы. В этих методах исходят из предположения, что долговечность ограничивается усталостными свойствами конструкции, следовательно, речь идет о прочностном ресурсе конструкции. Можно выделить два расчетных метода: суммирования повреждений и касания.

Метод суммирования повреждений широко используется при расчете прочностного ресурса ЛА. При использовании этого и других расчетных методов в условиях эксплуатации ЛА выделяют время активного и пассивного нагружения. В расчете используется лишь время активного нагружения. Активное время нагружения включает цикл взлет — полет — посадка, руление по аэродрому и буксировку. Время стоянки на ВПП относят к пассивному нагружению, и долей, которую оно вносит в активное нагружение, обычно пренебрегают.

Таким образом, прочностной ресурс представляет собой суммарное время активного нагружения. Метод суммированных повреждений основывается на гипотезе, в основе которой лежит предположение, что усталостное повреждение является линейной функцией числа циклов нагружения. Условие нагружения

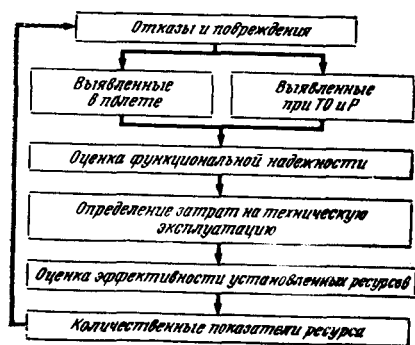


Рис. 2.2. Схема взаимосвязи ресурса и надежности

$$\sum_{i=1}^{i=k} \frac{n_i}{N_i} = 1,$$

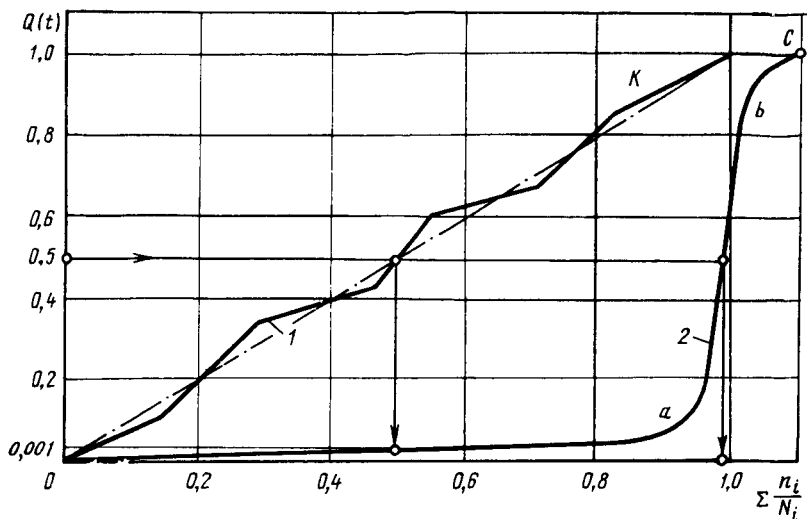


Рис. 2.3. Схема суммирования повреждений:

1 — линейный закон накопления усталостных повреждений; 2 — фактическое накопление усталостных повреждений

где n_i — число действующих циклов нагружения определенной амплитуды; N_i — число циклов нагружения той же амплитуды, необходимое для разрушения; k — число уровней циклов, различных по амплитуде.

Отсюда следует, что разрушение происходит тогда, когда сумма всех «удельных (относительных) повреждений» будет равна единице.

Вероятность разрушения в общем случае

$$Q(t) = \sum_{i=1}^k \frac{n_i}{N_i},$$

а вероятность неразрушения

$$P(t) = 1 - Q(t).$$

Схема суммирования повреждений представлена на рис. 2.3. Ломаная линия OK означает задаваемый при расчетах закон накопления повреждений. Фактический процесс накопления усталостных повреждений в конструкции изображен на рисунке линией $Oabc$. Из приведенных зависимостей следует, что вероятность неразрушения $P(t) = 0,5$, задаваемая по закону накопления повреждений OK , может соответствовать истинной вероятности неразрушения по закону $Oabc$ значительно более высокой, например, порядка 0,999. Однако, учитывая сложность авиационных конструкций, а также условия их нагружения в процессе эксплуатации, полученная таким образом вероятность неразрушения (0,999) является недостаточной для исключения появления трещин в элементах конструкции.

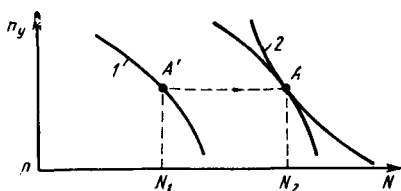


Рис. 2.4. Определение ресурса методом касания

увеличивается, соответственно сроки между очередными осмотрами уменьшаются. Это утверждение подтверждается практикой, однако оно справедливо лишь при достаточно высоком уровне технологии производства ЛА. Вместе с тем необходимо рассчитывать и определять вероятность неразрушения тех элементов и узлов, где недопустимо образование трещин, исходя из требований обеспечения безопасности полетов.

Необходимо знать, в какой области амплитуд нагрузок происходит наибольшее накопление усталостных повреждений. Эта информация помогает правильно выбрать область, в которой необходимо провести основное число усталостных испытаний конструкции самолета.

Метод касания основан на использовании интегральной повторяемости нагрузок, получаемой в процессе специальных летных испытаний на ЛА, оборудованных измерительной аппаратурой. Продолжающиеся исследования в области прочности и повреждаемости конструкций ЛА обусловили, в частности, появление метода, позволяющего при известной спектральной плотности процесса нагружения оценить область повреждаемости. Так, при анализе повторяемости нагрузок, действующих на ЛА в турбулентной атмосфере или при движении по аэродрому, необходимо установить статистическое соответствие между кривыми интегральной повторяемости силовых факторов и интегральной повторяемости перегрузок в центре масс ЛА. Это соответствие допускает решение задачи об оценке повторяемости нагрузок в процессе эксплуатации на основе повторяемости перегрузок в центре масс. Важным при этом является регистрация некоторых параметров, характеризующих условия полетов, например трассы, высоты, конфигурации местности, масс и конфигурации ЛА и др.

При известных интегральной повторяемости перегрузок N , получаемой в процессе летных испытаний и физических нагрузках на элементы конструкции n_y , строится статистическая зависимость между этими величинами (рис. 2.4). Затем выполняется пересчет кривой $N = f(n_y)$ в $N = f(p)$. В большинстве случаев они строятся с использованием логарифмической шкалы по оси ординат. Это позволяет аппроксимировать их прямыми линиями. Дальнейшее отыскание закона преобразования сводится к оценке двух констант, характеризующих изменение угла наклона и ее эквидистантного смещения. В целом это упрощает решение задачи.

Возникает необходимость проведения периодических осмотров с целью выявления появляющихся в эксплуатации неисправностей и повреждений во всех функциональных системах и зонах конструкции планера ЛА. Можно предположить, что в начале эксплуатации частота осмотров может быть небольшой, но по мере увеличения налета она уве-

При методе касания прочностной ресурс (или срок службы) конструкции определяется путем сопоставления кривой выносливости рассматриваемой конструкции и кривой интегральной повторяемости эксплуатационных нагрузок (см. рис. 2.4). Определение ресурса производится следующим путем. Кривая интегральной повторяемости нагрузок 1 смещается вправо до касания с кривой выносливости 2. Абсцисса точки касания A указывает число циклов N_2 .

Отношение N_2/N_1 характеризует число периодов, принятых при определении интегральной повторяемости нагрузок до разрушения конструкции. Ординаты у точек A' и A одни и те же. Ресурс в этом случае определяется как произведение времени, измеряющего длительность одного периода, на их число.

До настоящего времени метод касания не имеет еще достаточно обоснованных теоретических объяснений, к тому же он дает более высокие значения ресурса, чем метод суммирования усталостных повреждений. Это обстоятельство несколько ограничивает его применение на практике.

Экспериментальные данные. Они базируются на материалах стендовых и лабораторных испытаний элементов и узлов конструкций ЛА. Испытания проводятся для выяснения характеристик выносливости испытуемых объектов при различных уровнях нагружений. С целью получения достоверных данных испытаниям подвергаются несколько образцов. Обычно испытывают, если это возможно, не менее трех одинаковых образцов на каждом режиме нагрузки. Трудности заключаются в том, что испытания целого ЛА или крупногабаритных его узлов весьма трудоемки и дороги. Это вынуждает ограничиваться малым числом испытуемых объектов. К тому же условия нагружения элементов конструкции ЛА в полете характеризуются большим разнообразием и случайной повторяемостью нагрузок, которые практически невозможно воспроизводить в лабораторных условиях. Это на практике приводит к тому, что некоторые элементы и узлы, показавшие вполне удовлетворительную выносливость при испытаниях, оказываются недостаточно выносливыми в реальных условиях работы в полете. На основе экспериментальных методов можно определить прочностной ресурс, выявить слабые места конструкции и характер возможного разрушения, а также оценить скорость развития трещин в элементах.

2.4. ЖИВУЧЕСТЬ ЛА

С развитием ЛА и дальнейшим усложнением их систем остро встал вопрос о живучести конструкций и всех функциональных систем. При проектировании ЛА учитывают ожидаемые условия эксплуатации, в которых он будет эксплуатироваться.

При создании ЛБ все функциональные системы проектируются таким образом, чтобы возникающие в процессе эксплуатации неисправности, повреждения и даже отказы отдельных узлов или элементов не

приводили к возникновению аварийной ситуации в полете. Для этого широко используется резервирование. Функциональные системы, отказ которых приводит к аварийной или катастрофической ситуации, должны быть сконструированы таким образом, чтобы имеющийся опыт позволял считать отказ практически невероятным событием, или используемое резервирование сохраняло после двух последовательных отказов возможность продолжения полета по крайней мере в режиме ручного управления. *Под живучестью* ЛА или функциональной системы понимают свойство, обеспечивающее нормальное выполнение заданных функций в полете (или в полетах) с отдельными отказами или повреждениями их элементов или узлов. Предельное состояние конструкции обуславливается моментом начала снижения ее несущей способности. В связи с этим используют два основных принципа его определения: «безопасного ресурса», который заключается в прогнозе с весьма высокой надежностью его возникновения на наихудшем в смысле рассеивания экземпляре ЛА; «безопасного повреждения», который заключается в своевременном обнаружении этого момента на любом экземпляре ЛА. В первом случае надежность обеспечивается надлежащим выбором достаточно большого значения коэффициента запаса при выборе назначенного ресурса, а во втором — периодическими осмотрами конструкции с такими интервалами между ними, которые обеспечивали бы практическую невероятность образования повреждения, превышающего допустимую величину трещины $l_{кр}$.

Для обеспечения эксплуатационной живучести конструкции должны быть известны опасные зоны, в которых могут происходить усталостные разрушения до отработки назначенного ресурса; все зоны предполагаемых усталостных повреждений должны быть доступны для периодического контроля; остаточная прочность конструкции с трещинами, размеры которых контролируются, должна быть не ниже допустимой; скорость развития усталостных трещин не должна превышать заданных ограничений, которые обеспечивают безопасность полетов; периодичность контроля и разрешающая способность средств контроля должны обеспечивать высокую вероятность обнаружения допустимых повреждений.

При эксплуатации пассажирских самолетов в качестве определяющего критерия живучести принимаются размеры повреждений, при которых сохраняется допустимая остаточная прочность. Этот критерий является расчетным. Требование по обеспечению заданной длительности роста трещин рассматривается как дополнительное из-за множества неопределенностей развития повреждения.

За расчетные повреждения крыла вновь создаваемых самолетов принимаются: трещина в стенке лонжерона длиной в половину высоты стенки; полное разрушение переднего или заднего пояса лонжерона; двухпролетная (два межстрингерных расстояния) трещина в любом месте обшивки.

За расчетные повреждения фюзеляжа принимаются: двухпролетная трещина обшивки в поперечном направлении с разрушенным стрин-

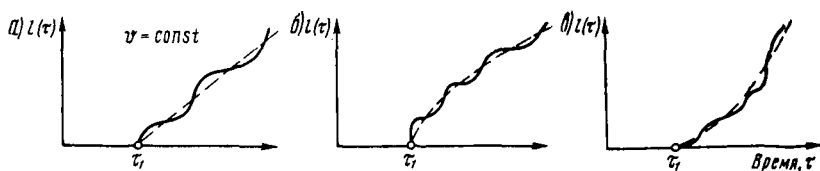


Рис. 2.5. Возможный вид распространения трещин

гером по середине трещины; двухпролетная продольная трещина обшивки с разрушенным шпангоутом.

Указанные выше допустимые размеры повреждений определяют из анализа обнаруженных усталостных повреждений планера эксплуатируемых самолетов, а также закономерностей разрушения поврежденных конструкций (теория механики разрушения) во время испытаний.

Выполненные в последние годы отечественными и зарубежными специалистами исследования роста и распространения усталостных трещин в самолетных конструкциях позволили выявить закономерности появления трещин и их распространение. Закономерность развития трещины может быть различной в зависимости от особенностей конструкции. Так, в клепаных статически неопределимых конструкциях наблюдается примерно постоянная скорость развития трещин (рис. 2.5, а). Это обусловлено перераспределением усилий в элементах конструкции по мере роста трещины. Замедленное распространение трещины (рис. 2.5, б) характерно для конструкций, имеющих концентраторы напряжений. В области концентратора напряжений скорость повышена, затем она уменьшается в связи с выходом в слабонапряженную область. В ряде случаев в конструкции предусматривают так называемые «ловушки», замедляющие и останавливающие развитие трещин.

Ускоренное развитие трещин (рис. 2.5, в) характерно для статически определимых конструкций, имеющих в значительной зоне равномерно-напряженное состояние. Не следует забывать, что первый и второй типы справедливы лишь для некоторого периода развития трещины. Если она достигает значительных размеров, то происходит потеря статической прочности или динамической устойчивости и наступает катастрофическое разрушение. Наиболее опасен третий тип развития трещины. При этом значительно возрастает значимость методов неразрушающего контроля элементов конструкции.

В связи с вероятным появлением трещины в некоторой зоне конструкции при определенном налете ЛА инженерно-технический персонал, занятый на техническом обслуживании, должен обладать возможностями и средствами обнаружения данной трещины раньше, чем она станет опасной.

Принцип «безопасной повреждаемости» распространяется и на функциональные системы. Основным способом повышения надежности и обеспечения живучести здесь является резервирование систем,

отдельных участков, элементов. Считается, что наиболее эффективным способом обеспечения живучести и функциональной безопасности является общее резервирование. Принцип «безопасной повреждаемости» обеспечивается применением сложных конструкций типа «обшивка — дублер» на основе высокопрочного клея ВК-51А; для уменьшения массы конструкции применяются крупногабаритные полуфабрикаты из алюминиевых сплавов, катаные плиты больших размеров, прессованные профили, многие элементы из композиционных и полимерных материалов. Композиционные материалы применяются в сочетании с сотами из алюминиевого сплава АМГ-2Н и бумажными сотами типа «номенс». Для защиты от коррозии применяется хромово-кислотное и серно-кислотное анодирование с последующим покрытием грунтами. Особое внимание уделено топливным кессонам. Применяют также асбостойкие лакокрасочные покрытия обшивки. Все эти и другие меры будут способствовать обеспечению живучести современных пассажирских ЛА.

Глава 3

ЭКСПЛУАТАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЧНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

3.1. ФАКТОРЫ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Совершенствование процессов технического обслуживания и улучшение технико-экономических показателей деятельности эксплуатационных предприятий во многом определяются уровнем эксплуатационной технологичности ЛА. Поэтому весьма важным в деятельности инженеров-эксплуатационников является умение анализировать и оценивать эксплуатационную технологичность ЛА для корректирования объемов технического обслуживания, своевременного и обоснованного предъявления требований к промышленности.

Под *эксплуатационной технологичностью ЛА* понимают совокупность свойств его конструкции, характеризующих приспособленность к выполнению всех видов работ по ТОиР с использованием наиболее экономичных технологических процессов. Это означает приспособленность конструкции к прогрессивным стратегиям и методам ТОиР таким, например, как стратегия ТОиР по техническому состоянию и метод регламентированного агрегатно-узлового ремонта, приспособленность конструкции к выполнению отдельных операций ТОиР, в том числе операций по устранению отказов и повреждений.

Эксплуатационная технологичность определяется рядом факторов, которые учитываются при создании ЛА в зависимости от его назначения и условий эксплуатации. Они объединяются во взаимосвязанные группы: конструктивно-производственные и эксплуатационные факторы.

К конструктивно-производственным факторам относятся: доступность, контролепригодность, легкосъемность, взаимозаменяемость, преемственность средств наземного обслуживания и контрольно-измерительной аппаратуры, унификация функциональных систем и агрегатов.

В группу эксплуатационных факторов входят формы организации выполнения ТОиР, состояние производственно-технической базы, квалификация специалистов, полнота удовлетворения требований в запасных частях и материалах, а также полнота и качество эксплуатационно-технической документации.

Конструктивно-производственные факторы определяют свойства самой конструкции и должны учитываться при создании ЛА. Эксплуатационные же факторы определяют среду, в которой проявляются свойства конструкции, и должны учитываться как при создании, так и при эксплуатации ЛА.

Не умаляя роли и влияния на уровень эксплуатационной технологичности эксплуатационных факторов, можно сказать, что требуемые свойства конструкции ЛА в отношении его приспособленности к ТОиР закладываются и обеспечиваются на этапах проектирования и производства. Именно на этих этапах путем соответствующих конструктивно-технологических решений обеспечиваются необходимые эксплуатационные свойства ЛА.

Доступность к объекту ТОиР — важный фактор сокращения времени и трудовых затрат при проведении всех плановых видов ТОиР, а также определении мест внезапных отказов, повреждений и их устранении. Под доступностью понимают прежде всего удобство работы (позу) исполнителя при выполнении основных операций ТОиР с минимальным объемом дополнительных работ. От позы, которую вынужден принимать исполнитель при работе, зависит производительность его труда (в среднем 100 .. 30 %), а для выполнения одного и того же объема операций требуются различные трудоемкость и продолжительность.

В понятие доступности, помимо удобства работы исполнителя, входит также пригодность объекта для выполнения целевых операций по ТОиР с минимальными объемами дополнительных работ или вообще без них. При этом к дополнительным работам относятся открытие и закрытие панелей, крышек люков, демонтаж и монтаж рядом установленного оборудования и другие работы.

Контролепригодность — важный фактор проведения контроля параметров систем и комплектующих изделий ЛА различными средствами и методами (прежде всего средствами технической диагностики и неразрушающего контроля). Значение проблемы контролепригодности конструкций ЛА в первую очередь определяется требованиями обеспечения их надежной работы. Обеспечение приспособленности конструкций к проведению их проверок теми или иными методами и средствами контроля неизбежно связано с дополнительными затратами. Однако они окупаются за счет повышения надежности, более эффективного использования ЛА и сокращения расходов на проведение

ТОиР. Контролепригодность оказывает решающее влияние на внедрение в практику новых, более эффективных методов выполнения ТОиР и, в частности, метода обслуживания и замены изделий по техническому состоянию.

Легкосъемность означает пригодность изделия к замене с минимальными затратами времени и труда. Ее не следует смешивать с доступностью. На ЛА встречаются такие детали и изделия, к которым обеспечена отличная доступность, но замена их при эксплуатации затруднена. А так как обычным способом устранения отказов в эксплуатации ЛА является замена отказавшего изделия, то требование легкосъемности имеет важное значение для сокращения времени простоя ЛА и повышения регулярности их полетов. Легкосъемность во многом определяется применяемыми способами крепления изделий, заменяемых в эксплуатации, конструкцией разъемов, массой и габаритными размерами съемных элементов.

Взаимозаменяемость комплектующих изделий и деталей означает такое их свойство, при котором из множества одноименных деталей (изделий) можно без выбора взять любую и без подгонки (допускается применение технологических компенсаторов) установить на ЛА. В зависимости от объема подгоночных работ устанавливается соответствующая степень взаимозаменяемости. Чем меньше объем подгоночных работ при замене изделий и деталей, тем выше степень их взаимозаменяемости. Последняя имеет большое значение для сокращения затрат труда, материалов и простоев ЛА при ТОиР. От этого фактора в первую очередь зависит успешное внедрение агрегатно-узлового ремонта, метода замены и ремонта агрегатов по техническому состоянию.

Под *преимуществом средств наземного обслуживания и контрольно-поверочной аппаратуры* понимают возможность использования для обслуживания нового типа ЛА уже имеющихся средств общего назначения. Чем большее число этих средств будет удовлетворять требованиям технического обслуживания и текущего ремонта нового типа ЛА, тем выше его эксплуатационная технологичность. Этот фактор оказывает значительное влияние на организацию рабочего места и удобства работы обслуживающего персонала, сроки и стоимость ТОиР.

Унификация функциональных систем и изделий ЛА является весьма важным фактором не только для повышения его эксплуатационной технологичности, но и повышения эффективности эксплуатации парка ЛА в целом. Увеличение числа одних и тех же изделий на разнотипных ЛА намного упрощает и удешевляет ТОиР, уменьшает номенклатуру запасных частей на складах предприятий, сокращает число видов потребной контрольно-поверочной аппаратуры.

3.2. ПОКАЗАТЕЛИ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Для анализа и оценки эксплуатационной технологичности необходимы количественные показатели. Они должны характеризовать конструкцию ЛА с точки зрения эксплуатационной технологичности.

К ним предъявляются требования: максимального учета факторов, определяющих эксплуатационную технологичность; возможности использования показателей при расчетах и задании в требованиях на вновь создаваемые типы ЛА, двигателей и их агрегатов; удобства применения показателей на практике при оценке уровня эксплуатационной технологичности на этапах испытаний и эксплуатации; чувствительности к изменению факторов, влияющих на уровень эксплуатационной технологичности.

Полноту учета большого числа самых разнообразных факторов, определяющих эксплуатационную технологичность, трудно оценить каким-либо одним показателем. Поэтому используют совокупность показателей, состоящую из обобщенных и единичных показателей.

К числу обобщенных показателей относятся:

удельная оперативная продолжительность ТООР K_t в часах на 1 ч налета. Этот показатель характеризует приспособленность ЛА к проведению на нем всех видов ТООР, определяемых характеристиками безотказности и долговечности;

удельная оперативная трудоемкость ТООР K_T в человеко-часах на 1 ч налета. Она характеризует трудоемкость, потребную для поддержания безотказности работы всех функциональных систем на заданном уровне, а также обеспечения исправности и работоспособности ЛА. Слово «оперативная» в приведенных показателях означает, что в расчет принимаются только те затраты времени и трудоемкости, которые непосредственно связаны с выполнением ТООР на ЛА без учета различного рода перерывов в работе и связанных с ними дополнительных трудовых затрат;

удельная стоимость запасных частей и материалов при выполнении ТООР K_a в рублях на 1 ч налета. Она характеризует частоту сменяемости комплектующих изделий на ЛА и стоимость их замен;

среднее время устранения отказов t_r в процессе оперативных видов ТО;

интенсивность устранения отказов (текущего ремонта) μ ;

вероятность выполнения непланового текущего ремонта P_v за заданный интервал времени t_3 его стоянки. Этот показатель представляет собой вероятность того, что случайное время t устранения отказа не превышает t_3 . Он характеризует приспособленность ЛА к проведению текущего ремонта в процессе оперативных видов ТО при ограниченных затратах времени.

К единичным относят показатели эксплуатационной технологичности, характеризующие отдельные свойства конструкции ЛА. Номенклатура их выбирается прежде всего с учетом конструктивно-производственных факторов: доступности, легкосъемности, взаимозаменяемости, контролепригодности, преемственности и др. Каждое из свойств конструкции оценивается соответствующим безразмерным коэффициентом, изменяющимся от 0 до 1. Это коэффициенты доступности K_d , легкосъемности $K_{л}$, взаимозаменяемости K_v , контролепригодности $K_{кп}$, преемственности $K_{пр}$.

3.3. ЗАДАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ОБЩИХ ТРЕБОВАНИЯХ НА ЛА

Важный этап обеспечения эксплуатационной технологичности — задание ее показателей в общих требованиях на новые типы ЛА. Нормативные значения основных показателей в них рекомендуется задавать в зависимости от некоторых основных характеристик ЛА, известных на ранних стадиях их создания. Такими характеристиками могут быть: масса ЛА, коммерческая загрузка, стоимость нового ЛА, его годовой налет, продолжительность стоянки между полетами и др.

При решении этой задачи следует исходить из общих тенденций изменения основных параметров, характеризующих эффективность процесса технической эксплуатации, а также достигнутого уровня эксплуатационной технологичности лучших образцов отечественных и зарубежных ЛА.

Удельная оперативная продолжительность ТОиР K_t задается в требованиях в зависимости от годового налета ЛА T_r в часах (рис. 3.1). С увеличением нормативного значения годового налета на ЛА T_r значения K_t должны, естественно, снижаться. Так, для обеспечения $T_r = 3000$ ч значение K_t не должно превышать 0,6 ч на 1 ч налета, а без учета оперативных форм ТО — 0,3 ч на 1 ч налета.

Удельная оперативная трудоемкость ТОиР K_T обычно задается в требованиях в зависимости от взлетной массы или от массы пустого ЛА. Эмпирическая формула, устанавливающая связь K_T с массой m в тоннах пустого ЛА, имеет вид:

при применении традиционных программ ТОиР $K_T = 2,8 + 0,165 m$;

при применении прогрессивных программ ТОиР по техническому состоянию $K_T = 2,0 + 0,115 m$.

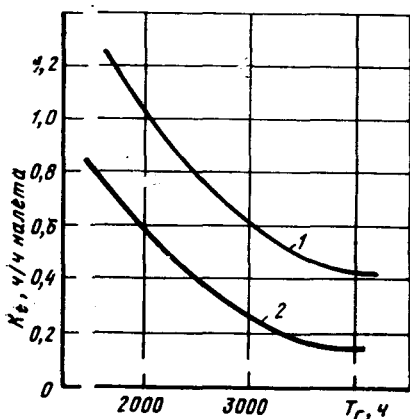


Рис. 3.1. Удельная оперативная продолжительность ТОиР в зависимости от годового налета ЛА:

1 — с учетом всех форм ТОиР $K_t = 2294/T_r - 0,15$; 2 — без учета оперативных форм ТО $K_t = (8760 - T_r)/6,3 T_r$

Удельная оперативная трудоемкость ТОиР может также задаваться в требованиях в зависимости от удельной стоимости $C_{уд}$ ТОиР ЛА в рублях на 1 ч налета (рис. 3.2).

Значение $C_{уд}$ для конкретного типа ЛА определяется в свою очередь в зависимости от нормативного значения себестоимости перевозок 1 т·км. Доля затрат на ТОиР в себестоимости перевозок 1 т·км для основного парка ЛА в последние годы составляет около 12 %.

Аналогичным образом в общих требованиях задается показатель удельной стоимости запасных частей и материалов K_z при выполнении ТОиР (рис. 3.3).

Зная удельную стоимость $C_{уд}$ для интересующего нас типа ЛА, с

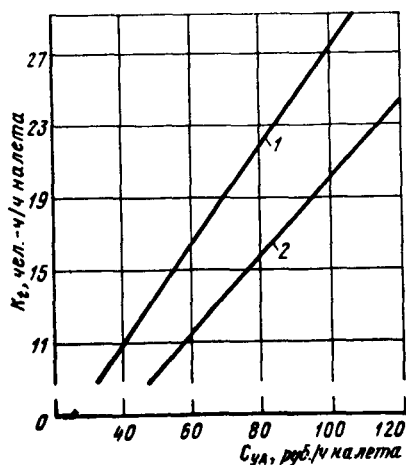


Рис. 3.2. Удельная оперативная трудоемкость в зависимости от удельной стоимости ТОиР:

1 — при применении традиционных программ ТОиР по наработке $K_t=0,296$ Суд—1,156; 2 — при применении программ ТОиР по состоянию $K_t=0,207$ Суд—0,809

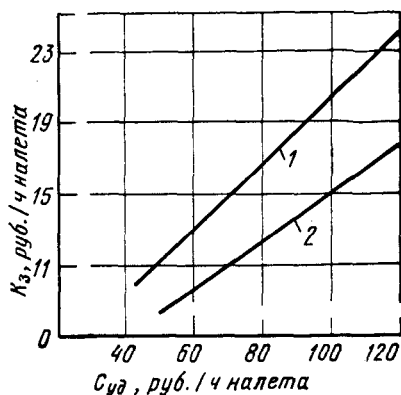


Рис. 3.3. Удельная стоимость запасных частей и материалов в зависимости от удельной стоимости ТОиР:

1 — при применении традиционных программ ТОиР по наработке $K_z=0,485$ Суд—4,896; 2 — при применении программ ТОиР по состоянию $K_z=0,339$ Суд—3,427

помощью приведенных зависимостей можно определить требуемые значения показателей эксплуатационной технологичности K_t и K_z .

Показатель вероятности выполнения непланового текущего ремонта на ЛА за заданный интервал времени $P_y \{t \leq t_3\}$ в общих требованиях задается в зависимости от вероятности безотказной работы изделий в предыдущем полете P_p , вероятности наличия в аэропорту свободной бригады специалистов $P_{св}$ и вероятности своевременного вылета P_v :

$$P_y \{t \leq t_3\} = \frac{P_v - P_p}{P_{св} (1 - P_p)}.$$

Нормативные значения показателя $P_y \{t \leq t_3\}$ не должны превышать значений, приведенных в табл. 3.1 при $P_{св} = 1$.

Т а б л и ц а 3.1. Нормативные значения $P_y \{t \leq t_3\}$

P_v	P_p						
	0,99	0,97	0,95	0,92	0,90	0,87	0,85
0,995	0,5	0,83	0,9	0,93	0,95	0,96	0,97
0,99	—	0,66	0,8	0,87	0,9	0,92	0,93
0,98	—	0,5	0,6	0,75	0,8	0,85	0,87
0,97	—	—	0,4	0,62	0,7	0,77	0,8

При решении вопроса о нормировании данного показателя необходимо исходить из условия обеспечения своевременного вылета ЛА после его кратковременной стоянки в аэропорту с продолжительностью, не превышающей заданное время. Обеспечение требуемых значений $P_y (t \leq t_3)$ должно осуществляться за счет конструктивно-технологических мероприятий по повышению эксплуатационной технологичности ЛА.

3.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Показатели эксплуатационной технологичности ЛА на этапах его испытаний и эксплуатации определяются на основе использования статистических данных по ТООР. К их числу относятся: действующие ресурсы ЛА и его изделий; формы ТООР и периодичность их выполнения; трудоемкость отдельных форм обслуживания и продолжительность их выполнения; время, потребное на замену основных изделий; затраты на запасные части при ТООР; перечень изделий, подлежащих периодическому контролю при эксплуатации с демонтажем и без демонтажа с ЛА, а также потребные контрольно-поверочная аппаратура и оборудование.

Этап испытаний и доводки первых экземпляров ЛА является важнейшим для проверки и оценки уровня их эксплуатационной технологичности. От объема и глубины исследований, проведенных на данном этапе, во многом зависят эффективность использования ЛА в дальнейшем и эксплуатационные расходы. Но не все можно учесть на этом этапе.

В начале регулярной эксплуатации ЛА выявляются дополнительные факторы, которые необходимо учитывать при оценке уровня эксплуатационной технологичности. Определение показателей на данном этапе проводится с использованием статистических данных, полученных из практики работы предприятий гражданской авиации.

Определение обобщенных показателей. При определении обобщенных показателей эксплуатационной технологичности в качестве исходных данных о продолжительности и трудоемкости выполнения форм ТООР и операций по устранению отказов принимаются значения так называемых оперативных продолжительности и трудоемкости. Это означает, что при расчетах эксплуатационной технологичности принимаются лишь те затраты времени и труда, которые зависят от совершенства конструкции ЛА и не связаны с организацией проведения ТООР.

Удельная оперативная продолжительность ТООР

$$K_t = \frac{T_{оп} + T_{п} + T_{рем}}{T_{рес.л}} + \frac{T_{см} \eta}{T_{рес.л} (1 - K_{д.с})},$$

где $T_{оп}$, $T_{п}$ — суммарная продолжительность выполнения всех форм оперативного и периодического обслуживания соответственно за межремонтный ресурс (ремонтный цикл) ЛА $T_{рес.л}$, ч; $T_{рем}$ — средняя продолжительность ремонта

ЛА, ч; $T_{\text{см}}$ — средняя продолжительность смены двигателя, ч; $T_{\text{рес.д}}$ — межремонтный ресурс двигателя, ч; $K_{\text{д.с}}$ — коэффициент досрочных замен двигателей; η — коэффициент, учитывающий число замен двигателей, которые не совмещаются по времени с периодическими формами обслуживания.

Значения $T_{\text{оп}}$ и $T_{\text{п}}$ в свою очередь определяются исходя из принятых для каждого типа ЛА форм технического обслуживания, периодичности и средних значений продолжительности их выполнения.

Среднее время устранения отказов в процессе оперативных видов ТО

$$\bar{t}_y = \sum_{i=1}^k q_i \bar{t}_{yi},$$

где q_i — условная вероятность отказа изделий i -й группы (системы ЛА); $\bar{t}_{yi}$ — среднее время устранения отказа изделия i -й группы, включая время на его обнаружение; k — число групп изделий на ЛА.

Условная вероятность отказа изделия i -й группы в общем случае

$$q_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^k \omega_i},$$

где ω_i — параметр потока отказов изделий i -й группы ($i = 1, 2, \dots, k$).

Среднее время устранения отказов изделий каждой группы ЛА определяется на основании результатов обработки статистических данных. Когда данных получено достаточно и заранее известен характер распределения времени текущего ремонта данного типа ЛА или его отдельных функциональных систем, среднее время устранения отказа $\bar{t}_y$ определяют по известным формулам. В случае экспоненциального распределения

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

где r — число отказов, устраненных в процессе оперативных видов ТО; t_{yi} — время устранения i -го отказа.

Интенсивность устранения отказов (текущего ремонта) μ определяется как величина, обратная среднему времени устранения отказа: $\mu = 1/\bar{t}_y$. В этом случае полагают, что интенсивность устранения отказов является величиной постоянной во времени, а закон распределения времени устранения отказов — экспоненциальный.

Вероятность выполнения непланового текущего ремонта $P_y\{t \leq t_3\}$ в заданное время t_3 определяют в зависимости от вида распределения времени текущего ремонта. Вид распределения времени текущего ремонта определяется в основном принятым методом обнаружения отказавшего изделия и особенностями конструкции системы ЛА. Если системы ЛА и их изделия модульного типа, а ремонт осуще-

ствляется методом замены, то, как правило, имеет место экспоненциальное распределение времени текущего ремонта и, следовательно

$$P_y \{t \leq t_3\} = 1 - e^{-\mu t_3},$$

где μ — интенсивность текущего ремонта; t_3 — заданное время простоя ЛА.

Для других случаев поиска и устранения неисправностей наиболее часто используется логарифмически нормальное распределение времени текущего ремонта

$$P_y \{t \leq t_3\} = \int_0^{t_3} f_y(t) dt,$$

где $f_y(t)$ — плотность вероятности текущего ремонта.

Удельная оперативная трудоемкость ТОиР K_T в человеко-часах на час налета

$$K_T = \frac{\Sigma T_0 + T_{\text{рем.л}}}{T_{\text{рес.л}}} + \frac{(T_{\text{см}} + T_{\text{рем.д}}) n_d}{T_{\text{рес.д}} (1 - K_{\text{д.с}})} + \sum_{i=1}^{N_i} \frac{T_{\text{рем.и}i} n_{ii}}{T_{\text{рес.и}i} (1 - K_{\text{и}i})},$$

где ΣT_0 — суммарная трудоемкость всех форм технического обслуживания, включая работы по устранению отказов и неисправностей за межремонтный ресурс (ремонтный цикл) ЛА $T_{\text{рес.л}}$, чел.-ч; $T_{\text{рем.л}}$, $T_{\text{рем.д}}$, $T_{\text{рем.и}i}$ — трудоемкость ремонта ЛА, двигателя, i -го изделия соответственно, чел.-ч; $T_{\text{см}}$ — трудоемкость замены двигателя, чел.-ч; $T_{\text{рес.д}}$, $T_{\text{рес.и}i}$ — межремонтные ресурсы двигателя и i -го изделия соответственно, ч; $K_{\text{д.с}}$, $K_{\text{и}i}$ — коэффициенты досрочных замен двигателя, i -го изделия соответственно; n_d , n_{ii} — число двигателей и изделий каждого типа на ЛА, заменяемых в пределах $T_{\text{рес.д}}$ и $T_{\text{рес.л}}$ соответственно; N_i — число типов изделий, заменяемых на ЛА в пределах $T_{\text{рес.л}}$.

Суммарная трудоемкость ΣT_0 в свою очередь определяется исходя из принятых форм технического обслуживания ЛА в пределах ресурса $T_{\text{рес.л}}$ и средних значений трудоемкости каждой из форм обслуживания.

Удельная стоимость запасных частей и материалов K_3 в рублях на час налета

$$K_3 = \frac{C_0 + C_{\text{рем.л}}}{T_{\text{рес.л}}} + \frac{C_{\text{рем.д}} n_d}{T_{\text{рес.д}} (1 - K_{\text{д.с}})} + \sum_{i=1}^{N_i} \frac{C_{\text{рем.и}i} n_{ii}}{T_{\text{рес.и}i} (1 - K_{\text{и}i})},$$

где C_0 — средняя суммарная стоимость запасных частей и материалов при выполнении всех форм технического обслуживания за ресурс $T_{\text{рес.л}}$, руб.; $C_{\text{рем.л}}$, $C_{\text{рем.д}}$, $C_{\text{рем.и}i}$ — средняя стоимость запасных частей и материалов при ремонте ЛА, двигателя, i -го изделия соответственно, руб.

Метод определения значения показателя K_3 ничем не отличается от описанного ранее метода определения K_T . Используя приведенные выражения, значения показателей K_T и K_3 можно определить не только для ЛА в целом, но и для его отдельных функциональных систем. Это значительно облегчает анализ и выявляет резервы улучшения показателей удельных трудоемкости и стоимости запасных частей и материалов при ТОиР ЛА.

Определение единичных показателей. Единичные показатели, характеризующие отдельные свойства конструкции ЛА, выражаются в виде безразмерных коэффициентов. Считается, что конструкция полностью отвечает предъявляемым к ней требованиям по тем или иным свойствам, если коэффициент, характеризующий его, равен или близок единице.

Коэффициент доступности к объекту ТОиР

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

где $T_{\text{доп}}$ — средняя трудоемкость дополнительных работ, чел.-ч; $T_{\text{осн}}$ — средняя трудоемкость основной работы, чел.-ч.

К дополнительным работам в данном случае относятся такие, как снятие и установка крышек всевозможных люков, панелей, капотов, зализов, теплозвукоизоляции, демонтаж и монтаж рядом установленного и не подлежащего съёмке оборудования, и пр. Основными работами считаются контрольные, регулировочные, смазочные, заправочные операции, демонтаж и монтаж подлежащих замене агрегатов и изделий.

Коэффициент взаимозаменяемости изделия или элемента конструкции ЛА

$$K_v = 1 - \frac{T_{\text{подг}}}{T_{\text{подг}} + T_{\text{д.м}}},$$

где $T_{\text{подг}}$ — средняя трудоемкость подгоночных, проверочных или подстроечных работ при замене изделия (элемента конструкции), чел.-ч; $T_{\text{д.м}}$ — средняя трудоемкость демонтно-монтажных работ рассматриваемого изделия, чел.-ч.

При определении K_v в $T_{\text{подг}}$ включаются все виды подгоночных, проверочных или подстроечных работ, выполняемых по месту установки на ЛА нового или взятого из обменного фонда изделия.

Коэффициент легкосъемности изделия или элемента конструкции ЛА

$$K_L = 1 - \Delta T_{\text{д.м}} / T_{\text{д.м}},$$

где $\Delta T_{\text{д.м}}$ — отклонение трудоемкости демонтно-монтажных работ рассматриваемого изделия в сравнении с базовым показателем, чел.-ч.

За базовый показатель в данном случае принимается показатель легкосъемности, заданный в требованиях или аналогично образцу изделия, принятому за эталон.

Коэффициент контролепригодности отдельных функциональных систем и ЛА в целом

$$K_k = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_T} T_j K_j}{\sum_{i=1}^{n_H} T_i K_i + \sum_{j=1}^{n_T} T_j K_j},$$

где T_i — трудоемкость разового контроля i -го изделия, не требующего демонтажа с ЛА, чел.-ч; T_j — трудоемкость разового контроля j -го изделия, требующего обязательного демонтажа с ЛА, включая трудоемкость его демонтажа и монтажа, чел.-ч; n_T, n_H — числа изделий в системе (на ЛА), требующих и не требующих обязательного демонтажа для контроля соответственно; K_i, K_j — частота контроля изделий в течение межремонтного ресурса (ремонтного цикла) ЛА $T_{рес.п}$, не требующих и требующих демонтажа соответственно.

Коэффициент преимущества средств наземного обслуживания ЛА $K_{пр}$ можно определить по формуле

$$K_{пр} = 1 - \frac{C_{н.о}}{C_{н.о} + C_{с.о}},$$

где $C_{н.о}$ — стоимость комплекта нового наземного оборудования, предназначенного для обслуживания и ремонта ЛА только данного типа, тыс. руб.; $C_{с.о}$ — стоимость комплекта уже имеющегося в эксплуатации оборудования и изготавливаемого серийно, тыс. руб.

На практике $K_{пр}$ иногда определяется более простым способом, а именно через отношение числа оборудования в комплектах, а не их стоимостей. Преимущество такого способа — сравнительная простота расчета. Однако его точность в ряде случаев является недостаточной. Так же можно определить коэффициент преимущества и для контрольно-поверочной аппаратуры и оборудования.

Рассмотренные единичные показатели не являются исчерпывающими. В некоторых случаях может оказаться необходимым применение и других показателей (например, коэффициенты унификации изделий, крепежных деталей и др.). Способ их расчета практически ничем не отличается от изложенного выше.

Оценка уровня эксплуатационной технологичности. Она включает качественный анализ конструкции и количественную оценку достигнутого уровня технологичности.

При проведении качественного анализа дается оценка приспособленности конструкции к выполнению всех операций ТОиР, предусмотренных технологией, определяется состав и вид применяемого инструмента, контрольно-поверочной аппаратуры и средств наземного обслуживания, а также оценивается полнота и качество эксплуатационно-технической документации. Оценка конструктивных решений при качественном анализе ЛА осуществляется их сравнением с конструктивными решениями, достигнутыми на лучших образцах ЛА подобного класса.

Количественная оценка уровня эксплуатационной технологичности представляет собой заключительный этап анализа и производится на стадиях проектирования, производства и эксплуатации ЛА. По результатам выполнения данного этапа выдаются окончательное заключение об эксплуатационной технологичности и рекомендации по изменению конструктивно-технологических решений на оцениваемом типе ЛА.

Разработка простых и достоверных способов количественной оценки уровня технологичности является важнейшей задачей. Для ее решения можно воспользоваться дифференцированным методом, применяемым для оценки уровня качества изделий. Под уровнем эксплуатационной технологичности в данном случае понимается относительная характеристика, основанная на сравнении совокупности показателей технологичности оцениваемого объекта с соответствующей совокупностью базовых (эталонных) показателей. В качестве последних может быть принята реально существующая или гипотетическая конструкция, аналогичная по назначению, классу и условиям эксплуатации. Эталонами могут служить также требования по обеспечению эксплуатационной технологичности ЛА.

Оценка уровня эксплуатационной технологичности ЛА производится дифференцированно по каждому из показателей. В первую очередь рассматриваются обобщенные (технико-экономические) показатели, а затем для некоторых особо важных изделий, оговоренных в технических требованиях, — единичные (технические) показатели. За меру сравнения принимают относительные показатели

$$\beta_i = K_{i3}/K_i, \text{ или } \beta_i = K_i/K_{i3},$$

где K_i — значение i -го показателя оцениваемого ЛА; K_{i3} — значение i -го базового показателя.

Для каждого из показателей β_i выбирается то из приведенных выражений, в котором его увеличению отвечает повышение уровня эксплуатационной технологичности. Так, уровень технологичности по основным показателям K_T , K_t , K_a оценивается по первому из выражений, так как увеличение значения показателя указывает на улучшение технологичности.

Оценку уровня эксплуатационной технологичности по вероятностным показателям вида $P_Y\{t \leq t_3\}$ и всем единичным показателям (за исключением легкосъемности) следует выполнять по второму выражению, так как в этом случае улучшение технологичности происходит при увеличении значения показателя. Положительная оценка дается в тех случаях, когда $\beta_i \geq 1$, а отрицательная — когда $\beta_i < 1$. В последнем случае требуется проведение дальнейших конструктивных улучшений.

Дифференцированный метод оценки уровня эксплуатационной технологичности имеет большие преимущества перед другими методами (комплексный, смешанный, экспертный). Он позволяет дать четкую оценку уровня конкретно по каждому из интересующих нас показателей.

В результате с его помощью выдается не только оценка уровня, но и конкретный план действий для конструкторов и технологов по улучшению тех показателей, по которым получена отрицательная оценка.

3.5. ТРЕБОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ И СПОСОБЫ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

Действующие требования по обеспечению эксплуатационной технологичности включают в себя основные положения, требуемые значения показателей, принятую стратегию ТОиР, требования к конструкции, требования и рекомендации по конструктивному выполнению систем и оборудования.

В соответствии с предъявляемыми требованиями в конструкциях новых типов ЛА предусматривается возможность широкого применения при эксплуатации функциональных систем и их изделий программ ТОиР по техническому состоянию, а при эксплуатации планера ЛА — программ контроля и регламентированного ремонта его узлов и элементов.

Применение таких программ ТОиР основывается на соблюдении при конструировании и постройке ЛА следующих требований:

конструкция функциональных систем, изделий, оборудования ЛА должна быть контролепригодной, обеспечивающей возможность проведения дискретного (или непрерывного) контроля параметров, характеризующих их техническое состояние;

силовые узлы и элементы конструкции планера должны быть контролепригодными, обеспечивающими применение при ТОиР физических методов неразрушающего контроля;

конструкция узлов планера и функциональных систем, размещение на ЛА изделий и оборудования, их компоновка должны обладать высоким уровнем эксплуатационной технологичности;

конструкция планера должна быть приспособлена к агрегатно-узловому ремонту с обеспечением высокой взаимозаменяемости агрегатов, узлов и элементов (без выполнения подгоночных и с минимальным объемом регулировочных работ) и возможностью использования обменного фонда.

Оперативное время, необходимое для замены изделий при ТОиР (включая регулировочные работы и проверку работоспособности после замены), не должно превышать следующих значений (рис. 3.4):

не менее чем для 70 % всех изделий (в первую очередь для изделий авиационного и радиоэлектронного оборудования) — до 30 мин. Это время определяется длительностью кратковременной стоянки ЛА в промежуточных аэропортах при выполнении рейса;

не менее чем для 20 % изделий систем — от 30 мин до 1 ч;

для остальных изделий — 1...

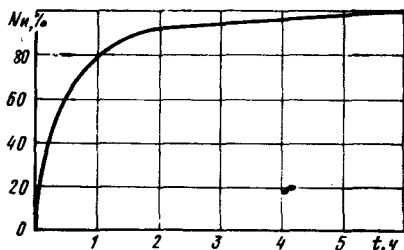


Рис. 3.4. Зависимость требуемого времени t на замену изделий от их числа N_n

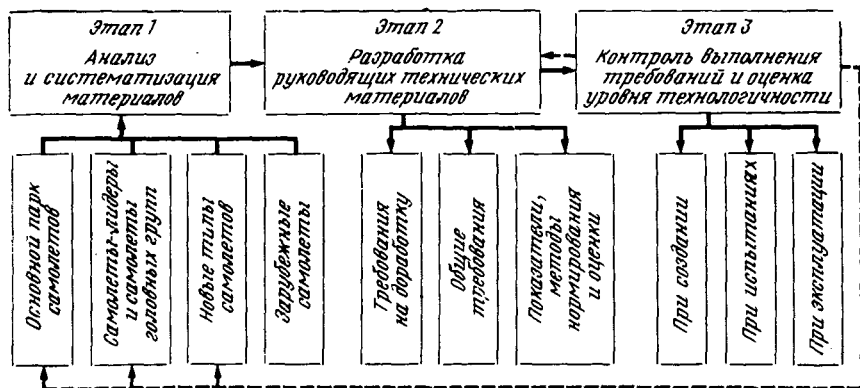


Рис. 3.5. Схема проведения работ по обеспечению эксплуатационной технологичности ЛА

8 ч, при этом число изделий с продолжительностью замены 6 ... 8 ч должно быть не более 1 %.

Требования к конструкции для выполнения смазочных, контрольно-крепежных, контрольно-регулирующих работ сводятся к тому, чтобы минимизировать число видов смазки и унифицировать типы применяемых масленок и других устройств для смазки трущихся поверхностей; обеспечить легкий доступ к резьбовым соединениям, требующим проверки момента затяжки болтов; сократить число типоразмеров крепежных деталей; унифицировать размеры под ключ головок болтов и гаек; обеспечить встроенные датчики и выводные устройства в изделиях, блоках для замера диагностических параметров при техническом обслуживании без их демонтажа с ЛА; унифицировать присоединительные места (штуцера, разъемы и др.) для присоединения к ЛА контрольно-поверочной аппаратуры.

Требования к размещению на ЛА отдельных систем и оборудования сводятся к следующему: обеспечению доступности, легкосъемности и взаимозаменяемости изделий различных систем ЛА при их ТОиР; группировке съемных изделий в монтажные узлы (панели) и размещению их в специализированных отсеках с обеспечением нормальных условий работы обслуживающего персонала в этих отсеках.

Успешная реализация предъявляемых требований по эксплуатационной технологичности достигается тогда, когда в тесном содружестве работают специалисты конструкторских бюро, заводов промышленности, научно-исследовательских организаций, эксплуатационных и ремонтных предприятий гражданской авиации.

Всю работу условно можно разделить на этапы (рис. 3.5). Первый этап работ связан со сбором необходимой информации, проведением анализа и систематизацией полученных материалов. На втором этапе разрабатываются необходимые руководящие технические материалы

по эксплуатационной технологичности. Третий этап работ заключается в осуществлении контроля за выполнением требований и проведением оценки уровня эксплуатационной технологичности на различных стадиях создания ЛА и их испытаний.

Основной объем работ на первых двух этапах исследований выполняется заказчиком — специалистами научно-исследовательских, эксплуатационных и ремонтных предприятий ГА. Специалисты конструкторских бюро и заводов-изготовителей участвуют в работах, однако их участие сводится в основном к рассмотрению и согласованию подготовленных материалов.

Организация работ на третьем этапе, связанном с реализацией принятых технических требований в конструкциях создаваемых объектов авиационной техники, характеризуется следующим. В качестве обязательного принимается условие, при котором эксплуатационная технологичность обеспечивается в процессе создания нового изделия, так же как аэродинамические, прочностные, массовые и другие показатели, с последующей тщательной проверкой в процессе проведения государственных и эксплуатационных испытаний. Обеспечение эксплуатационной технологичности осуществляется на всех стадиях проектирования ЛА, начиная с эскизного проекта, когда определяется его конструкция и решаются все принципиальные вопросы компоновки, членения (разъемов) и т. п.

На третьем этапе в отличие от первого и второго все работы выполняются разработчиком — специалистами конструкторских бюро и заводов-изготовителей. Роль представителей заказчика сводится к контролю за выполнением требований, рассмотрению и согласованию основных конструктивно-технологических решений, выдаче нужных консультаций конструкторам. Для этого на время создания нового типа ЛА в конструкторские бюро направляются квалифицированные специалисты-эксплуатационники, знакомые с основами конструирования и производства ЛА и хорошо знающие их ТОиР.

Располагая всеми необходимыми материалами, они принимают активное участие в технологической проработке создаваемой конструкции, в обсуждении конструктивных решений по членению планера на агрегаты, агрегатов на панели и узлы, а также отработке монтажей, компоновок, разъемов и т. д.

Глава 4

КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТЬ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

4.1. ХАРАКТЕРИСТИКА КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ И ЕЕ ОЦЕНКА

Существенное повышение эффективности технической эксплуатации ЛА достигается при комплексном подходе к решению задач обеспечения приспособленности конструкций к прогрессивным методам ТОиР авиационной техники и, в частности, к методам ТОиР по состоянию.

Основное содержание работ при ТОиР по состоянию — техническое диагностирование объектов АТ, связанное с контролем и прогнозированием их работоспособности. Затраты времени и труда на контроль растут с увеличением сложности конструкций ЛА, числа контролируемых объектов и измеряемых параметров, с ростом требований по обеспечению заданной глубины контроля и становятся определяющими в общем расходе времени и труда на проведение профилактических и восстановительных работ.

Если бы совершенствовались только методы и средства контроля, а сами ЛА конструировались бы без учета необходимости их контроля, то невозможно было бы достичь высоких результатов в условиях внедрения ТОиР по состоянию. Для успешного решения этой задачи конструирование современной АТ ведется с учетом требований по обеспечению ее контролепригодности.

Под контролепригодностью ЛА понимается свойство, характеризующее его приспособленность (пригодность) к проведению контроля заданными методами и средствами технического диагностирования. Таким образом, контролепригодность характеризует свойство ЛА как совокупности объектов контроля и диагностирования (прежде всего методами автоматизированного контроля и физическими методами).

Значение проблемы контролепригодности конструкций ЛА в первую очередь отражается в требованиях по обеспечению их надежной работы. В то же время обеспечение приспособленности конструкций к проведению их проверок теми или иными методами и средствами контроля неизбежно связано с дополнительными затратами. Однако в процессе эксплуатации они окупаются за счет повышения надежности, более эффективного использования ЛА и сокращения расходов на их ТОиР. Одновременно в процессе эксплуатации проводится комплексная оценка контролепригодности АТ, на основе которой разрабатываются рекомендации по повышению эффективности эксплуатации ЛА за счет усовершенствования АТ и применяемых методов и средств контроля. При этом следует иметь в виду, что ЛА имеет наземный и бортовой уровни контролепригодности. Первый из них характеризует соответствие всех функциональных систем, планера и силовой установки ЛА требованиям диагностирования с целью прогнозирования изменения технического состояния АТ, второй — соответствие АТ требованиям оперативного контроля работоспособности и правильного его функционирования на всех этапах полета, а также требованиям к обработке и накоплению полетной диагностической информации для ее использования на земле и прогнозирования.

Комплексная оценка контролепригодности объекта АТ включает (рис. 4.1) оценку контролепригодности конструкции, бортовых приборов контроля, системы сбора и обработки полетной информации (СОПИ), системы наземного контроля. В свою очередь оценка контролепригодности конструкции предусматривает оценку контролепригодности собственно конструкции, встроенных средств контроля, устройств сопряжения объекта контроля со средствами контроля.

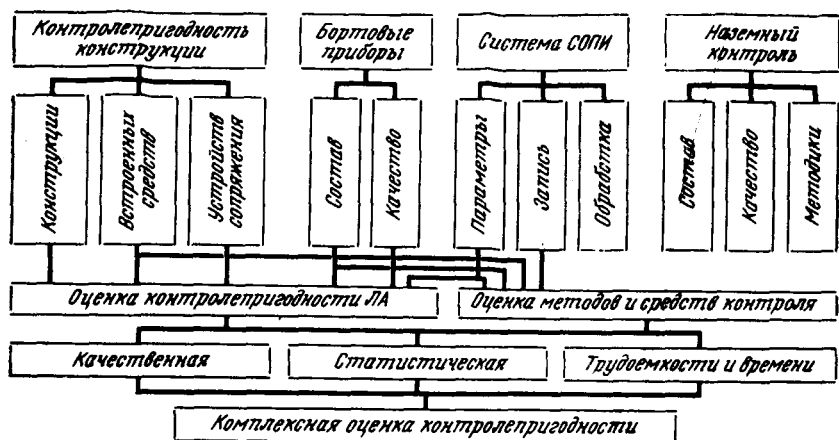


Рис. 4.1. Структурная схема комплексной оценки контролепригодности АТ на этапе эксплуатации

Оценка бортовых приборов контроля включает оценку соответствия состава контролируемых параметров заданному, соответствия точности измерения заданной, эргономических свойств комплекса индикаторов (указателей) и приборов контроля.

Оценка системы наземного контроля предусматривает оценку соответствия состава контролируемых параметров заданному, качества применяемых средств контроля, эффективности применяемых методик контроля технического состояния АТ в условиях эксплуатации.

4.2. ПОКАЗАТЕЛИ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ

Контролепригодность оценивается качественно и количественно. Количественная оценка контролепригодности проводится с использованием системы показателей.

Контролепригодность отдельных изделий в части их приспособленности к диагностированию оценивается коэффициентом безразборного диагностирования $K_{бд}$ и средней трудоемкостью данного вида диагностирования S_d :

$$K_{бд} = 1 - \frac{P_{рд}}{P_{бд} + P_{рд}};$$

$$S_d = \sum_{j=1}^N S_{dj},$$

где $P_{бд}$, $P_{рд}$ — число контролируемых параметров данного изделия, для измерения которых не требуются и требуются демонтно-монтажные работы соответственно; N — число операций данного вида диагностирования, необходимых для определения технического состояния оцениваемого изделия.

При этом трудоемкость j -й операции диагностирования в человеко-часах

$$S_{dj} = S_{oj} + S_{vj},$$

где S_{oj} , S_{vj} — основная и вспомогательная трудоемкость j -й операции диагностирования, чел.-ч.

Основная трудоемкость S_{oj} характеризует затраты труда на непосредственное диагностирование (установление необходимых режимов работы изделия и средств диагностирования, измерение, сравнение действительного значения с заданным, регистрация и отображение результата измерения параметра).

Вспомогательная трудоемкость

$$S_{vj} = S_{\text{д.м.сд}j} + S_{\text{дост}j},$$

где $S_{\text{д.м.сд}j}$ — трудоемкость демонтажа-монтажа устройств, необходимых для выполнения j -й операции диагностирования, чел.-ч; $S_{\text{дост}j}$ — трудоемкость работ на изделии для обеспечения доступа к точкам контроля и приведения изделия в исходное состояние после диагностирования, чел.-ч.

Применительно к отдельным изделиям рекомендуется использовать также дополнительные показатели контролепригодности.

Коэффициент полноты проверки исправности (работоспособности, правильности функционирования)

$$K_{\text{п.п}} = \lambda_k / \lambda_o,$$

где λ_k — суммарная интенсивность отказов контролируемых составных частей изделия на принятом уровне деления; λ_o — суммарная интенсивность отказов изделия в целом (всех его частей) на принятом уровне деления.

Коэффициент унификации устройств сопряжения изделия со средствами диагностирования

$$K_{\text{у.с}} = N_y / N_o,$$

где N_y — число унифицированных устройств сопряжения; N_o — общее число устройств сопряжения.

Коэффициент унификации контролируемых параметров

$$K_{\text{у.п}} = \delta_y / \delta_o,$$

где δ_y — число унифицированных параметров изделия, используемых при диагностировании; δ_o — общее число параметров, используемых при диагностировании.

Коэффициент использования специальных средств диагностирования

$$K_{\text{и.сп}} = 1 - \frac{G_{\text{сп}}}{G_c + G_{\text{сп}}},$$

где $G_{\text{сп}}$, G_c — число, масса или объем специальных и серийных средств диагностирования соответственно.

Коэффициент оперативной подготовки изделия к диагностированию

$$K_{\text{подг}} = 1 - \frac{S_{\text{в}}}{S_{\text{д}} + S_{\text{в}}},$$

где $S_{\text{д}}$ — средняя трудоемкость диагностирования изделия, чел.-ч; $S_{\text{в}}$ — средняя трудоемкость подготовки изделия к диагностированию, чел.-ч.

При оценке контролепригодности используются дифференцированный и комплексный методы. При этом определяется уровень контролепригодности q — относительная характеристика контролепригодности, основанная на сравнении совокупности показателей контролепригодности оцениваемого изделия с соответствующей совокупностью базовых показателей принятого за эталон.

Дифференцированная оценка контролепригодности проводится с использованием выражения

$$q_i = K_i / K_{i6},$$

где K_i — значение i -го показателя контролепригодности оцениваемого изделия; K_{i6} — значение соответствующего базового показателя контролепригодности.

При комплексной оценке используется выражение

$$q = \prod_{i=1}^n (q_i)^{\alpha_i},$$

где n — число показателей контролепригодности, по совокупности которых определяется уровень контролепригодности; α_i — коэффициент весомости i -го показателя контролепригодности.

4.3. АНАЛИЗ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ АТ

В связи с развитием АТ улучшаются летно-технические и конструктивно-эксплуатационные характеристики ЛА. Повышение технического уровня АТ оказалось возможным благодаря разработке и реализации на современных типах ЛА новых конструктивно-технологических принципов проектирования и конструирования элементов, узлов, агрегатов и функциональных систем, обладающих высоким уровнем контролепригодности. В настоящее время именно те виды АТ, уровень контролепригодности которых в сочетании с заложенными в конструкцию свойствами безотказности обеспечивает безопасную и экономическую эксплуатацию ЛА, переводятся на методы ТОиР по состоянию.

При создании ЛА конструкторы используют два основных принципа решения проблемы повышения надежности и эффективности эксплуатации: «безопасного ресурса» и «безопасной повреждаемости». И в том и в другом случае применительно к конструкции планера проектируемых в настоящее время ЛА его особенностью с позиций контролепригодности является приспособленность к неразрушающим методам контроля и раннему выявлению трещин и коррозии.

Анализ имевших место случаев разрушения и серьезных повреждений конструкции свидетельствует о том, что они могут быть легко предотвращены, если обеспечивается необходимый доступ для контроля и осмотра элементов планера. Так, например, конструкция английского самолета БАе-146 спроектирована с учетом выполнения эффективного осмотра и контроля. Принято, что длина обнаруживаемой трещины у этого самолета составляет 10,2 см. Допускается, что трещины меньшей длины могут быть и не обнаружены. Вопросы обеспечения доступности для технического контроля конструкции решаются в начальной стадии проектирования ЛА. При этом учитывается, что неразрушающие методы контроля применяются тогда, когда визуальные технические осмотры неэффективны. Для зарубежного самолета А-300, например, около 5 % проверок силовых элементов конструкции требуют обязательного применения методов неразрушающего контроля, а для 15 % они могут быть заменены обычным визуальным осмотром.

Принимая во внимание, что принцип «безопасной повреждаемости» распространяется и на функциональные системы ЛА, надежность которых обеспечивается главным образом за счет резервирования изделий и систем в целом, тем не менее и они нуждаются в высоком уровне контролепригодности.

Контроль технического состояния функциональных систем ЛА обеспечивается наличием штатных систем (приборов) индикации эксплуатационных параметров, систем раннего обнаружения неисправностей, аварийной сигнализации и автоматизированного контроля.

Штатные приборы контроля в форме различных видов носителей информации (стрелочные, цифровые, световые и т. п.) выводятся на приборные доски членов экипажа и обеспечивают контроль работоспособности важнейших агрегатов и функциональных систем ЛА.

Системы раннего обнаружения и сигнализации неисправностей предназначены для выявления предотказового технического состояния агрегатов и систем ЛА. Их контролируемые параметры отражают постепенно накапливающиеся изменения таких характеристик технического состояния, которые объективно свидетельствуют о возникновении неисправности, переходящей в дальнейшем в отказ агрегата или системы в целом.

Системы аварийной сигнализации используют в качестве выходного сигнала: световую индикацию красного цвета на приборных досках и пультах членов экипажа; звуковую сигнализацию в виде прерывистого зуммера или записанных на магнитную ленту речевых команд. Данные системы реагируют на такие изменения в работе основных систем ЛА, которые угрожают безопасности полета: помпаж двигателя, пожар, падение давления топлива, отключение генераторов и др.

Бортовая автоматизированная система контроля (БАСК) объединяет все бортовые системы контроля и регистрирует весь комплекс параметров, контролируемых на борту ЛА. БАСК имеет в своем составе бортовую ЭВМ. В составе каждой функциональной системы ЛА имеется логическое устройство, сравнивающее фактический выходной сигнал

от датчика данного контролируемого параметра с эталонным из блока памяти ЭВМ. При недопустимом рассогласовании этих сигналов на дисплее экипажа появляется информация о неисправности или отказе с необходимыми рекомендациями. БАСК самолетов Б-747 и ДС-10 обеспечивают поиск 95 % неисправных блоков.

Работоспособность основных электроцепей и агрегатов системы кондиционирования воздуха на отечественном самолете Як-42 проверяется с помощью бортовой системы автоматизированного контроля. В различных системах управления ЛА находят применение микропроцессоры. Они устанавливаются в системах управления полетом, автоматического управления тягой двигателей, управления расходом топлива, контроля и оптимизации режимов работы двигателей и др. На базе микропроцессоров разработана система регулирования параметров в кабинах таких зарубежных самолетов, как Б-757 и Б-767 и др.

Совершенствование системы диагностирования ГТД в условиях эксплуатации по состоянию связано в настоящее время с разработкой их конструкции, обеспечивающей с помощью средств объективного контроля доступ к элементам, определяющим состояние двигателей, и разработкой систем автоматизированной обработки информации об изменении технического состояния ГТД. Конструкции современных ГТД позволяют обнаружить большинство повреждений на ранних стадиях их развития за счет возможности проведения контроля: состояния масла, уровня вибраций, значений термогазодинамических параметров, целостности деталей проточной части двигателя и силовых элементов.

В табл. 4.1 приведены примеры обеспечения контролепригодности современных ГТД.

Примером конструктивного обеспечения контролепригодности может служить выполнение лючков на корпусах ГТД для визуального контроля состояния его проточной части (рис. 4.2). Стрелками на нем показаны места введения эндоскопов и заштрихованы элементы конструкции ГТД, доступные для визуального контроля.

Таблица 4.1. Средства контроля авиационных двигателей

Элементы контролепригодности	АИ-25	Д-30	Д-30КУ	НК-8-2У	«Spray-25»	JT-9	RB-211
Число окон для осмотра:							
компрессора низкого давления	3	4	3	3	1	2	3
компрессора высокого давления	2	1	2	6	1	9	6
камеры сгорания	—	12	2	4	—	8	9
турбины	—	2	—	2	—	2	5
Число датчиков вибраций	2	1	2	2	—	2	2
Число магнитных пробок	1	1	—	4	5	4	6

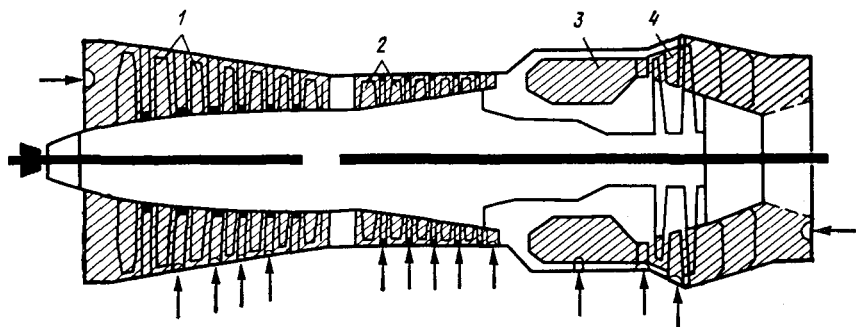


Рис. 4.2. Конструктивное обеспечение возможности визуального контроля внутренних элементов ГТД:

1 — лопатки КНД; 2 — лопатки КВД; 3 — камера сгорания; 4 — турбина

Контроль технического состояния наиболее ответственных элементов ГТД осуществляется с помощью встроенных средств контроля, обеспечивающих контроль и регистрацию основных параметров в процессе работы двигателя, сигнализацию о появлении отказов и о достижении контролируемыми параметрами предельных значений (опасных уровней вибрации, пожара, наличия стружки на магнитных пробках и др.), автоматическое включение аварийных систем обеспечения безопасности полета, выдачу рекомендаций экипажу о целесообразных действиях при появлении отказа.

4.4. КАТЕГОРИИ КОНТРОЛЕПРИГОДНОСТИ

Под категорией контролепригодности понимается качественная характеристика приспособленности изделия к техническому диагностированию заданными средствами. Категорию устанавливают в техническом задании на вновь создаваемое изделие АТ в целом или его составные части. Для того чтобы изделию присвоить определенную категорию контролепригодности, необходимо его оценить с точки зрения конструктивного исполнения по контролепригодности.

Различают шесть групп (1 ... 6) конструктивного исполнения по контролепригодности (рис. 4.3).

Для обеспечения контролепригодности изделий АТ в техническом задании на ее разработку или модернизацию должны устанавливаться конкретные требования по контролепригодности в виде значений показателей и качественных требований.

Номенклатура и значения показателей контролепригодности изделий АТ задаются с учетом: технических требований на ЛА в целом; требований к эффективности технической эксплуатации ЛА и надежности изделий АТ; вида и назначения системы диагностирования; ин-

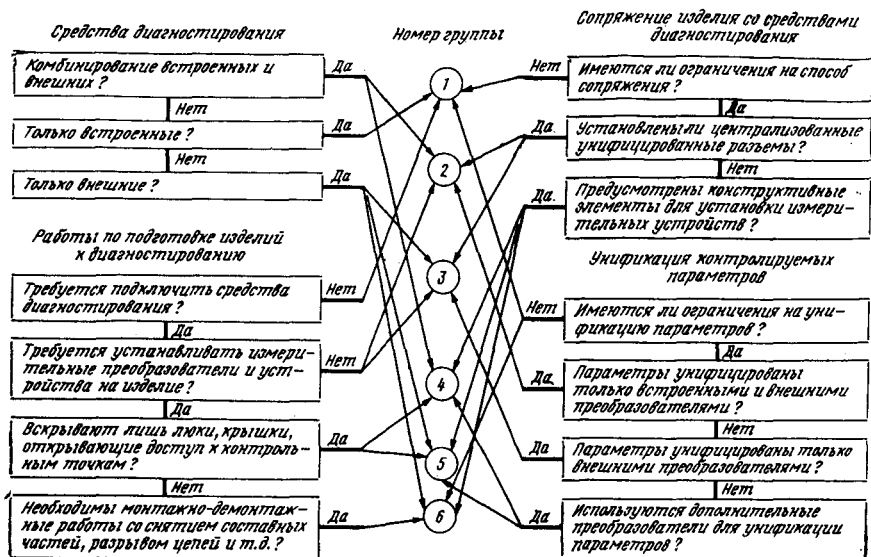


Рис. 4.3. Отличие групп конструктивного исполнения изделия по контролепригодности

формации о контролепригодности прототипов или аналогов изделий АТ отечественного или зарубежного производства; требований действующей нормативно-технической документации; обеспечения возможности сравнения контролепригодности однотипных изделий АТ.

Качественные требования по контролепригодности содержат общие требования к параметрам, методам, средствам технического диагностирования и к конструкции изделий АТ. Общие требования к параметрам, методам и средствам в зависимости от вида и назначения систем диагностирования включают требования: к числу диагностических параметров, несущих достаточную информацию о техническом состоянии изделия; к номенклатуре встроенных и внешних средств контроля, их точности и достоверности; к оптимальности алгоритма диагностирования, обеспечивающего наиболее экономичную эксплуатацию ЛА при заданном уровне безотказности его изделий.

К числу общих требований, предъявляемых к самой конструкции АТ, следует отнести: введение в конструкцию АТ встроенных элементов контроля, обеспечивающих визуальный контроль параметров; введение в конструкцию АТ встроенных средств диагностирования, измерительных преобразователей, средств микропроцессорной техники; применение унифицированных и стандартизированных устройств сопряжения с внешними средствами контроля; обеспечение легкосъемности устройств сопряжения; обеспечение безопасного и однозначного соединения устройств сопряжения с учетом соблюдения требований пожарной безопасности, эргономических и эстетических характеристик.

Формирование требований по контролепригодности вновь создаваемой АТ регламентируется отраслевыми и межотраслевыми нормативными документами, в том числе общими техническими требованиями к контролепригодности отдельных функциональных систем, газотурбинных двигателей и ЛА в целом.

Глава 5

КОМПЛЕКСНАЯ ПРОГРАММА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ

5.1. КОМПЛЕКСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ НАДЕЖНОСТИ

По мере усложнения АТ, увеличения назначенного ресурса и срока службы все большее значение приобретает проблема обеспечения надежности ЛА в целом, его функциональных систем и отдельных агрегатов.

Поскольку в создании ЛА участвуют многие организации, а эксплуатация его длится несколько десятков лет, возникает необходимость комплексного решения проблемы обеспечения надежности. Важное место при этом занимает комплексная программа обеспечения надежности и безопасности полета на всех этапах его создания и эксплуатации. Впервые подобная программа была разработана для самолета Ил-86. Кроме последовательности этапов и содержания работ (рис. 5.1), она определяет ответственных исполнителей, сроки, конечные результаты и формы отчетности.

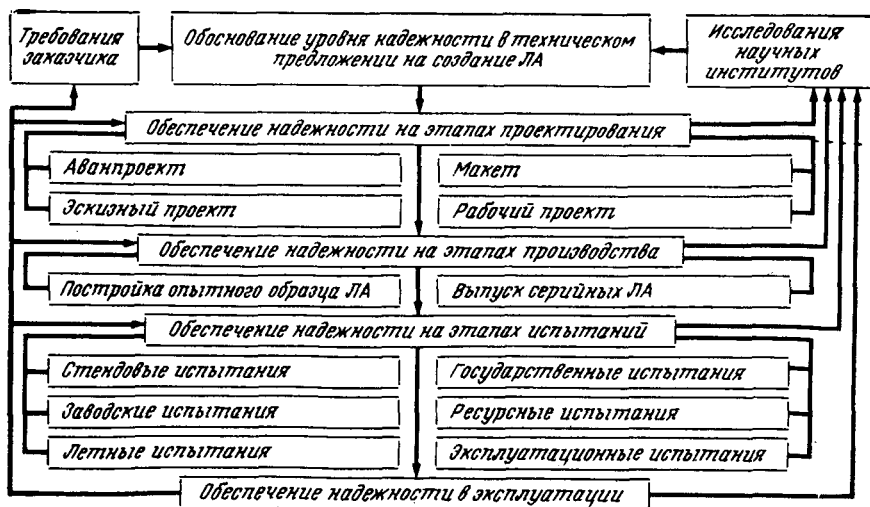


Рис. 5.1. Основные этапы работ по обеспечению требований надежности

Обеспечение надежности ЛА реализуется на этапах проектирования, производства, испытания и эксплуатации. Каждый из этих этапов может быть подразделен на более мелкие, что позволяет более подробно исследовать методы обеспечения надежности. На каждом из этапов выполнения комплексной программы обеспечения надежности осуществляется контроль и доказательство заданных требований (соответствие техническому заданию), что является обратной связью в течение всего периода создания и эксплуатации ЛА.

Известно, что затраты на устранение конструктивных недостатков на этапах проектирования, серийного производства на порядок меньше, чем на этапе эксплуатации ЛА. Значительное увеличение затрат на разработку ЛА, создание испытательных стендов и прогрессивных средств производства позволяют значительно снизить затраты на эксплуатацию.

Оценка эффективности комплексной программы обеспечения надежности производится на каждом из этапов жизненного цикла ЛА. Но оценка по конечному результату осуществляется в процессе технической эксплуатации с использованием комплексных показателей.

В соответствии с действующей нормативной документацией установлены *комплексные показатели надежности*.

Коэффициент готовности K_r — вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени, кроме планируемых периодов, в течение которых применение объекта по назначению не планируется. Следовательно, он представляет собой отношение времени исправной работы к суммарному времени исправной работы и времени восстановления после отказов:

$$K_r = T_r / (T_r + T_B),$$

где T_B — суммарное время восстановления после отказов в течение года; T_r — годовой налет.

Если известно число отказов $n_{отк}$, например, за время T_r , то, поделив числитель и знаменатель на $n_{отк}$, можно получить:

$$K_r = T_o / (T_o + t_B),$$

где T_o — наработка на отказ; t_B — среднее время восстановления после отказа.

Коэффициент оперативной готовности $K_{ог}$ используется для оценки вероятности того, что объект окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени и, кроме того, начиная с этого момента, будет работать безотказно в течение заданного интервала времени:

$$K_{ог} = K_r P(t),$$

где $P(t)$ — вероятность безотказной работы после устранения отказа (после восстановления).

Коэффициент технического использования $K_{ти}$ определяется как отношение математического ожидания интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии за некоторый период эксплуата-

ции к сумме математических ожиданий интервалов времени пребывания объекта в работоспособном состоянии и простоев на ТОиР за тот же период эксплуатации:

$$K_{\text{ти}} = T_{\text{г}} / (T_{\text{г}} + T_{\text{п}}),$$

где $T_{\text{п}}$ — простои на ТОиР.

Кроме указанных показателей, для комплексной оценки эффективности профилактических работ при ТО можно использовать коэффициент сохранения эффективности

$$K_{\text{эф}} = K_{\text{ти}} P_{\text{эф}}(t),$$

где $P_{\text{эф}}(t)$ — вероятность безотказной работы после выполнения работ по техническому обслуживанию и ремонту.

5.2. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ НА ЭТАПАХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ИСПЫТАНИЙ ЛА

Проектирование функциональных систем и конструкции ЛА в целом производится с позиций обеспечения требований по надежности с учетом возможных отказов АТ в заданных условиях эксплуатации. Основными документами при проектировании являются Нормы летной годности самолетов (НЛГС) и Техническое задание (ТЗ) на ЛА.

Помимо конструктивных методов обеспечения надежности, проектировщик заранее анализирует возможности технологии изготовления и сборки конструкции, объем предполагаемых экспериментальных исследований и испытаний (рис. 5.2), обосновывает принципы ТОиР создаваемого ЛА.

При создании конструкции нового типа ЛА проектировщик для обеспечения надежности учитывает следующие основные принципы: использование поэлементного и общего (канала функциональной системы) резервирования;

рациональное проектирование систем для уменьшения числа входящих элементов и агрегатов;

увеличение надежности элементов (агрегатов) за счет использования новых, но уже апробированных принципов действия и материалов; защита агрегатов от воздействия отрицательных факторов (вибрация, повышенная температура, влажность, пыль и т. п.);

введение различных устройств, ограничивающих развитие отказа или повреждения;

обеспечение контролепригодности агрегатов, систем и опасных зон конструкции планера;

предупреждение появления отказов, основанное на оценке и прогнозировании технического состояния.

При проектировании современных ЛА функциональная безотказность систем обеспечивается путем двух-трехкратного резервирования. Рассмотрению видов отказов каждого канала уделяется особое внима-

ние, чтобы резервирование в целях исключения отказа одного вида не приводило к ухудшению функционирования системы из-за появления других видов отказов. Так, увеличение числа насосов перекачки топлива из бака в расходную секцию уменьшает вероятность невыработки топлива, но при этом увеличивает вероятность переполнения расходной секции и появления в ней избыточного давления при отказе насосов подкачки. Для парирования повышения давления устанавливаются различного рода защитные устройства в виде дросселей и клапанов.

Пристальное внимание конструктор уделяет предотвращению накопления отказов в резервированных системах и агрегатах. Это обеспечивается правильным выбором средств сигнализации об отказах и планированием работ по ТОиР.

Выполнение заданных требований по надежности на этапе проектирования подтверждается не только расчетными и аналитическими методами, но и большим объемом экспериментальных исследований и испытаний. При проведении экспериментов и испытаний решаются задачи проверки правильности конструктивных решений и выявления слабых технологических решений, оценки идентификации математических моделей с натурным объектом.

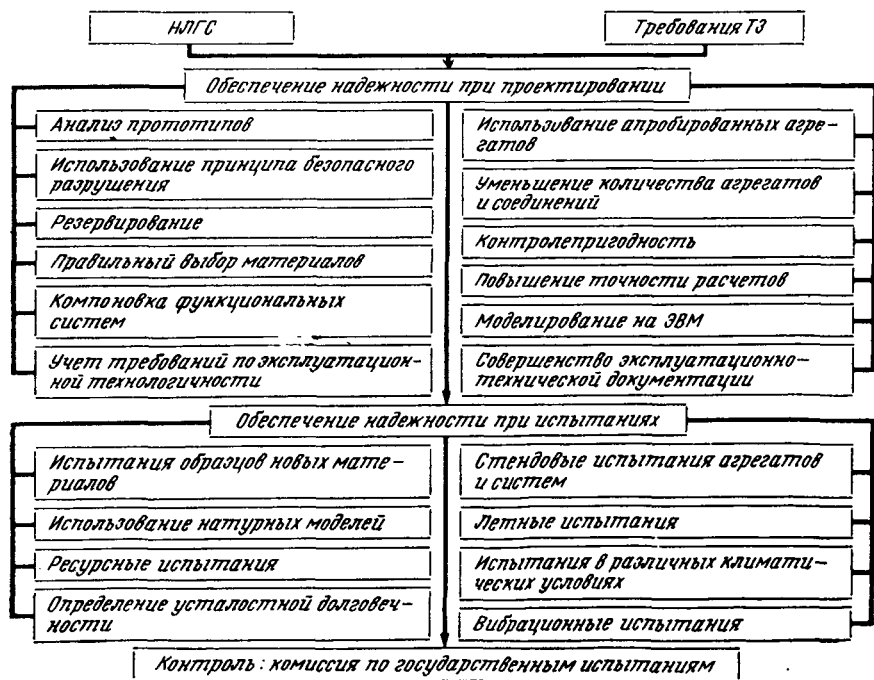


Рис. 5.2. Содержание работ по комплексной программе обеспечения надежности на этапах проектирования и испытаний

С точки зрения обеспечения надежности ЛА главная задача испытаний — проверка достаточности заложенных при проектировании запасов работоспособности. Экспериментальные работы и испытания выполняются, начиная с разработки конструктивно-силовых функциональных схем. В процессе создания нового типа ЛА каждый конструкторский отдел выпускает программы испытаний, чертежи образцов, анализирует и корректирует ход экспериментальных исследований. Прочностные характеристики являются критерием надежности большинства элементов конструкции планера ЛА. Поэтому тщательно исследуются образцы материалов схемы крепежа, типы профилей, варианты конструкции панелей, шпангоутов, стрингеров, лонжеронов и нервюр. Проводятся натурные статические и усталостные испытания отдельных зон конструкции планера и ЛА в целом. Испытания на функционирование и подтверждение требуемого ресурса сложных механизмов планера, например навески предкрылков и закрылков, также производятся на специальных стендах.

Экспериментальные исследования влияния внешней среды и условий эксплуатации наиболее полно проводятся в процессе летных испытаний. Оценка влияния на надежность таких факторов, как динамическое нагружение конструкции при рулении, взлете, посадке, а также вибрационное и акустическое нагружение, дается только по результатам летных испытаний.

5.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ НАДЕЖНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЛА

Процесс производства ЛА включает в себя изготовление нескольких опытных образцов ЛА данного типа.

Обеспечение надежности в процессе опытного производства направлено на выявление и устранение недостатков, которые были допущены в период проектирования. Повышение надежности в период серийного производства обеспечивается совершенствованием технологии, автоматизацией и стабилизацией процессов производства, взаимосвязью их с эксплуатацией (рис. 5.3).

Основные отделы опытного и серийного самолетостроительных заводов, такие как отделы главного конструктора, главного технолога и главного металлурга, активно участвуют в разработке рабочих чертежей опытного образца ЛА и выборе технологических процессов. Таким образом закладывается база для обеспечения высокого качества и надежности при серийном производстве.

Доля отказов по производственно-технологическим причинам, выявленных в эксплуатации, составляет около 30 %. Анализ статистических данных позволяет сделать вывод о том, что производственными причинами снижения надежности ЛА являются: низкое качество полуфабрикатов, готовых изделий и агрегатов; нарушения технологии изготовления и сборки; отсутствие стабильности производственных про-

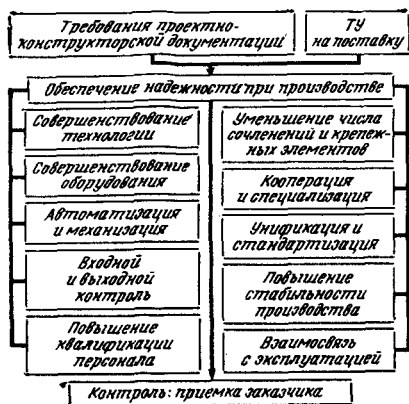


Рис. 5.3. Структура мероприятий по обеспечению надежности при производстве

рукции современных ЛА роль технологических способов изготовления и сборки для обеспечения надежности возрастает. Это относится прежде всего к сварным, клеевым, паяным соединениям, конструкциям из композиционных материалов, отверстиям и вырезам, крепежным элементам, антикоррозионной защите конструкции.

Прокатка крупногабаритных плит, например, для изготовления панелей крыла самолета Ил-96-300, где длина панели достигает 25 м, проводится с предварительной подпрессовкой для обеспечения заданных значений допусков по толщине. Технологические способы поверхностного деформирования (дробеструйное и виброупрочнение) позволяют существенно повысить долговечность деталей.

При химико-термической обработке поверхностей деталей повышается твердость и создаются остаточные напряжения сжатия, которые снижают общий уровень действующих напряжений растяжения в зоне концентраторов и повышают сопротивление усталости. Различные способы диффузионных покрытий обеспечивают насыщение поверхностного слоя изнашиваемых деталей и повышают их долговечность. Большая часть деталей планера подвергается электролитическому покрытию (хромирование, оксидирование, фосфатирование) для защиты от коррозии.

Качество вышеперечисленных способов определяется конкретными технологическими процессами и уровнем оснащения новейшим оборудованием. На этапе сборки совершенствование технологических способов повышения надежности ЛА направлено на точное выдерживание аэродинамических обводов, качественное выполнение заклепочных и болтовых соединений. Стабильность производственных процессов обеспечивается применением автоматизированных линий, использованием клепальных автоматов, терморегулированием изготовления клеевых

цессов из-за отклонения параметров и ненадежности оборудования; недостатки системы контроля качества на всех этапах производства.

Для обеспечения заданного уровня качества полуфабрикатов и надежности комплектующих готовых изделий необходимо, чтобы фактические показатели качества поступающей продукции были не хуже, чем указано в технических условиях (ТУ) на поставку.

На практике используется множество технологических способов, уменьшающих число производственных дефектов ЛА и обеспечивающих его надежность. По мере повышения требований к кон-

и композиционных конструкций. В период научно-технической революции роль технологических процессов, базирующихся на использовании новейшего автоматического оборудования, робототехники и ЭВМ, значительно возрастает.

5.4. ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛА

Решение задач обеспечения надежности в процессе эксплуатации ЛА характеризуется тем, что в данной работе участвуют не только эксплуатационные и ремонтные предприятия гражданской авиации, но и поставщики авиационной техники. Авторский надзор за надежностью ЛА, условиями его эксплуатации осуществляет организация-разработчик.

Работы, выполняемые в соответствии с комплексной программой обеспечения надежности на этапе эксплуатации ЛА (рис. 5.4), направлены на поддержание заданного уровня надежности и работоспособности агрегатов планера и функциональных систем. Любые виды и формы ремонтов также направлены на обеспечение надежности и восстановление работоспособности ЛА в процессе их длительной эксплуатации.

Основные принципы поддержания уровня надежности, который заложен при проектировании ЛА, реализуются в программе ТОиР. Программа ТОиР корректируется в течение длительной эксплуатации и наилучшим образом учитывает изменения условий эксплуатации и технического состояния ЛА.

Тщательность выполнения технологии комплексной подготовки ЛА к полету, эффективный визуальный контроль состояния конструкции обеспечивают надежную эксплуатацию ЛА в полете. Эти работы являются простейшими, но от качества и добросовестности их выполнения во многом зависит безопасность каждого полета. Соблюдение режимов полета и летных ограничений также является непременным условием обеспечения надежной работы конструкции и систем ЛА.

Весьма важную роль в обеспечении безотказной работы выполняет комплекс применяемого при техническом обслуживании ЛА наземного оборудования. Средства механизации и автоматизации технического обслуживания не только снижают трудоемкость и облегчают выполнение регламентных работ, но и определяют качество работ.

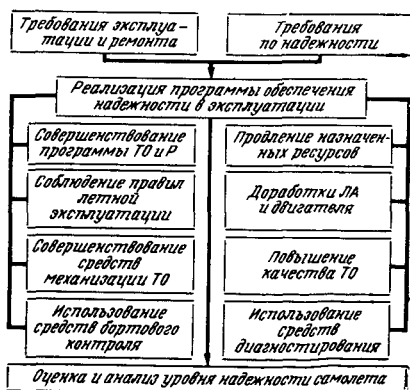


Рис. 5.4. Содержание работ по программе обеспечения надежности в эксплуатации

Использование средств бортового контроля для анализа и прогнозирования технического состояния функциональных систем ЛА и двигателя в сочетании с применением средств неразрушающего контроля элементов конструкции планера определяет качество технической эксплуатации. По мере увеличения налета постоянно должна решаться задача продления ресурсов агрегатов, подтверждения назначенного ресурса ЛА. При этом должны своевременно и качественно выполняться доработки конструкции ЛА по бюллетеням промышленности.

Учитывая комплексный характер вопросов обеспечения надежности, программа предусматривает техническую и организационную подготовку и переподготовку ИТС и летного состава. При этом должно быть обращено внимание на изучение особенностей эксплуатации данного типа ЛА, создание при необходимости специальных макетов, стендов и тренажеров, обеспечение материальной заинтересованности в освоении новой техники, обеспечении уровня ее надежности и эффективности использования.

Таким образом, высокий уровень надежности обеспечивается неукоснительным соблюдением требований летной годности путем сохранения летно-технических характеристик ЛА на протяжении установленных ресурсов и сроков службы, предусматриваемых программой ТОиР. С этой целью в процессе эксплуатации реализуется комплекс задач по оценке и анализу уровня надежности ЛА, включающий: статистический и инженерный анализ надежности АТ, находящейся в эксплуатации; разработку технических требований по надежности проектируемых изделий АТ и оценку соответствия надежности изделий, поступающих в эксплуатацию, техническим условиям; обоснование и предъявление требований к промышленности по совершенствованию серийной АТ, оценку эффективности ее доработок; изучение влияния условий и особенностей эксплуатации АТ на показатели ее надежности, разработку и осуществление мероприятий по уменьшению отрицательного их воздействия на надежность АТ; предъявление заводам рекламаций на низкое качество продукции и ремонта АТ; подготовку обоснований для увеличения ресурсов АТ, совершенствования эксплуатационно-технической документации.

При статистическом анализе проводится сравнение фактических значений показателей надежности с нормативными, включенными в эксплуатационную документацию, или контрольными, учитывающими конкретные условия эксплуатации. При этом определяются тенденции изменения значений показателей и степень влияния на них режимов и условий эксплуатации. Инженерный анализ надежности имеет целью определить причины отказов и повреждений, степень их влияния на работоспособность изделий и систем, а также последствия, к которым они могут приводить. На основе анализа определяют мероприятия по предупреждению отказов и повреждений АТ.

Ответственность за проведение анализа надежности АТ на предприятиях несут начальники АТБ и главный инженер УГА. Начальник АТБ представляет в УГА полугодовые и годовые анализы надеж-

ности АТ, которые затем направляются в ГосНИИГА. Последний проводит анализ надежности АТ и влияния ее на безопасность и регулярность полетов ЛА в целом по МГА, на основании чего разрабатываются рекомендации по обеспечению эксплуатационной надежности авиационной техники.

5.5. КОРРЕКТИРОВКА КОМПЛЕКСНОЙ ПРОГРАММЫ ПО ОПЫТУ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Комплексная программа обеспечения надежности является постоянно действующим документом, поэтому она должна корректироваться на каждом из этапов внедрения. Обратная связь, по которой поступает корректирующая информация (см. рис. 5.1), должна предусматривать современные способы ее накопления и передачи с предоставлением доступа к ней каждому из участков разработки и реализации комплексной программы.

Практический опыт разработки комплексной программы для самолета Ил-86, например, позволил выявить следующие важные особенности:

- границы действия комплексной программы учитывают сроки выполнения частных программ;

- руководящие принципы формирования комплексной программы учитывают интересы всех участников разработки и внедрения;

- результаты работ по обеспечению надежности на каждом из этапов, предусмотренных комплексной программой, оформляются в виде протоколов, которые содержат доказательство подтверждения заданных требований;

- своевременное и полное выполнение комплексной программы достигается строгим соблюдением установленных сроков и системой ответственности разработчиков за выполнение отдельных разделов программы;

- разработчик самолета использует автоматизированную систему определения достигнутого уровня надежности и контрольно-информационную систему «Доработка»;

- обработка большого объема информации о надежности производится с применением ЭВМ.

При анализе статистических данных определяется динамика показателей надежности (T_n , K_{1000} и т. д.) в зависимости от налета часов, парка ЛА, календарных сроков эксплуатации или этапов разработки комплексной программы обеспечения надежности. Наличие данных по самолетам-аналогам позволяет проводить сравнительную оценку уровня надежности вновь создаваемого самолета.

По мере конструктивно-технологической доводки серийного самолета и доработок его в эксплуатации значения показателей надежности улучшаются. Практика показывает, что после трех лет эксплуатации парка самолетов регулярность вылета по расписанию с учетом за-

держек по техническим причинам (не более 15 мин) обычно $P_v = 0,97 \dots 0,98$. Значение T_n через 5 ... 6 лет эксплуатации, когда общая наработка парка самолетов достигает 10^6 ч, обычно стабилизируется.

Для оперативного управления надежностью и качеством, обоснования мероприятий по совершенствованию технологического процесса изготовления самолета используются полученные из опыта распределения числа дефектов по сериям выпуска. При увеличении производственных дефектов, относящихся к самолетам определенной серии, эксплуатирующее предприятие вправе требовать проведения технологических и организационных мероприятий для повышения надежности.

Анализ изменений показателей безотказности основных систем и агрегатов по годам эксплуатации и по сериям выпуска самолета позволяет оценивать эффективность внедряемых мероприятий и корректировать комплексную программу в сжатые сроки и без лишних затрат.

Глава 6

СИСТЕМА СБОРА, ОБРАБОТКИ И АНАЛИЗА ИНФОРМАЦИИ О НАДЕЖНОСТИ

6.1. ЗАДАЧИ СИСТЕМЫ

Долговечность и работоспособность конструкций ЛА и их систем, значения основных показателей безотказной работы изделий и агрегатов нельзя с достаточной точностью определить при проведении стендовых, заводских, государственных и эксплуатационных испытаний ЛА и их оборудования. Для оценки указанных свойств необходим опыт длительной эксплуатации ЛА на авиапредприятиях при различных климатических условиях, интенсивности эксплуатации, квалификации летного и инженерно-технического состава и т. д. Поэтому определение качественных и количественных характеристик базируется на статистических показателях, которые рассчитываются на основе обработки информации об отказах и неисправностях, выявленных в процессе эксплуатации и технического обслуживания ЛА. В сборе, обработке и анализе информации участвуют эксплуатационные предприятия, авиационные заводы, научно-исследовательские организации, учебные заведения гражданской авиации, ОКБ и заводы-поставщики авиационной техники.

Система сбора, обработки и анализа информации об отказах и неисправностях АТ должна обеспечивать решение следующих основных задач:

определения фактического уровня надежности АТ в различных условиях эксплуатации и сравнения его с нормируемым показателем надежности;

разработки и оценки эффективности мероприятий, направленных на повышение надежности АТ, безопасности и регулярности полетов; совершенствования методов эксплуатации ЛА, их технического обслуживания и ремонта;

обоснования ресурсов и сроков службы авиационной техники; корректировки объемов и периодичности выполнения регламентных работ по техническому обслуживанию ЛА, обоснования норм расхода запасных частей и материалов, а также нормативов трудовых затрат на техническое обслуживание;

разработки мероприятий по снижению затрат на техническое обслуживание ЛА и повышение их экономической эффективности;

разработки и совершенствования технических требований к промышленности по повышению надежности и улучшению эксплуатационной технологичности АТ.

Для выполнения перечисленных задач информация о надежности изделий должна удовлетворять определенным требованиям, основными из которых являются:

полнота информации, под которой понимается наличие всех сведений, необходимых для проведения оценки и анализа надежности летательного аппарата;

достоверность информации, т. е. все сообщаемые о неисправности сведения должны соответствовать объективной действительности. Недостоверность данных может привести к неправильной оценке показателей надежности изделий и снижению эффективности профилактической работы;

своевременность информации, что позволит быстрее устранить причины отказов и принять меры по устранению выявленных недостатков;

непрерывность информации, что обеспечит возможность сопоставления результатов расчетов, полученных в первые и последующие периоды эксплуатации, и избавит от ошибок при разработке мероприятий по устранению и предупреждению причин отказов.

Работу по сбору, обработке и анализу информации о надежности объектов в гражданской авиации проводят путем заполнения соответствующих типовых форм-носителей информации. В предприятиях работу по оценке надежности изделий АТ проводят в соответствии с Методикой анализа надежности АТ на предприятиях гражданской авиации. Для проведения анализа надежности используются следующие источники информации: карточки учета неисправной авиационной техники; карты-наряды на техническое обслуживание и ведомости (наряды) на дефектацию; бортовые журналы ЛА; акты расследования предпосылок (инцидентов) авиационных происшествий; результаты расшифровки и анализа записей средств объективного контроля (типа МСРП) параметров работы систем и агрегатов при возникновении отказов; отчеты, заключения, акты и другие материалы по результатам исследования причин отказов АТ, проведенных НИИ, заводами гражданской авиации и промышленности.

6.2. АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА И ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

Высокая безопасность и регулярность полетов, экономические показатели использования ЛА во многом определяются их надежностью. Задача поддержания требуемого уровня надежности АТ в процессе эксплуатации требует от инженерно-авиационной службы своевременных мер по устранению выявленных отказов и неисправностей и предотвращению их возникновения.

Важную роль в решении указанной задачи играет внедренная в гражданской авиации автоматизированная подсистема «Надежность АТ», предусматривающая единую систему сбора, учета и анализа информации об отказах и неисправностях АТ на эксплуатационных предприятиях. Система имеет в своей структуре объект управления «(Надежность АТ)» и многоконтурный управляющий орган (АТБ — ИАС УГА — ГОСНИИ ГА — ГУЭАТ МГА — ГУЗСАНТ).

Подсистема «Надежность АТ» в процессе эксплуатации обеспечивает: сбор информации об отказах, неисправностях и наработках АТ; ведение и долгосрочное хранение необходимой информации по всему парку ЛА авиапредприятия, УГА, МГА; выдачу информации о надежности АТ по парку авиапредприятия в виде справок и таблиц по запросам пользователей и отчетным формам документов.

В системе «Надежность АТ» АТБ занимает важное место, так как в ней, в отличие от других подразделений, не только разрабатываются, но и внедряются все мероприятия по повышению и поддержанию надежности АТ, совершенствованию методов ее технической эксплуатации, т. е. АТБ является источником и потребителем информации. Главным звеном в обеспечении работы системы «Надежность АТ» на уровне авиапредприятия является лаборатория надежности и технической диагностики АТБ.

По результатам сбора и обработки информации формируются: анализы состояния надежности АТ (полугодовые, годовые); планы мероприятий по предупреждению и устранению причин отказов и неисправностей; справки о состоянии надежности АТ; оперативные сводки перечня опасных отказов и неисправностей; рекомендации по дальнейшей эксплуатации изделий АТ.

Первичным документом носителя информации об отказах и неисправностях является «Карточка учета неисправностей авиационной техники» (КУН АТ), выполненная в виде двухстороннего бланка. На бланк в виде, удобном для обработки на ЭВМ, заносятся количественные и качественные данные об отказах и неисправностях. Карточки заполняются на основании записей о неисправностях и отказах в картенаряде на техническое обслуживание, бортовом журнале и ведомости дефектации. Карточки учета неисправностей (КУН) заполняются на отказы и неисправности независимо от составления других документов: рекламационных и технических актов, ведомостей дефектации, документов и т. д.

Бланки КУН хранятся у начальника смены, выдаются для заполнения инженеру ОТК (технику-бригадиру) вместе с картой-нарядом и ведомостью дефектации на техническое обслуживание, а при вылете самолета из аэропорта базирования на оперативные точки бланки КУН выдаются авиатехнику. Порядок и правила заполнения КУН определены соответствующими документами МГА.

Информация об отказах и неисправностях изделий АТ в КУН содержит следующие сведения: адресные данные (бортовой номер и место базирования ЛА, его наработку с начала эксплуатации и после последнего ремонта, заводской номер и наработку отказавшего изделия, дату отказа и установки изделия на ЛА и т. д.); описание внешнего проявления отказа или неисправности (признаки, по которым прямо или косвенно обнаружено наличие отказа или неисправности изделия); характер и причину отказа или неисправности (физическая сущность изменения свойств изделия); условия работы изделия (значения параметров, характеризующих режимы работы и нагрузжений изделия, внешние воздействия); последствия отказа (авиационное происшествие или инцидент, задержка вылета, отмена рейса и т. д.); способ устранения отказа или неисправности (замена, регулировка, промывка и т. д.) и соответствующие затраты трудовых, материальных и других ресурсов.

После заполнения КУН начальник смены проводит проверку правильности ее заполнения и передает КУН в производственно-диспетчерский отдел АТБ, который обеспечивает заполнение формулярных данных самолета (двигателя), агрегата. После этого КУН передается в группу надежности (техотдел) для дооформления.

На эксплуатационных предприятиях, где функционируют системы машинной обработки информации «Надежность АТ», группы надежности передают еженедельно обработанные КУН в КИВЦ (ВЦ), где осуществляется подготовка данных для машинной обработки. В течение 15 дней после окончания квартала группа надежности направляет магнитную ленту с записью о выявленных отказах и неисправностях в ГосНИИ ГА. С предприятий, где нет машинной обработки информации, карточки учета неисправностей направляются в ГосНИИ ГА 1 раз в неделю.

ГосНИИ ГА проводит обработку и анализ неисправностей ЛА. По результатам обработки и анализа информации, а также результатам летных, стендовых, лабораторных испытаний и исследований проводится обобщение опыта эксплуатации и ремонта АТ и оценка ее надежности. На этой основе разрабатываются технические требования к промышленности по устранению недостатков конструкции и производства, а также предложения и мероприятия по устранению или предупреждению неисправностей при эксплуатации и ремонте.

После обработки поступающих карточек ГосНИИ ГА производит запись информации о неисправностях АТ на магнитную ленту в соответствии с кодификатором системы «Надежность АТ». Магнитные ленты с данными о неисправностях ГосНИИ ГА в установленном порядке направляет на предприятия МАП. Предприятиям-разработчи-

кам АТ ГосНИИ ГА направляет также отчеты по обобщению опыта эксплуатации, результаты анализа влияния надежности АТ на безопасность и регулярность полетов. С предприятиями МАП поддерживают связи и обмениваются информацией и эксплуатационные предприятия гражданской авиации. Они направляют им рекламационные акты на вышедшие из строя изделия АТ. Получая информацию от МАП, организации и предприятия авиационной промышленности, радиопромышленности и промышленности средств связи также направляют в соответствующие управления МГА, НИИ ГА и заводы гражданской авиации:

- планы мероприятий по устранению выявленных неисправностей авиационной техники;

- ответы на листки запросов технических решений по неисправностям;

- отчеты (акты, заключения) о проведенных исследованиях отказавших изделий АТ;

- результаты исследований изделий, отказы которых явились причинами предпосылок (инцидентов) авиационных происшествий;

- соответствующие бюллетени по доработкам АТ и результаты их выполнения;

ежегодные справочные данные по надежности двигателей и комплектующих изделий ЛА и другую информацию по обоюдной договоренности. Взаимный обмен МГА и МАП информацией и выполнение обязательств друг перед другом обеспечивают своевременное принятие мер по повышению надежности АТ и безопасности полетов.

Подсистема «Надежность АТ» — часть многоуровневой автоматизированной системы. Дальнейшее развитие подсистемы заключается в наращивании ее функциональных задач и переходе в подсистему «Оценка технического состояния АТ» с решением задач: оценки вероятности появления потенциально опасных отказов АТ и выработки рекомендаций по доработкам с целью предотвращения авиационных происшествий; подготовки данных для разработки рекомендаций по изменению ресурса изделий; прогнозирования потребного числа запасных частей; ведения рекламационной работы и т. д.

На предприятиях гражданской авиации находит также применение автоматизированная система оценки и управления эксплуатационной надежностью авиатехники — «ЭНАТ», которая обеспечивает непрерывный сбор, учет, обработку, анализ и выдачу абонентам интегрированной информации об отказах и неисправностях, о неплановых трудозатратах на их устранение, об ущербе, вызванном техническими последствиями отказов.

В Центральном управлении международных воздушных сообщений Аэрофлота разработана и сдана в эксплуатацию автоматизированная информационно-управляющая система «Поиск» оперативного устранения отказов АТ в полете и при техническом обслуживании. По коду внешнего проявления отказа или неисправности, поступившего с борта ЛА, в информационной базе ЭВМ специалистами на земле производится поиск информации, обеспечивающей разработку оптимальной

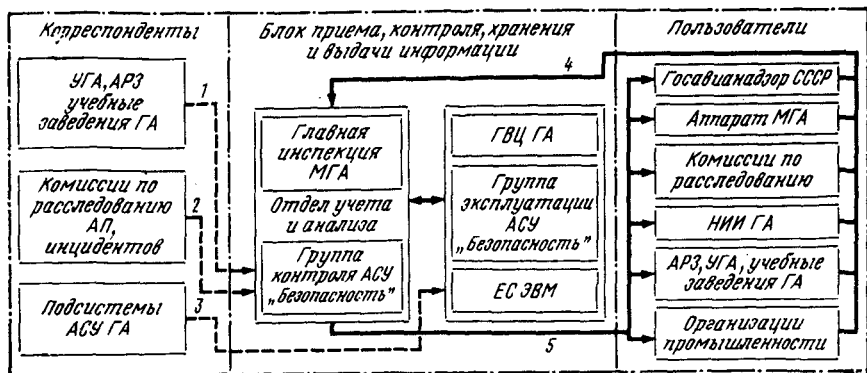


Рис. 6.1. Структурная схема МАСУ «Безопасность» ГА:

1 — первоначальные донесения об АП (инцидентах); 2 — формализованные отчеты об инцидентах; 3 — данные о наработке (в часах) и числе посадок по типам ВС; 4 — запросы пользователей на информацию; 5 — выходной поток информации

программы работ для инженерно-технического состава на ЛА после его посадки в промежуточном или конечном аэропорту.

Особую важность в повышении безопасности полетов имеет глубина анализа причин авиационных происшествий, достоверность их определения и оперативность управления факторами, определяющими безопасность полетов. Для выполнения указанных задач в гражданской авиации разработана, внедрена и успешно функционирует многоуровневая автоматизированная информационная система «Безопасность».

МАСУ «Безопасность» обеспечивает сбор, хранение и обработку данных об авиационных происшествиях, предпосылках (инцидентах) к ним, чрезвычайных происшествиях и повреждениях ЛА на земле с целью анализа их причин и исследования факторов безопасности полетов, оценки уровня безопасности полетов по абсолютным и относительным критериям (рис. 6.1).

Входной информацией системы для решения перечисленных задач являются данные комиссий по расследованию авиационных происшествий, организуемых Госавианадзором СССР, МГА, УГА, авиапредприятиями, учебными заведениями, научно-исследовательскими институтами, заводами ГА.

Выходной информацией системы МАСУ «Безопасность» являются документы, в которых представлена информация, необходимая для анализа состояния безопасности полетов. Такими документами могут быть текстовые изложения данных о событиях и объемах, определяемых запросами пользователей и наличной информацией системы, аналитические таблицы произвольно задаваемых распределений по наличной информации системы, служебные формы для оценки функционирования системы и корректировки информации. Система «Безопасность» взаимодействует с другими автоматизированными системами гражданской авиации, а также других министерств и ведомств.

Для оценки функционирования и технического состояния систем и агрегатов в полете, оценки действий экипажа по управлению ЛА, а также определения других параметров полета широко используются бортовые системы объективного контроля.

Запись параметров полета на магнитную ленту производится бортовыми системами сбора информации типов МСРП-12-96, МСРП-64-2, МСРП-256, МСРП-МВЛ и другими, а речевой информации — бортовыми и наземными магнитофонами типов МС-61Б и МАРС-БМ. Дальнейшая обработка записанной полетной информации позволяет воспроизвести траекторию полета ЛА и его положение в пространстве, определить начало аварийной ситуации и характер ее развития, оценить действия экипажа, а также работоспособность АТ, уход параметров систем за пределы допусков.

Деятельность предприятий гражданской авиации должна быть направлена на получение полетной информации о каждом полете, а обработка и анализ материалов информации должны быть завершены, как правило, до выпуска ЛА в очередной полет. На каждом авиапредприятии создаются соответствующие подразделения по обработке полетной информации. Основная цель обработки — своевременное предупреждение и профилактика ошибок и отклонений в технике пилотирования, нарушений правил летно-технической эксплуатации ЛА и их оборудования, выявление причин отказов АТ.

Для автоматизированной обработки полетной информации, накопленной системами МСРП, на земле используют устройство «Луч-74» («Луч-84»). Оно производит следующую обработку полетной информации, записанной на магнитную ленту носителей:

автоматизированную обработку параметрической информации с представлением физических значений параметров на графике в функции времени полета или печать. Программа автоматизированной обработки используется при отказах АТ, расследовании авиационных происшествий (АП), при необходимости анализа для подтверждения достоверности событий, связанных с нарушением руководства по летной эксплуатации (РЛЭ) при отказе АТ;

экспресс-обработку полетной информации, при которой оценивается качество техники пилотирования с определением событий, связанных с нарушением РЛЭ, контролируется работоспособность систем и оборудования ЛА с определением событий отказов и неисправностей АТ. Выдача результатов осуществляется в алфавитно-цифровой форме на бланк экспресс-анализа.

Результаты обработки информации о всех полетах, зарегистрированных на носителях, представляются в летный отряд для дальнейшего анализа командно-руководящим летным составом. При обнаружении в процессе анализа информации признаков отказа АТ эти сведения поступают в ПДО и ОТК АТБ. Диспетчер ПДО информирует об отказе

начальника смены и выдает ему вместе с картой-нарядом на техническое обслуживание «Задание на устренение отказа АТ».

Специалистами РКИИГА совместно с ГосНИИ ГА, Внуковским производственным объединением и предприятиями промышленности разработана и внедрена автоматизированная система диагностирования двигателей самолета Ил-86 («Анализ-86»), которая позволяет автоматизировать процесс анализа полетной информации с носителя МСРП-256. Система используется персоналом АТБ, ответственным за принятие решения на выпуск самолета в полет, в процессе технического обслуживания.

В гражданской авиации разработаны, внедрены и используются и другие автоматизированные информационные и информационно-управляющие системы, связанные с автоматизацией отдельных задач технической эксплуатации и процессов технического обслуживания и ремонта АТ.

Контрольные вопросы к разделу 1

1. Какими конструктивно-эксплуатационными свойствами характеризуется ЛА? Дайте определения и характеристику этих свойств.
2. Назовите основные виды отказов изделий и факторы, их вызывающие.
3. Какие модели отказов и повреждений используются в практике технической эксплуатации?
4. Что означают изделия восстанавливаемые и невосстанавливаемые? Какими показателями безотказности они оцениваются?
5. Какие вы знаете законы распределения времени безотказной работы изделий АТ с учетом видов их отказов?
6. Приведите примеры обеспечения безотказности АТ в процессе эксплуатации.
7. Что следует понимать под физической, экономической и моральной долговечностью?
8. Перечислите состав показателей долговечности, дайте их определения и характеристику.
9. Какие применяются методы определения ресурсов АТ и в чем состоит их физический смысл?
10. Почему на современных ЛА особое значение приобретает проблема обеспечения высокого уровня живучести их конструкций?
11. Какими конструктивно-технологическими способами обеспечивается живучесть планера и функциональных систем ЛА?
12. Как оценивается живучесть конструкции ЛА и степень влияния ее на безопасность полетов?
13. Какими единичными свойствами характеризуется приспособленность АТ к ТОиР и какие эксплуатационные факторы влияют на них?
14. Опишите расчетные формулы для обобщенной оценки эксплуатационной технологичности АТ на этапе эксплуатации.
15. На каких принципах строятся модели нормирования показателей эксплуатационной технологичности?
16. Как следует задавать показатели эксплуатационной технологичности в требованиях на новую АТ?
17. Приведите примеры низкого и высокого уровня эксплуатационной технологичности АТ.
18. Каково содержание работ по оценке контролепригодности изделий и систем ЛА?

19. С помощью каких показателей и методов оценивается контролепригодность?
20. Почему контролепригодность играет определяющую роль при переводе АТ на ТОиР по состоянию?
21. Приведите примеры обеспечения контролепригодности на современной АТ.
22. Дайте характеристику общих требований по приспособленности изделий АТ к диагностированию.
23. Каково назначение и содержание комплексной программы обеспечения надежности АТ?
24. В чем состоит суть проблемы обеспечения надежности АТ на этапах ее создания?
25. Как и на каких этапах проводятся анализ и оценка функциональной надежности АТ?
26. Какие мероприятия проводятся на ЛА в процессе эксплуатации с целью поддержания и повышения их надежности?
27. Какие цели и задачи решает в гражданской авиации информационная система надежности АТ?
28. В чем состоит организация наблюдений за надежностью АТ в условиях эксплуатации?
29. Какие знаете методы обработки и анализа информации о надежности АТ ГА?
30. Дайте краткую характеристику автоматизированным системам сбора и обработки информации о надежности АТ.

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Глава 7

СТРУКТУРА И ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

7.1. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ КАК ЧАСТЬ АВИАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Гражданскую авиацию, предназначенную для осуществления воздушных перевозок и другой летной работы, можно представить в виде авиационной транспортной системы. Минимальной организационной структурной единицей гражданской авиации, сохраняющей все основные свойства и функции отрасли в целом, является эксплуатационное авиапредприятие, рассматриваемое во взаимодействии с авиаремонтным заводом.

Авиационная транспортная система представляет собой совокупность совместно действующих ЛА, комплекса наземных средств по подготовке и обеспечению полетов, личного состава, занятого эксплуатацией и ремонтом ЛА и наземных средств, и системы управления процессом эксплуатации. Она обладает всеми особенностями, присущими сложным техническим системам, а именно: наличием единой цели, управляемостью системы, взаимосвязью элементов, иерархической структурой. Авиационная транспортная система должна удовлетворять требованиям, совокупность которых направлена на выполнение в полном объеме задач, возлагаемых на рассматриваемую систему. К этим требованиям относятся обеспечение высокой безопасности и регулярности полетов и экономической эффективности эксплуатации ЛА.

Совокупность свойств авиационной транспортной системы, определяющих ее пригодность удовлетворять потребности народного хозяйства в воздушных перевозках и обеспечивать выполнение перечисленных выше требований, характеризует качество системы. Оно в свою очередь определяется совокупностью и сложной взаимосвязью качества ЛА, наземных средств и личного состава, занятого их эксплуатацией.

Авиационную транспортную систему можно разделить на ряд функциональных самостоятельных систем (рис. 7.1): летной эксплуатации; технической эксплуатации; управления воздушным движением; коммерческой эксплуатации; аэродромной эксплуатации.

Каждой из указанных систем соответствует свой процесс функционирования (рис. 7.2): авиационной транспортной системе — эксплуатации; системе летной эксплуатации — использования (ПИ); системе технической эксплуатации — технической эксплуатации (ПТЭ); систе-

ме коммерческой эксплуатации — коммерческой эксплуатации (ПКЭ); системе управления воздушным движением — управления воздушным движением (ПУВД); системе аэродромной эксплуатации — аэродромной эксплуатации (ПАЭ). Взаимосвязь этих процессов определяется общей целью и наличием одного объекта эксплуатации — ЛА, который в каждой из названных функциональных систем представляется определенной совокупностью своих свойств.

Особое место в авиационной транспортной системе занимает система технической эксплуатации. Она представляет собой совокупность объектов технической эксплуатации, летного и инженерно-технического состава, системы управления процессом технической эксплуатации, взаимодействующих с целью поддержания и восстановления исправности или работоспособности и обеспечения летной годности ЛА.

Посредством мероприятий, проводимых в процессе технической эксплуатации, обеспечиваются безопасность и регулярность полетов, надежность и исправность ЛА, подготовка их к полетам, правильная

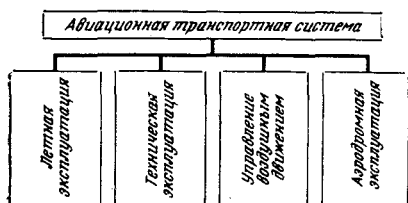


Рис. 7.1. Укрупненная структура авиационной транспортной системы

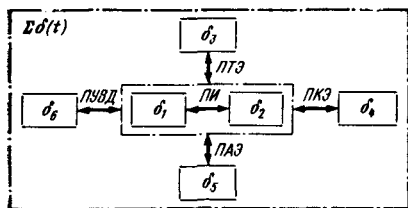


Рис. 7.2. Схема процесса эксплуатации ЛА:

$\Sigma\delta(t)$ — процесс эксплуатации (ПЭ); δ_1 — состояния использования по назначению (полет); δ_2 — состояния готовности к использованию; δ_3 — состояния ТОиР; δ_4 , δ_5 , δ_6 — состояния коммерческой эксплуатации, аэродромной эксплуатации, управления воздушным движением; ПТЭ — процесс технической эксплуатации; ПИ — процесс использования по назначению; ПКЭ — процесс коммерческой эксплуатации; ПУВД — процесс управления воздушным движением; ПАЭ — процесс аэродромной эксплуатации

летная эксплуатация. Техническая эксплуатация направлена на сохранение характеристик ЛА, их функциональных систем и изделий на протяжении установленных ресурсов и сроков службы в тех допусках, которые требуют нормы летной годности. Техническая эксплуатация обеспечивает также эффективное использование ЛА при экономных затратах трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов.

Техническая эксплуатация представляет собой сложный динамический процесс, включающий: подготовку ЛА к полетам; управление работой функциональных систем; выбор и поддержание наиболее выгоднейших режимов работы двигателей в полете; техническое обслуживание и ремонт; хранение и транспортирование АТ.

Система технической эксплуатации ЛА является по своей сути плано-предупредительной и строится на основе следующих принципов: соблюдения строгой плановости при проведении форм ТОиР; своевременного предупреждения отказов функциональных си-

стем и их наиболее важных изделий; обеспечения экономичности технической эксплуатации. Под принципом плановости понимается соблюдение прежде всего установленной периодичности отхода ЛА на ту или иную форму ТОиР, а также объемов части стандартных регламентных операций и операций по техническому диагностированию и дефектации объектов ТОиР.

Предупредительный характер системы технической эксплуатации обеспечивается за счет организации постоянного наблюдения при эксплуатации за уровнями надежности, а в ряде случаев и техническим состоянием функциональных систем и отдельных изделий с целью своевременного выявления предотказового состояния последних с последующей заменой изделий или регулировкой их параметров. Высокая экономическая эффективность системы технической эксплуатации достигается за счет наиболее полного использования индивидуальных возможностей каждого конкретного изделия в отношении его работоспособности.

Показатели, по которым должно оцениваться качество технической эксплуатации, тесно связаны с основными показателями авиационной транспортной системы, такими, как безопасность, регулярность и экономичность полетов. Так, безопасность полетов ЛА в значительной мере определяется безотказностью работы функциональных систем и изделий ЛА, регулярность — показателями исправности и готовности ЛА к полетам, экономичность эксплуатации — затратами, необходимыми для проведения ТОиР ЛА. Экономичность тесно связана с безопасностью и регулярностью, которые требуют для своего обеспечения определенных затрат, возрастающих по мере усложнения конструкции АТ.

Одной из важных составных частей технической эксплуатации ЛА принято считать техническое обслуживание и ремонт.

7.2. СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

Техническое обслуживание — это комплекс операций по поддержанию работоспособности, обеспечению исправности ЛА и готовности их к полетам. *Ремонт* — комплекс операций по восстановлению работоспособности изделий функциональных систем ЛА или составных частей изделий.

Весь комплекс операций по ТОиР ЛА условно можно разделить на две группы: плановые профилактические работы, связанные в основном с предупреждением отказов и повреждений; работы по обнаружению и устранению уже имеющих место отказов и повреждений.

Между этими группами работ на практике могут существовать различные соотношения в зависимости от принятых критерия оптимальности и стратегии проведения ТОиР. Но в любом случае основное требование, предъявляемое к процессу технической эксплуатации в целом, состоит в том, чтобы при ограниченных затратах труда обеспечить наибольшую вероятность того, что в необходимый момент времени ЛА

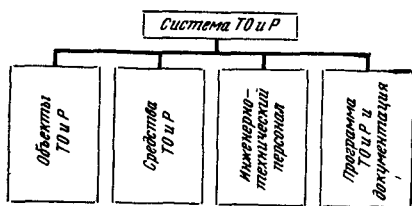


Рис. 7.3. Структура системы технического обслуживания и ремонта.

тацией ЛА в межпрофилактические периоды за счет предупреждения отказов и повреждений узлов и агрегатов и поддержания их технических характеристик в пределах установленных допусков.

Будучи правильно построенной, система ТОиР способствует уменьшению потока отказов и повреждений, увеличивает долговечность ЛА. Однако на проведение профилактических мероприятий и текущего ремонта затрачивается определенное время, в течение которого ЛА могли бы использовать по назначению. И чем оно больше, тем хуже показатели исправности и использования ЛА. Кроме того, для выполнения профилактики современных ЛА требуются большой штат специалистов, дорогое оборудование и контрольно-поверочная аппаратура, что в свою очередь увеличивает эксплуатационные расходы. Все это должно учитываться при разработке системы ТОиР.

Система ТОиР представляет собой совокупность взаимодействующих объектов и средств ТОиР, исполнителей, соответствующих программ и документации (рис. 7.3). Цель системы ТОиР — управление техническим состоянием изделий в течение их срока службы или ресурса до списания, позволяющее обеспечить: заданный уровень готовности изделий к использованию по назначению и их работоспособность в процессе использования; минимальные затраты времени, труда и средств на выполнение ТОиР изделий.

К числу основных задач системы относятся: установление требований к программам ТОиР конкретных видов техники; обеспечение выполнения обслуживания и ремонта изделий с заданным качеством при минимальных затратах времени, труда и средств; подготовка и реализация технологических процессов обслуживания и ремонта изделий с заданным качеством; обеспечение условий для выполнения ТОиР, в том числе создание и оснащение подразделений необходимыми средствами, подготовка необходимых трудовых ресурсов; оптимизация размещения производственных баз и материальных ресурсов.

Эффективность системы ТОиР определяется степенью ее приспособленности к выполнению функций по управлению надежностью и техническим состоянием ЛА в процессе технической эксплуатации.

В приведенном выше определении системы ТОиР содержатся понятия «объект» и «программа». Раскроем определения этих понятий.

окажется работоспособным и выполнит поставленную задачу. Применительно к ЛА гражданской авиации при разработке программ ТОиР основное внимание уделяется плановым профилактическим работам.

Профилактические работы составляют наибольшую часть объема ТОиР ЛА. Они направлены на обеспечение безотказной эксплуа-

Объектом технического обслуживания (ремонта) являются изделия или их совокупность, характеризующаяся потребностью в определенных работах по поддержанию (восстановлению) исправности или работоспособности в том или ином состоянии технической эксплуатации и приспособленностью к выполнению данных работ. Используемые при этом средства ТОиР включают комплекс наземных сооружений, средств технологического оснащения и технического диагностирования, необходимых для поддержания исправности или работоспособности объектов ТОиР.

Включение в качестве одного из основных элементов системы программы ТОиР является принципиально новым моментом. При этом под программой ТОиР в общем случае понимается документ, содержащий совокупность основных принципов и принятых решений по применению наиболее эффективных методов и режимов ТОиР, реализованных в конструкции объектов при их проектировании и изготовлении и эксплуатационно-технической документации с учетом заданных требований и условий эксплуатации. Данный документ должен отражать принятую для того или иного объекта эксплуатации стратегию (концепцию) ТОиР и выполнять роль материала, соединяющего воедино для достижения поставленной цели объект, средства, персонал и документацию. Программа является важным звеном системы ТОиР, придающим четкую идеологическую направленность и конкретность действий на длительный период эксплуатации ЛА.

7.3. ВИДЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

Применительно к ЛА гражданской авиации установлены следующие виды технического обслуживания: оперативное, периодическое, сезонное, специальное, при хранении. Основными из перечисленных видов являются оперативное и периодическое. Каждый из видов технического обслуживания отличается объемом и сложностью работ, потребным временем и периодичностью их выполнения.

Оперативное техническое обслуживание выполняется непосредственно перед вылетом и после посадки ЛА в базовых, транзитных и конечных аэропортах. При этом выполняются следующие виды работ: по встрече ЛА, обеспечению стоянки, осмотру и обслуживанию, обеспечению вылета.

Основное назначение оперативного технического обслуживания — устранение возникших в полете отказов и повреждений и подготовка ЛА к очередному вылету. При оперативном техническом обслуживании, как правило, не должно быть работ, необходимость выполнения которых определяется налетом (числом посадок) ЛА или индивидуальной наработкой его отдельных агрегатов и изделий. Необходимость, частота и последовательность выполнения оперативных форм обуславливаются характером и условиями использования ЛА по назначению. Работы по обеспечению вылета производятся непосредственно перед

вылетом ЛА независимо от того, какая форма оперативного обслуживания выполнялась. Работы по обеспечению стоянки выполняются в случаях передачи ЛА от экипажа в АТБ.

Особое место в оперативном техническом обслуживании занимают работы по поиску и устранению отказов и повреждений элементов и изделий функциональных систем ЛА. Учитывая стохастическую природу отказов и повреждений, решение задач поиска их причин и своевременного устранения представляется весьма сложным делом, требующим от исполнителей глубоких знаний конструкции и эксплуатации тех или иных типов ЛА. Качество и своевременность решения этих задач при оперативном техническом обслуживании во многом определяют безотказность работы техники и регулярность полетов.

Периодическое техническое обслуживание выполняется через строго установленные интервалы, измеряемые числом часов налета ЛА, числом посадок или календарным временем.

Основное назначение периодического технического обслуживания — выявление и устранение имеющих место отказов и повреждений элементов, изделий и агрегатов функциональных систем ЛА на ранних стадиях их развития, а также проведение профилактических мероприятий по предотвращению возникновения отказов и повреждений при дальнейшей эксплуатации ЛА: замена агрегатов, отработавших ресурс, смазка шарнирных соединений, регулировка изделий по результатам технического диагностирования и другие мероприятия. Выполнение периодических форм технического обслуживания обеспечивает поддержание работоспособности и требуемой исправности парка ЛА. Формы периодического технического обслуживания отличаются значительно большей трудоемкостью и строгой периодичностью выполнения.

Для большинства основных типов ЛА принята следующая периодичность выполнения форм технического обслуживания: форма 1 (Ф-1) — через каждые (300 ± 30) ч налета, форма 2 (Ф-2) — через каждые (900 ± 30) ч налета и форма 3 (Ф-3) — через каждые (1800 ± 30) ч налета.

Если ЛА по условиям эксплуатации имеет сравнительно малый налет, то его периодическое обслуживание выполняют по календарным срокам. Для самолета Ту-154, например, через каждые $4 \text{ мес} \pm 15 \text{ сут}$ выполняется форма 1К, через (12 ± 1) мес — форма 2К, через (24 ± 1) мес — форма 3К. Если самолет такого же типа длительно выполняет учебно-тренировочные полеты, то техническое обслуживание шасси, закрылков, предкрылков, интерцепторов и системы управления стабилизатором выполняют по посадкам: через каждые (300 ± 30) посадок в объеме формы 1, через (900 ± 30) посадок — формы 2, через (1800 ± 30) посадок — формы 3.

Допуск на каждую форму по налету, посадкам, календарным срокам позволяет избежать неоправданных простоев ЛА в тех случаях, когда АТБ вследствие загруженности не может приступить к обслуживанию данного ЛА. Тогда эксплуатация этого ЛА продолжается за счет допуска, который позволяет также выполнить работы по данной

форме раньше базового значения, если позволяют условия. Но с каким бы допуском не выполнялись работы по формам периодического технического обслуживания, отсчет всегда ведется от базового значения.

Каждая последующая форма периодического технического обслуживания включает в себя работы, предусмотренные предыдущими формами, а также специфические работы, присущие только данной форме. Так, при выполнении работ по форме 2 производятся также работы по форме 1, при выполнении работ по форме 3 — работы по формам 1 и 2. При замене двигателя по любой причине на ЛА выполняется та форма технического обслуживания, которая требуется по налету планера, производятся работы, непосредственно связанные с заменой двигателей и с осмотром элементов конструкции и систем, доступ к которым возможен только при снятом двигателе.

Каждая форма периодического обслуживания состоит из предварительных, основных (стандартных) и заключительных работ. Предварительные работы включают приемку ЛА, подготовку необходимого оборудования, инструмента, материалов для обслуживания, изучения задания и документации. Основные (стандартные) работы предусматривают, кроме осмотра, демонтаж ряда агрегатов, инструментальную проверку параметров систем и оборудования, замену смазки в шарнирах, выполнение регулировочных работ. Основные работы группируются по отдельным функциональным системам ЛА: силовая установка, шасси, планер, управление, гидравлическая система, система кондиционирования воздуха, система регулирования давления в кабинах, радиоэлектронное оборудование, приборное, электрическое, кислородное и бытовое оборудование и др. Заключительные работы — уборка рабочего места и передача ЛА в цех оперативного обслуживания для подготовки к полету и выполнения работ по обеспечению стоянки.

Сезонное техническое обслуживание проводится 2 раза в год при переходе к эксплуатации в осенне-зимний и весенне-летний периоды. Современные типы ЛА, как правило, не требуют больших затрат труда на выполнение сезонного обслуживания, поэтому оно проводится совместно с очередной формой периодического обслуживания. Сезонное обслуживание предусматривает дефектацию и полное восстановление защитных покрытий, устранение мелких повреждений и коррозии на деталях планера и шасси, регулировку натяжения троссовых проводов, проверку работоспособности противообледенительных систем и сигнализаторов обледенения, дефектацию и ремонт чехлов и заглушек и другие работы.

Специальное техническое обслуживание выполняется в случаях возникновения резких отклонений от условий нормальной эксплуатации. К ним относятся: грубая посадка, посадка до взлетно-посадочной полосы (ВПП), выкатывание ЛА за пределы ВПП, полет в турбулентной атмосфере, попадание в зону грозовой деятельности, попадание молнии в ЛА, превышение перегрузок и т. п. После любого из перечисленных случаев на ЛА выполняется комплекс смотровых и стан-

дартных работ, предусмотренный действующей документацией по техническому обслуживанию, для проверки состояния элементов определенных зон конструкции ЛА и принятия решения о возможности его дальнейшей эксплуатации.

Техническое обслуживание при хранении выполняется на ЛА, длительное время не совершающих полеты. Оно обеспечивает снижение вредного влияния атмосферных и других факторов и способствует наилучшему сохранению техники в данных условиях. Обслуживание при хранении выполняется через каждые 10 сут стоянки ЛА. По мере увеличения срока хранения усиливается вредное влияние атмосферных факторов, следовательно, увеличиваются и объемы работ. Поэтому различают работы, выполняемые на ЛА через каждые 10 сут, через каждые (30+3) сут и (90+9) сут.

Ремонт ЛА, как и периодическое техническое обслуживание, выполняется по истечении определенных интервалов, измеряемых числом часов налета, числом посадок или календарным временем.

Ремонтные операции на ЛА (за исключением текущего ремонта, который входит структурно в техническое обслуживание), могут выполняться или в виде капитального ремонта, или в виде так называемых ремонтных форм, похожих по принципу построения на формы периодического технического обслуживания. Однако капитальный ремонт в ряде случаев, согласно требованиям стандартов, может быть вынесен за рамки системы технической эксплуатации и рассматриваться как самостоятельный этап эксплуатации ЛА. Ремонт же, выполняемый в виде определенной совокупности ремонтных форм, совмещенных, как правило, с формами периодического технического обслуживания, естественно входит составной частью в систему технической эксплуатации.

Ремонтные формы в отличие от форм периодического технического обслуживания отличаются значительно большими интервалами времени и трудоемкостью работ. Их основное назначение и отличительная особенность состоят в том, чтобы оценить техническое состояние элементов и узлов конструкции в труднодоступных зонах, выявить и устранить отказы и повреждения на ранних стадиях их развития, восстановить поврежденные участки конструкции планера, лакокрасочное покрытие, бытовое оборудование ЛА, выполнить требуемые доработки конструкции по бюллетеням промышленности. В течение назначенного ресурса на ЛА последовательно выполняют несколько ремонтных форм: Р-1, Р-2, Р-3, Р-4 и другие, усложняющиеся по мере увеличения общего налета ЛА и числа посадок.

7.4. ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛА ЗА РУБЕЖОМ

Техническое обслуживание ЛА и их ремонт за рубежом выполняют, как правило, авиационные компании — владельцы ЛА. При этом фирмы-изготовители ЛА, двигателей, готовых изделий оказывают ави-

авиационным компаниям всемерную помощь, начиная от обучения летного и инженерно-технического персонала и разработки программ ТОиР и кончая разработкой и совершенствованием всей эксплуатационно-технической документации и бесперебойным обеспечением запасными частями.

Техническое обслуживание ЛА подразделяется на оперативное и периодическое. К оперативному техническому обслуживанию относятся предполетное и транзитное обслуживание в промежуточных аэропортах и в аэропортах базирования ЛА. Основная цель каждого из них состоит в том, чтобы в результате внешнего осмотра убедиться в исправности ЛА и готовности его к полету, а также устранить неожиданно возникшие отказы и повреждения отдельных агрегатов и узлов.

Формы периодического технического обслуживания характеризуются значительно большим объемом выполняемых работ по сравнению с оперативными формами и строго определенной периодичностью их проведения, в основу которой положено число часов налета или календарное время. Основная цель периодического технического обслуживания состоит в том, чтобы в результате тщательного осмотра и контроля технического состояния убедиться в исправности ЛА и готовности его продолжать полеты, а также выявить на ранних стадиях развития и устранить возможные повреждения агрегатов и узлов, с тем чтобы предупредить их отказы при эксплуатации.

Ремонт ЛА отличается значительным многообразием его организационных форм и методов. Как правило, выполнение его совмещается с формами периодического технического обслуживания.

Основой для разработки системы ТОиР ЛА в авиационных компаниях являются рекомендации фирм-изготовителей, которые учитывают заданный налет на ЛА, число их в авиационных компаниях, маршруты полетов, сезонность перевозок, технические возможности компаний и другие факторы. При этом фирмы-изготовители проявляют готовность изменить первоначально принятую систему ТОиР и предложить новую, которая наиболее полно учитывала бы конкретные условия работы той или иной авиакомпании.

При создании ЛА одной из основных задач конструкторов является найти и осуществить на практике такие конструктивно-технические решения отдельных элементов, узлов, агрегатов и функциональных систем в целом, которые даже при появлении первых разрушений позволяют ЛА выполнить один или несколько полетов в зависимости от возможности обнаружения места разрушения.

Эти и другие особенности конструкций ЛА накладывают свой отпечаток на построение системы ТОиР. Система основывается на свойствах конструкции ЛА, заключающихся в том, что фактические отклонения от номинальных значений параметров агрегатов и изделий в процессе эксплуатации могут изменяться в широких диапазонах. Более того, конструкции ЛА обладают свойством «подождать», т. е. продолжать функционировать еще некоторое время, если даже появилось

какое-либо повреждение. Это необходимо для того, чтобы оптимальным образом спланировать обслуживание по месту и времени без ущерба для эксплуатации.

Положенные в основу построения системы ТОиР ЛА программы, как правило, согласовываются с объединенным комитетом самолетостроительных, моторостроительных и других фирм, поставляющих наиболее ответственное оборудование, а также с правительственными регистрационными органами страны-экспортера и других ведущих стран-производителей АТ.

В построении форм оперативного технического обслуживания в зарубежных авиационных компаниях нет принципиальных отличий. Важнейшее условие при этом — сокращение простоев ЛА в промежуточных аэропортах при выполнении транзитных обслуживаний и обеспечение высокой регулярности вылетов. Что касается построения форм периодического технического обслуживания ЛА в авиакомпаниях, то здесь имеется ряд отличительных особенностей. Одним из них является то, что для одного и того же типа ЛА назначаются разные номенклатура форм и периодичность их выполнения. Это считается вполне нормальным явлением и объясняется прежде всего техническими возможностями авиационных компаний, а также числом имеющихся у них ЛА данного типа.

По мере накопления опыта эксплуатации периодичность выполнения форм ТОиР ЛА увеличивается. Фирмы и авиационные компании постоянно работают над увеличением периодичности форм ТОиР, усматривая в этом один из радикальных путей снижения затрат труда, времени и средств (рис. 7.4). Опыт эксплуатации показывает, что, несмотря на увеличение периодичности форм ТОиР и заметное снижение при этом удельной трудоемкости, значения показателей надежности ЛА имеют тенденцию к улучшению. В основе этой работы лежат зна-

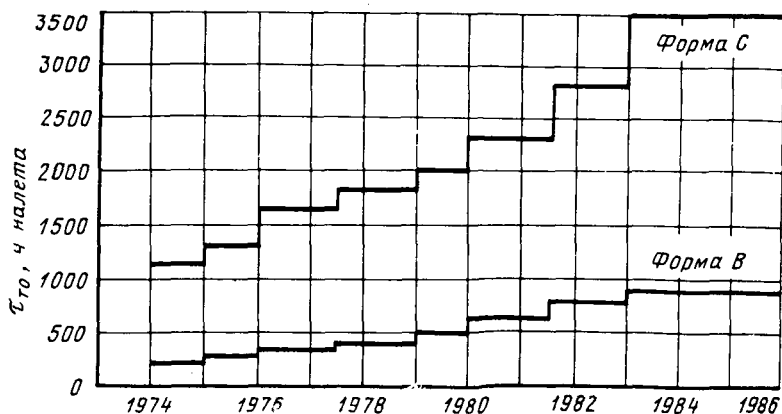


Рис. 7.4. Изменение периодичности технического обслуживания самолетов А-300 авиакомпании «Люфтганза»

Таблица 7.1. Программа контроля конструкции самолета БАК-111

Элементы конструкции	Периодичность		Объем выборки парка самолетов, %
	по налету, ч	по числу посадок	
Основная конструкция	7 500	10 000	10
	12 200	16 000	40
	24 000	32 000	100
Хвостовая часть и узлы крепления силовых установок	3 000	4 000	10
	4 500	6 000	20
	6 000	8 000	100

ние технического состояния эксплуатируемого парка ЛА в каждый конкретный период эксплуатации и стремление привести в соответствие этому техническому состоянию назначаемые для ЛА объемы и периодичность ТОиР.

Заметные отличия имеются в построении системы ремонта ЛА. В зарубежных авиакомпаниях широкое распространение получили системы регламентированного ремонта (блочного, непрерывного и др.), сущность которых заключается в том, что основные узлы и элементы конструкции ЛА восстанавливаются не одновременно (как при капитальном ремонте), а дифференцированно, строго по мере отработки ресурса каждым из них. Другими словами, ремонт выполняется последовательно на определенных блоках (группах) зон ЛА поэтапно на протяжении установленного для ЛА ремонтного цикла. За ремонтный цикл (15 ... 24 тыс. ч налета и более) на ЛА выполняется четыре-пять и более этапов ремонта с интервалами через 5 ... 6 тыс. ч налета.

Перечни работ, которые должны быть выполнены при ремонте того или иного блока зон, составляются фирмой в зависимости от ресурсов узлов, деталей и агрегатов, а также с учетом того, чтобы избежать совпадения трудоемких работ, вызывающих скопление в отдельных зонах ЛА большого числа исполнителей. Для выполнения каждого из этапов ремонта, которые обязательно совмещаются с периодическими формами обслуживания, ЛА отстраняется от полетов на две-три недели, преимущественно в осенне-зимний период года.

Для подтверждения правильности выбора режимов и методов ТОиР наиболее ответственных узлов и элементов конструкции планера применяется выборочный контроль их состояния при эксплуатации. Перечень узлов и элементов, подвергаемых выборочному контролю, начальная наработка и периодичность проведения такого контроля определяются специальной программой. При выборочном контроле техническое состояние узлов и элементов конструкции планера определяется с помощью визуального осмотра и средств неразрушающего контроля (рентгеноскопия, ультразвук и др.).

Для самолета БАК-111, например, в начальный период его эксплуатации была рекомендована следующая программа контроля (табл. 7.1).

Подобная система выборочного контроля узлов и элементов конструкции планера существует практически для всех типов самолетов. Если в результате такого контроля будет выявлено какое-либо отклонение от нормы на одном из самолетов, то это влечет за собой введение специальных проверок для всего их парка.

Глава 8

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

8.1. ОСНОВНЫЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ГОДОВОГО ФОНДА ВРЕМЕНИ ЛА

В годовом фонде времени ЛА $T_{г.ф}$ наряду с налетом T_r значительную долю занимают простои по различным причинам. Для удобства анализа и разработки действенных мер по обеспечению эффективности использования ЛА все простои можно объединить в три группы. Это простои ЛА по техническим причинам $T_{п.т}$, по различным причинам в исправном состоянии $T_{п.и}$, а также в промежуточных и конечных аэропортах при выполнении рейсов $T_{пр}$ (рис. 8.1).

В простои ЛА по техническим причинам $T_{п.т}$ входят затраты времени: на техническом обслуживании по периодическим формам регламента и в ремонте; на доработках ЛА по бюллетеням промышленности; на простои по рекламациям и в ожидании новых или отремонтированных двигателей и запасных частей, необходимых для установки на ЛА.

При необходимости каждый из видов простоев можно анализировать в отдельности.

Простои ЛА в исправном состоянии в аэропортах базирования $T_{п.и}$ включают простои: из-за отсутствия необходимых метеоусловий для выполнения полетов по расписанию; в ночное время, не задействованное расписанием движения ЛА; в резерве в соответствии с установленными нормативами; из-за отсутствия загрузки, топлива и по другим причинам.

К простоям ЛА в промежуточных и конечных аэропортах при выполнении рейсов $T_{пр}$ относятся затраты времени на выполнение оперативных форм технического обслуживания (предполетного, транзитного и послеполетного) в соответствии с технологическими графиками, а также простои по разным причинам в ожидании вылета.

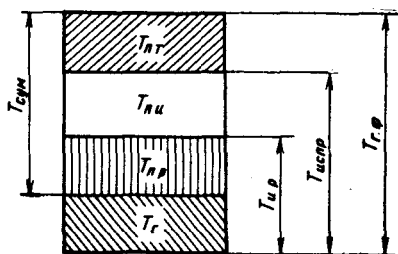


Рис. 8.1. Укрупненная структура годового фонда времени ЛА:

$T_{испр}$ — время исправного состояния ЛА; $T_{испр}$ — время использования ЛА в рейсах

Таблица 8.1. Баланс времени группы ЛА

Тип самолета	Пребывание в базовом аэропорту, %			Пребывание в рейсе, %		
	всего	в том числе		всего	в том числе	
		исправное состояние	неисправное состояние		летное время	стоянки в промежуточных и конечных аэропортах
Зимний период (январь-февраль)						
Ил-62	76	33	43	24	14	10
Ту-154	71	32	39	29	14	15
Летний период (июль-август)						
Ил-62	54	18	36	46	31	15
Ту-154	55	24	31	45	29	16

Суммарные простои $T_{\text{сум}} = T_{\text{п.т}} + T_{\text{п.и}} + T_{\text{пр}}$. Принятое деление всех простоев ЛА при эксплуатации на указанные три группы намного облегчает решение задач анализа использования ЛА, поиска имеющихся резервов, определения показателей исправности и использования ЛА в рейсах. При анализе использования ЛА по налету часов в качестве исходных принимаются следующие материалы: сводные отчетные данные о налете парка ЛА, расписание движения ЛА, диспетчерские графики авиационно-технических баз (АТБ) аэропортов, данные почасового учета исправности парка ЛА, отчеты авиационных предприятий о выполнении рейсов.

В результате можно получить распределение фонда времени ЛА по различным состояниям процесса эксплуатации (табл. 8.1).

Относительно большие простои ЛА в базовом аэропорту и других при выполнении рейсов вызываются главным образом следующими обстоятельствами:

незначительным использованием для рейсовых полетов ночного времени суток;

ограниченностью частоты вылетов и неравномерностью распределения выполняемых рейсов в течение суток, приводящих к необходимости ожидания очередного рейса ЛА, на котором закончено техническое обслуживание;

системой жесткого закрепления ЛА за экипажами только своего авиационного предприятия, что приводит в случаях использования экипажами суточной нормы налета к необходимости «ночевок» ЛА в конечных аэропортах;

невозможностью быстро переоборудовать пассажирские ЛА в грузовой вариант для использования их при необходимости для перевозки срочных грузов (в ночное время суток и при отсутствии пассажиров);

сравнительно большими объемами регламентных и ремонтных работ, а также доработок, которые требуется выполнять на ЛА для

поддержания заданного уровня их надежности и обеспечения безопасности полетов;

вынужденными простоями из-за отсутствия в ряде случаев необходимых запасных частей, а также в ожидании начала технического обслуживания по трудоемким формам регламента.

Значения многих видов простоев ЛА непосредственно зависят от деятельности инженерно-авиационной службы (ИАС) аэропортов.

8.2. ПОКАЗАТЕЛИ ИСПРАВНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

Списочный парк состоит из исправных, готовых к эксплуатации ЛА и ЛА, находящихся на техническом обслуживании, ремонте, доработках. Число исправных, готовых к эксплуатации ЛА характеризуется показателем исправности $K_{испр}$, который представляет собой отношение времени, в течение которого ЛА находятся в исправном состоянии, к общему фонду их рабочего времени за отчетный период $T_{г.ф}$ в часах ($T_{г.ф} = 8760$ ч):

$$K_{испр} = \frac{8760 - T_{п.т}}{8760}. \quad (8.1)$$

Показатель простоев ЛА по техническим причинам $T_{п.т}$ можно выразить через годовой налет ЛА T_g и показатель K_t в часах на час налета, характеризующий удельные простои по техническим причинам: $T_{п.т} = T_g K_t$. Тогда зависимость (8.1) примет следующий вид (в %):

$$K_{испр} = \frac{8760 - T_g K_t}{8760} 100. \quad (8.2)$$

С использованием выражения (8.2) можно определять значения $K_{испр}$ для разных значений K_t и T_g . Из рис. 8.2, в частности, видно, что при одном и том же значении K_t показатель исправности $K_{испр}$ может существенно изменяться в зависимости от значения годового налета ЛА. Видно также, что при заданном значении $K_{испр}$ парка ЛА увеличение T_g может быть достигнуто только при уменьшении удельных простоев по техническим причинам.

Практический интерес представляет вопрос о минимально допустимых значениях показателя исправности $K_{испр}$ для различных значений T_g . В результате проведенных исследований установлено, что между величинами $K_{t\max}$ (максимально возможное значение) и T_g существует вполне определенная зависимость (рис. 8.3).

На нем показана также зависимость 2 между T_g и суммарными удельными затратами времени $K_{сум}$:

$$K_{сум} = K_t + K_{п.и} + K_{пр},$$

где $K_{пр} = T_{пр}/T_g$ — удельные простои ЛА при выполнении рейсов, ч/ч налета; $K = T_{п.и}/T_g$ — удельные простои ЛА в исправном состоянии в базовом аэропорту, ч/ч налета.

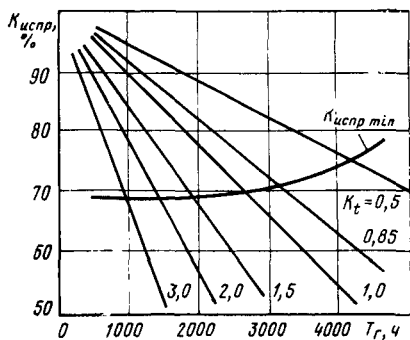
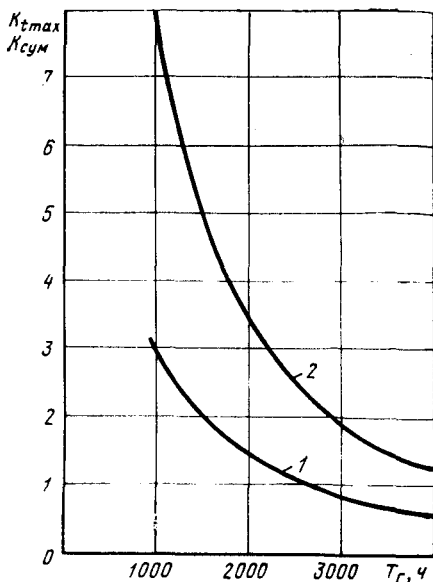


Рис. 8.2. Зависимость показателя исправности $K_{испр}$ от годового налета T_r и удельных простоев по техническим причинам K_t

Рис. 8.3. Зависимость удельных простоев летательных аппаратов от годового налета T_r :

1 — K_{tmax} ; 2 — $K_{сум}$



Чем выше планируется годовой налет T_r , тем более жесткие требования предъявляются к допустимым значениям суммарных простоев ЛА и в том числе простоев на обслуживании и ремонте.

Подставляя в выражение (8.2) вместо K_t их максимально возможные значения, взятые из рис. 8.3 для соответствующих величин T_r , получим зависимость минимальных значений $K_{испр}$ от T_r . На основании этой зависимости можно определять значения возможного годового налета ЛА при различных значениях K_t , т. е. при той или иной системе технического обслуживания и ремонта (ТОиР).

Если, допустим, $K_t = 1,5$ ч/ч налета, то минимально допустимое значение $K_{испр} = 69\%$, а возможный годовой налет ЛА около 2000 ч. Для того чтобы увеличить значение T_r , например, до 3000 ч, требуется дальнейшее совершенствование системы обслуживания и ремонта ЛА, которое позволило бы довести значение K_t до 0,85 ч/ч налета. При $T_r = 4000$ ч значение $K_{испр}$ должно быть не менее 75%, а значение K_t — соответственно не ниже 0,5 ч/ч налета.

Однако обеспечение высокой исправности парка ЛА еще не означает, что таким же высоким будет и его использование. Технически исправные ЛА, как уже отмечалось, простаивают в базовых аэропортах по различным причинам. Степень использования технически исправного парка ЛА для выполнения рейсов характеризуется показателем использования в рейсах $K_{и.р.}$. Этот показатель выражает отношение времени, в течение которого ЛА исправны (в течение года это $8760 K_{испр}$), за вычетом простоев в исправном состоянии в аэропортах базирования ($T_r K_{п.и}$), к общему фонду времени в часах. Показатель использо-

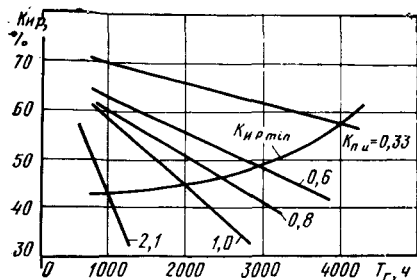


Рис. 8.4. Зависимость показателя использования в рейсах $K_{и.р}$ от годового налета $T_{г}$ и удельных простоев $K_{п.и}$

вания в рейсах можно также характеризовать той долей годового фонда времени, в течение которого технически исправные ЛА выполняют различные рейсы и другие задания.

Практически всегда $K_{и.р}$ меньше $K_{испр}$. Показатель использования в рейсах $K_{и.р}$ в процентах определяется как

$$K_{и.р} = \frac{8760 K_{испр} - T_{г} K_{п.и}}{8760} 100. \quad (8.3)$$

Сокращение простоев ЛА в исправном состоянии приводит к резкому увеличению значений показателя использования в рейсах $K_{и.р}$. При отсутствии таких простоев $K_{и.р} = K_{испр}$. Кроме того, из рис. 8.4 следует, что при одном и том же значении $K_{п.и}$ показатель использования в рейсах $K_{и.р}$ может изменяться в широких пределах в зависимости от $T_{г}$.

Подставляя в формулу (8.3) данные о минимальных значениях $K_{испр}$, можно получить зависимость минимальных значений показателя использования в рейсах $K_{и.р}$ от $T_{г}$ (кривая на рис. 8.4). Увеличение $T_{г}$ при заданном показателе использования в рейсах $K_{и.р}$ может произойти только за счет уменьшения удельных простоев $K_{п.и}$ ЛА в исправном состоянии. Если $K_{п.и} = 0,8$ ч/ч налета, то в этом случае минимальное значение $K_{и.р}$ составляет 46 %, а возможный годовой налет ЛА — не более 2400 ч.

Для достижения $T_{г} = 4000$ ч показатель использования в рейсах должен быть не менее 57%, а $K_{п.и}$ — соответственно не выше 0,33 ч/ч налета.

Время пребывания ЛА в рейсах складывается из летного времени и простоев в промежуточных и конечных аэропортах. Поэтому рассмотренные показатели $K_{испр}$ и $K_{и.р}$ не дают еще полного представления о степени фактического использования парка ЛА по назначению, а именно о налете часов при выполнении рейсов. В связи с этим целесообразно рассмотреть еще и показатель использования ЛА по назначению $K_{и.н}$. Этот показатель определяется отношением налета часов за определенный период эксплуатации к продолжительности этого периода.

Если за период эксплуатации принимается календарный год, то

$$K_{и.н} = \frac{T_{г}}{T_{г.ф}} 100 = \frac{T_{г}}{8760} 100.$$

Этот показатель имеет тесную связь с показателями $K_{и.р}$ и $K_{пр}$, т. е. он может быть представлен как

$$K_{и.н} = \frac{8760K_{и.р} - T_{г} K_{пр}}{8760} 100. \quad (8.4)$$

С использованием формулы (8.4) и данных рис. 8.4 (линии минимальных значений $K_{и.р}$) можно определить минимальные значения показателя $K_{и.н}$ в зависимости от $T_{г}$ и $K_{пр}$. Для увеличения $K_{и.н}$ на практике необходимо систематически снижать значение показателя $K_{пр}$, т. е. добиваться повышения эффективности использования ЛА при выполнении рейсов.

Показатель использования ЛА по назначению определяется и применительно к каждому рейсу как отношение числа часов налета T_{pi} в i -м рейсе к общему времени пребывания его в рейсе ($T_{pi} + K_{пр} T_{pi}$):

$$K_{п. pi} = \frac{T_{pi}}{T_{pi} + K_{пр} T_{pi}}. \quad (8.5)$$

Как видно из выражения (8.5), значения $K_{и. pi}$ для каждого рейса зависят от $K_{пр}$. Сокращение простоев в аэропортах при выполнении рейсов улучшает оборачиваемость ЛА, что способствует увеличению годового налета часов.

При проведении анализа эффективности использования ЛА в рейсе на практике часто пользуются величиной, которая характеризует суммарные затраты времени при выполнении рейса, отнесенные к 1 ч налета.

8.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКИ ВОЗМОЖНОГО ГОДОВОГО НАЛЕТА ЛА

Один из основных показателей эффективности использования парка ЛА — налет на списочный ЛА. Этот показатель выражает степень производительного использования календарного фонда времени ЛА. Налет тесно связан с рядом других важных показателей предприятий гражданской авиации и, в частности, таких, как сумма основных производственных фондов, рентабельность и себестоимость перевозок. Поэтому анализ налета ЛА, разработка и проведение в жизнь мероприятий по его увеличению являются первоочередной задачей для всех служб гражданской авиации, в том числе и для ИАС.

Техническая возможность увеличения налета ЛА зависит в основном от простоев: по техническим причинам, в аэропортах базирования в исправном состоянии и в промежуточных и конечных аэропортах при выполнении рейсов.

Зависимость годового налета ЛА (в часах) от перечисленных факторов можно представить как

$$T_{г} = \frac{8760}{K_t + K_{п.и} + K_{пр} + 1}, \quad (8.6)$$

где K_t — удельные простои по техническим причинам.

Из номограммы (рис. 8.5), полученной с использованием формулы (8.6) для определения T_r в зависимости от значений K_t , $K_{пр}$, видно, что годовой налет на списочный ЛА при прочих благоприятных условиях может существенно увеличиваться, если снижаются указанные виды простоев. Роль каждого из этих факторов для повышения эффективности использования парка ЛА одинаково важна. Это особенно ощутимо, когда годовой налет на ЛА достигает 2500 ч и более.

Действительно, если в результате проведения некоторых мероприятий по совершенствованию системы ТОиР значение показателя K_t сократилось в 3 раза (от $K_t = 3$ до $K_t = 1$), а простои ЛА в исправном состоянии и при выполнении рейсов не изменились (допустим, что $K_{п.и} = K_{пр} = 2$), то годовой налет ЛА может увеличиться только на 450 ч (линия a на рис. 8.5). Но если одновременно с сокращением в 3 раза затрат времени на ТОиР будут сокращены хотя бы в 2 раза простои ЛА в исправном состоянии в аэропорту базирования и при выполнении рейсов, то годовой налет ЛА возрастает уже примерно на 1100 ч (линия b).

В случае же дальнейшего сокращения простоев в базовых аэропортах (от $K_{п.и} = 1$ до $K_{п.и} = 0,4$) возможный годовой налет дополнительно увеличивается на 730 ч (линия $в$).

Особый интерес представляет вопрос определения технически возможного годового налета ЛА, т. е. налета, определяемого только параметрами оперативного цикла эксплуатации ЛА (рис. 8.6) и располагаемым временем суток для выполнения полетов $t_{сут}$.

К числу параметров оперативного цикла относятся: $t_{ст}$ — длительность стоянки ЛА в аэропортах между смежными полетами (длитель-

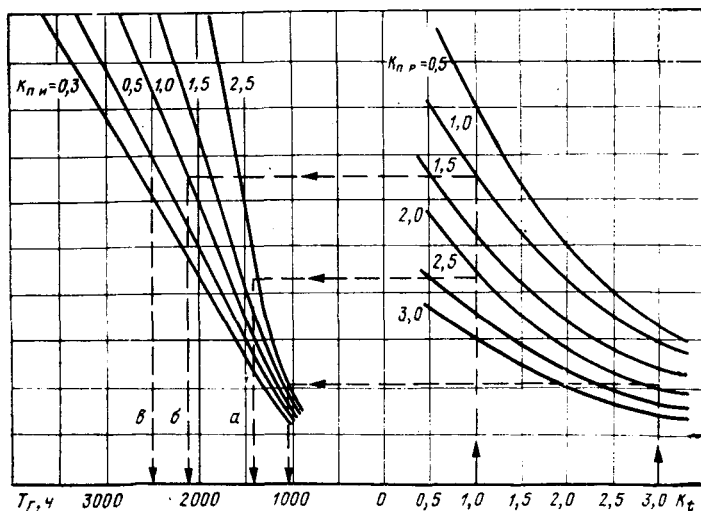


Рис. 8.5. Номограмма для определения возможного годового налета T_r в зависимости от показателей K_t , $K_{п.и}$ и $K_{пр}$

ность подготовки к полету); $t_{б.п}$ — длительность беспосадочного полета. Длительность оперативного цикла эксплуатации $t_{ц} = t_{ст} + t_{б.п}$.

Располагаемое время суток для выполнения полетов зависит от показателя исправности $K_{непр}$ и определяется как

$$t_{сут} = 24K_{испр}.$$

В рассматриваемом случае технически возможный годовой налет ЛА определяется количеством циклов (подготовка к полету — полет), которые он может выполнить за рабочее время года ($365t_{сут}$). Число таких циклов, умноженное на среднюю длительность беспосадочного полета $\bar{t}_{б.п}$, даст искомое значение технически возможного годового налета ЛА:

$$T_{гв} = \frac{365t_{сут}}{\bar{t}_{ст} + \bar{t}_{б.п}} \bar{t}_{б.п}. \quad (8.7)$$

Время стоянок в аэропортах между смежными полетами $t_{ст}$ рассчитывается исходя из анализа процессов комплексной подготовки ЛА к вылету всеми службами аэропорта. Значение $t_{ст}$ изменяется в широких пределах в зависимости от типов ЛА и условий их эксплуатации. Поэтому на практике необходимое значение $t_{ст}$ для каждого конкретного случая определяется с помощью типовых технологических графиков обслуживания ЛА при подготовке к вылету в базовом, промежуточном и конечном аэропортах. При определении $T_{гв}$ принимаются средние значения $\bar{t}_{ст}$ и $\bar{t}_{б.п}$.

Зависимость технически возможного годового налета $T_{гв}$ от средней длительности беспосадочного полета $\bar{t}_{б.п}$ при заданных значениях располагаемого времени $t_{сут}$ и средней длительности стоянок $\bar{t}_{ст}$, полученная с использованием выражения (8.7), приведена на рис. 8.7. Из него видна общая закономерность, выражающаяся в том, что чем больше значение $\bar{t}_{б.п}$, тем выше технически возможное значение $T_{гв}$. Однако при заданных $\bar{t}_{б.п}$ использование ЛА во многом определяется значениями $t_{сут}$ и $t_{ст}$, которые в свою очередь зависят от рассмотренных показателей K_t и $K_{пр}$ соответственно. С использованием этой зависимости можно определить области технически возможного годового налета ЛА разных классов с разной средней длительностью беспосадочного полета (табл. 8.2).

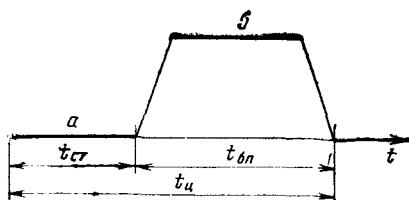


Рис. 8.6. Схема оперативного цикла эксплуатации ЛА:

а — подготовка к полету; б — полет

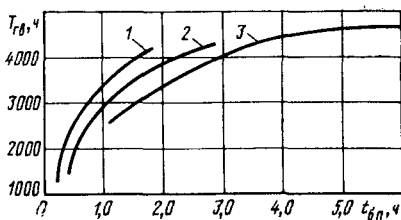


Рис. 8.7. Зависимость технически возможного годового налета $T_{гв}$ от средней длительности беспосадочного полета $\bar{t}_{бп}$ при:

1 — $t_{сут}=16$ ч, $t_{ст}=0,75$ ч; 2 — $t_{сут}=16$ ч, $t_{ст}=1,0$ ч; 3 — $t_{сут}=16$ ч, $t_{ст}=1,5$ ч

Т а б л и ц а 8.2. Ожидаемые значения технически возможного годового налета самолетов разных классов

Класс самолета по дальности полета	Дальность полета по НППГА, км	Значение <i>Т_б</i> , ч	Ожидаемое значение <i>Т_{гв}</i> , ч
МВЛ	До 1000	Менее 1,0	1500...2500
БМС	1001...2500	1,0...2,5	2500...3000
СМС	2501...6000	2,5...6,0	3000...3500
ДМС	Более 6000	Более 6,0	3500...4500

На налет ЛА оказывают на практике заметное влияние и такие факторы, как сезонность перевозок, метеорологические условия, наличие на авиационных предприятиях транспортной работы, наличие горюче-смазочных материалов (ГСМ), наличие в достаточном количестве экипажей и обслуживающего персонала в аэропортах, рентабельность полетов на том или ином типе ЛА, производственно-техническая база и наличие средств механизации в аэропортах. Все эти и другие реально действующие факторы в той или иной степени снижают технически возможный годовой налет на один ЛА. Однако общие закономерности изменения исправности и использования, рассмотренные выше, при этом сохраняются.

К числу основных направлений работ по повышению эффективности использования ЛА относятся: повышение надежности и эксплуатационной технологичности ЛА и внедрение на этой основе новых, более эффективных программ ТОиР; увеличение ресурсов АТ, сокращение объемов работ и простоев ЛА при ТОиР; рациональное базирование ЛА для концентрации однотипной АТ в минимальном числе аэропортов; сокращение простоев и исключение «ночевок» ЛА в промежуточных и конечных аэропортах за счет рационального составления расписания, а также раскрепления экипажей однотипных ЛА, принадлежащих разным авиационным предприятиям и управлениям гражданской авиации; увеличение использования для рейсовых полетов ночного времени суток; внедрение в аэропортах автоматизированных систем управления производством (АСУП), а также систем поиска отказов и повреждений, возникающих в конструкции ЛА при эксплуатации.

Наряду с перечисленными задачами не менее важной для предприятий гражданской авиации является задача обеспечения экономичной эксплуатации ЛА, т. е. соблюдение установленных плановых показателей по себестоимости перевозок и прежде всего по стоимости ТОиР.

8.4. НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ИСПРАВНОСТИ И ПРОСТОЕВ ЛА ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИЧИНАМ

В соответствии с установленным в гражданской авиации порядком для каждого типа ЛА утверждаются нормативные значения показателей исправности и простоев по техническим причинам. Периодически,

с учетом накопленного опыта эксплуатации, эти нормативы пересматриваются. Нормативы исправности парка некоторых типов ЛА, действующие в 1988 ... 1989 гг., следующие:

Тип ЛА	Ил-62	Ил-76	Ил-18	Ту-154	Ту-134	Ан-12
Норматив исправности, %	70	55	82	70	82	72

Эти нормативы являются обязательными для всех предприятий гражданской авиации, расположенных в различных регионах страны, и для всех периодов года. Однако они не дифференцированы по условиям работы предприятий, регионам их расположения, а также по времени года. В этом их существенный недостаток.

В последние годы в интересах эксплуатационных предприятий стали утверждаться сезонные нормативы исправности парка ЛА и их простоев по техническим причинам. В качестве примера в табл. 8.3 приводятся такие нормативы для самолетов Ил-86 и Як-42. Эти нормативы в отличие от действующих ранее учитывают сезонную неравномерность перевозочного процесса. Однако и с их введением проблема нормирования исправности и простоев парка ЛА по техническим причинам остается еще до конца не решенной.

Нормирование исправности парка каждого типа ЛА на прогнозируемый период ведется на основе анализа статистических данных за прошедший период исходя из требований обеспечения эффективности использования ЛА. Предприятия во что бы то ни стало стремятся достичь установленный сверху уровень исправности. В ряде случаев (особенно для зимнего периода года) этот уровень оказывается необоснованно завышенным. Для достижения его требуются дополнительные материальные и трудовые затраты.

В новых условиях хозяйствования требуется иной подход к решению задачи нормирования. Суть его заключается в том, что назначенный для того или иного предприятия норматив исправности парка ЛА

Таблица 8.3. Сезонные нормативы исправности парка самолетов Ил-86 и Як-42 и их простоев по техническим причинам

Показатель	На год в целом		По месяцам			
			июнь, июль, август, сентябрь		остальные месяцы года	
	Ил-86	Як-42	Ил-86	Як-42	Ил-86	Як-42
Коэффициент исправности парка, %	66	65	77	75	60	60
Норматив простоев, %:						
на техническом обслуживании	14	17	11	13	16	19
по другим техническим причинам	20	18	12	12	24	21

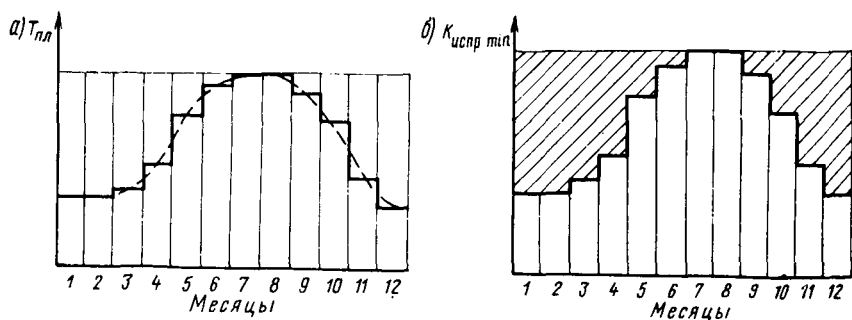


Рис. 8.8. Характер изменения по месяцам года:

а — запланированного налета $T_{пл}$; б — потребного уровня исправности парка ЛА $K_{испр.пл}$

определенного типа должен быть не выше уровня, *потребного* для надежного выполнения запланированного налета на определенный период времени (квартал, месяц, неделя) при наименьших материальных и трудовых затратах на ТОиР. Другими словами, нормативы должны быть дифференцированными, учитывающими сезонные изменения объемов летной работы и конкретные условия деятельности предприятий.

Взаимосвязь между минимально потребным уровнем исправности парка ЛА рассматриваемого типа $K_{испр.пл. min}$ и его запланированным налетом $T_{пл}$ в определенный календарный промежуток времени определяется как

$$K_{испр.пл. min} = \frac{T_{пл}}{h_{ср.пл} N} 100 \%, \quad (8.8)$$

где $h_{ср.пл}$ — средний возможный плановый налет на один исправный ЛА, задействованный в расписании, с учетом рациональной стыковки рейсов; N — число ЛА приписного парка предприятия.

В данном выражении переменными величинами могут быть $T_{пл}$, $h_{ср.пл}$ и N . В зависимости от их значений существенно изменяется и потребная исправность парка ЛА. Так, $T_{пл}$ имеет заметные колебания по месяцам года вследствие влияния фактора сезонности перевозок (рис. 8.8, а). Следовательно, чем меньше $T_{пл}$ при постоянном приписном парке ЛА предприятия N , тем ниже может быть установлен уровень потребной его исправности (рис. 8.8, б). Заштрихованная зона на рис. 8.8, б означает резервы предприятия, которые оно вправе использовать.

Из выражения (8.8) следует, что заметное влияние на $K_{испр.пл. min}$ оказывает $h_{ср.пл}$. Чем плотнее составлено суточное расписание движения исправных ЛА и более тщательно обеспечена стыковка рейсов, тем большим будет значение $h_{ср.пл}$. А это означает, что запланированный предприятию налет $T_{пл}$ можно выполнить меньшим числом исправных ЛА. При таком подходе представляется возможным более обоснованно решать задачу определения потребного предприятию числа ЛА N для разных временных интервалов года.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

9.1. УКРУПНЕННАЯ СТРУКТУРА ОБЩИХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ РАСХОДОВ

Экономичность технической эксплуатации ЛА характеризуется затратами трудовых, топливно-энергетических и материальных ресурсов на единицу продукции ТО и ремонта АТ. Затраты на эти виды работ входят составной частью в себестоимость авиаперевозок. Синтезируя все текущие затраты на производство продукции, себестоимость является одним из главных показателей издержек материалов, средств и труда, т. е. уровня эксплуатационных расходов авиапредприятия.

Себестоимость единицы транспортной продукции C определяется отношением общей суммы эксплуатационных расходов по транспортной авиации за определенный период к общему объему транспортной продукции, произведенной за этот же период:

$$C = C_3 / W_{\text{тр}},$$

где C_3 — сумма эксплуатационных расходов, коп.; $W_{\text{тр}}$ — общий объем транспортной продукции, т · км.

Себестоимость тонно-километра и себестоимость летного часа связаны соотношением

$$C = C^* / A_{\text{ч}},$$

где C^* — себестоимость летного часа, коп./ч налета; $A_{\text{ч}}$ — часовая производительность полетов, т · км/ч налета.

Данные показатели нашли широкое применение в практике планирования работы авиапредприятий и оценки их хозрасчетной деятельности.

Укрупненно эксплуатационные расходы делятся на стоимость потребленных средств производства и затраты на оплату труда. Для определения, анализа и оценки себестоимости на авиапредприятиях эксплуатационные расходы расчленяются более детально по калькуляционным статьям, группам и подгруппам затрат. В настоящее время выделяют шесть калькуляционных статей. Доля каждой из них (в процентах) за последние годы в среднем по МГА составляет:

Авиа ГСМ	22
Амортизация СВП (реновация)	17
ТОиР СВП	20
Заработная плата всего состава (кроме ИАС)	15
Отчисления на социальное страхование	4
Аэропортовые расходы	22
Всего	100

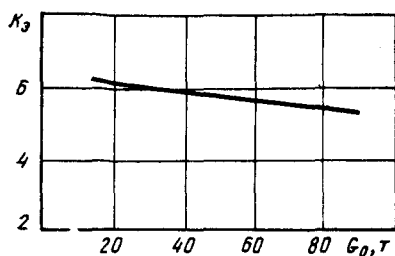


Рис. 9.1. Зависимость показателя экономичности конструкции ЛА от ее массы

АТ, позволяет определять себестоимость единицы объема ТО. Доля основных видов затрат (в процентах) в себестоимости ТО ЛА в среднем по ИАС составляет:

Запчасти	40
Производственная зарплата	32
Прочая зарплата (накладные расходы)	15
Общепроизводственные расходы	13
Всего	100

Статья «Авиа ГСМ» включает расходы на топливо и смазочные материалы только по самолетам и вертолетам, а статья «Амортизация СВП» — только расходы на реновацию, так как расходы на капитальный ремонт перенесены в статью «ТОиР». Нормы амортизации на реновацию в процентах от балансовой стоимости в год составляют: для планеров всех типов ЛА — 8 %; для двигателей всех типов — 10 %.

ИАС оказывает непосредственное влияние на снижение эксплуатационных расходов и прежде всего по статье «Текущий ремонт СВП» за счет совершенствования программ ТО и ремонта АТ, технологии ТО и ремонта, увеличения межремонтных ресурсов АТ, обоснования норм расхода ГСМ и других мероприятий.

Не менее важной характеристикой, определяющей уровень эксплуатационных расходов, является экономичность самой конструкции ЛА, которая оценивается при производстве и эксплуатации обобщенным показателем экономичности K_z . Он определяется как отношение суммарных затрат на производство ТОиР, приходящихся на 1 ч налета, к массе конструкции ЛА:

$$K_z = \frac{C_n + A (C_{уд. то} + C_{уд. р})}{AG_0},$$

где C_n — стоимость нового ЛА, руб.; $C_{уд. то}$ и $C_{уд. р}$ — удельные затраты на ТОиР соответственно, руб./ч налета; A — назначенный ресурс ЛА, ч; G_0 — масса конструкции ЛА, т.

Статья «ТОиР СВП» занимает значительный удельный вес — 20 %, при этом она с учетом рассматриваемой проблемы включает стоимость запасных частей, приборов, оборудования и материалов, расходуемых АТБ, а также заработную плату работников ИАС и расходы на капитальный ремонт самолетов, вертолетов и авиадвигателей.

Учет расходов, которые несет АТБ при выполнении всех видов работ по ТО и текущему ремонту

Для ЛА с различной массой конструкции значения K_3 должны быть различными. С увеличением G_0 показатель K_3 уменьшается (экономичность конструкции растет) (рис. 9.1). Таким образом, возникает задача установления нормативных величин K_3 в зависимости от массы конструкции G_0 , необходимых для оценки экономичности конструкций различных типов ЛА.

Основными путями повышения экономичности конструкции ЛА являются увеличение назначенного и межремонтных ресурсов, повышение безотказности и эксплуатационной технологичности.

9.2. ВИДЫ РАБОТ И ОБОБЩЕННАЯ ОЦЕНКА ОБЪЕМА ПРОИЗВОДСТВА АТБ

Объем выполняемых в АТБ работ подразделяется на три группы: техническое обслуживание, разовые и прочие работы.

В объем работ по ТО всех i -х типов ЛА по j -м формам обслуживания входят:

работы по оперативному ТО

$$W_{\text{оп}} = \sum_i \sum_j n_{ij}^{\text{оп}} T_{ij}^{\text{оп}};$$

работы по периодическому ТО

$$W_{\text{пер}} = \sum_i \sum_j n_{ij}^{\text{пер}} T_{ij}^{\text{пер}};$$

работы по замене двигателей

$$W_{\text{з.дв}} = \sum_i n_i^{\text{з.дв}} T_i^{\text{з.дв}};$$

работы по ТО ЛА, занятых ПАНХ,

$$W_{\text{ПАНХ}} = \sum_i H_i^{\text{ПАНХ}} q_i^{\text{ПАНХ}};$$

работы по сезонному обслуживанию ЛА при переходе к весенне-летней или осенне-зимней навигации

$$W_{\text{сез}} = 2 \sum_i n_i^{\text{ЛА}} T_i^{\text{сез}};$$

дополнительные работы по ТО, не предусмотренные регламентом и связанные с устранением дефектов и неисправностей АТ $W_{\text{доп}}$,

где $n_{ij}^{\text{оп}}$, $n_{ij}^{\text{пер}}$, $n_i^{\text{з.дв}}$ — число соответственно j -х форм оперативного, периодического ТО, замен двигателей i -х типов ЛА; $n_i^{\text{ЛА}}$ — число ЛА i -х типов; $T_{ij}^{\text{оп}}$, $T_{ij}^{\text{пер}}$, $T_i^{\text{з.дв}}$, $T_i^{\text{сез}}$ — соответствующие каждой j -й форме ТО, замене двигателей, сезонному обслуживанию значения нормативной трудоемкости по всем i -м типам ЛА, единые для всех АТБ, чел.-ч/ч налета; $H_i^{\text{ПАНХ}}$ — налет часов по i -м типам ЛА по ПАНХ; $q_i^{\text{ПАНХ}}$ — норматив трудоемкости ТО, отнесенной к часу налета на ПАНХ по всем i -м типам ЛА, чел.-ч/ч налета.

Таблица 9.1. Нормативы трудоемкости ТО, чел.-ч

Виды ТО	Ил-62	Ту-154	Виды ТО	Ил-62	Ту-154
Форма А ₁	13,8	9,8	Форма 1	325,2	414,5
Форма А ₂	17,5	17,0	Форма 2	621,5	570,5
Форма Б	46,5	63,0	Форма 3	1113,0	1106,5
Форма Б ₂	—	67,0			

Таким образом, суммарный объем работ по ТО ЛА

$$W_{\text{ТО}} = W_{\text{оп}} + W_{\text{пер}} + W_{\text{з.д}} + W_{\text{сез}} + W_{\text{доп.}}$$

Объем разовых работ $W_{\text{раз}}$ включает: доработки с общей трудоемкостью $T_{\text{дор}}$; консервацию ЛА, авиадвигателей, агрегатов, находящихся на хранении с общей трудоемкостью $T_{\text{конс}}$; текущий ремонт и восстановление поврежденных ЛА с общей трудоемкостью $T_{\text{в}}$; переоборудование ЛА из одного варианта компоновки в другой с общей трудоемкостью $T_{\text{переоб.}}$.

Прочие работы $W_{\text{пр.}}$, выполняемые в АТБ, включают: заказы других подразделений предприятия с общей трудоемкостью $T_{\text{зак}}$; изготовление нестандартного оборудования и оснастки с общей трудоемкостью $T_{\text{нест.}}$; ремонт средств наземного обслуживания ЛА с общей трудоемкостью $T_{\text{рем.}}$.

По статистике разовые работы в АТБ составляют 3 ... 5 %, прочие — 2 ... 3 % общего объема работ. Таким образом, общий объем работ АТБ

$$W_{\text{АТБ}} = W_{\text{ТО}} + W_{\text{раз}} + W_{\text{пр.}}$$

Измерение выполняемого в АТБ объема работ производится в натуральных показателях — числе обслуживаний по конкретным формам для каждого типа ЛА. Для обобщенной оценки суммарного объема работ многономенклатурного производства, характерного для АТБ, длительное время использовался условно-натуральный показатель — приведенная единица ТО, т. е. условный объем работ, выполняемых АТБ по определенному перечню, характеризующему эталонный вид ТО. По внутреннему содержанию этот показатель не стабилен и зависит от сложности АТ, структуры регламентных работ, эксплуатационных условий (климата, оснащенности АТБ, квалификации исполнителей и т. д.).

В новых условиях хозяйствования (внутрихозяйственный расчет АТБ) показатель «приведенная единица» еще более усложняет оценку объема выполняемых работ. В этой связи все большее признание получают оценочные показатели, характеризующие затраты в натуральном выражении: затраты труда — в нормо-часах (человеко-часах); затраты времени — в часах; цена вида работы — в рублях и т. п. В качестве примера в табл. 9.1 приведены нормативы, которыми пользуются АТБ предприятий гражданской авиации.

Представленные нормативы определены с учетом рациональных организационно-технических условий, существующих на ряде передовых предприятий ГА и предусматривающих наличие ангаров, необходимого для ТО наземного оборудования и КПА. Они рассчитаны для первой температурной зоны. В АТБ, расположенных в других температурных зонах, принятых в гражданской авиации, нормативы трудоемкости следует корректировать с помощью поправочных коэффициентов: для зоны I — 1, 0, зоны II — 1,02, зоны III — 1,04, зоны IV — 1,05, зоны V — 1,06 и зоны VI — 1,1.

9.3. ФАКТОРЫ УРОВНЯ ТРУДОВЫХ И МАТЕРИАЛЬНЫХ ЗАТРАТ

Экономичность технической эксплуатации ЛА непосредственно определяется организационно-техническим уровнем АТБ, степенью использования имеющихся трудовых и материальных ресурсов. К числу основных факторов, характеризующих данный уровень и влияющих на эксплуатационные затраты, относятся:

уровень конструктивно-эксплуатационного совершенства приписного парка ЛА и прогрессивности системы их ТО, который характеризуется удельным объемом работ АТБ за год (отношением годового объема $W_{\text{АТБ}}$ к годовому налету парка ЛА $N_{\text{ЛА}}$);

$$\tau_{\text{АТБ}} = W_{\text{АТБ}} / N_{\text{ЛА}};$$

оснащенность АТБ основными производственными фондами $C_{\text{оф}}$, оцениваемая фондоемкостью ТО:

$$f_{\text{фе}} = C_{\text{оф}} / W_{\text{АТБ}};$$

фондовооруженность труда работников АТБ, характеризуемая отношением $C_{\text{оф}}$ к численности рабочих АТБ $n_{\text{раб}}$:

$$f_{\text{фв}} = C_{\text{оф}} / n_{\text{раб}};$$

степень технологической специализации АТБ, определяемая отношением объема работ по оперативному ТО $W_{\text{оп}}$ к общему объему работ АТБ:

$$k_{\text{тс}} = W_{\text{оп}} / W_{\text{АТБ}};$$

удельный вес дополнительных (подготовительных) работ $W_{\text{доп}}$ в общем объеме производства АТБ:

$$k_{\text{доп}} = W_{\text{доп}} / W_{\text{АТБ}};$$

степень внедрения на АТБ прогрессивных методов и форм организации ТО (по техническому состоянию, поэтапный, зонный, совмещенные ТО и ремонт и др.), определяемая отношением объема работ АТБ, выполняемого указанными методами $W_{\text{пр}}$, к общему объему работ АТБ:

$$k_{\text{пр}} = W_{\text{пр}} / W_{\text{АТБ}}.$$

К числу факторов, определяющих эффективность использования производственных ресурсов АТБ, также относятся:

производительность труда рабочих АТБ

$$A = W_{\text{АТБ}} / n_{\text{раб}};$$

фондоотдача основных производственных фондов

$$f_{\text{фo}} = W_{\text{АТБ}} / C_{\text{оф}};$$

степень использования производственной мощности АТБ

$$k_{\text{п.м}} = W_{\text{АТБ}} / W_{\text{АТБ max}}.$$

Под произведенной мощностью АТБ понимают максимально возможный объем работ по ТО и другим видам работ $W_{\text{АТБ max}}$, который может быть достигнут АТБ при наиболее полном использовании наличных производственных ресурсов в условиях применения прогрессивной технологии, передовых методов и форм организации производства, современных структур, техники и технологии управления.

Основными видами ресурсов АТБ при расчете $W_{\text{АТБ max}}$ являются трудовые (численность исполнителей), производственные (площади ангаров, доков, мест стоянок ЛА), материальные (лимиты по топливу, нормативы запасов запчастей и материалов).

Показатель $k_{\text{п.м}}$ рекомендуется планировать не выше 60 ... 75 % с учетом сезонной и суточной неравномерности работ в АТБ, вероятных задержек в промежуточных аэропортах и несвоевременности прибытия ЛА в базовый аэропорт и других нештатных ситуаций.

9.4. ПОВЫШЕНИЕ ЭКОНОМИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Работники ИАС гражданской авиации ведут постоянную работу по повышению производительности труда, экономии трудовых, материальных и топливно-энергетических ресурсов, снижению себестоимости ТО. С этой целью ИАС должны решать следующие задачи: оснащать производственные подразделения АТБ высокопроизводительным оборудованием, применять прогрессивные методы ТО АТ; повышать квалификацию ИТС и рабочих; совершенствовать организационную структуру АТБ, внедрять научную организацию труда; внедрять прогрессивные, технически обоснованные нормы и нормативы, нормы расхода запасных частей и материала; учитывать и рационально использовать запасные части и материалов; требовать от заводов полного возмещения убытков по изделиям АТ, на которые предъявлены рекламации; обеспечивать полную отработку ресурса изделий АТ; сокращать общепроизводственные расходы АТБ; учитывать и анализировать трудовые и материальные затраты, дифференцировать их по типам ЛА и видам работ, принимать меры по их снижению.

Особое значение в деятельности ИАС по повышению экономичности эксплуатации занимает проблема снижения трудовых затрат на

ТО АТ повышения производительности труда. Данная проблема обусловлена, с одной стороны, увеличением объема летной работы и объема работ по ТО АТ в АТБ (рис. 9.2) на предстоящий период, а с другой — известными ограничениями в темпах роста трудовых ресурсов на перспективу.

Для снижения трудозатрат на ТО все большее развитие получают поэтапный метод периодических форм ТО, сетевые и технологические графики их выполнения, специализация цехов по видам работ, кооперированный метод эксплуатации ЛА, предусматривающий их ТО в специализированных АТБ, интегрированный метод ТО и ремонта и др.

Работа по снижению трудозатрат и повышению производительности труда должна проводиться как в направлении уменьшения потребной трудоемкости ТО и АТ, которая в свою очередь диктуется свойствами ее надежности и совершенством программы ТОиР, так и в направлении снижения реальных трудозатрат, дополнительно зависящих от степени освоения ЛА и условий конкретных авиапредприятий (рис. 9.3).

С целью повышения качества продукции, лучшего использования производственных мощностей, сырья, энергии и рабочего времени в ИАС ГА в последние годы вводятся лицевого счета экономии, эффективности и качества работы АТБ. Лицевые счета экономии направлены на совершенствование системы хозяйственного расчета, усиление инициативы каждого работника АТБ по изысканию и использованию внутренних резервов для повышения экономичности производства, совершенствование первичного учета затрат и их экономии при ТО АТ с последующей ориентацией на внедрение автоматизированных систем управления эффективностью технической эксплуатации ЛА.

9.5. РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ В ЭКОНОМИИ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ

Гражданская авиация — один из основных потребителей топлива в стране. Около одной трети себестоимости авиаперевозок приходится на долю ГСМ. Сокращение расхода ГСМ при выполнении полетов не только уменьшает стоимость авиаперевозок, но и высвобождает дополнительное сырье для других отраслей народного хозяйства.

Основные направления работы отрасли по экономии авиатоплива направлены на внедрение новой и модифицированной АТ с повышенными характеристиками топливной эффективности, совершенствование

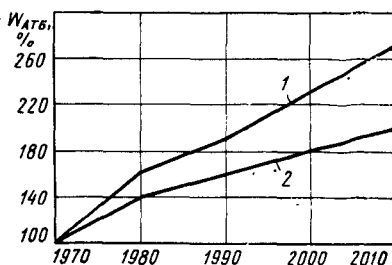


Рис. 9.2. Изменение объема работ по ТО ЛА по годам эксплуатации:

1 — исходный объем ТО; 2 — объем ТО с учетом совершенствования АТ

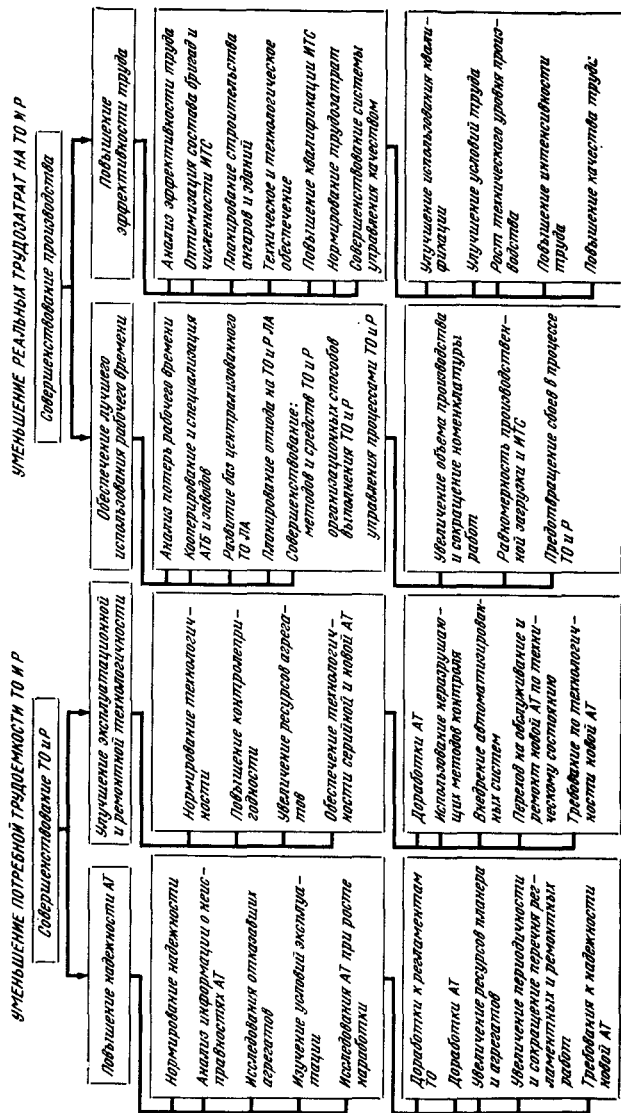


Рис. 9.3. Основные направления снижения трудоемкости технического обслуживания ЛА

методов эксплуатации ЛА в полете и на земле для сокращения удельного расхода топлива на единицу транспортной работы, обеспечения правильного его хранения и расходования.

Инженерно-авиационная служба, в распоряжении которой находятся АТ, наземное оборудование, здания и сооружения, играет определяющую роль в решении задач эффективного использования и экономии топливно-энергетических ресурсов на предприятиях гражданской авиации.

К числу основных мероприятий, проводимых ИАС по экономии ГСМ, относятся следующие:

- организация буксировки ЛА на исполнительный старт, обеспечивающая сохранение расчетного запаса авиатоплива, необходимого в полете. Буксировка вместо 5 мин руления дает, например, для самолета Ту-154 экономию топлива до 250 кг, за счет чего на эшелоне можно пролететь 35 км;

- оптимизация графиков опробования авиадвигателей при выполнении работ по ТО или устранению отказов и неисправностей, требующих запуска двигателей.

Например, внедрение сокращенного графика опробования двигателя НК-8-4 на самолете Ил-62 при ТО по форме Б позволяет экономить до 750 кг авиатоплива при одном ТО;

- организация и планирование ТО ЛА по смене авиадвигателей без облета. На самолетах Ил-62 и Ил-62М в Домодедовском производственном объединении получена годовая экономия около 84 т авиатоплива;

- организация анализа и учета расходования авиатоплива на ЛА в процессе их эксплуатации с использованием информации бортовых систем регистрации параметров полета и работы систем;

- организация ТО ЛА на опорных (внебазовых) зонах, исключающая нерациональные перегоны ЛА в базовый аэропорт;

- обеспечение на предприятиях раздельного сбора отстоя горючесмазочных материалов и сдачи его на склады для повторного использования;

- применение моющих средств и других заменителей, исключающих использование авиатоплива в технологических процессах при ТО летательных аппаратов, и технических средств, обеспечивающих экономию авиатоплива.

Для упорядочения работ по нормированию расходов авиатоплива в гражданской авиации введена отраслевая методика нормирования расхода авиатоплива на ТО ЛА конкретного типа, работу авиадвигателей при ТО и смывочно-промывочные работы при проведении ТО летательных аппаратов.

Инженерно-авиационная служба постоянно обобщает передовой опыт авиапредприятий и разрабатывает рекомендации по совершенствованию организации экономии топливно-энергетических ресурсов в процессе технической эксплуатации ЛА.

ПРОЦЕСС ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

10.1. СТРУКТУРА И МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА

Качество системы технической эксплуатации проявляется при ее функционировании. Функционирующая система представляет собой процесс технической эксплуатации ЛА, который удобно представить как последовательную во времени смену различных состояний эксплуатации в соответствии с принятой стратегией. К состояниям технической эксплуатации, через которые проходят ЛА, могут быть отнесены: использование по назначению (полет); различные виды и формы ТОиР; диагностирование; готовность к полетам; транспортирование; хранение и ожидание поступления ЛА в каждое из выделенных состояний эксплуатации.

Структура и характер процесса определяются принятой стратегией технической эксплуатации. В общем виде она представляет собой совокупность принципов и правил, обеспечивающих заданное управление процессом технической эксплуатации за счет поддержания наивыгоднейших режимов работы АТ и назначения работ по ТОиР в соответствии с фактическим техническим состоянием ЛА.

Основные закономерности процесса технической эксплуатации ЛА могут быть выявлены на основе анализа статистической информации, собранной на эксплуатационных предприятиях (в частности, на основе диспетчерских графиков).

Обозначим через t_1 момент времени, соответствующий началу некоторого состояния процесса, и t_2 — его концу. Очевидно, что интервал $x = t_2 - t_1$ есть характеристика состояния, определяющая его продолжительность. Непосредственными измерениями легко убедиться в том, что x — случайная величина.

Весь процесс характеризуется конечным множеством Δ своих состояний δ_j , где j — порядковый номер состояния. Условимся, что состояния δ_j процесса технической эксплуатации ЛА возникают последовательно и непрерывно, т. е. моменты времени $t_1, t_2, \dots, t_k, \dots, t_N$ «сшиваются», образуя процесс. В каждый из них ЛА переходит из одного состояния в другое. Такие переходы осуществляются мгновенно, поэтому в качестве количественной характеристики можно рассматривать не время перехода в соседнее (смежное) состояние, а относительные частоты P_{jk} переходов ЛА из j -го состояния в k -е, где $k \in \Delta$. Для этого на достаточно большом фиксированном промежутке времени наблюдения T_n за процессом технической эксплуатации определим число n_j попаданий процесса в j -е состояние и подсчитаем число непосредственных (прямых) переходов n_{jk} из j -го в k -е состояние. Тогда $P_{jk} = n_{jk}/n_j$.

Указанным образом можно подсчитать частоты P_{jk} для каждого из состояний $j, k \in \Delta$ и составить матрицу частот переходов $||P_{jk}|| = P$, которая будет определять структуру локального процесса технической эксплуатации ЛА. Для того чтобы эта матрица определяла структуру процесса парка ЛА, необходимо показать эргодичность данного процесса на участке времени наблюдения T_H . Известно, что стохастический процесс называется стационарным, если его вероятностные характеристики, в частности математическое ожидание, дисперсия и корреляционные моменты, не зависят от времени, в которое рассматривается этот процесс. Существенным условием стационарности при этом является независимость корреляционной функции $B(t, t + \tau) = B(\tau)$ от момента времени t .

Эргодическим называется стохастический процесс, для которого с вероятностью единица среднее по времени равно среднему по реализациям. Стационарный процесс считается эргодическим, если при $\tau \rightarrow \infty$ нормированная корреляционная функция стремится к нулю.

Для процесса технической эксплуатации, обладающего свойствами эргодичности, в соответствии с матрицей $||P_{jk}|| = P$ определяем абсолютные частоты π_j попадания объекта в j -е состояние процесса за время T_H , $j \in \Delta$:

$$\pi_j = n_j / \sum_{k=1}^N n_k,$$

где N — общее число состояний, наблюдаемых в интервале T_H .

Получив значения π_j для всех N состояний, можно составить однострочковую таблицу частот $\pi = (\pi_1, \pi_2, \dots, \pi_k, \dots, \pi_N)$, которая называется вложенным вектором — строкой частот состояний.

Совокупность матрицы P и вектора π определяет так называемую вложенную цепь процесса технической эксплуатации. Совокупность множеств Δ , $\{x_j\}$, матрицы $||P_{jk}||$ и вектора π определяет весь рассматриваемый процесс технической эксплуатации ЛА и может служить его моделью. Работа модели представляется следующим образом. Первоначально процесс находится в некотором из состояний эксплуатации $\delta_j \in D$ случайное время, распределенное по произвольному закону $F_j(t)$, затем с вероятностью P_{jk} мгновенно переходит в состояние $\delta_k \in D$, из которого он по аналогичной схеме регенерирует в следующие состояния.

Процесс технической эксплуатации ЛА обладает свойствами полумарковских процессов, так как выполняются следующие необходимые условия:

матрица переходов P удовлетворяет условиям стохастической или марковской матрицы, а вероятности P_{jk} зависят от состояний j и не зависят от более ранних состояний. Данная матрица — квадратная. Она имеет конечный порядок, все ее элементы неотрицательны ($P_{jk} \geq 0$ для всех j и k), а сумма элементов каждой ее строки равна единице:

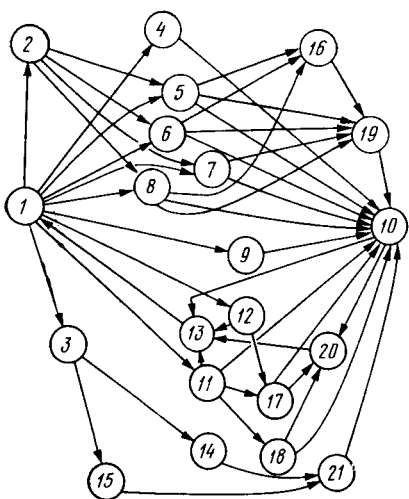


Рис. 10.1. Граф состояний и переходов процесса технической эксплуатации ЛА:

1 — полет; 2 — ожидание периодического обслуживания; 3 — ожидание ремонта; 4, 5, 6, 7, 8 — периодическое обслуживание по формам 1, 2, 3, 4, 5 соответственно; 9 — смена двигателей; 10, 11, 12 — оперативное обслуживание перед вылетом, после прилета, транзитное; 13 — обеспечение вылета; 14, 15 — ремонтные формы 1 и 2 соответственно; 16 — доработки по бюллетеням; 17 — устранение неисправностей; 18 — ожидание запасных частей; 19, 20, 21 — готовность после периодического обслуживания, оперативного обслуживания и ремонтных форм соответственно

изведения $V \cdot V$ множества его вершин V и считается, что это произведение задано матрицей P .

Обозначим на некоторой плоскости все элементы множества V вершин графа G , предполагая это множество конечным, и i -ю вершину из V соединим с k -й вершиной того же множества ребром $E = (jk)$, если элемент (j, k) в P равен единице. Ориентацию ребер выполним в направлении от j -й вершины к k -й. Если же элементы j, k и k, j существуют одновременно, то будем изображать на плоскости два ориентированных ребра между соответствующими вершинами. В результате такого построения получим неразмеченный граф G процесса технической эксплуатации ЛА (рис. 10.1).

Разметка ребер и вершин графа G выполняется с помощью матрицы вероятностей переходов $P = ||P_{jk}||$ и вектора-строки стационарных вероятностей π .

$\sum_{k=1}^N P_{jk} = 1$. Такая матрица удовлетворяет условиям марковской матрицы;

случайные величины x_j имеют произвольные функции распределения, используемые для описания процессов восстановления;

вектор π имеет только стационарные составляющие, так как процесс является стационарным и эргодичным на отрезке времени T_n .

Факт наличия полумарковости процесса технической эксплуатации дает основания при его исследовании использовать удобный для практики математический аппарат полумарковских процессов.

В работе удобно иметь дело с так называемым графом состояний и переходов G , который легко построить для каждого типа ЛА, воспользовавшись матрицей вероятностей переходов $P = ||P_{jk}||$. Идея построения заключается в предварительном преобразовании матрицы P в матрицу $\bar{P}$ смежности вершин некоторого графа путем замены ее ненулевых элементов единицами. Ребро графа G определяется как элемент декартова про-

10.2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

В зависимости от поставленных задач исследования процесс технической эксплуатации ЛА можно представить сколь угодно большим числом состояний. Все множество этих состояний, за исключением состояния «полет», можно разделить на несколько групп: состояния ожидания начала обслуживания и ремонта; непосредственного обслуживания и ремонта; готовности и др.

Состояние «полет». Время, которое проводит ЛА в полете по маршруту, определяется характеристиками: воздушной трассы (ее протяженностью, топологией, радиообеспечением, метеоусловиями и др.), аэропортов вылета и посадки (расписанием полетов, пропускной способностью и др.), ЛА (режимом полета, величиной коммерческой загрузки, запасом топлива и др.).

Воздействие указанных факторов на продолжительность полета в значительной мере случайно. В связи с этим время в полете X_1 есть величина случайная. Результаты обработки статистических данных показывают, что распределение времени полета X_1 по форме близко к нормальному с различными параметрами для разных маршрутов и типов ЛА.

Из физических предпосылок относительно свойств рассматриваемого состояния становится ясно, что среднее значение продолжительности полета по данному маршруту и дисперсия этого времени будут определяться значением скорости и условиями полета.

Состояния ожидания начала обслуживания. Простой ЛА в состоянии ожидания начала технического обслуживания объясняются многими причинами и прежде всего отсутствием свободных обслуживающих бригад, недостатками в организации работ, изменениями планов воздушного движения и т. п. В этом случае вновь прибывший ЛА становится в очередь на обслуживание и находится в данном состоянии случайное время X_2 , которое отсчитывается от момента посадки ЛА до начала его обслуживания освободившейся бригадой.

Результаты статистического анализа времени безусловного (независимого от видов и форм технического обслуживания) ожидания начала обслуживания ЛА показывают, что оно распределено по логарифмическому нормальному закону с различными параметрами для разных типов ЛА.

Состояния оперативного обслуживания. Под оперативным техническим обслуживанием понимается обслуживание предполетное, послеполетное и при кратковременной стоянке. Состояния оперативного обслуживания являются наиболее часто посещаемыми состояниями процесса технической эксплуатации ЛА. Случайная величина времени обслуживания X_3 , отсчитываемая между моментами начала и окончания обслуживания, содержит в себе постоянную и переменную составляющие. Постоянная составляющая определяется объемами стандартных регламентных работ, выполняемых на каждом ЛА, переменная —

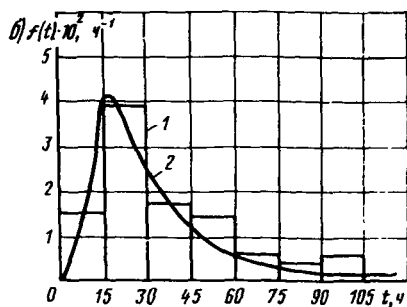
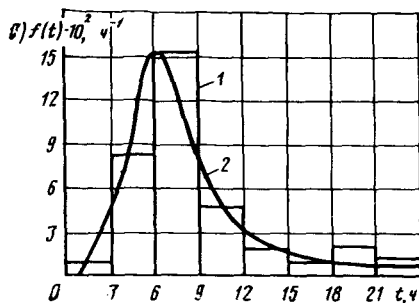


Рис. 10.2. Примеры распределения продолжительности периодического технического обслуживания ЛА:

а — по форме 1; б — по форме 2; 1 — экспериментальные; 2 — теоретические

объемами работ по поиску и устранению повреждений и отказов элементов систем ЛА, возникших в полете. Естественно, что переменная составляющая характеризуется заметным непостоянством объемов работ, а следовательно, и продолжительности их выполнения на том или ином ЛА.

Результаты обработки статистических данных о продолжительности предполетного, послеполетного обслуживания, а также обслуживания при кратковременной стоянке показывают, что экспериментальные данные хорошо аппроксимируются альфа-распределением с различными параметрами для разных форм технического обслуживания и типов ЛА.

Состояния периодического обслуживания. При периодическом обслуживании на ЛА выполняется комплекс обязательных работ, связанных с дефектацией элементов конструкции планера, силовых установок и шасси, а также с осмотром и определением работоспособности функциональных систем и изделий. Кроме того, на ЛА выполняются работы по поиску и устранению обнаруженных отказов и повреждений изделий и элементов конструкции. Здесь так же, как и при оперативном обслуживании, налицо две составляющие объема работ — постоянная и переменная. Но в отличие от оперативного обслуживания доля переменной составляющей в общем объеме периодического обслуживания заметно падает. Постоянная составляющая определяется перечнем обязательных регламентных работ, выполняемых при той или иной форме обслуживания, оснащенностью АТБ средствами механизации, организацией выполнения работ, квалификацией персонала.

Статистической моделью распределения случайной величины X_4 в состояниях периодического обслуживания по формам регламента может быть принято логарифмически нормальное распределение. Примеры распределения величины X_4 приведены на рис. 10.2. Согласно между теоретическим и экспериментальным распределениями остается немногое, чем для конкурирующего нормального распределения.

Состояния ремонта. Капитальный ремонт или ремонтные формы характеризуются еще бóльшим, чем при периодическом обслуживании, проникновением работ в конструкцию и системы ЛА. Все работы, начиная с обязательного демонтажа значительной части оборудования, выполняются по стандартным технологиям. При этом удельный вес работ, выполняемых по дефектации, в сравнении с периодическим обслуживанием существенно уменьшается. Обработка статистических данных о продолжительности выполнения ремонтных форм (ремонта) X_5 показывает, что лучшей статистической моделью данной группы состояний процесса технической эксплуатации является гамма-распределение.

Учитывая, что среднее квадратическое отклонение случайной величины X_5 по сравнению со средним значением невелико, можно пользоваться и другими законами распределения, в частности логарифмически нормальным. Однако гамма-распределение дает наиболее высокое согласие с экспериментальными данными.

Состояния готовности к полетам. После выполнения оперативного обслуживания ЛА в соответствии с матрицей переходов переводится либо в состояние полета, либо готовности.

В состояние готовности переводятся, как правило, все ЛА, на которых выполнялось периодическое обслуживание или ремонт. Результаты анализа свидетельствуют о том, что лучшей статистической моделью распределения случайной величины X_6 , характеризующей продолжительность готовности после оперативного обслуживания, является распределение Вейбулла.

Случайная величина X_7 , характеризующая продолжительность готовности после периодического обслуживания и ремонтных форм, наилучшим образом аппроксимируется гамма-распределением. Получены виды распределения продолжительности пребывания ЛА и в других состояниях, в частности в состояниях «отсутствие запасных частей» и «задержка вылета». Для этих состояний наиболее подходящей статистической моделью является экспоненциальное распределение.

10.3. ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТА

Эксплуатация ЛА характеризуется наличием объективно существующего процесса изменения технического состояния и субъективного процесса технической эксплуатации, представляющего собой последовательную во времени смену различных состояний эксплуатации в соответствии со схемой возможных переходов. Совершенно естественным представляется такое взаимодействие между этими двумя процессами, при котором состояния процесса технической эксплуатации назначаются в некотором соответствии с возникающими у объектов техническими состояниями. Эта взаимосвязь устанавливается с помощью стратегий эксплуатации, в частности стратегий ТОиР.

Из множества состояний процесса эксплуатации можно выделить подмножество состояний цели управления, например состояние использования по назначению. Для оценки качества управления используется целевая функция, экстремум которой может служить критерием оптимальной стратегии.

Рассмотрим некоторый достаточно сложный объект эксплуатации с конечным множеством Ω технических состояний ω_i , изменение которых во времени образует стохастический процесс $\omega(t)$. Состояния ω_i получаются путем некоторого разбиения $A \subset \Omega$, а множество индексов $I = \{i\}$ считается изоморфным разбиению A . Предполагается, что объединения соответствующих состояний ω_i образуют подмножества исправных, неисправных, работоспособных, неработоспособных состояний.

Процесс эксплуатации рассматриваемого объекта характеризуется конечным множеством Δ своих состояний δ_j , образованных путем разбиения $D \subset \Delta$, где $j \in I$, а элементы из I идентифицированы элементами разбиения D . Считается, что соответствующие δ_j или их возможные объединения образуют подмножества состояний использования объекта по назначению, технического обслуживания, ремонта, готовности ожиданий и т. п.

Предполагается, что состояния процесса эксплуатации δ_j назначаются в некотором соответствии с возникающими состояниями объекта ω_i и процесс эксплуатации $\delta(t)$ в данном случае образуется за счет последовательной смены его состояний δ_j . Иначе говоря, предполагается, что $\delta(t)$ есть некоторое отображение процесса $\omega(t)$, т. е.

$$\delta_j(\Omega) : \Omega \rightarrow \omega_i(\Delta). \quad (10.1)$$

Объект, введенный в то или иное состояние процесса эксплуатации, подвергается тем или иным внешним воздействиям в этом состоянии, поэтому $\omega_i(\Delta) : \Delta \rightarrow \delta_j(\Omega)$. Таким образом, предполагается, что объект индуцирует состояния процесса эксплуатации. В свою очередь состояния объекта возникают за счет воздействия на него внешних условий, определяемых выбранными состояниями процесса эксплуатации.

Из выражения (10.1) легко получить матрицу переходов от состояний объекта к состояниям процесса эксплуатации $\sigma = ||\sigma_{ij}|| = ||\delta_j(\omega_i)||$ и матрицу обратных переходов от состояний процесса эксплуатации к состоянию объекта $S = ||S_{ji}|| = ||\omega_i(\delta_j)||$.

С помощью стратегий σ и S могут быть установлены необходимые соответствия между состояниями объекта и процесса технической эксплуатации. В частности, состояния процесса эксплуатации могут быть выделены путем объединения тех $\delta_j(\omega_i)$, для которых индекс j имеет фиксированное значение. События типа $\delta_j[\omega_i(\delta_k)]$ определяют переходы по состояниям процесса технической эксплуатации. Для практического использования приведенных записей введем вероятности переходов. Тогда процесс переходов будет описываться матрицей $P = ||P_{jk}||$, где

$$P_{jk} = P\{\delta_j[\omega_i(\delta_k)]\}.$$

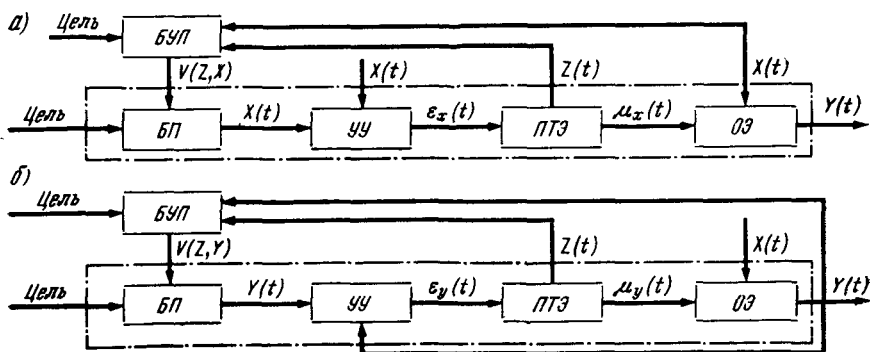


Рис. 10.3. Схема управления процессом технической эксплуатации и техническим состоянием объекта:

а — разомкнутая схема; б — замкнутая схема; ОЭ — объект эксплуатации; УУ — устройство управления; БП — блок программы ТОиР; БУП — блок управления программой ТОиР; ПТЭ — процесс технической эксплуатации

Состояния процесса эксплуатации определены через состояния объекта и заданы своими функциями распределения. Знание законов распределения времени $F_j(t)$ пребывания объектов в состояниях ТОиР позволит оценить эффективность режимов ТОиР объекта.

Система управления может быть реализована по разомкнутой и замкнутой схемам (рис. 10.3). Разомкнутая схема управления реализует принцип управления «по возмущению» входного параметра $X(t)$, возникающему под действием внешней среды. Она применяется в тех случаях, когда внешние возмущения могут быть измерены и установлены их связь с выходными параметрами $Y(t)$, характеризующими техническое состояние объекта. Например, число теплосмен в камере сгорания газотурбинного двигателя влияет на ее техническое состояние, изменяющееся вследствие термоусталостного нагружения.

К разомкнутой схеме управления может быть отнесено традиционное ТОиР, основанное на выполнении постоянных объемов профилактических работ через заранее запланированные интервалы календарного времени или наработки. В качестве параметра внешних воздействий здесь используется календарное время или наработка $X(t) = t$, которые не обеспечивают тесное взаимодействие между двумя процессами.

Замкнутая схема реализует принцип управления по отклонению регулируемой величины (выходного параметра) $Y(t)$, которая сравнивается с задающим воздействием $\bar{Y}(t)$. В зависимости от наблюдаемого отклонения $\varepsilon(t)$ формируется соответствующее управляющее воздействие $\varepsilon_y(t)$ на процесс технической эксплуатации, а через него и регулирующее воздействие $\mu_y(t)$ на объект, которое уменьшает это отклонение. В качестве регулируемой величины могут использоваться показатели надежности, например параметр потока отказов $Y(t) = \omega(t)$. При этом устанавливается ощутимая взаимосвязь процессов

технической эксплуатации объекта и изменения его технического состояния.

Наиболее тесное взаимодействие между рассматриваемыми процессами обеспечивает стратегия ТОиР по состоянию с контролем параметров $\eta(t)$ объекта, определяющих его техническое состояние $Y(t) = \eta(t)$. Это также соответствует замкнутой схеме управления. При заданной программе управления функционирует первый контур схемы, отмеченный штрихпунктирными линиями на рис. 10.3. Для изменения (корректировки) программы используется второй контур, включающий блок управления программой. Этот блок по измеряемым значениям выходных параметров объекта $Y(t)$ или входных параметров $X(t)$ и показателей процесса технической эксплуатации $Z(t)$ формирует оператор $V(Z, Y)$ или $V(Z, X)$, обеспечивающий изменение алгоритмов управления. Поскольку в процессе технической эксплуатации имеется состояние использования объекта по прямому назначению, на его основе могут быть установлены некоторые целевые функции с экстремумами в качестве критерия оптимальности стратегии управления процессом.

10.4. КРИТЕРИИ ОПТИМАЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА

Для процессов с конечным числом состояний, среди которых нет поглощающих, всегда можно указать маршрут конечной длины, следуя которому, процесс может перейти из одного состояния в другое за конечное число шагов.

Среднее число шагов m_{ij} до первого попадания из i -го состояния в j -е удовлетворяет уравнению восстановления вида

$$m_{ij} = \sum_{k \neq j} p_{ik} (m_{kj} + 1) + p_{ij}. \quad (10.2)$$

Отсюда можно показать, что среднее число шагов m_{ij} , необходимых для возвращения процесса в состояние i , определяется равенством $m_{ij} = 1/\pi_i$. Функцию распределения времени безусловного пребывания процесса в состоянии i $F_i(t)$ выразим через функцию распределения времени перехода из i -го состояния в j -е $F_{ij}(t)$:

$$F_i(t) = \sum_{k=1}^N p_{ik} F_{ik}(t). \quad (10.3)$$

Если через μ_{ik} обозначить среднее время, соответствующее распределению $F_{ij}(t)$, то из (10.3) можно получить среднее время μ_i безусловного пребывания процесса в состоянии i .

Обозначив через l_{ij} среднее время до первого перехода процесса из состояния i в состояние j и используя зависимости, сходные с (10.2), (10.3), получим

$$L = \|l_{ij}\| = P(L - L_{dq}) + M, \quad (10.4)$$

где M — матрица, элементами которой служат безусловные средние μ_i ; L_{dq} — диагональная матрица, полученная заменой недиагональных элементов нулями.

Выражение (10.4) может быть записано в виде

$$l_{ij} = \sum_{k \neq j}^N p_{ik} l_{ik} + \mu_i.$$

Соответственно для среднего времени возвращения процесса в состояние i получим:

$$l_{ii} = \frac{1}{\pi_i} \sum_{k=1}^N \pi_k \mu_k. \quad (10.5)$$

Для средней наработки изделия в состоянии j процесса технической эксплуатации между двумя очередными входами в состояние i

$$\Phi_{ji} = (\pi_j / \pi_i) \mu_j,$$

где π_j / π_i — число попаданий в состояние j .

Отсюда следует, что $l_{ii} = \sum_{j=1}^N \Phi_{ij}$

Введем вероятность перехода из состояния i в состояние j за время, не превышающее значения t :

$$P_{ij}(t) = p_{ij} F_{ij}(t).$$

В соответствии с теоремой Смита для конечных процессов с сообщающимися состояниями для произвольных функций $F_i(t) = \sum_{k \neq i}^N p_{ik}(t)$ и $\mu < \infty$ можно записать выражение для коэффициента использования в состоянии j :

$$\lim_{t \rightarrow \infty} p_{ij}(t) = \mu_j / l_{jj}. \quad (10.6)$$

В частности, если j — целевое состояние процесса эксплуатации, то μ_j / l_{jj} можно определить как целевую функцию процесса технической эксплуатации. Она может рассматриваться в качестве коэффициента использования, а его максимум может служить критерием оптимальности процесса технической эксплуатации.

Обозначая $k_j = \mu_j / l_{jj}$ и используя выражение (10.5), найдем:

$$k_j = \frac{\mu_j}{\mu_j + \frac{1}{\pi_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k \mu_k}. \quad (10.7)$$

Из (10.7) следует, что $k_j > 0$ для всех D_j и $\sum_{j=1}^N k_j = 1$. Следовательно, k_j есть вероятность. Так как k_j есть функция P_{ik} , то она является функцией процесса технической эксплуатации и поэтому может служить целевой. Формально это означает, что максимум k_j может быть

принят без дополнительных оговорок в качестве одного из критериев оптимальности процесса технической эксплуатации.

Из выражения (10.7) путем несложных алгебраических преобразований можно получить серию широко распространенных на практике удельных критериев эффективности процесса технической эксплуатации, в частности удельные затраты на техническую эксплуатацию.

Из (10.7) можно, например, получить

$$k_j = \frac{1}{1 + \left(1/\pi_j \mu_j \sum_{k \neq j}^N \pi_k \mu_k \right)}. \quad (10.8)$$

Выражение, стоящее в знаменателе (10.8), часто называют коэффициентом средних удельных потерь и обозначают

$$\theta_j = 1/\pi_j \mu_j \sum_{k \neq j}^N \pi_k \mu_k. \quad (10.9)$$

Для максимизации k_j в (10.8) достаточно выполнить минимизацию θ_j . Снижение значения θ_j возможно за счет перераспределения вероятностей π_j и μ_k , а также сокращения μ_k .

В том случае, когда вместо средних времен μ_k введены средние стоимости C_k пребывания в состояниях $k = 1, 2, \dots, N$, из выражения (10.8) можно получить экономический критерий оптимальности процесса технической эксплуатации

$$k_{jc} = \pi_j C_j / \left(\pi_j C_j + \sum_{k \neq j}^N \pi_k C_k \right) = 1 / \left(1 + \frac{1}{\pi_j C_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k C_k \right). \quad (10.10)$$

Если положить, что каждый час использования самолета в целевом состоянии дает средний удельный доход d_j , то можно считать, что доходы определяются произведением $C_j = d_j \mu_j$. Подставляя это выражение в (10.10), получим

$$k_{jc} = 1 / \left(1 + \frac{1}{d_j} \sum_{k \neq j}^N \frac{\pi_k C_k}{\pi_j \mu_j} \right).$$

Выражение, определяемое множителем при $1/d_j$, носит название средних удельных затрат $\bar{C}_j$ на техническую эксплуатацию объекта. Если $d_j = \text{const}$, то максимум k_{jc} достигается минимизацией выражения

$$\bar{C}_j = \frac{1}{\pi_j \mu_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k C_k. \quad (10.11)$$

Аналогично может быть получено выражение для определения средних удельных трудовых затрат:

$$\bar{\tau}_j = \frac{1}{\pi_j \mu_j} \sum_{k \neq j}^N \pi_k \tau_k. \quad (10.12)$$

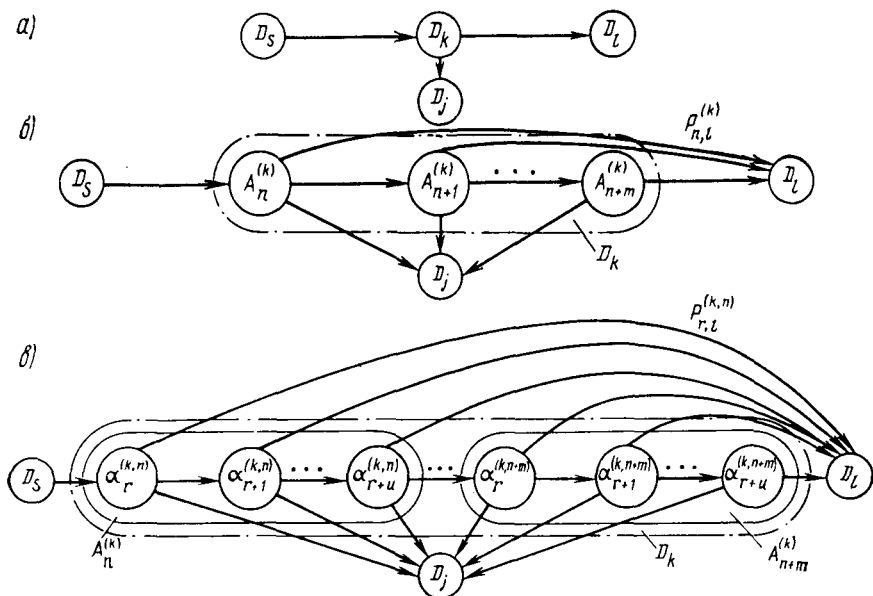


Рис. 10.4. Варианты стратегий:

а — без учета технического состояния изделий; б — с учетом технического состояния изделий; в — с учетом технического состояния элементов изделий (D_j — целевое состояние)

Анализируя полученные целевые функции (10.7), (10.9), (10.11), (10.12), нетрудно установить, что критериями оптимальности процесса технической эксплуатации будут $\max k_j$ ($\min \theta_j$) и (или) $\min \bar{C}_j$ ($\min \bar{\tau}_j$).

В соответствии с данными критериями ведется поиск оптимальных стратегий ТОиР применительно к конкретным изделиям АТ. Идея получения оптимальной стратегии заключается в следующем. Для некоторого исходного процесса технической эксплуатации объекта предполагается, что соответствующая процессу стратегия ТОиР не учитывает техническое состояние конкретного объекта. Значение целевой функции в данном случае будет определять качество исходной стратегии. Затем рассматривается стратегия ТОиР, частично учитывающая технические состояния конкретных объектов, и находится новое значение целевой функции. Если окажется, что оно лучше, чем у исходной, то можно утверждать, что вторая стратегия предпочтительнее первой. Далее, используя вторую стратегию в качестве исходной, определяется новая, которая уже полностью учитывает технические состояния объектов, т. е. каждого из его составных элементов. Если эта стратегия будет предпочтительнее второй, то из трех рассмотренных стратегий она и будет оптимальной. Таким образом, представляется возможным получить упорядоченную последовательность стратегий, в которой одна окажется предпочтительнее других (рис. 10.4).

С помощью диагностирования можно: различить неисправные изделия и подвергнуть их ТОиР; в неисправных изделиях локализовать неисправные блоки и подвергнуть их ТОиР; в блоках выявить неисправные элементы и только их ремонтировать и т. д. Чем глубже оценивается техническое состояние, тем более эффективна стратегия. Однако на практике внедрение более эффективной стратегии сопряжено с дополнительными затратами на техническое диагностирование. С учетом этих затрат распределение стратегий по степени их эффективности может существенно измениться. Оптимальной в этом случае будет та, при которой суммарные приведенные затраты окажутся наименьшими.

Глава 11

СТРАТЕГИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

11.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СТРАТЕГИЙ

В общем случае стратегия представляет собой совокупность правил и управляющих воздействий, объединенных общей целью при решении задач крупной народнохозяйственной проблемы. Стратегия должна отражать прежде всего идеологическую направленность действий и принятую при этом концепцию. Исходя из этого применительно к понятию ТОиР АТ термин стратегия в самом общем виде может быть определен следующим образом.

Стратегия — совокупность принятых принципов, правил и управляющих воздействий, определяющих комплексное развитие эксплуатационных свойств конструкции АТ, методов организации и производственно-технической базы ее ТОиР. Данное определение стратегии отражает необходимость системного подхода к решению проблемы повышения эффективности ТОиР, нацеливает на совместные согласованные действия в рамках единой программы всех организаций и предприятий, создающих, эксплуатирующих и ремонтирующих АТ.

В соответствии с действующими стандартами различают следующие стратегии:

технического обслуживания по наработке, при которой перечень и периодичность выполнения операций определяются значением наработки изделия с начала эксплуатации или после капитального (среднего) ремонта;

технического обслуживания по состоянию, при которой перечень и периодичность выполнения операций определяются фактическим техническим состоянием изделия в момент начала технического обслуживания;

ремонта по наработке, при которой объем разборки изделия и дефектации его составных частей назначается единым для парка однотипных изделий в зависимости от наработки с начала эксплуатации и (или)

Таблица 11.1. Стратегии ТОиР

Характер информации	Априорная	Апостериорная
О совокупности объектов	По наработке	По состоянию с контролем уровня надежности
Об отдельном объекте	По наработке, установленной для отдельного объекта	По состоянию с контролем параметров

после капитального (среднего) ремонта, а перечень операций восстановления определяется с учетом результатов дефектации составных частей изделия;

ремонта по техническому состоянию, при которой перечень операций, в том числе разборки, определяется по результатам диагностирования изделия в момент начала ремонта, а также по данным о надежности этого изделия и однотипных изделий.

В качестве основного признака, характеризующего стратегии ТОиР объектов, целесообразно принять характер информации об их надежности и техническом состоянии, которая используется при назначении периодичности объема регламентных работ. Эту информацию можно разделить: по времени получения и использования на априорную (полученную до опыта) и апостериорную (полученную при проведении опыта); по источникам получения на информацию о совокупности объектов и об отдельном объекте. При этом под опытом понимается серийная эксплуатация объекта. Сочетания этих видов информации образуют четыре стратегии ТОиР (табл. 11.1).

Стратегии ТОиР по состоянию (стратегии по состоянию) существенно отличаются от стратегий обслуживания и ремонта по наработке (стратегии по наработке). Они заключаются не только в самом характере технологических процессов ТОиР, но и в распределении ресурсов, потребных на развитие производственно-технической базы, соответствующей требованиям той или иной стратегии. А требования эти к развитию базы разные.

Стратегия по состоянию предполагает обеспечение высокого уровня эксплуатационно-ремонтной технологичности конструкций, создание в достаточных объемах эффективных средств диагностирования и неразрушающего контроля, развитие производственно-технической и экспериментальной базы эксплуатационных и ремонтных предприятий гражданской авиации. Стратегия же по наработке предполагает развитие экспериментальной базы предприятий промышленности и обеспечение на этой основе обоснованных ресурсов до ремонта для каждой совокупности однотипных объектов. От своевременного выбора соответствующей стратегии в решающей мере зависит своевременность и правильность выбора требуемой технической политики развития инженерно-авиационной службы отрасли на многие годы.

Таблица 11.2. Взаимосвязь стратегий эксплуатации и ТОиР

Стратегия ТОиР	Стратегия эксплуатации (использования)		
	до выработки ресурса (срока службы)	до предотказового состояния	до отказа
Техническое обслуживание			
По наработке	+	—	—
По состоянию с контролем параметров	—	+	—
По состоянию с контролем уровня надежности	—	—	+
Ремонт			
По наработке	+	—	+
По техническому состоянию	+	+	+

В зависимости от имеющихся возможностей определения предельного состояния работоспособности изделий в процессе эксплуатации и от принятого критерия для установления сроков их замен на ЛА различают следующие стратегии эксплуатации (использования): до выработки ресурса (срока службы); до отказа; до предотказового состояния.

Стратегии обслуживания и ремонта, естественно, связаны со стратегиями эксплуатации (использования) изделий АТ (табл. 11.2). Для каждой из стратегий эксплуатации можно выбрать вполне определенные, отличающиеся наибольшей эффективностью стратегии ТОиР (обозначены знаком +).

Из таблицы следует, что для стратегии эксплуатации изделий до выработки ресурса (срока службы) наиболее эффективной стратегией технического обслуживания будет, естественно, стратегия по наработке. При ремонте изделий возможны стратегии по наработке и по техническому состоянию, что зависит от вида изделий и уровня его контролепригодности при ремонте.

Если же для изделия принята стратегия эксплуатации до предотказового состояния, то необходимым и обязательным условием ее осуществления на практике является принятие стратегии обслуживания данного изделия по состоянию с контролем параметров и стратегии ремонта по техническому состоянию. Если же, наоборот, то или иное изделие обслуживается и ремонтируется с контролем параметров, то наиболее эффективной стратегией эксплуатации (использования) такого изделия окажется стратегия до предотказового состояния.

Соответственно для изделий, эксплуатируемых по стратегии до отказа, наиболее эффективными стратегиями ТОиР будут: при обслуживании — стратегия по состоянию с контролем уровня надежности, при ремонте возможны стратегии по наработке и техническому состоянию. Отсюда следует, что отдельные изделия, установленные на современных самолетах, можно эксплуатировать, обслуживать и ремонтировать, как правило, только по одной из указанных стратегий. Для функ-

циональных систем и самолета в целом наиболее вероятно применение всех, указанных в табл. 11.2 стратегий эксплуатации или так называемой смешанной стратегии.

11.2. СТРАТЕГИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПО СОСТОЯНИЮ С КОНТРОЛЕМ УРОВНЯ НАДЕЖНОСТИ

К характерным особенностям стратегии обслуживания с контролем уровня надежности можно отнести следующие. Каждое из изделий при этой стратегии эксплуатируется (используется) до отказа. Межремонтных ресурсов для этих изделий не устанавливается. Техническое обслуживание каждого конкретного изделия заключается в выполнении необходимого объема работ по регулировке, калибровке, обнаружению возникших отказов и неисправностей и их устранению. Для конструктивно сложных изделий может оказаться целесообразным выполнять замену некоторых из их составных частей по наработке, если она возможна без необходимости разборки изделия в стационарных условиях. Применительно ко всему парку однотипных изделий осуществляется контроль уровня надежности. В случаях когда фактический уровень надежности того или иного типа изделий ниже нормативного, проводится тщательный анализ причин отклонения и осуществляются мероприятия по его повышению.

Внедрение технического обслуживания изделий с контролем уровня надежности предполагает решение ряда организационных и технических задач, в том числе: организацию оперативного сбора и обработки информации о надежности, позволяющую определять фактические уровни надежности эксплуатируемых типов изделий; разработку метода установления нормативных значений уровней надежности для каждого типа изделий; организацию оперативного сравнения фактического уровня надежности с нормативным и выполнение анализа возможных последствий; создание комиссии для принятия решений о возможности продолжения эксплуатации изделий того или иного типа до отказа и разработки мероприятий по поддержанию уровня их надежности. Такими мероприятиями могут явиться: назначение дополнительных работ по ТОиР; изменение периодичности контроля надежности; изменение условий или режимов эксплуатации; выполнение конструкторских доработок; переход на стратегию ТОиР по наработке.

Важной особенностью стратегии обслуживания с контролем уровня надежности является ее исследовательская направленность, ориентирующая авиапредприятия на регулярную оценку пригодности самолета к безопасной и экономичной эксплуатации. На основании полученных оценок осуществляется единственный для этой стратегии способ управления надежностью путем реализации мероприятий, оказывающих воздействие на весь парк эксплуатируемых изделий данного типа.

Область применения данной стратегии обслуживания целесообразно ограничить изделиями: отказы которых не влияют на безопасность полета, что устанавливается на основании анализа надежности систем при выборе и назначении стратегий технического обслуживания; для которых имеет место экспоненциальное распределение вероятности безотказной работы; надежность которых позволяет обеспечить выполнение требований по регулярности полетов и экономической эффективности процесса технической эксплуатации самолета; обладающими высокой эксплуатационной технологичностью, в том числе легкоосъемностью, доступностью, взаимозаменяемостью; затраты на эксплуатацию которых до отказа (при обслуживании с контролем уровня надежности) не превышают затрат на планово-профилактическое техническое обслуживание; имеющими индикацию отказов бортовыми или наземными средствами контроля с минимальными трудовыми затратами в заданное время.

Стратегия технического обслуживания по состоянию с контролем уровня надежности получила наиболее широкое применение для изделий функциональных систем самолетов, в частности для систем кондиционирования воздуха и регулирования давления, противообледенительной, гидравлической и топливной систем, агрегатов силовой установки. Вместе с тем на практике применение данной стратегии технического обслуживания в ряде случаев еще ограничено возможностью решения организационно-технических задач с учетом особенностей эксплуатационных предприятий (наличие ЭВМ и обученного персонала, возможность организации оперативного сбора информации по надежности для совокупности однотипных изделий и др.). При условии снятия этих ограничений целесообразность применения стратегии технического обслуживания с контролем уровня надежности для изделий систем должна определяться с учетом возможности получения экономического эффекта при эксплуатации парка самолетов.

Контроль уровня надежности совокупности однотипных изделий осуществляется статистическими методами. Данным видом контроля охватывается, как правило, большинство агрегатов и узлов независимо от применяемой к ним стратегии ТОиР. Однако только для стратегии технического обслуживания с контролем уровня надежности этот вид контроля является основным механизмом в управлении надежностью изделий.

При данной стратегии обслуживания критерием технического состояния совокупности однотипных изделий систем самолетов является уровень надежности, выражаемый соответствующим показателем. Такой показатель должен нести максимум информации о техническом состоянии изделий, быть удобным для проведения оперативного сравнительного анализа, а также быть критичным к изменениям процесса технической эксплуатации парка самолетов (изменению условий эксплуатации, уровню восстановления функциональных систем). Наиболее полно таким требованиям в условиях эксплуатации АТ отвечают сле-

дующие показатели: параметр потока отказов ω и число отказов изделий, приходящихся на 1000 ч налета K_{1000} .

Требования к информации по надежности предусматривают разработку номенклатуры исходной информации, форм ее представления, организационных форм сбора с указанием места получения и ответственных лиц. Существующая в настоящее время система сбора и учета информации о надежности АТ является еще недостаточно оперативной и не обеспечивает необходимую полноту и достоверность информации для решения поставленных задач. Изучение зарубежных материалов и отечественной практики контроля уровня надежности изделий АТ позволяет определить номенклатуру исходной информации, которая должна содержать следующие сведения: число изделий в системе; вид отказа; место проявления; причину проявления; последствия, число отказов, выявленных за контрольный период времени; налет наблюдаемой совокупности изделий за контрольный период времени; данные о задержках вылета за контрольный период времени; стоимость замены изделия, стоимость профилактического обслуживания и ремонта.

Для обработки исходной информации используются известные методы математической статистики: оценка параметров распределения по выборке (методы максимального правдоподобия, моментов, разделяющих разбиений); проверка статистических гипотез о законе распределения наработки до отказа и др. При этом учитывается переменность парка (изменяющийся объем выборки). В ряде случаев дополнительно к информации о надежности всей совокупности изделий используется информация о техническом состоянии их отдельных образцов с наибольшей наработкой. Образцы изделий, имеющие наибольшую наработку, периодически снимают с самолетов, полностью разбирают и подвергают всесторонним исследованиям технического состояния. Цель этих мер — заблаговременно выявить слабые места конструкции изделия и предупредить приближение предотказового состояния.

Особое место при применении стратегии технического обслуживания с контролем уровня надежности занимает выбор и назначение нормативного (допустимого) уровня надежности $R_{доп}$, который устанавливается для каждого типа изделия с учетом стоимостных затрат на техническое обслуживание и ремонт и зависит от парка контролируемых самолетов (объема выборки). Задача определения $R_{доп}$ решается с учетом обеспечения эффективности использования авиационной техники по критерию минимальных затрат $C = f(R_{доп})$.

Фактический уровень надежности изделий $R_{ф}$ определяется в соответствии с выбранным показателем надежности. При использовании таких показателей, как параметр потока отказов ω и число отказов, приходящихся на 1000 ч налета K_{1000} , рекомендуется следующий способ контроля уровня надежности.

В качестве исходной информации служат: наблюдаемое число отказов изделий систем самолетов при эксплуатации $n_{ф}$; налет парка самолетов, находящихся под наблюдением T ; число однотипных изделий на самолете a , уровень надежности которых контролируется.

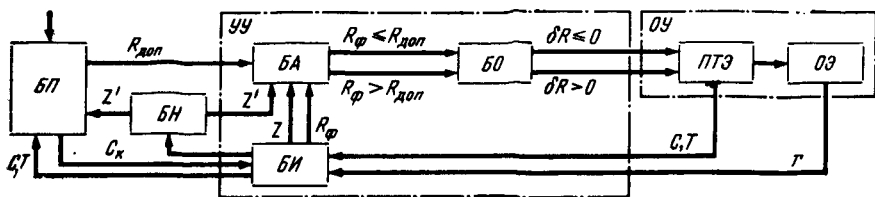


Рис. 11.1. Схема управления процессом технической эксплуатации однотипных изделий при применении стратегии обслуживания с контролем уровня надежности

Уровень надежности совокупности однотипных изделий контролируют путем сравнения наблюдаемого числа отказов n_{ϕ} с верхней границей регулирования (ВГР), представляющей собой допустимое число отказов. Наблюдаемое число отказов в определенные интервалы времени имеет случайный характер от нуля до ВГР. Значение ВГР определяется с использованием распределения Пуассона:

$$P_{\text{зад}} = \sum_{n=0}^{n=\text{ВГР}} \frac{(\omega_{\text{пл}} Ta)^n}{n!} e^{-\omega_{\text{пл}} Ta};$$

где $P_{\text{зад}}$ — принятое значение вероятности; $\omega_{\text{пл}}$ — плановое значение параметра потока отказов, представляющее собой запланированный уровень надежности.

Для определения ВГР требуется знать значение $P_{\text{зад}}$ — вероятности того, что случайное число отказов не превысит верхней границы. Оно обычно устанавливается исходя из экономических соображений. Наличие на современных самолетах различных видов резервирования отдельных изделий и функциональных систем не исключает необходимости своевременного устранения отказов. В зарубежной практике, например, для определения ВГР принимают $P_{\text{зад}} = 0,975$. Это означает, что случайный выброс за верхнюю границу может произойти с вероятностью 0,025, что считается маловероятным, и поэтому в случае превышения наблюдаемым числом отказов ВГР предполагается наличие неслучайных причин. Для их устранения требуется разработать и осуществить конкретные мероприятия. Таким образом, если число отказов (замен) изделий за контрольный период превышает верхнюю границу, то это служит сигналом о снижении их надежности.

Кроме того, определяется тенденция изменения показателя надежности, вычисленного для контрольного периода заданной длительности, включающего текущий месяц. Контрольный период (месяц, квартал, год) является скользящим и ежемесячно смещается. Для анализа полученной последовательности используется регрессионный анализ.

Из схемы управления процессом технической эксплуатации совокупности однотипных изделий при применении стратегии технического обслуживания по состоянию с контролем уровня надежности (рис. 11.1) следует, что объектом управления (ОУ) является сам объект эксплуатации (ОЗ), представленный совокупностью однотипных изделий функци-

ональных систем самолетов, и процесс их технической эксплуатации (ПТЭ). Информация о надежности изделий r поступает в блок обработки информации (БИ), где происходит вычисление статистических характеристик надежности, определение фактического уровня надежности R_{ϕ} , накопление качественной и количественной информации по отказам Z , информации о наработке объектов T и экономических показателях C .

Обработанная информация поступает в блок анализа (БА). Там происходит сравнение количественных характеристик надежности R_{ϕ} с допустимыми значениями уровня $R_{\text{доп}}$, а также анализ качественной информации по отказам (вид отказа, место проявления, последствия) с накопленной информацией за предшествующие периоды эксплуатации Z' , поступающей из блока памяти (БП). Блок анализа направляет результаты анализа в оперативный блок (БО), где они преобразуются в команды управления, воздействующие непосредственно на процесс технической эксплуатации, а через него на объект эксплуатации (совокупность однотипных изделий).

Результатом анализа информации является заключением о том, находится ли фактический уровень надежности в поле допуска. Если $R_{\phi} \leq R_{\text{доп}}$, то оператор вырабатывает команду на продолжение эксплуатации с контролем уровня надежности ($\delta R \leq 0$). Если же $R_{\phi} > R_{\text{доп}}$, то в блоке анализа происходит анализ информации Z , и оператор вырабатывает команду на изменение процесса эксплуатации ($\delta R > 0$), а также мероприятия по дальнейшей эксплуатации: назначение дополнительных работ по техническому обслуживанию; изменение периодичности контроля надежности; изменение условий эксплуатации; выполнение конструкторских доработок; временный переход на стратегию обслуживания и ремонта по наработке.

Программный блок (БП) служит для формирования допустимого уровня надежности $R_{\text{доп}}$ в зависимости от характеристик наработки T и экономических показателей C и в свою очередь формирует для блока обработки информации необходимые требования для статистического контроля C_k по объему выборки и периодичности контроля.

Программный блок, блок обработки информации, блок анализа, оперативный блок представляют единую автоматизированную систему обработки информации по управлению технической эксплуатацией совокупности однотипных изделий. При внедрении стратегии обслуживания с контролем уровня надежности представляется возможным ограничиться отдельным набором программ ЭВМ с привлечением инженерного анализа для качественной оценки технического состояния изделий. При этом принятие решения и выдача команд должны осуществляться ответственными должностными лицами.

Плановые значения показателей надежности $\omega_{\text{пл}}$ или $K_{1000}^{\text{пл}}$ определяются в предприятиях предварительно на контрольный период для каждого типа изделия, исходя из требований обеспечения эффективности ПТЭ ЛА.

11.3. СТРАТЕГИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ПО СОСТОЯНИЮ С КОНТРОЛЕМ ПАРАМЕТРОВ

Стратегия ТОиР по состоянию с контролем параметров представляет собой совокупность правил по определению режимов и регламента диагностирования изделий и принятию решений о необходимости их обслуживания, замены или ремонта на основе информации о фактическом техническом состоянии. При данной стратегии ТОиР изделия и системы самолета эксплуатируются (используются) до предотказового состояния.

Для выявления предотказового состояния изделий может использоваться принцип назначения упреждающих допусков на диагностические параметры. При этом под упреждающим допуском понимают совокупность значений параметров, заключенных между предельным η_2 и предотказовым η_1 уровнями параметра. Выход параметра за предельный уровень означает отказ. Достижение предотказового уровня означает необходимость выполнения профилактических работ или замены изделий (рис. 11.2).

Реализация стратегий ТОиР по состоянию с контролем параметров требует установления количественных связей между значениями упреждающих допусков $\Delta\eta = \eta_2 - \eta_1$ на каждый из контролируемых параметров изделия и периодичностью их проверок $\Delta t = t_2 - t_1$. Очевидно, что при заданных случайном процессе $\eta(t)$, предельном уровне η_2 и допустимой вероятности отказа каждому фиксированному значению упреждающего допуска $\Delta\eta$ соответствует конкретная величина периодичности проверок Δt . При этом чем больше эти величины, тем меньше затраты на проверки (реже проверки) и больше затраты на замену и ремонт (чаще замены), и наоборот. Оптимальный вариант выбирается из условия обеспечения минимальных суммарных удельных

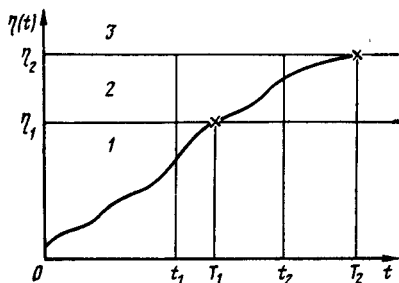


Рис. 11.2. Принцип назначения упреждающих допусков:

1 — область исправного и работоспособного состояния; 2 — область неисправного, но работоспособного состояния; 3 — область неисправного и неработоспособного состояния; t_1 и t_2 — моменты первой и второй проверок; T_1 и T_2 — моменты пересечения реализацией случайного процесса $\eta(t)$ уровней η_1 и η_2

затрат $C_{\min}$ на проверку, замену и ремонт изделия. Для каждого из изделий находятся функции вида $C = f(\Delta t)$, которые используются при решении задачи группировки операций технического обслуживания, в том числе и операций диагностирования, в оптимальные формы регламента для ЛА в целом.

Область применения стратегии обслуживания и ремонта с контролем параметров целесообразно ограничить системами и изделиями, которые по соображениям безопасности полетов не могут быть допущены к эксплуатации до отказа, а по экономическим соображениям — к эксплуатации до выра-

ботки установленного межремонтного ресурса. К ним относятся дорогостоящие системы и изделия с высокой функциональной значимостью, имеющие недостаточную степень резервирования и вместе с тем обладающие высоким уровнем эксплуатационной технологичности и контролепригодности.

Оперативный контроль технического состояния должен обеспечивать: сигнализацию о наличии отказа, о работоспособном состоянии, о необходимости проведения предупредительных работ для обеспечения экстремума выбранного критерия качества; краткосрочное прогнозирование работоспособности на заданный интервал времени в случае сигнализации о необходимости проведения предупредительных работ; поиск съемного функционального элемента, подлежащего замене; оценку технического состояния изделий в интересах сбора информации об их поведении.

Степень применения технического диагностирования определяет глубину и качество оценки технического состояния изделий, а значит, правильность и эффективность принимаемых решений и самой стратегии. Традиционный и наиболее распространенный подход к определению технического состояния состоит в том, что выбирается некоторая совокупность параметров, проводятся измерения, результаты которых сравниваются с заданными границами области работоспособности. При выполнении условий принадлежности каждого из параметров заданной для него области принимается решение о работоспособности изделия. Если хотя бы для одного из параметров это условие не соблюдается, то объект признается неработоспособным.

При внешней простоте такого подхода его реализация наталкивается на ряд существенных трудностей. Это относится прежде всего к выбору совокупности параметров и определению областей работоспособности для каждого из выбранных параметров. Значительные трудности возникают и при аппаратурной реализации данной стратегии, обусловленные необходимостью применения большого числа разнородных первичных преобразователей и коммутаторов.

Характерная особенность рассматриваемой стратегии ТОиР — отсутствие межремонтных ресурсов изделий. Решение о продолжении эксплуатации до следующей проверки или о необходимости замены (регулировки) изделия принимается по результатам непрерывного (рис. 11.3, а) или периодического (рис. 11.3, б) контроля параметров, определяющих техническое состояние.

Необходимые условия для применения стратегии ТОиР по состоянию с контролем параметров вытекают из требований по безопасности полетов, регулярности отправок и экономичности эксплуатации (рис. 11.4).

Безопасность полетов достигается в результате обеспечения заданного уровня безотказности конструкций повышенной живучести, оценки и прогнозирования уровня работоспособности при эксплуатации, обнаружения отказов и неисправностей на ранних стадиях их

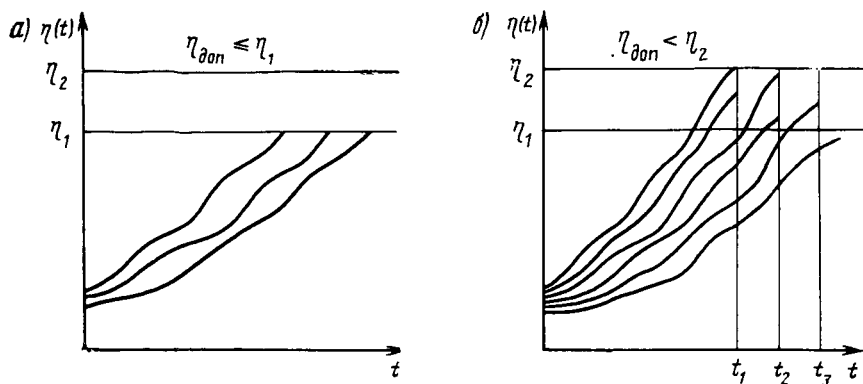


Рис. 11.3. Взаимосвязь стратегий обслуживания по состоянию с непрерывным (а) и периодическим (б) контролем параметров с допусками на диагностические параметры η_1 и η_2 :

$\eta_{\text{доп}}$ — допустимое значение параметра; t_1, t_2, t_3 — моменты проверок

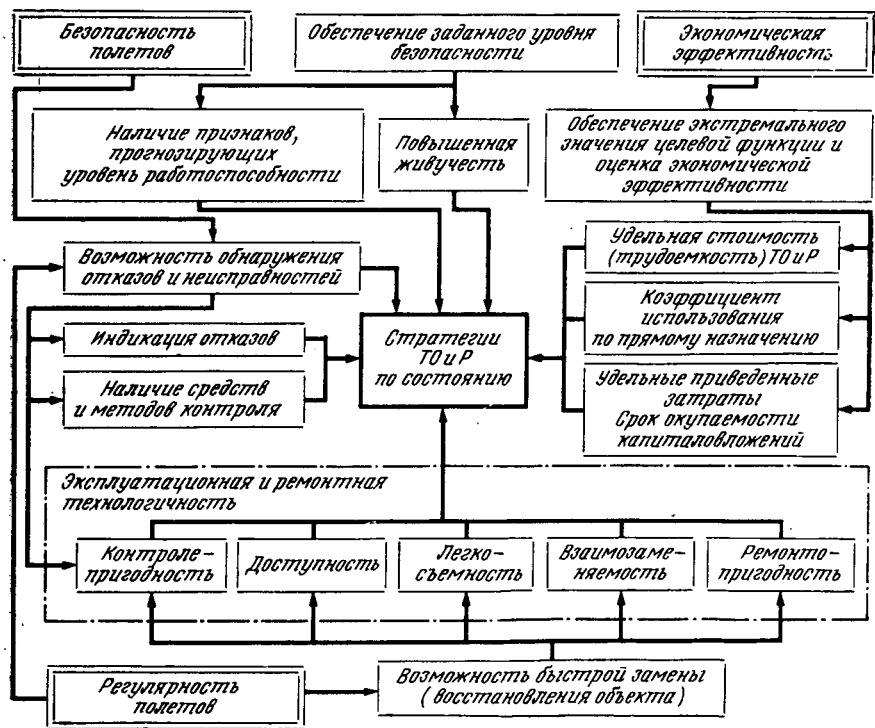


Рис. 11.4. Необходимые условия для применения стратегии ТОиР по состоянию

развития, индикации отказов и предотказовых состояний, использования методов и средств технического диагностирования.

Регулярность отправлений достигается за счет быстрого обнаружения возникших отказов и неисправностей, создания потребных уровней эксплуатационной технологичности (контролепригодности, доступности, легкоосъемности, взаимозаменяемости), позволяющих оперативно восстановить работоспособность системы или изделия.

Экономическая эффективность эксплуатации достигается выбором оптимальной стратегии ТОиР, обеспечивающей экстремальные значения целевой функции (минимум удельной стоимости ТОиР и максимум коэффициента использования самолета) при заданном уровне надежности функциональных систем и изделий.

Глава 12

ПРОГРАММЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА

12.1. СТРУКТУРА ПРОГРАММЫ

Эффективность использования АТ во многом зависит от совершенства применяемых стратегий и программ эксплуатации. В условиях непрерывного увеличения объемов авиационных перевозок, усложнения конструкций ЛА, повышения требований к интенсивности их использования влияние применяемых программ на эффективность эксплуатации становится все более заметным и ощутимым.

Структура программы эксплуатации ЛА определяется в соответствии с иерархической структурой авиационно-транспортной системы (рис. 12.1). Цели программы каждого из уровней определяются по принципу иерархии, отражающему внутренние взаимосвязи и соподчинения в виде ярусов целей. Высшему ярусу подчинены цели первого яруса, первому ярусу — цели второго и т. д.

Программа ТОиР — составная часть программы технической эксплуатации, которая в свою очередь является частью программы эксплуатации ЛА. При формировании программы ТОиР конкретного типа ЛА учитываются как цели и имеющиеся ресурсы на вышестоящих уровнях, так и непосредственные целевые задачи технической эксплуатации, часть из которых реализуется системой ТОиР. Проведенные исследования убедительно показывают, что с внедрением новых, более совершенных программ ТОиР повышается надежность работы ЛА, регулярность их полетов при одновременном существенном сокращении расходов на ТОиР.

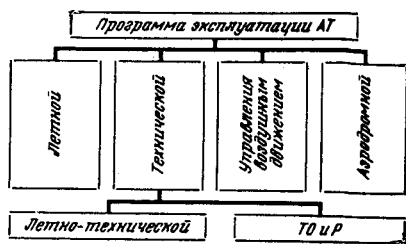


Рис. 12.1. Структура программы эксплуатации АТ

Совершенство программы обслуживания и ремонта определяется тем, насколько полно она обеспечивает соответствие процесса технической эксплуатации объективно существующему процессу изменения технического состояния объекта. Традиционная программа, основанная на выполнении фиксированных объемов профилактических работ через заранее запланированные интервалы времени или наработки на всем однотипном парке ЛА независимо от технического состояния их систем и изделий, как известно, обеспечивает слабое взаимодействие между состояниями объекта и состояниями процесса его эксплуатации. Доказано, что более тесную связь между состояниями объекта и процесса его эксплуатации обеспечивает программа ТОиР по состоянию. Главная особенность такой программы заключается в том, что состояния процесса эксплуатации изделий и объемы работ по обслуживанию и ремонту здесь назначаются в соответствии с возникающими у них техническими состояниями.

Успешная разработка таких программ зависит от согласованных действий всех организаций и предприятий, создающих, эксплуатирующих и ремонтирующих АТ на всех этапах ее жизненного цикла. Работу по обеспечению приспособленности конструкции каждого нового типа самолета к прогрессивным стратегиям ТОиР и разработку самих стратегий рекомендуется выполнять одновременно по единым требованиям, единому плану в рамках соответствующих взаимосвязанных программ. Ими должны стать программы обеспечения безопасности полетов, надежности (безотказности), эксплуатационной технологичности и программа ТОиР самолета. Программа ТОиР представляет собой документ, устанавливающий стратегии, количественные и качественные характеристики видов ТОиР, порядок их корректировки в процессе эксплуатации.

Рассматривая программу ТОиР как «организм», живущий во времени и пространстве, можно представить ее в трехмерном пространстве, где направление вектора — цель программы, а его значение — показатели эффективности. При этом из всего множества признаков, определяющих программу, выбираются только те, которые действуют в течение длительного периода эксплуатации ЛА. К ним относятся: стратегии, режимы ТОиР, конструктивные особенности летательных аппаратов.

Программа ТОиР ЛА в целом рассматривается как совокупность программ более низкого уровня. В зависимости от применяемых стратегий различают программы ТОиР по наработке, по состоянию с контролем параметров, по состоянию с контролем уровня надежности.

По признаку применяемых режимов ТОиР различают программы по оперативным, периодическим и ремонтным формам. С учетом конструктивных особенностей составных частей ЛА следует различать программы ТОиР планера, двигателя, функциональных систем (гидравлическая топливная, управления и др.).

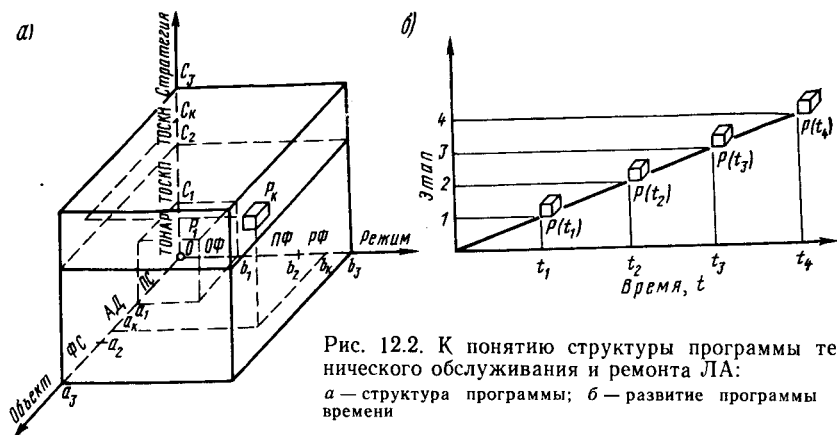


Рис. 12.2. К понятию структуры программы технического обслуживания и ремонта ЛА:

а — структура программы; б — развитие программы во времени

Графическая интерпретация структуры программы ТООР приведена на рис. 12.2, а. По осям декартовой прямоугольной системы координат представлены переменные:

по оси абсцисс — режимы ТООР: оперативные формы (ОФ), периодические (ПФ), ремонтные (РФ);

по оси ординат — стратегии ТО и Р: по наработке (НАР), по состоянию с контролем параметров (КП), по состоянию с контролем уровня надежности (КУН);

по оси аппликат — составные части объекта: планер самолета (ПС), авиадвигатель (АД), функциональные системы (ФС).

Рассмотрим несколько примеров программ различного уровня. Параллелепипед P_k представляет, например, элементарную программу с координатами a_k, c_k, b_k , означающими, что это программа выполнения ремонтной формы для элемента двигателя, обслуживаемого по состоянию с контролем уровня надежности. Параллелепипед с вершиной P_1 и координатами a_1, c_1, b_1 представляет собой программу оперативного обслуживания по наработке элементов планера самолета.

Сформированная первоначально на этапе проектирования ЛА программа ТООР в дальнейшем уточняется и совершенствуется. Схема развития программы приведена на рис. 12.2, б.

Оценку программы рекомендуется проводить на этапах:

1 — аванпроекта $P(t_1)$;

2 — макета $P(t_2)$;

3 — заводских испытаний $P(t_3)$;

4 — государственных и эксплуатационных испытаний $P(t_4)$.

В дальнейшем программа подлежит корректировке уже на этапах регулярной эксплуатации ЛА. На различных этапах в программе может изменяться доля различных стратегий и режимов ТООР элементов конструкции ЛА.

Разработанная программа ТООР, какой бы совершенной она ни была, еще не может обеспечить повышение эффективности эксплуатации ЛА. Наряду с этой программой должна разрабатываться программа организационно-технического обеспечения ТООР. Объединяясь, эти две программы образуют так называемую комплексную программу ТООР ЛА.

Под *комплексной программой ТООР* понимается документ, содержащий развернутое изложение принятых стратегий и соответствующих им режимов, методов, форм организации обслуживания и ремонта ЛА в целом, его функциональных систем и оборудования, реализованных в конструкции и эксплуатационно-технической документации с учетом заданных условий эксплуатации. Комплексный характер программы определяется прежде всего рациональным сочетанием различных стратегий обслуживания и ремонта элементов функциональных систем (по наработке, с контролем параметров, с контролем уровня надежности), а также включением широкого круга вопросов организационно-технического обеспечения разработки и внедрения программы применительно к этапам создания, эксплуатации и ремонта ЛА.

Формирование комплексной программы представляет собой многоуровневый процесс принятия решений, протекающий во времени и связанный с этапами жизненного цикла ЛА. При этом используется программно-целевой подход. На каждом из этапов формирования программы применяется свой локальный критерий, не противоречащий глобальному (общему) критерию на самом высоком уровне.

Механизм формирования комплексной программы ТООР заключается в следующем (рис. 12.3). Исходя из необходимости обеспечения заданных значений показателей эффективности процесса технической эксплуатации ЛА в отношении надежности, регулярности полетов, эффективности использования и экономичности, заказчик на стадии разработки технического задания на проектирование нового типа ЛА формирует требования к надежности, эксплуатационной технологичности и комплексной программе ТООР. Требования к надежности, эксплуатационной технологичности и программе ТООР обеспечиваются промышленностью на этапах конструирования и постройки ЛА, а к программе обеспечения ТООР — предприятиями ГА на этапах подготовки к освоению эксплуатации нового типа ЛА.

Разработка программы ТООР ЛА в соответствии с требованиями заказчика начинается в конструкторских бюро на ранних этапах проектирования ЛА одновременно с конструированием планера и функциональных систем. Работа над программой ТООР проводится одновременно с разработкой и обеспечением программ надежности и эксплуатационной технологичности ЛА. Взаимодействие указанных программ на стадии создания ЛА обеспечивает получение заданного уровня эффективности процесса технической эксплуатации за счет рационального сочетания конструктивно-технологических решений, направленных

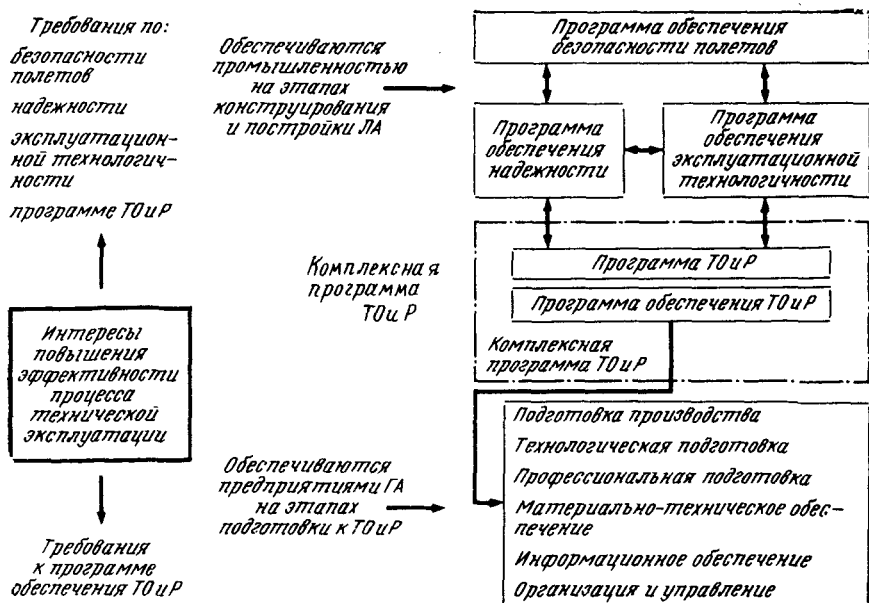


Рис. 12.3. Механизм формирования комплексной программы ТОиР ЛА

на повышение надежности и эксплуатационной технологичности, с разработкой прогрессивных стратегий и режимов ТОиР планера, двигателя всех функциональных систем и изделий ЛА.

Комплексная программа ТОиР ЛА разрабатывается в соответствии с действующими общими требованиями к программе. Они определяют назначение, структуру и содержание программы, а также порядок ее разработки, оценки и корректировки на различных этапах создания, испытаний и эксплуатации ЛА. В соответствии с общими требованиями программа разрабатывается для конкретного типа ЛА и является исходным нормативным документом для формирования и совершенствования системы ТОиР, эксплуатационной и ремонтной документации.

Программа ТОиР в соответствии с требованиями включает ряд разделов (рис. 12.4).

В общих положениях программы содержатся: основание для разработки, цель и назначение программы, этапы и сроки разработки и корректировки.

Заданные условия эксплуатации и ограничения, принятые при разработке программ, включают: условия применения ЛА с учетом сезонной потребности и соответствующие им значения средней продолжительности рейса, числа посадок, годового и суточного налета; условия внешней среды при выполнении ТОиР; допустимые значения показателей безотказности и регулярности полетов, надежности АТ, установ-

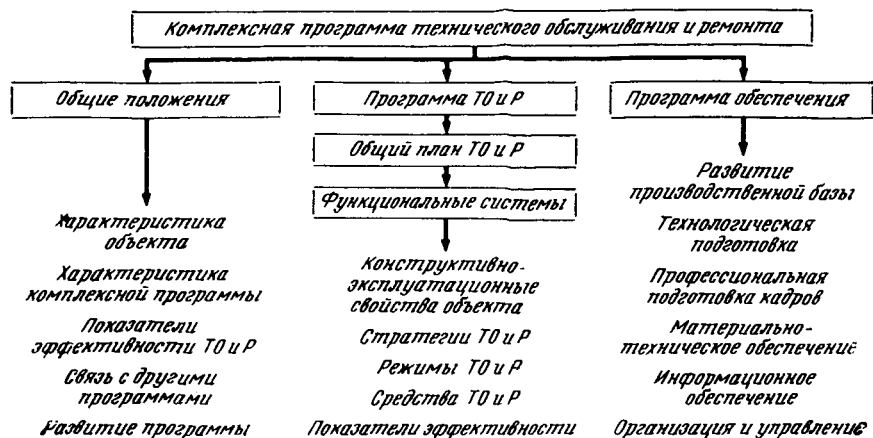


Рис. 12.4. Структура и содержание требований к комплексной программе ТОиР ЛА

ленные в техническом задании и нормативных документах на этапах проектирования, испытаний и эксплуатации.

Характеристика ЛА как объекта ТОиР должна содержать сведения о конструктивно-компоновочных особенностях (доступность, легкосъемность, взаимозаменяемость, контролепригодность), схемах размещения зарядно-заправочных устройств и основных эксплуатационных люков, эксплуатационных разъемах основных агрегатов планера; ресурсах и сроках службы ЛА и приспособленности конструкции функциональных систем и изделий к прогрессивным стратегиям и методам ТОиР.

Важное место в программе занимает *план ТОиР*, устанавливающий основные принципы построения и организации, стратегии и режимы обслуживания и ремонта. План составляется для объектов, подлежащих ТОиР в процессе эксплуатации, и включает следующие материалы:

- типовую структуру (номенклатуру и периодичность видов) ТОиР в течение всего срока службы для характерных условий эксплуатации; стратегии и количественные характеристики видов ТОиР изделий;

- назначенный ресурс, срок службы, среднюю периодичность плановых замен, периодичность, трудоемкость и продолжительность выполнения основных работ, нормы расхода запасных частей и материалов (для всех изделий);

- ресурс до первого ремонта и межремонтный ресурс (для изделий, ТОиР которых выполняется по наработке);

- параметры, определяющие техническое состояние объекта и значения этих параметров, значения упреждающих допусков, перечень средств и методов контроля (для изделий, обслуживаемых по состоянию с контролем параметров);

сведения о работах, подлежащих выполнению при хранении ЛА и специальных видах ТОиР (сезонное, после особых случаев полета и посадки и др.);

типовые технологические графики технического обслуживания ЛА; рекомендации по применению новых методов восстановления деталей при ТОиР.

В разделе программы *организация и средства ТОиР* излагаются основные вопросы организационно-технического обеспечения. В числе их содержатся:

требования к оснащенности стоянок, лабораторий, цехов, в том числе перечни средств наземного обслуживания общего и специального применения, контрольно-поверочной аппаратуры, средств диагностирования и неразрушающего контроля;

требования к инженерно-техническому составу (перечень специальных и специализаций, численность и квалификация исполнителей); рекомендации по использованию методов организации ТОиР (разовый, поэтапный, блочный, агрегатно-узловой, стендовый и т. д.); требования к информационному обеспечению ТОиР (состав и объем информации, частота и форма представления).

Программа содержит также раздел *показатели системы ТОиР*, в котором (для разных этапов жизненного цикла ЛА) приводятся значения показателей: удельные суммарные стоимость, трудоемкость и продолжительность ТОиР; среднее время и вероятность восстановления, средняя продолжительность транзитного обслуживания; средние продолжительность и трудоемкость каждого вида ТОиР; стоимость запасных частей и материалов на 100 ч налета.

В приложениях к программе ТОиР приводятся материалы по обоснованию отдельных разделов программы, в том числе: перечень доказательной документации; перечень нормативно-технических документов, используемых при разработке программы; минимальный состав исправного оборудования и агрегатов, необходимых для отправки ЛА в рейс; перечень повреждений, при которых ЛА подлежит восстановлению в условиях АРЗ; перечень мероприятий по совершенствованию системы ТОиР; план исследования технического состояния ЛА.

12.3. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ТОиР ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

Задача формирования программы ТОиР функциональной системы заключается в отыскании характеристик такого ее варианта, который удовлетворял бы следующим условиям:

$$z_i = f_i(x, y, t) \left\{ \begin{array}{l} \geq \\ \leq \end{array} \right\} [z_i], \quad i \in S_1;$$

$$z_j = \text{opt } f(x, y, t), \quad j \in S_2.$$

Входными переменными x служат: стратегии ТОиР, назначенные конкретным элементам функциональной системы ЛА в рассматриваемом варианте программы; режимы ТОиР; показатели эффективности системы контроля, используемой при конкретном варианте программы ТОиР; стоимость, трудоемкость и продолжительность выполнения работ по ТОиР, предусмотренных регламентом варианта программы; характеристики надежности элементов функциональной системы ЛА; стоимость разработки и внедрения рассматриваемого варианта программы ТОиР.

Выходными переменными z_i, z_j являются показатели эффективности рассматриваемого варианта программы ТОиР: уровень безопасности и регулярности полетов по техническим причинам, исправность парка ЛА, экономическая эффективность варианта программы с учетом стоимости ее разработки и внедрения. На показатели эффективности $z_i \in S_1$ налагаются ограничения $|z_i|$. Остальные показатели эффективности $z_j \in S_2$ оптимизируются. К числу ограничений могут быть отнесены показатели безотказности, регулярности полетов и исправности парка ЛА. Тогда в качестве критериев эффективности программы ТОиР принимают минимумы затрат времени, труда и средств на проведение ТОиР.

Множество операторов $y \in Y$ описывает связи между входными и выходными переменными программы ТОиР функциональной системы, возникающими при моделировании процесса технической эксплуатации самолета на интервале времени t . При формировании вариантов программы производится варьирование входными переменными, характеризующими функциональную систему и программу ее ТОиР. Для упрощения задачи делается допущение о неизменности характеристик надежности остальных функциональных систем ЛА и программ их ТОиР. Это допущение позволяет оценить влияние характеристик программы ТОиР рассматриваемой функциональной системы на показатели эффективности программы ТОиР ЛА в целом.

Для определения наиболее эффективного варианта программы формируется некоторая их совокупность. Формально формирование вариантов программы возможно методом перебора всего множества обслуживаемых элементов функциональной системы, стратегий ТОиР и ряда других переменных. Но такой подход приведет к неоправданному увеличению объема вычислений. Для уменьшения числа конкурирующих вариантов следует исключить заранее бесперспективные. С этой целью рассматривается влияние конструктивно-эксплуатационных свойств функциональной системы на эффективность применения различных стратегий ТОиР, а следовательно, и на эффективность программы ТОиР. При этом выделяются три аспекта конструктивно-эксплуатационных свойств функциональной системы:

- 1) влияние отказов элементов на безопасность и регулярность полетов;
- 2) характер изменения показателей надежности (интенсивности отказов) элементов от наработки;

3) влияние уровня эксплуатационной технологичности функциональной системы на трудоемкость и стоимость ТОиР, разработку и применение различных стратегий.

Анализ влияния первой группы конструктивно-эксплуатационных свойств при формировании вариантов программы ТОиР учитывает возможности стратегий обслуживания и ремонта элементов функциональной системы по обеспечению безопасности и регулярности полетов. При применении стратегии ТОиР по наработке задача обеспечения безопасности и регулярности полетов решается назначением «безопасного» ресурса для каждого из элементов. При применении стратегии ТОиР с контролем параметров задача обеспечения безопасности и регулярности полетов решается определением упреждающих допусков и периодичности контроля технического состояния элемента, обеспечивающих с заданной вероятностью выявление предотказового состояния. Стратегия ТОиР с контролем уровня надежности допускает появление «безопасного» отказа элемента функциональной системы ЛА без ущерба для регулярности полетов.

Учитывая вышеизложенное, при назначении стратегии ТОиР для элементов функциональной системы с учетом их влияния на безопасность полетов целесообразно рассматривать сначала стратегию ТОиР по наработке или по состоянию с контролем параметров, а затем стратегию с контролем уровня надежности. Из двух стратегий (по наработке или по состоянию с контролем параметров) назначается та, которая обеспечивает требуемый уровень безопасности и регулярности полетов. При равновозможном обеспечении этого уровня решение о том, какая из стратегий будет назначена, принимается с учетом рассмотрения остальных конструктивно-эксплуатационных свойств.

Анализ влияния второй группы конструктивно-эксплуатационных свойств при формировании вариантов программы ТОиР функциональной системы имеет следующие особенности. По характеру проявления отказы элементов функциональной системы ЛА подразделяются на постепенные и внезапные. Вероятность безотказной работы объектов, подверженных внезапным отказам, описывается, как правило, экспоненциальным распределением при значениях параметров, соответствующих постоянной и убывающей интенсивности отказов $\lambda(t)$. При постепенных отказах вероятность безотказной работы объектов описывается, как правило, нормальным или равномерным распределением при значениях параметров, соответствующих возрастающей интенсивности отказов $\lambda(t)$.

Как известно, оптимальное значение межремонтного ресурса существует только для объектов с возрастающей интенсивностью отказов от наработки. Для элементов функциональной системы с возрастающей интенсивностью отказов (постепенные отказы) характерно также наличие монотонно возрастающей зависимости параметра (параметров) технического состояния от наработки, что не наблюдается при внезапных отказах. В связи с этим применение стратегий ТОиР по наработке и по состоянию с контролем параметров целесообразно только для эле-

ментов функциональной системы с возрастающей интенсивностью отказов; для элементов с невозрастающей интенсивностью отказов следует использовать стратегию ТОиР с контролем уровня надежности.

Анализ третьей группы конструктивно-эксплуатационных свойств при формировании программы ТОиР функциональной системы определяет в основном экономическую эффективность применения той или иной стратегии. Последовательность оценки конструктивно-эксплуатационных свойств элементов функциональной системы при формировании вариантов программы определяется степенью их влияния на эффективность применения стратегий ТОиР. Вначале оцениваются конструктивно-эксплуатационные свойства, которые оказывают доминирующее воздействие на эффективность применения той или иной стратегии. С учетом специфики эксплуатации АТ к их числу относятся свойства первой, второй и частично третьей группы. Анализ и оценка доминирующих конструктивно-эксплуатационных свойств позволяют только некоторой части элементов функциональной системы однозначно рекомендовать стратегию ТОиР. Остальным элементам может быть рекомендована совокупность альтернативных стратегий. В каждом случае путем перебора возможных вариантов сочетаний элементов функциональной системы и назначенных им стратегий (однозначно или альтернативно) можно по принципу обеспечения безопасности полетов сформировать некоторое множество вариантов первого уровня программы ТОиР функциональной системы. При этом в каждом варианте каждому элементу будет однозначно соответствовать одна стратегия ТОиР.

Сформированный вариант первого уровня фиксирует две входные переменные (стратегии ТОиР, назначенные конкретным элементам функциональной системы, и характеристики надежности элементов) и служит базой для формирования подмножества вариантов программы ТОиР второго уровня на основе варьирования остальных переменных, определяющих главным образом экономическую эффективность программы.

Комплекс исследований по формированию программы ТОиР функциональной системы ЛА, проведенных с участием А. В. Лебедева, целесообразно представить в виде структурной схемы, которая содержит (рис. 12.5): блок 1 формирования вариантов программы первого уровня (подблоки 1 ... 8); блок 2 формирования вариантов программы второго уровня (подблоки 9 ... 14); блок 3 оценки эффективности и выбора варианта программы (подблоки 15 ... 18).

В блоке формирования вариантов первого уровня производится количественная оценка конструктивно-эксплуатационных свойств элементов функциональной системы, отражающая влияние их отказов на безопасность полетов (оценка регулярности производится в блоке оценки эффективности), с учетом следующих принципов.

1. Если отказ или сочетание отказов элементов влияет на безопасность полетов, то: при возрастании интенсивности отказов элемент обслуживается по наработке или по состоянию с контролем параметров (для данного элемента эти стратегии при моделировании рассматрива-

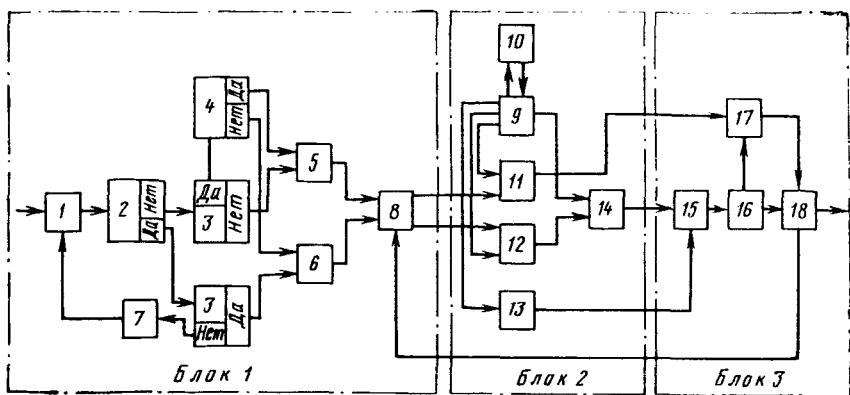


Рис. 12.5. Структурная схема формирования программы ТОиР функциональной системы ЛА:

1 — выделение функциональной системы из структуры ЛА; 2 — количественная оценка влияния элементов функциональной системы на безопасность полетов («Да» — влияет, «Нет» — не влияет); 3 — анализ характера изменения интенсивности отказов элементов с увеличением наработки («Да» — возрастает, «Нет» — не возрастает); 4 — количественная оценка средних затрат на аварийную и профилактическую замену элементов («Да» — равны, «Нет» — не равны); 5 — стратегия ТОиР с контролем уровня надежности; 6 — стратегия ТОиР по состоянию с контролем параметров или по наработке; 7 — доработка конструкции элемента; 8 — формирование i -го варианта программы ТОиР первого уровня 9 — выбор средств, методов и режимов контроля для i -го варианта программы; 10 — доработка конструкции функциональной системы с целью обеспечения контроля технического состояния при реализации рассматриваемой стратегии ТОиР; 11 — оценка стоимости реализации i -го варианта программы; 12 — формирование укрупненной структуры регламента i -го варианта программы; 13 — оценка трудоемкости и стоимости ТОиР по видам работ, предусматриваемых регламентом i -го варианта программы; 14 — формирование i -го варианта программы второго уровня; 15 — подготовка необходимых данных для моделирования i -го варианта программы; 16 — статистическое моделирование процесса технической эксплуатации ЛА при i -м варианте программы ТОиР функциональной системы; 17 — оценка экономического эффекта от внедрения i -го варианта программы; 18 — анализ эффективности i -го варианта программы

ются как альтернативные); при невозрастающей интенсивности отказов элемент дорабатывается (в этом случае применение стратегии технического обслуживания по наработке не имеет смысла, а стратегия ТОиР с контролем уровня надежности не обеспечивает требуемой безопасности полетов).

2. Если отказ или сочетание отказов элементов не влияет на безопасность полетов, то: при возрастании интенсивности отказов производится сравнение средних затрат на внеплановую и профилактическую замену; при равенстве этих затрат элемент обслуживается по состоянию с контролем уровня надежности; при превышении затрат на аварийную замену над затратами на профилактическую замену элемент обслуживается по состоянию с контролем параметров или по наработке (для данного элемента эти стратегии рассматриваются как альтернативные); при невозрастающей интенсивности отказов элемент обслуживается с контролем уровня надежности.

Такой анализ позволяет сформировать некоторое подмножество вариантов программы первого уровня, основанных на различном сочетании стратегий ТОиР элементов функциональной системы (см.

рис. 12.5, подблоки 1... 8). При значительном числе элементов функциональной системы формирование вариантов первого уровня целесообразно производить на ЭВМ.

Каждый из вариантов программы первого уровня служит исходным для формирования вариантов второго уровня, отличающихся режимами ТОиР, методами и средствами контроля технического состояния, стоимостью реализации варианта. Затем производится оценка затрат времени, труда и средств, связанных с разработкой, внедрением и применением каждого из вариантов программы.

В третьем блоке оценки эффективности и выбора варианта программы ТОиР функциональной системы производится для i -го варианта программы ($i = 1, 2, \dots, r$): подготовка исходных данных для статистического моделирования процесса технической эксплуатации ЛА; статистическое моделирование процесса технической эксплуатации ЛА с целью определения показателей эффективности; оценка экономического эффекта от внедрения i -го варианта программы. После определения параметров рассматриваемых вариантов программы выбор наиболее эффективного производится на основе анализа показателей эффективности и ожидаемого экономического эффекта.

12.4. ФОРМИРОВАНИЕ ПРОГРАММЫ ТОиР ПЛАНЕРА ЛА

Под планером ЛА понимается конструкция, состоящая из следующих функциональных групп: фюзеляжа, крыла, оперения, гондол, пилонов двигателей, створок шасси. Конструкция планера включает в себя остекление, двери, люки, механизацию крыла и оперения.

Постановка задачи выбора оптимального варианта программы формируется следующим образом. Необходимо найти программу ТОиР планера, состоящего из R элементов ($r_1, r_2, \dots, r_R$), в наибольшей степени удовлетворяющую множеству критериев.

$$\Gamma = (\gamma_1, \gamma, \dots, \gamma_n).$$

где γ_i — i -й критерий; Γ — множество значений критериев; n — число критериев оптимизации.

Полная программа для элемента планера является комбинацией S различных работ по ТОиР. В общем случае для планера из R элементов

$$E = e^{(1)} \times e^{(2)} \times \dots \times e^{(R)},$$

где $e^{(1)}, e^{(2)}, \dots, e^{(R)}$ — последовательность проведения ТОиР первого, второго, R -го элемента; E — программа обслуживания и ремонта планера.

Оптимальные значения критериев Γ^* и соответствующая ему оптимальная программа связаны соотношением:

$$E^* = \varphi^{-1}(\Gamma^*),$$

где E^* — выбранный оптимальный вариант программы; φ — вектор-функция, отображающая программу во множестве значений критериев Γ ; Γ^* — оптимальные значения критериев.

Укрупненная структура построения программы ТОиР планера содержит три иерархических уровня (рис. 12.6): *А* — для элементов планера; *Б* — для планера одного ЛА; *В* — для планера парка ЛА.

Для уровня *А* в качестве «входной» информации используются данные о прочностных характеристиках элементов, результаты анализа принципов проектирования и физической природы отказов. Для уровня *Б* «входной» информацией являются сведения, полученные на «выхо-

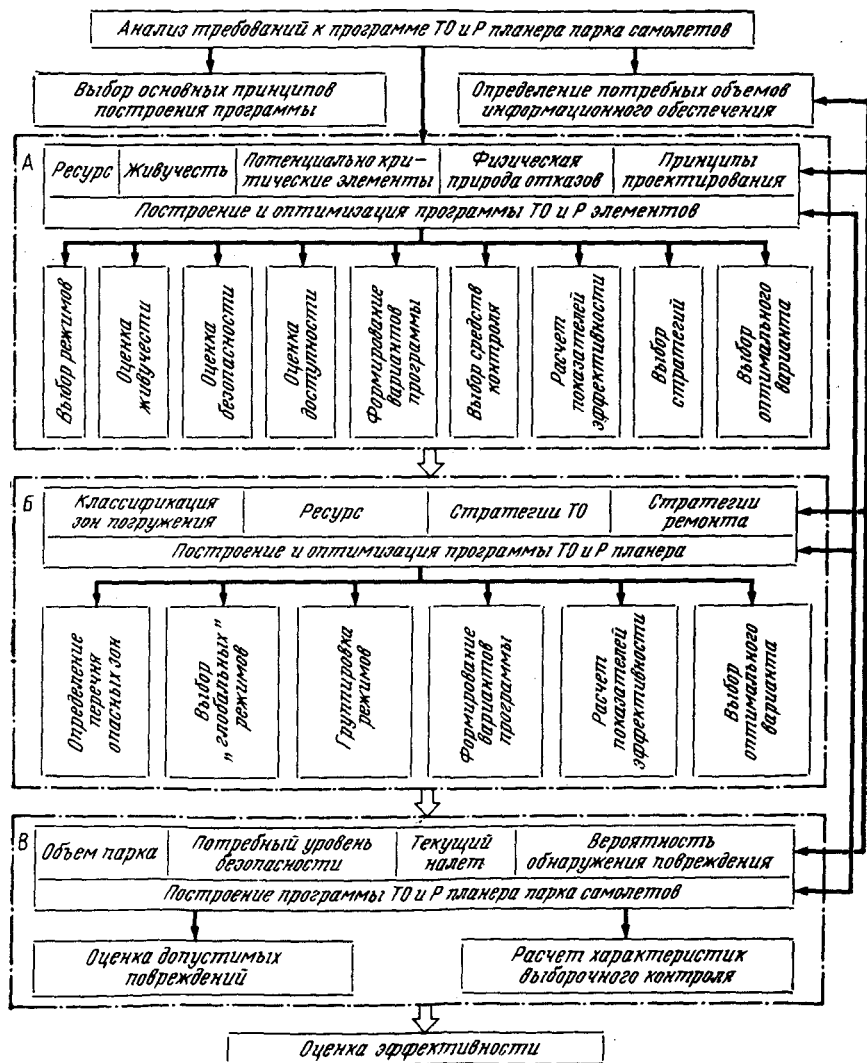


Рис. 12.6. Укрупненная структура построения программы ТОиР планера ЛА

де» уровня A , и, кроме того, данные о классификации зон по уровням эксплуатационного нагружения, ресурса и стратегиям ТОиР. Для уровня B «входной» информацией служат данные, полученные на «выходе» уровня B , и сведения о потребных уровнях безопасности и вероятности обнаружения повреждений, а также информация о количестве ЛА в парке и их текущем налете.

При построении вариантов программы ТОиР на уровне элементов оценивается: физическая природа повреждений; ресурс; параметры допустимых повреждений и живучести; вероятность обнаружения повреждений неразрушающими методами контроля; влияние повреждений на безопасность и регулярность полетов; трудоемкость, стоимость и продолжительность ТОиР; доступность проведения контроля; показатели эффективности программы для различных вариантов стратегий и режимов обслуживания и ремонта, а также методов контроля. Определение физической природы отказов проводится для каждого из элементов и зон конструкции.

При определении параметров повреждений изучаются скорости их развития и достижения предельных значений в зависимости от характера внешнего нагружения и условий эксплуатации. В зависимости от этапа построения программы в качестве исходной информации используются данные, полученные при испытаниях образцов, при натурных ресурсных испытаниях или анализе результатов эксплуатации.

Момент обнаружения t_0 и минимальное значение обнаруживаемого повреждения l_0 зависят от разрешающей способности средств контроля. Максимально допустимое значение повреждения определяется из условия обеспечения прочности при достижении 0,67 % эксплуатационной нагрузки $P_{\text{экспл}}$. Период развития повреждения от t_0 до $t_{\text{кр}}$ зависит от скорости развития повреждения, которая определяется различными аналитическими выражениями.

Вторым способом определения скорости развития повреждения является его «прорастивание» при ресурсных испытаниях на натурном стенде.

Третий способ расчета может быть использован на этапе эксплуатации при наличии статистических данных. Прогноз в этом случае осуществляется по действующим методикам и инструкциям. Основой прогноза является математическая обработка статистических данных о длине усталостных трещин, обнаруженных при осмотрах в эксплуатации, и наработке, при которой эти трещины обнаружены.

Выбор стратегий ТОиР элементов планера осуществляют в следующем порядке:

- определяют принципы конструирования данного элемента и составляют перечень элементов с ограниченным ресурсом;

- определяют влияние на безопасность полетов каждого из элементов, не имеющих ограничений по ресурсу;

- оценивают живучесть элемента. При отсутствии достаточной живучести для элементов, влияющих на безопасность полета, назначают

стратегию по наработке или проводят их доработку с целью усиления для повышения живучести и увеличения ресурса;

при наличии достаточной живучести определяют контролепригодность. В случае неудовлетворительной контролепригодности оценивают возможность ее увеличения путем доработок. При отсутствии или нецелесообразности таких доработок элемент переводят на стратегию по наработке. При удовлетворительной контролепригодности для элементов, обладающих живучестью, выбирают средства контроля и оценивают вероятность обнаружения повреждения в зависимости от его размера.

При построении программы ТОиР на уровне планера:

определяется повторяемость конкретных значений начала контроля различных элементов. Значения, имеющие наибольшую повторяемость, избираются в качестве базовых;

производится группировка значений начала контроля путем их «передвижения» по оси времени влево до совпадения с базовыми величинами;

определяется частота выбора конкретных значений периодичности обслуживания и ремонта элементов;

выбираются базовые значения периодичности из числа наиболее часто встречающихся, но при этом они должны быть кратными между собой;

производится группировка значений периодичности обслуживания и ремонта элементов путем их «передвижения» по оси времени влево до совпадения с базовыми значениями.

Алгоритм построения программы ТОиР планера представляется в виде типового цикла, повторяющегося на каждом из этапов построения, испытаний, сертификации и эксплуатации ЛА. Схема типового цикла содержит четыре блока: формирования перечня функциональных отказов; выбора стратегий обслуживания и ремонта; выбора режимов обслуживания и ремонта; оценки эффективности и выбора варианта программы обслуживания и ремонта планера.

В блоке 1 типового цикла методология формирования перечня функциональных отказов планера базируется на информации о физической природе отказов отдельных элементов планера, определении параметров их эксплуатационного нагружения и параметров допустимых повреждений. Особое внимание должно быть уделено влиянию эксплуатационного нагружения на элементы и зоны, имеющие концентраторы напряжений в виде отверстий и галтельных переходов. Основной параметр допустимых повреждений — критическая (предельная) величина повреждения. Для усталостного повреждения это трещины, для коррозионного — площадь и глубина.

В блоке 2 типового цикла методология выбора стратегий ТОиР базируется на информации о живучести элементов, анализе контролепригодности конструкции, определении вероятности обнаружения повреждений элементов и оценке их влияния на безопасность полета. В тех случаях, когда не удовлетворительны требования по живучести или контролепригодности, следует определить возможность доработок кон-

струкции. При невозможности или экономической нецелесообразности доработок для данного элемента или зоны конструкции используется стратегия обслуживания по наработке. При положительных оценках требований, представленных в блоке 2 типового цикла, для элементов конструкции назначается стратегия обслуживания по состоянию.

В блоке 3 типового цикла определение режимов технического обслуживания базируется на методах выбора периодичности контроля с учетом требований безопасности полетов.

В блоке 4 оценка эффективности программы ТОиР планера основывается на сформированных вариантах плана и программы.

Глава 13

ЭКСПЛУАТАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

13.1. РУКОВОДЯЩАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Эксплуатационно-техническая документация (ЭТД) предназначена для изучения конструкции, правил эксплуатации и ТО, планирования и оформления работ по ТО АТ, а также для учета работы, численности, движения и технического состояния АТ, учета ее доработок и ведения отчетности.

ЭТД подразделяют на руководящую (нормативно-техническую), пономерную и производственно-техническую (рис. 13.1).

Руководящая документация регламентирует вопросы организации и обеспечения эксплуатации АТ, определяет требования к ней и устанавливает правила ее эксплуатации. По своему назначению руководящая документация делится на общую (для всех типов ЛА) и типовую (для определенного типа ЛА).

Общими руководящими документами являются Наставление по производству полетов в ГА СССР, Наставление по технической эксплуатации и ремонту АТ в ГА СССР, приказы, указания, инструкции, методики и другие документы МГА, Нормы летной годности ЛА.



Рис. 13.1. Классификация эксплуатационно-технической документации

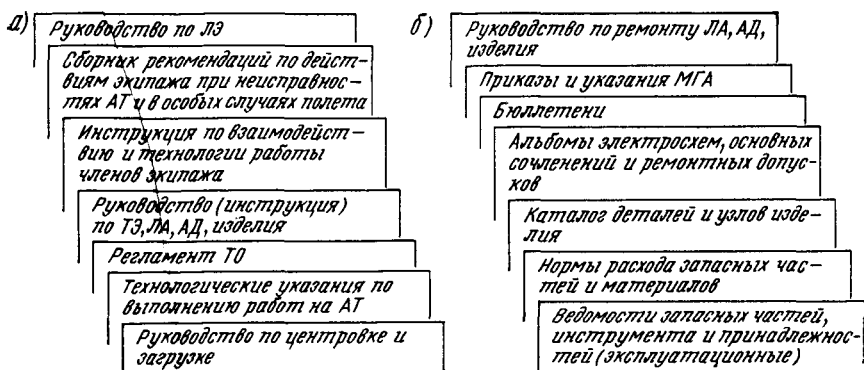


Рис. 13.2. Основные виды типовой руководящей документации:

а — для экипажа и ИТС; б — для ИТС

Наставление по технической эксплуатации и ремонту АТ определяет основные положения и общие правила организации технической эксплуатации ЛА.

Типовая руководящая документация включает документы, которыми экипажи и ИТС руководствуются при технической эксплуатации ЛА данного типа (рис. 13.2). Она разрабатывается организациями промышленности, гражданской авиации на основании программы ТОиР ЛА и принимается к руководству после утверждения или ввода в действие МГА.

Руководство по летной эксплуатации (ЛЭ) содержит правила самолетовождения на всех этапах полета, правила полетов в различных условиях и особых ситуациях, указания по эксплуатации силовых установок и бортовых систем на земле и в полете, порядок взаимодействия членов экипажа со службой управления воздушным движением.

Руководство (инструкция) по эксплуатации и техническому обслуживанию включает все указания, необходимые для технического обслуживания, выполнения работ по замене агрегатов, регулировочных и других работ на ЛА.

Регламент и Технологические указания по техническому обслуживанию определяют объекты обслуживания, объем, периодичность и порядок выполнения работ в процессе эксплуатации ЛА.

Руководство по ремонту определяет требования по выполнению всех видов ремонтных работ, выполняемых на ЛА в условиях ремонтного и эксплуатационного предприятий.

Альбом основных сочленений, ремонтных допусков и Каталог деталей и сборочных единиц относятся к номенклатуре ремонтной документации, однако в процессе технической эксплуатации при выполнении работ по текущему ремонту, подбору деталей и узлов и составлении заявок на них на эксплуатационных предприятиях возникает необходимость в использовании данных документов.

В альбоме дается общий вид изделия, приводятся технические характеристики, сведения по материалам, даются регламентируемые моменты затяжки резьбовых соединений. Каталог деталей и сборочных единиц содержит их цифровой указатель, схему разделения изделия на конструктивные группы, перечень и иллюстрации деталей и сборочных единиц. В нем приводятся условия взаимозаменяемости деталей, сборочных единиц, а также заводские номера изделий, в пределах которых данная деталь применяется.

Бюллетени промышленности определяют работы (доработки), связанные с устранением конструктивных и производственных недостатков, а также введением конструктивных улучшений АТ. Они делятся на следующие группы:

«Э» — эксплуатационные бюллетени, являющиеся дополнениями к действующим инструкциям и руководствам по эксплуатации, регламентам ТО АТ;

«Р» — ремонтные бюллетени, являющиеся дополнениями к руководству по ремонту или рекомендациями по ремонту в процессе эксплуатации;

«ИК» — бюллетени по изменению конструкции, являющиеся дополнениями к техническим описаниям АТ;

«Д» (в том числе «ДА», «ДК», «ДМ») — бюллетени, включающие доработки по устранению неисправностей, вызвавших прекращение полетов (связанные с устранением конструктивных и производственных дефектов «ДА», не вызвавших прекращения полетов «ДК», и связанные с модификацией и дальнейшим усовершенствованием АТ «ДМ»).

Бюллетени вводятся в действие Министерством гражданской авиации и выполняются в соответствии с Положением о выпуске бюллетеней и выполнении по ним работ на АТ.

Ведомости запасных частей, инструментов и принадлежностей (ЗИП) устанавливают номенклатуру, назначение и число их, необходимое для технического обслуживания и ремонта ЛА. Нормы расхода запасных частей и материалов регламентируют наличие на предприятии и запросы по годовым заявкам обоснованного числа агрегатов, расходных материалов. По ним постоянно корректируются перечни ЗИП.

Руководящие документы постоянно изучаются на предприятиях и принимаются меры по их своевременному и качественному исполнению. Организуется учет поступления, изучения и исполнения документов. Руководящие документы систематически корректируются по результатам обобщения опыта эксплуатации АТ.

13.2. ПОНОМЕРНАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Документация, предназначенная для оформления государственной регистрации и годности каждого ЛА к полетам, учета наработки и технического состояния АТ, относится к пономерной, действительной толь-



Рис. 13.3. Основные виды пономерной документации:

а — бортовая; б — по учету

ко для данного экземпляра АТ, зарегистрированного на заводе-изготовителе под определенным номером (рис. 13.3).

При выполнении полетов над территорией СССР и по международным воздушным линиям на борту ЛА должны находиться бортовые документы: свидетельство о государственной регистрации гражданского воздушного судна Союза ССР, удостоверение о годности гражданского воздушного судна СССР к полетам, бортовой журнал, санитарный журнал, а также задание на полет; справка о работе АТ в рейсе, сопроводительные ведомости, центровочные графики, схемы пробивания облачности и захода на посадку, штурманский бортовой журнал, бюллетень погоды, контрольная карта и другие полетные документы. Кроме того, ЛА, проходящие заводские и государственные испытания, при выполнении полетов должны иметь временные удостоверения о годности к полетам, выдаваемые заводами.

Свидетельство о государственной регистрации гражданского воздушного судна выдает Инспекция МГА, а удостоверение о годности гражданского воздушного судна к полетам — Инспекция управления гражданской авиации. Удостоверение о годности ЛА к полетам выдают по заявлению владельца ЛА, к которому прилагают акт проверки технического состояния и определения годности ЛА к полетам. В свидетельстве о регистрации ЛА может быть оформлено разрешение на эксплуатацию бортовых радиостанций. Для перегонки ЛА, получаемого от завода-изготовителя, к месту назначения и для его эксплуатации до получения постоянного удостоверения старший представитель заказчика на заводе выдает временное удостоверение о годности ЛА к полетам. Срок действия удостоверения может быть продлен начальником АТБ или руководителем ремонтного предприятия.

Бортовой журнал ведется для регистрации результатов контроля технического состояния и оформления приема и передачи ЛА. Бортовой журнал ведется бортмехаником или пилотом. Контроль за правильностью ведения журнала осуществляет ведущий инженер АТБ, а

также руководящий инженерный состав базы и летного отряда, которые заносят результаты проверки в соответствующий раздел журнала.

Санитарный журнал ведется медицинским персоналом предприятия, обеспечивающим надзор за внутренним санитарным состоянием ЛА. Документами, учитывающими работу и техническое состояние ЛА, двигателей и установленных на них агрегатов, являются формуляры и паспорта. Они выдаются заводом-изготовителем на каждое изделие АТ и являются его принадлежностью. Формуляр и паспорт являются документами, удостоверяющими, что АТ изготовлена в соответствии с действующей технической документацией и принята техническим контролем и заказчиком.

Формуляры и паспорта хранятся в служебном помещении ПДО АТБ. Ответственным за правильное ведение формуляров и паспортов является лицо, обслуживающее самолет (двигатель), или техник ПДО по учету СВП, а при хранении и транспортировке — лицо, ответственное за хранение и транспортировку.

Формуляры (паспорта) должны находиться на борту ЛА во время его перегонки для передачи на другое эксплуатационное предприятие, при направлении в ремонт, на переоборудование, доработку и при возвращении к месту постоянного базирования, а также при перегонке ЛА на другое эксплуатационное предприятие для выполнения периодического вида ТО.

Наличие и правильность ведения пономерной документации контролируют инженеры ОТК, а бортовой документации — летный инспекторский состав. При этом перечень руководящей и пономерной документации, которую содержат на борту ЛА в полете, определяется наставлением по производству полетов.

13.3. ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Производственно-техническая документация используется для планирования, учета плановых и статистических данных, составления отчетов по эксплуатации АТ и производственно-хозяйственной деятельности АТБ, связанной с эксплуатацией АТ.

Производственно-технические документы классифицируют: по назначению — учетные, информационные, организационно-распорядительные и отчетные; по области применения; по виду — акты, журналы, карты, ведомости, справки, задания, отчеты и т.д.

По области применения предусматриваются документы: по контролю за АТ (наличие, состояние, движение, ресурсы, списание, отчетность); по контролю надежности АТ (анализы, рекламации, доработки, учет отказов и неисправностей, регулярность полетов); по авиационно-технической подготовке, допуску к обслуживанию АТ, охране труда и окружающей среды; по планированию (технико-экономическое, производственное); по техническому обслуживанию АТ, сдаче ее в ремонт и получению из ремонта, системе управления эффективностью и качест-

вом ТО ЛА; по обеспечению ТО, нормированию труда и материалов, стандартам предприятий.

Учетная документация заводится на авиационную технику (самолеты, вертолеты и двигатели), находящуюся на предприятиях, в учреждениях и организациях на эксплуатации, хранении или в ремонте. Порядок учета АТ определен Положением об учете воздушных судов и авиадвигателей ГА. Обработка сведений пономерного учета осуществляется в рамках автоматизированной системы (Приложение 1).

АТ ставится на учет и снимается с учета на основании приемо-сдаточных актов, сопроводительных документов или приказов на списание. АТ ставится на учет не позднее двух суток с момента ее поступления.

При отсутствии автоматизированного учета на предприятии для учета наличия, состояния и движения АТ установлены следующие документы: книга (картотека) учета АТ; карточка учета ресурса; табель и ведомость учета исправности и использования самолетов; табель суточного состояния ЛА (Приложения 2 и 3) уведомление на отправку АТ; инвентаризационная ведомость авиадвигателей.

На предприятиях ГА, использующих ЭВМ для решения задач учета наличия и состояния АТ, разрешается не вести учетную документацию, за исключением книг учета АТ, ведомости инвентаризации и уведомлений. При этом учетные данные ведутся, хранятся и представляются в АСУ вышестоящего уровня на магнитных носителях.

Книги регистрации и учета ведутся на основании данных формуляров и карточек ресурса, которые служат оперативными документами по ежедневному учету израсходованного и оставшегося ресурсов каждого ЛА и установленного на нем двигателя. Табель учета исправности и использования самолета является оперативным документом для ежедневного в течение месяца учета использования и простоев (в часах) самолетов с ГТД, приписанных к АТБ.

Ведомость исправности и использования самолетов служит оперативным документом по месячному учету технического состояния и использования самолетов с ГТД одного типа. Табель суточного состояния самолетов и вертолетов является оперативным документом по ежесуточному и помесечному учету использования и технического состояния самолета с ПД и вертолета отдельно каждого типа.

Отчетная документация по состоянию АТ и показателям работы ИАС направляется в вышестоящие инстанции в сроки по формам, которые утверждаются МГА. В отчетах о деятельности АТБ отражается выполнение производственного плана, наличие и движение АТ, исправность и использование ЛА, надежность АТ и выполнение доработок, сведения о досрочно снятых двигателях.

Начальник АТБ представляет 1 раз в квартал и за год в УГА доклад с анализом производственной деятельности АТБ. В докладе освещаются следующие вопросы: выполнения мероприятий по обеспечению плана воздушных перевозок и авиационных работ; анализа технико-экономических показателей АТБ; анализа исправности и использо-

вания приписного парка ЛА; анализа надежности АТ, досрочного снятия авиадвигателей; анализа качества ТО; состояния авиационно-технической подготовки ИТС; обеспеченности АТБ производственными зданиями, технологическим оборудованием, инструментом, СНО, средствами контроля состояния АТ; выполнения плана развития АТБ; освоения новой АТ; совершенствования организации ТО, внедрения прогрессивных форм труда; экономии топливно-энергетических ресурсов; охраны труда и окружающей среды; изобретательской и рационализаторской работы; состояния трудовой и технологической дисциплины; задачи АТБ на предстоящий период; общие выводы и предложения. Главный инженер управления ГА использует этот доклад для подготовки анализа в целом по управлению.

13.4. ТЕХНИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ, ОФОРМЛЯЕМАЯ ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ АТ

Документальное оформление выполняемых работ при техническом обслуживании производится в картах-нарядах, нарядах на дефектацию, пооперационных ведомостях, а учет простоев и задержек вылетов ЛА, разборов работы технического состава и других мероприятий — в специальных журналах.

Карта-наряд включает в себя задание на выполнение работ, перечень обслуживаемых систем и дополнительных работ, которые не предусмотрены регламентом. В действие введены следующие три формы карт-нарядов на ЛА: на оперативное, на периодическое ТО, а также на оказание технической помощи при обслуживании ЛА иностранных авиационных компаний.

Для учета выполнения доработок и разовых осмотров АТ на АТБ заводится журнал. Если работы по бюллетеню выполняются представителями завода-изготовителя, то ими составляется технический акт в трех экземплярах за подписями лиц, ответственных за доработку, и начальника ОТК АТБ. Один экземпляр акта прикладывается к карте-наряду на ТО, в процессе которого выполнялась доработка, а два экземпляра передаются представителю завода-изготовителя. О выполнении доработок АТ производятся записи в формулярах ЛА (двигателей), паспортах приборов (агрегатов). Отметки о выполнении доработок в журнале производятся на основании графика оперативного учета доработок и разовых осмотров АТ.

В производственных цехах и участках АТБ ведется журнал *приемопередачи смен*, в котором указываются общие сведения о техническом состоянии передаваемой АТ. Случаи задержки вылетов, повреждений и предпосылок к авиационным происшествиям, которые произошли по техническим причинам, учитываются в специальном журнале по соответствующим актам расследования. Для накопления данных и проведения анализа для улучшения планирования и разработки мероприятий по совершенствованию производственного процесса на АТБ

ведется *журнал учета простоев* АТ. Процесс технической эксплуатации ЛА сопровождается различными организационными мероприятиями, для учета которых также ведутся отдельные журналы.

Для обобщения опыта ТО ЛА руководящий состав ИАС проводит технические разборы с ИТС. Содержание разборов и принятые меры регистрируются в *журнале учета разборов технического состава*. Учет изучения ИТС АТБ поступающих документов по вопросам технической эксплуатации АТ ведется в журналах цехов, участков, отделов. Изменение технического и ресурсного состояния АТ в процессе эксплуатации сопровождается оформлением документации (актами), предусмотренной действующими в гражданской авиации положениями и инструкциями.

В случае повреждения АТ принимаются необходимые меры по ее своевременному и качественному восстановлению и вводу в строй, руководствуясь при этом Положением о порядке восстановления поврежденных самолетов и вертолетов ГА. Восстановление поврежденной АТ может производиться в базовом аэропорту, в промежуточных и конечных аэропортах, в полевых условиях (полевой ремонт) или в заводских условиях. Основанием для выполнения восстановительного ремонта в условиях эксплуатационного предприятия являются акты комиссии по расследованию повреждений или инцидентов, в результате которых произошло повреждение ЛА, при условии, что ремонтные работы будут выполняться по действующим технологиям и чертежам.

Списание АТ сопровождается составлением технического акта, которое производится комиссией предприятия ГА. Авиапредприятиям при необходимости разрешается продлевать ресурсы (сроки службы) АТ до первого ремонта и межремонтные в порядке и пределах, установленных инструкцией МГА. Продление ресурсов ЛА и двигателям производится комиссией под председательством начальника или главного инженера АТБ. Комиссия производит проверку: технической документации по записям в ней — полноту выполнения доработок, регламентных работ, осмотров конструкции; технического состояния АТ; комплектности ЛА и двигателя и соответствия их формулярам и паспортам. ЛА (двигатель) обслуживается в объеме очередной формы ТО, устраняются все неисправности и выполняются другие необходимые дополнительные работы, после чего оформляется *технический акт на продление ресурса*, который утверждает главный инженер УГА. На основании акта ПДО вносит запись в формуляр ЛА (двигателя) о продлении ресурса (срока службы) за подписью председателя комиссии. Акт прикладывают к карте-наряду на ТО, при котором проводилось продление ресурса.

Продление ресурса (срока службы) комплектующим изделиям производится под руководством главного инженера или его заместителей без составления акта. Проверяется документация изделия, его техническое состояние и работоспособность. О продлении ресурса делают запись в *журнале учета продления ресурсов* и формуляре (паспорте) изделия.

Для предъявления претензий поставщикам и восстановления вышедшей из строя ранее истечения гарантийных сроков АТ составляют *рекламационные акты* в случаях несоответствия требованиям стандартов технических условий и договоров поставляемой АТ, тары, упаковки, консервации и маркировки, а также выхода из строя этой техники до истечения гарантийных сроков по причинам, исключаящим вину эксплуатирующих организаций при ее хранении и эксплуатации. В процессе эксплуатации ЛА могут передаваться от завода-изготовителя на эксплуатационное предприятие, от одного авиапредприятия другому, на ремонтное предприятие и обратно. Во всех случаях передача ЛА оформляется *приемо-сдаточными актами*, а также, при необходимости, актами на облет ЛА и выполнение на нем дополнительных работ.

Контрольные вопросы к разделу 2

1. В чем состоит комплексный и системный подход к построению системы технической эксплуатации ЛА?
2. Каково содержание системы технической эксплуатации ЛА?
3. В чем состоят принципы плановости и предупредительности традиционной системы ТОиР АТ?
4. Дайте классификацию видов ТОиР и охарактеризуйте их назначение и содержание.
5. По какой общей схеме построена система ТОиР ЛА за рубежом? Каковы ее преимущества и недостатки?
6. Какова структура годового фонда времени эксплуатации ЛА?
7. Покажите взаимосвязь показателей исправности, использования и простоев ЛА.
8. Как определить технически возможный годовой налет ЛА?
9. Изложите механизм нормирования показателей исправности и простоев ЛА по техническим причинам.
10. Как соотносятся основные калькуляционные статьи общих эксплуатационных расходов в ГА?
11. Раскройте структуру и дайте характеристику элементов себестоимости ТОиР АТ.
12. Какие виды работ включаются в общий объем производства АТБ и как его определить на плановый период?
13. Назовите основные направления и факторы, обеспечивающие повышение экономичности технической эксплуатации ЛА.
14. Приведите примеры конкретных мер, принимаемых ИАС по экономии топливно-энергетических ресурсов.
15. Дайте характеристику основных принципов внутрихозяйственного расчета АТБ.
16. Какие принципы, необходимые и достаточные условия должны быть соблюдены при построении модели ПТЭ ЛА?
17. Для решения каких задач и какими характеристиками наделяются отдельные состояния ПТЭ при его моделировании?
18. Опишите механизм взаимосвязи ПТЭ с процессом изменения технического состояния объекта АТ.
19. Назовите критерии оптимальности ПТЭ ЛА и дайте пояснение их содержанию и назначению.
20. Что означают стратегии ТОиР и как они классифицируются?
21. В чем состоят принципы плановости и предупредительности стратегии ТОиР по состоянию?

22. Каков механизм стратегии ТО АТ по состоянию с контролем уровня надежности?

23. Поясните содержание стратегии ТО по состоянию с контролем параметров.

24. Дайте понятие упреждающего допуска на контролируемый параметр и раскройте его назначение при ТО изделий по состоянию.

25. Из каких этапов состоит комплекс работ по переводу АТ на ТОиР по состоянию?

26. Дайте определение понятию «Программа ТОиР». Каково ее назначение, содержание и область применения?

27. Каков механизм формирования комплексной программы ТОиР ЛА?

28. В чем заключаются особенности построения программы ТОиР функциональных систем ЛА?

29. Изложите основные принципы формирования программы ТОиР планера ЛА.

30. Дайте классификацию эксплуатационно-технической документации ИАС ГА.

31. Каково назначение и какие виды общей и типовой руководящей документации используются в гражданской авиации?

32. Перечислите номенклатуру пономерной документации.

33. По каким признакам классифицируется производственно-техническая документация?

34. Какой документацией сопровождается процесс ТО АТ?

35. Какую роль играет ЭТД в обеспечении безопасности полетов?

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Глава 14

ЗАДАЧИ И ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ

14.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ

Инженерно-авиационная служба (ИАС) призвана осуществлять инженерно-авиационное обеспечение (ИАО) летной работы на предприятиях и в учебных заведениях гражданской авиации. Основное содержание ИАО — решение большого комплекса задач технической эксплуатации ЛА, направленных на обеспечение высокой надежности и безопасности полетов, заданного уровня исправности и готовности к полетам, минимальной себестоимости ТОиР. Задачами ИАС являются:

1. Планирование использования ЛА и производственной деятельности АТБ, обеспечивающее бесперебойное выполнение плана летной работы, регулярность полетов, ритмичную работу подразделений АТБ, планомерную выработку ресурса и отправку АТ на ремонтные предприятия. С этой целью ИАС разрабатывает годовые графики отхода АТ в ремонт и на периодические формы технического обслуживания, перспективные и оперативные планы использования ЛА, производит обоснованные расчеты потребного числа двигателей, комплектующих изделий, запасных частей и расходных материалов на предстоящий год и представляет заявки в органы снабжения.

2. Организация и выполнение технического обслуживания АТ в соответствии с требованиями эксплуатационной и ремонтной документации, указаний МГА, совершенствование организационных форм и методов технического обслуживания АТ на основе достижений научно-технического прогресса. Для этого в научно-исследовательских институтах и учебных заведениях гражданской авиации совместно с авиапредприятиями проводится научно-исследовательская работа, направленная на разработку и внедрение более прогрессивных решений в организационную структуру ИАС, методов ТОиР АТ и, управление производственными процессами. ИАС также изучает и внедряет передовой опыт работы лучших предприятий и подразделений, организует рационализаторскую и изобретательскую работу, разрабатывает и осуществляет мероприятия по научной организации труда.

3. Разработка и проведение мероприятий по обеспечению безопасности полетов, предупреждению отказов и неисправностей АТ, которые достигаются высоким уровнем качества выполняемых плановых работ ТОиР АТ, глубоким анализом причин отказов и неисправностей,

разработкой эффективных профилактических мероприятий, установленной системой контроля качества подготовки ЛА к полету, высоким уровнем профессиональной подготовки летного и инженерно-технического состава, а также хорошо поставленной политико-воспитательной работой среди личного состава. ИАС систематически анализирует техническое состояние ЛА, выявляет причины конструктивно-производственных и эксплуатационных недостатков, ведет учет отказов и неисправностей, определяет и анализирует фактическую надежность АТ, разрабатывает требования к промышленности (ОКБ) и организует доработки по устранению выявленных конструктивно-производственных недостатков.

4. Обеспечение технически грамотной эксплуатации ЛА в полете, под которой понимают: выбор оптимальных режимов полета, обеспечивающих минимальные расходы топлива и высокую надежность работы силовых установок, систем и агрегатов; умение своевременно и правильно использовать дублирующие приборы и системы при выходе из строя основных, а также технически правильные действия экипажа в усложненных условиях полета. Решение этой задачи достигается высоким уровнем технической подготовки летных экипажей, умением грамотно производить расчеты полетов и правильно выбирать наиболее выгодные режимы полета, участием инженерного состава в подготовке экипажей к полету, включением инженеров в состав экипажей, а также высоким уровнем подготовки АТ к полету.

5. Организация и проведение технической учебы и контроля за уровнем технической подготовки летного и инженерно-технического состава, которые являются важнейшими условиями для успешной работы эксплуатационных предприятий. В связи с этим установлен строгий порядок допуска к работе летного и инженерно-технического состава, согласно которому все лица указанных категорий допускаются к выполнению своих должностных обязанностей лишь при наличии у них удостоверений об изучении в установленном объеме конкретной техники и ее эксплуатации с последующим прохождением стажировки на предприятиях гражданской авиации. Но независимо от этого ИАС эксплуатационных предприятий в целях повышения квалификации организует учебу с летным и инженерно-техническим составом по наиболее актуальным для данного предприятия вопросам эксплуатации АТ.

6. Ведение учета и отчетности о наличии, состоянии, движении приписанного парка ЛА и двигателей, исправности АТ, расходе и остатке ресурса, выполнении доработок по бюллетеням, расходе агрегатов, запасных частей и материалов, отказах и неисправностях и т.д. проводится по установленным формам и представляется в вышестоящие инстанции согласно установленному табелю донесений.

7. Организация нормирования трудоемкости различных видов технического обслуживания ЛА, расхода технического имущества, уточнение перечней одиночных и групповых комплектов наземного оборудования, что позволяет правильно осуществлять планирование производственной деятельности АТБ.

8. Обеспечение своевременной передачи АТ в ремонт и получение ее с ремонтных предприятий согласно графику, утвержденному МГА, и договорам, заключенным между эксплуатационными и ремонтными предприятиями.

9. Организация материально-технического обеспечения работы АТБ. ИАС производит расчеты на базе статистики отказов и неисправностей, а также установленных ресурсов и сроков службы АТ и подает заявки в органы снабжения на потребное авиационное техническое имущество, поддерживает контакт с органами снабжения для своевременной реализации заявок и бесперебойного пополнения запасов расходной кладовой АТБ.

10. Обеспечение высокого уровня трудовой и производственной дисциплины инженерно-технического состава и рабочих.

14.2. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ИАС ГА

Организационное построение ИАС должно отвечать требованиям наиболее эффективного выполнения возложенных на инженерно-технический состав задач при экономических затратах сил и материальных ресурсов. Организационная структура ИАС и методы технической эксплуатации ЛА на протяжении всей истории развития авиации непрерывно совершенствовались. Они определялись на каждом историческом этапе прежде всего уровнем развития АТ и средств механизации технического обслуживания, организационной структурой авиационных подразделений, объемом и характером летной работы.

В первые годы организации и становления гражданской авиации и ИАС самолеты обслуживались закрепленным за ними техническим составом. К каждому самолету в зависимости от особенностей его конструкции прикреплялось определенное число лиц технического состава (техники, механики, мотористы), которые могли обслуживать только один (закрепленный) самолет.

Методы технического обслуживания АТ были еще недостаточно совершенными. Почти все работы выполнялись вручную. Лишь в конце 20-х — начале 30-х годов стали широко внедряться механизированные средства заправки самолетов топливом, маслом, водой. На эксплуатационные предприятия начали поступать различные грузоподъемные машины, компрессорные станции, контрольно-измерительная аппаратура и другие средства механизации технического обслуживания. Механизация трудоемких работ технического обслуживания АТ стала возможной на базе успешного выполнения первого и второго пятилетних планов развития народного хозяйства СССР. В это время была создана крупная авиационная промышленность, которая обеспечивала массовое производство самолетов и двигателей. Быстрыми темпами стала развиваться гражданская авиация. Самолетный парк пополнился новыми типами самолетов: АНТ-9, АНТ-14, «Сталь-2», П-5, ПО-2, ХАИ-1.

В 1935—1936 гг. в связи с ростом пассажирских перевозок и появившейся необходимостью круглосуточного использования самолетов система закрепленного технического обслуживания самолетов перестала удовлетворять возросшим требованиям к процессу их эксплуатации. В связи с этим была принята новая, так называемая открепленная система технического обслуживания самолетов, при которой технический состав не закреплялся за самолетами, а сводился в технические бригады, которые работали посменно и обслуживали по нарядам все самолеты. Бригады работали под руководством техников-бригадиров, сменных инженеров и начальников смен. Работу всего инженерно-технического состава возглавлял заместитель командира авиапредприятия по технико-эксплуатационной службе.

В послевоенные годы поступающая в эксплуатацию АТ все больше усложнялась, эксплуатационные предприятия оснащались также более сложными средствами механизации технического обслуживания и контрольно-измерительной аппаратурой. В этих условиях назрела необходимость сужения специализации инженерно-технического состава, внедрения более прогрессивной организации труда.

С этой целью была создана новая организация системы технического обслуживания — линейных эксплуатационно-ремонтных мастерских (ЛЭРМ). Они стали внедряться в некоторых аэропортах, начиная с 1949 г. Новая система ТО по характеру организации работ приближалась к предприятиям промышленности. ЛЭРМ в своем составе имели специализированные цехи, участки, отделы и группы, выполняющие вполне определенные, более узкие функциональные обязанности, что не могло не способствовать повышению качества работы всех звеньев ИАС эксплуатационных предприятий. Преимущества этой системы еще больше проявились, когда в гражданской авиации началась массовая эксплуатация самолетов с турбореактивными и турбовинтовыми двигателями.

В связи с дальнейшим ростом объемов работ по авиаперевозкам и применению авиации в народном хозяйстве (ПАНХ) возросли и объемы работ по техническому обслуживанию АТ. Многие ЛЭРМ в 60-х годах по объему работ, штатной численности инженерно-технического состава, организации труда переросли организационные формы мастерских. Они превратились в крупные, технически оснащенные базы технического обслуживания и подготовки ЛА к полету. Поэтому в 1966—1967 гг. произведена реорганизация ЛЭРМ в АТБ (авиационно-технические базы) и разработаны новые типовые структуры в зависимости от класса эксплуатационного предприятия и объема работы инженерно-технического состава.

14.3. ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА ИАС

В настоящее время организационная структура ИАС достигла достаточно высокого уровня, имеет централизованный характер, соответствующий общей организационной структуре гражданской авиа-

Таблица 14.1. Классификация АТБ

Группа АТБ	Класс эксплуатации предприятия	Годовой объем работ, приведенные единицы	Группа АТБ	Класс эксплуатационного предприятия	Годовой объем работ, приведенные единицы
1	1	Более 60 000	3	2—3	15 000...30 000
2	1—2	30 000...60 000	4	3—4	10 000...15 000
			5	4	5 000...10 000

ции. Структуру ИАС следует рассматривать на трех уровнях — министерства, управления и эксплуатационного предприятия. Центральным ее органом, осуществляющим общее руководство эксплуатацией АТ и определяющим единую техническую политику, является Главное управление технической эксплуатации и ремонта авиационной техники МГА (ГУТЭРАТ МГА). Все указания и распоряжения ГУТЭРАТ по вопросам технической эксплуатации АТ являются обязательными к выполнению на всех эксплуатационных предприятиях, в учреждениях и учебных заведениях гражданской авиации.

ГУТЭРАТ возглавляет начальник управления, который подчинен непосредственно заместителю министра гражданской авиации. Деятельность этого центрального органа ИАС определяется Положением о ГУТЭРАТ МГА. Управление (объединение) гражданской авиации ИАС возглавляет главный инженер, который является заместителем начальника управления по эксплуатации и ремонту АТ. Главный инженер с помощью подчиненного ему аппарата руководит эксплуатацией АТ предприятий, входящих в состав управления. Отдел ИАС управления непосредственно осуществляет функции руководства и контроля за работой АТБ эксплуатационных предприятий.

На уровне эксплуатационного предприятия основным производственно-структурным подразделением ИАС является АТБ, деятельность которой организуется в соответствии с Типовым положением об авиационно-технической базе авиапредприятия ГА.

В связи с тем что объем и характер летной работы на эксплуатационных предприятиях различных классов неодинаковы, а следовательно, неодинаковы и объемы работ АТБ, последние подразделяются на пять групп (табл. 14.1).

При меньшем объеме работы создается АТБ пятой группы, но с уменьшенной штатной численностью инженерно-технического состава. АТБ всех пяти групп сохраняют в основном одну и ту же типовую структуру, а отличаются главным образом численностью личного состава. Однотипность организационных форм АТБ создает более благоприятные условия для руководства, планирования и учета работы ИАС различных эксплуатационных предприятий.

Структура ИАС в приписных аэропортах, имеющих собственный парк ЛА, строится, как и на предприятиях основного базирования, по принципу преимущественного использования типовой структуры пя-

той группы. В приписных аэропортах, не имеющих собственного парка, создаются цехи, смены и бригады оперативного обслуживания ЛА. Общее руководство организацией технического обслуживания АТ в приписных аэропортах и на оперативных аэродромах возлагается на начальника АТБ основного базирования и его заместителя по использованию ЛА на авиационных работах и местных воздушных линиях.

14.4. ТИПОВАЯ ОРГАНИЗАЦИОННАЯ СТРУКТУРА АТБ И ЗАДАЧИ СТРУКТУРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

АТБ возглавляет начальник, который осуществляет руководство всей производственной деятельностью базы. Он непосредственно подчинен руководителю авиапредприятия и является его заместителем по эксплуатации АТ. Функционально начальник АТБ подчинен также главному инженеру управления. Начальнику АТБ непосредственно подчинены главный инженер, начальник производства, заместитель по использованию ЛА на авиационных работах и МВЛ и начальник отдела технического контроля (ОТК). Другие подчиненные им отделы рассмотрены на примере АТБ первой группы (рис. 14.1).

Основными производственно-структурными подразделениями АТБ являются: цех (цехи) периодического технического обслуживания; цех (цехи) оперативного технического обслуживания; цех (участок) текущего ремонта; цех (участок) лабораторных проверок и ремонта ави-

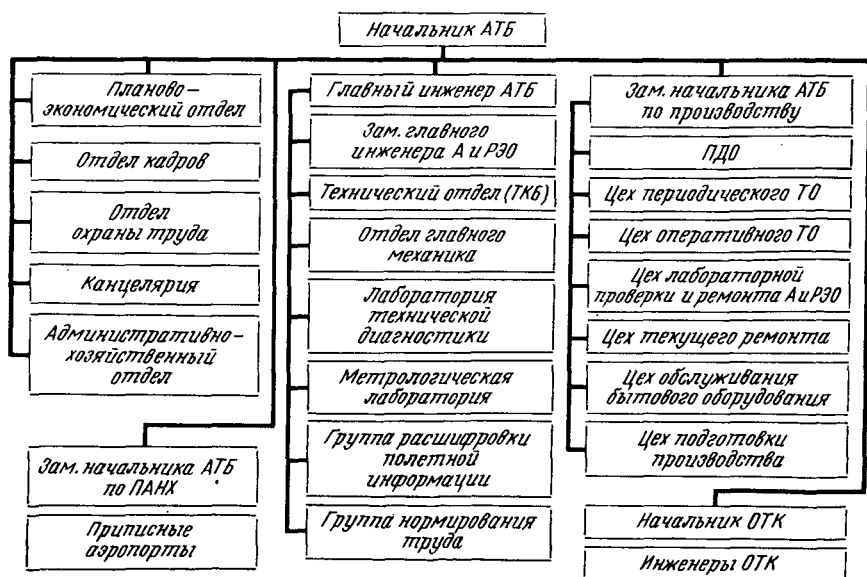


Рис. 14.1. Укрупненная схема АТБ первой группы

ационного и радиоэлектронного оборудования; цех (участок) обслуживания бытового оборудования; цех (участок) подготовки производства.

Главный инженер является заместителем начальника АТБ. Он осуществляет техническое руководство процессом технической эксплуатации АТ на авиапредприятии. В его обязанности входит совершенствование организационных форм и методов ТОиР АТ, внедрение в производство прогрессивной технологии, научной организации труда, передового опыта, новых средств механизации ТО и диагностирования АТ, последних достижений науки и техники.

Главный инженер отвечает за техническое состояние приписного парка ЛА, обеспечение его нормативной исправности и заданного уровня надежности, разработку мероприятий по предотвращению отказов и неисправностей, организацию рекламационно-претензионной работы и выполнение доработок АТ, метрологическое обеспечение ТО, авиационно-техническую подготовку инженерно-технического состава.

Начальник производства является заместителем начальника АТБ. Он руководит работой всех производственных подразделений (цехов, участков) АТБ и производственно-диспетчерского отдела (ПДО). Основными обязанностями начальника производства являются: руководство разработкой планов работы подразделений АТБ, перспективного и оперативного использования ЛА, а также отхода их в ремонт; обеспечение плана воздушных перевозок и авиационных работ своевременно подготовленными ЛА; проведение работ по повышению качества, сокращению сроков и снижению себестоимости обслуживания АТ; предупреждение отказов и неисправностей АТ, авиационных происшествий и инцидентов по причинам нарушения правил ТО и конструктивно-производственных недостатков; контроль ведения учетно-отчетной документации.

Начальник производства отвечает за выполнение производственных планов подчиненными подразделениями, обеспечение безопасности и регулярности полетов, зависящих от качества ТО АТ, поддержание нормативной исправности приписного парка ЛА.

Заместитель начальника АТБ по ПАНХ и МВЛ осуществляет техническое руководство производственной деятельностью АТБ (цехов, участков, бригад) приписных аэропортов, технических подразделений на временных аэродромах. Он отвечает за организацию работы руководимых подразделений, обеспечение исправности ЛА, безопасности и регулярности полетов, зависящих от качества ТО, организацию и уровень технической подготовки подчиненного инженерно-технического состава.

Цех (цехи) периодического технического обслуживания ЛА производит техническое обслуживание по периодическим (трудоемким) формам регламентных работ, замену двигателей и комплектующих изделий, доработки по бюллетеням, устранение неисправностей. В крупных АТБ (с большим объемом работы) при наличии нескольких типов ЛА может создаваться не один, а два-три цеха. При малом объеме ра-

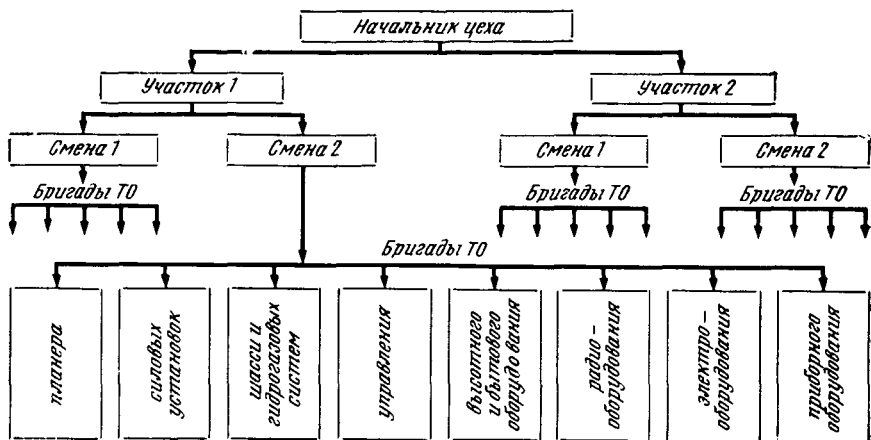


Рис. 14.2. Схема организационной структуры цеха периодического технического обслуживания

бот вместо цеха создается участок, что имеет место на небольших АТБ.

Цех возглавляет начальник, который непосредственно подчинен начальнику производства (рис. 14.2). Для улучшения качества подготовки АТ к полету и повышения производительности труда цех может подразделяться на участки с более узкой специализацией, например по типам ЛА. Участки возглавляют начальники, подчиненные непосредственно начальнику цеха. Каждый цех (участок) работает посменно. Число смен определяется объемом и условиями работы. Смена состоит из нескольких специализированных бригад, выполняющих работы по техническому обслуживанию лишь вполне определенных систем и агрегатов. Такие бригады могут создаваться по техническому обслуживанию планера, силовых установок, органов управления, шасси, высотного и бытового оборудования, гидравлических систем, электрооборудования, приборов, радиооборудования. Бригады возглавляются опытными техниками-бригадирами. Работой руководят начальник смены, инженеры смены по специальностям, техники-бригадиры. Эти же должностные лица и инженер ОТК контролируют полноту и качество выполняемых работ.

Цех (цехи) оперативного технического обслуживания производит обслуживание ЛА по оперативным формам, связанным с непосредственной подготовкой их к полету. Эти формы обслуживания сравнительно нетрудоемки. В аэропортах с большим объемом работ и наличием нескольких типов ЛА может создаваться два-три цеха оперативного обслуживания, а в аэропортах с малым объемом работ вместо цеха создается участок оперативного обслуживания.

Цех оперативного обслуживания возглавляет начальник, который непосредственно подчинен начальнику производства. Этот цех, как и

цех периодического обслуживания, подразделяется на участки, смены и бригады, число которых на каждом эксплуатационном предприятии определяется производственной необходимостью и местными условиями. Но так как объем работ по оперативным формам технического обслуживания ЛА невелик, то на каждый ЛА назначается одна комплексная бригада технического состава, включающая различных специалистов. Руководство работой личного состава смены осуществляют начальник смены, сменные инженеры, техники-бригадиры. Эти же должностные лица контролируют и качество подготовки ЛА к полету.

Цех (участок) лабораторных проверок и ремонта авиационного и радиоэлектронного оборудования (АиРЭО) выделяет своих специалистов для работы в цехах (участках) технического обслуживания ЛА, а также для лабораторных проверок и ремонта АиРЭО. На эксплуатационных предприятиях первого и второго классов значительная часть инженерно-технического состава, обслуживающего АиРЭО, входит непосредственно в состав цехов периодического и оперативного технического обслуживания. В каждом из них работу указанных специалистов возглавляют старшие инженеры по АиРЭО. Остальная часть инженерно-технического состава этих специальностей работает в цехе (на участке) лабораторных проверок и ремонта этого оборудования, работа которого возглавляется начальником цеха (участка). Руководство всей службой этого оборудования осуществляет заместитель главного инженера АТБ по АиРЭО.

На эксплуатационных предприятиях третьего и четвертого классов с меньшим объемом работы весь инженерно-технический состав службы АиРЭО находится в одном цехе (участке).

Цех (участок) текущего ремонта ЛА выполняет слесарно-механические, жестяно-медницкие, сварочные, клепальные, столярные, малярные и другие ремонтные работы. Кроме того, он производит ремонт оборотного фонда агрегатов и запасных частей. Все работы цех выполняет по заказам начальников цехов, участков, смен и производственно-диспетчерского отдела.

Цех состоит из производственных групп (бригад), которые подразделяются на смены. Число их определяет начальник АТБ в зависимости от объема и условий работы. Цех возглавляет начальник, подчиненный непосредственно начальнику производства. Контроль качества выполняемых работ осуществляют заказчики и мастера ОТК.

Цех (участок) обслуживания бытового оборудования выполняет весь комплекс работ по внутренней уборке пассажирских и служебных кабин, туалетных комнат, по уходу за всем бытовым оборудованием. Он также обеспечивает хранение, стирку, чистку и ремонт снятого с ЛА бытового оборудования и инвентаря.

Цех (участок) возглавляет начальник (мастер), подчиненный непосредственно начальнику производства. Работой руководят мастера (бригадиры), которые в оперативном отношении подчинены начальникам смен, осуществляющим руководство всем составом смены по подготовке ЛА к полету.

Цех (участок) подготовки производства обеспечивает бесперебойную работу производственных подразделений АТБ. Личный состав цеха оформляет и передает в ремонт снятые с ЛА двигатели, агрегаты и оборудование, а также принимает отремонтированную АТ, ведет учет расходуемого авиационного имущества, комплектовку агрегатов, обеспечивает доставку к рабочим местам цеха периодического технического обслуживания агрегатов, оборудования, запасных частей и расходных материалов.

Цех (участок) подготовки производства возглавляет начальник (старший инженер), подчиняющийся непосредственно начальнику производства, а в оперативном отношении — начальнику производственно-диспетчерского отдела.

Отдел технического контроля осуществляет контроль качества технического обслуживания и текущего ремонта ЛА. В функции ОТК также входят: анализ причин и предупреждение отказов и неисправностей АТ; контроль выполнения требований официальных документов; разработка мероприятий по предупреждению брака; проверка состояния и хранения контрольно-измерительной аппаратуры, приспособлений и средств механизации; ведение учета и отчетности по отказам и неисправностям АТ а также контроль и учет выполнения разовых осмотров и конструктивных доработок. ОТК определяет соответствие применяемых при техническом обслуживании материалов, полуфабрикатов и готовых изделий техническим условиям.

В состав отдела входят инженеры и техники по разным специальностям, которые закрепляются за цехами и сменами и работают по их графикам. В оперативном отношении инженеры ОТК подчинены начальникам смен. Однако действия сотрудников ОТК не зависят от администрации цехов и участков; их распоряжения по вопросам технического контроля могут быть отменены лишь начальником ОТК или начальником АТБ.

Производственно-диспетчерский отдел осуществляет перспективное и оперативное планирование использования ЛА; планирование отхода АТ на ТОиР, планирует и организует разовые осмотры, доработки и переоборудование ЛА; разрабатывает диспетчерские графики и сменно-суточные задания цехам (участкам, сменам, бригадам) и централизованно управляет процессами выполнения работ по техническому обслуживанию ЛА и подготовке производства, ведет учет ЛА и двигателей, эксплуатационную техническую документацию, отчетность и техническую статистику. Отдел подчинен непосредственно начальнику производства.

Технический отдел призван изучать и обобщать опыт работы АТБ и разрабатывать рекомендации по совершенствованию методов технического обслуживания авиационной техники. Кроме того, на него возлагается контроль за общим техническим состоянием ЛА, организация передачи ЛА в ремонт и приемки их из ремонта, учет отказов и неисправностей и разработка мероприятий по их предупреждению, ведение рекламационной работы, технической информации, а также альбомов

(карт прочности) силовых элементов ЛА, внедрение инструментальных методов контроля технического состояния АТ, организация рационализаторской и изобретательской работы, технической учебы с летным и техническим составом.

На некоторых АТБ вместо технического отдела создается технологическо-конструкторское бюро (ТКБ). Кроме задач, возложенных на технической отдел, ТКБ выполняет работу по изучению и обобщению опыта эксплуатации, корректировке регламентов и технологических карт закреплённых типов ЛА. Отдел подчинен главному инженеру АТБ.

Отдел главного механика обеспечивает механизацию трудоемких процессов технического обслуживания и подготовки АТ к полету, техническую и энергетическую оснастку производственных помещений и участков, производство сжатых газов, ремонт и профилактику наземного оборудования, изготовление нестандартного оборудования и средств малой механизации.

Лаборатория (участок) технической диагностики предназначена для диагностирования и прогнозирования технического состояния АТ и оценки уровня ее надежности на различных этапах эксплуатации. В состав лаборатории обычно входят следующие группы: сбора, учета и анализа информации о неисправностях АТ, анализа масла двигателей и трансмиссий вертолетов, неразрушающих методов контроля, анализа информации и выдачи оперативных рекомендаций по эксплуатации АТ.

В своей работе лаборатория тесно взаимодействует с ОТК, группой расшифровки полетной информации, ПДО, производственными цехами. Лабораторию возглавляет начальник, подчиненный главному инженеру АТБ.

Группа нормирования труда создается для проведения исследований рабочих процессов в цехах (на участках) АТБ для разработки технически обоснованных нормативов на выполнение работ по различным видам технического обслуживания и текущего ремонта ЛА. Группа подчинена главному инженеру АТБ.

Группа расшифровки записей полетной информации создается в крупных аэропортах в составе АТБ для расшифровки записей контролируемых параметров.

Метрологическая лаборатория создается для проведения контроля за соответствием техническим условиям всей измерительной аппаратуры. Она подчинена главному инженеру АТБ.

14.5. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ ФОРМ ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЛА

Опыт организации ТООР в гражданской авиации показывает, что поступление в эксплуатацию более сложных ЛА приводит к тому, что существующие организационные формы и методы ТООР не могут удовлетворять всевозрастающим требованиям к качеству их выполнения и

экономическим показателям. Организация ТОиР мелких групп однотипных ЛА, особенно на маломощных АТБ, экономически не оправдана и не может обеспечить надлежащий уровень качества выполняемых работ. Это в первую очередь относится к организации выполнения периодического технического обслуживания.

Один из путей дальнейшего совершенствования организационных форм и методов ТОиР — концентрация и специализация производства на базе различных форм кооперирования. В настоящее время уже разработаны, а в некоторых управлениях гражданской авиации начинают применяться различные формы кооперирования и специализации АТБ.

Наиболее простой формой кооперирования является создание *специализированных АТБ* для выполнения периодического ТО и других сложных работ на определенных типах ЛА кооперирующихся предприятий. Эти АТБ обычно создают там, где имеются необходимые условия качественного выполнения указанных работ. Как правило, для этого выбираются наиболее крупные АТБ, располагающие хорошими производственными возможностями и квалифицированным инженерно-техническим составом. Численность личного состава специализированной АТБ определяется с учетом дополнительных объемов работ кооперирующихся предприятий.

Деятельность специализированной АТБ определяется договорными условиями между предприятиями. Планы-графики использования ЛА и их отхода на периодические формы ТО разрабатываются на предприятиях-владельцах и передаются в ПДО базы в сроки, определенные договором. ПДО специализированной АТБ обеспечивает свободное планирование и согласование сводных квартальных и месячных планов с предприятиями-кооператорами.

В соответствии с этими планами ЛА направляются на специализированную АТБ в установленные сроки. Вместе с ЛА передается необходимая пономерная документация. Ответственность предприятий за несоблюдение плана-графика отхода ЛА на ТО, а также порядок его корректировки оговариваются в договоре. На предприятиях-кооператорах выполняются лишь нетрудоемкие (оперативные) формы ТО.

Более высокой формой является *кооперирование предприятий на основе опорных баз*. Опорные базы назначаются из числа наиболее крупных авиапредприятий, имеющих развитую производственную базу, квалифицированный летный и инженерно-технический состав и необходимый резерв производственной мощности.

При этой форме кооперирования ЛА передаются опорной базе, которая выполняет периодические формы ТО и другие трудоемкие работы на АТ и обеспечивает прикрепленные предприятия необходимым числом исправных ЛА в соответствии с запланированными им объемами летной работы. Отзываемые с прикрепленных предприятий ЛА для выполнения на них периодического ТО, доработок заменяются исправными ЛА.

Использование АТ и взаимоотношения между авиапредприятиями определяются Положением о кооперированном методе эксплуатации

ЛА. В нем отражаются следующие основные вопросы: порядок использования ЛА, права и ответственность авиапредприятий, принципы и порядок взаиморасчетов, планирование и учет использования ЛА, организация материально-технического обеспечения и порядок решения других вопросов.

Эта форма кооперирования призвана более эффективно использовать ЛА, так как она позволяет опорной базе оптимально планировать и оперативно управлять парком ЛА, обеспечивая максимально возможный налет.

Выполнение периодических форм обслуживания ЛА на опорных АТБ еще в большей мере станет актуальным при улучшении эксплуатационной и ремонтной технологичности и особенно контролепригодности ЛА при обслуживании их по техническому состоянию.

Следующая форма кооперирования основывается на интеграции производственной базы АТБ и заводов ГА. Она отражает требования новой концепции ТОиР и объединяет комплексы работ по периодическим и ремонтным формам ТО. Такая форма кооперирования применяется для широкофюзеляжных ЛА типа Ил-86, ремонт которых традиционными методами на ремонтных заводах экономически нецелесообразен из-за чрезмерно большой продолжительности выполнения восстановительных работ.

Новая концепция ТОиР состоит в том, что самолету не назначаются ни межремонтные ресурсы, ни ресурс до первого ремонта. Ремонт проводится непрерывно по состоянию при выполнении очередного периодического ТО, т. е. при каждом очередном ТО выполняется определенный объем восстановительных работ, определяемых показателями надежности.

При этой форме кооперирования, как и в предыдущем случае, назначаются опорная база, выполняющая указанные выше работы, в том числе периодическое ТО и другие трудоемкие работы, а также ремонтный завод, обеспечивающий выполнение восстановительных (ремонтных) работ.

По мере накопления опыта применения указанных форм кооперирования производственной деятельности авиапредприятий могут появляться и другие формы концентрации и специализации производства.

Глава 15

ФОРМИРОВАНИЕ РЕЖИМОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

15.1. ВИДЫ РАБОТ ПО ТО

В процессе эксплуатации АТ выполняется комплекс регламентных работ, связанных с поддержанием ее в исправном и работоспособном состоянии. В зависимости от назначения работы по техническому обслуживанию можно разделить на следующие:

по контролю технического состояния (смотровые, проверка параметров состояния объектов обслуживания, проверка функционирования и рабочих параметров объектов);

заправочно-смазочные (контроль наличия и пополнение запасов ГСМ и спецжидкостей);

очистительные работы (удаление загрязнений, скопившихся жидкостей);

восстановительные работы (крепежные, регулировочные, ремонтные, демонтажно-монтажные для профилактической замены изделий и т.п.);

вспомогательные работы (обеспечение доступа к объектам обслуживания, подъем и вывешивание самолета, очистка объектов от загрязнения перед обслуживанием, демонтажно-монтажные работы для проведения обслуживания и т.д.).

Большинство регламентных работ являются повторяющимися на всех или большинстве эксплуатируемых типов ЛА. Такие работы можно считать типовыми по техническому обслуживанию. Работы, которые выполняются лишь на отдельных типа ЛА, в силу особенностей их конструкции или условий эксплуатации относятся к нетиповым. Наличие перечня типовых работ облегчает процесс формирования базовой программы технического обслуживания вновь создаваемых типов ЛА.

Важнейшей составной частью программы технического обслуживания объектов эксплуатации являются режимы их обслуживания.

Под режимом обслуживания понимается совокупность объемов работ и периодичностей их выполнения. В основу классификации режимов технического обслуживания могут быть положены: работы (типовые, по результатам информации о техническом состоянии объекта диагностирования, после наступления отказа для устранения его последствий); объемы работ (постоянные и переменные); периодичность выполнения работ (с постоянными или случайными интервалами, измеряемыми летными часами, посадками или календарными сроками). Режимы технического обслуживания могут быть общими для всех объектов АТ, групповыми или индивидуальными, установленными для группы и каждого из объектов отдельно.

При обслуживании изделий по состоянию используется режим их диагностирования, представляющий совокупность состава диагностических параметров, их упреждающих допусков и периодичность проверок. Режимы обслуживания АТ устанавливаются регламентами технического обслуживания для каждого типа ЛА.

15.2. РЕГЛАМЕНТЫ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

Регламент технического обслуживания— основной документ, определяющий объем и периодичность выполнения работ на ЛА в процессе его эксплуатации и хранения. От того, насколько правильно регламенты отражают потребность конструкции ЛА, отдельных его си-

стем и агрегатов в профилактических мероприятиях, во многом зависят такие показатели, как надежность работы и эффективность использования ЛА, а также эксплуатационные расходы.

Регламентами предусматривается выполнение на ЛА оперативных и периодических форм технического обслуживания.

Оперативное техническое обслуживание включает в себя работы по встрече самолета, по обеспечению стоянки самолета, по осмотру и обслуживанию, по обеспечению вылета.

Работы по встрече выполняются непосредственно после каждой посадки самолета, а также при постановке его на стоянку оперативного технического обслуживания. К таким работам, например, относятся: прием самолета на место стоянки; установка под колеса тормозных колодок; проверка заземления колес; установка самолета на стояночный тормоз; получение замечаний от экипажа о работе АТ в полете; ознакомление с записями в бортовом журнале; установка защитных заглушек на воздухозаборники; подключение аэродромных источников электропитания и т. д.

Работы по обеспечению стоянки выполняются в случае передачи самолета от экипажа в АТБ, если продолжительность стоянки до очередного вылета превышает значение, установленное регламентом для данного типа ЛА. Они включают: установку под колеса тормозных колодок; осмотр самолета на отсутствие внешних повреждений и прием его от экипажа; отключение всех потребителей электроэнергии; отключение аэродромного источника питания; установку заглушек на самолет и закрытие входных и аварийных люков и т. д.

Работы по осмотру и обслуживанию делятся на несколько форм, выполняемых в соответствии с регламентом для каждого типа самолета. При этом обеспечиваются следующие принципы назначения оперативных форм обслуживания:

объем работы по форме А выполняется после каждой посадки самолета, если не требуется выполнение более сложной формы обслуживания; перед вылетом после выполнения периодического технического обслуживания; перед вылетом, если продолжительность стоянки самолета после выполнения любой формы обслуживания превышает календарный срок, указанный в регламенте;

работы по форме Б выполняются в базовом аэропорту через определенный календарный срок эксплуатации (7 ... 15 сут), если по налету часов не требуется выполнять периодическое техническое обслуживание;

техническое обслуживание по форме В выполняется перед вылетом самолета, если запланированный полет не состоялся и простой превысил время, указанное в регламенте.

Для проведения оперативных форм обслуживания для каждого типа самолета разрабатывается оптимальная схема маршрута осмотра, что позволяет сократить время на выполнение осмотра и повысить его качество. В ходе осмотра обращается внимание на отсутствие пробоин, вмятин, трещин на обшивке, состояние остекления кабины пилотов и

салон, отсутствие подтекания топлива, масла, воды, исправность узлов навески органов управления, состояние пневматиков колес, отсутствие трещин и других повреждений на деталях шасси, чистоту и исправность замков положения шасси, отсутствие трещин, забоин, повреждений лопаток компрессора и турбины и т. д.

Работы по обеспечению вылета производятся перед вылетом самолета независимо от формы выполненного технического обслуживания. Они включают: расчехление самолета; открытие дверей, люков; подключение аэродромных источников электропитания; дозаправку при необходимости топливом; заправку водой; загрузку самолета; при необходимости кондиционирование салонов самолета и кабины экипажа; подготовку двигателей к запуску и контроль запуска; контроль за выведением для следования на ВПП.

Работы по встрече, обеспечению стоянки, вылета при оперативном обслуживании являются общими для планера, силовых установок, их систем, авиационного и радиоэлектронного оборудования.

Каждая из форм периодического обслуживания состоит из предварительных работ (подготовка рабочих мест, открытие люков, подключение источников питания и т. д.), работ по осмотру и обслуживанию и заключительных работ (закрытие люков, отсеков, заправка ГСМ, проверка положения рычагов, кранов, выключателей в кабине экипажа и т. д.).

Ф о р м а 1.

Фрагмент «Регламента технического обслуживания самолета Ил-62»

Пункт регламента	Наименование объекта, содержание работ	Период ¹ работы	Контроль ²	№ технологической карты (выпуска)
4.49.00	Вспомогательная силовая установка (ВСУ)			
4.49.08	Подготовьте ВСУ к запуску, запустите и опробуйте. Убедитесь в герметичности установленных фильтров	1	И	8 (6, ч. 3)
4.72.00	Силовая установка			
4.72.01	Осмотрите обшивку гондол двигателей	1	Т	2 (6)
4.72.03	Осмотрите тяги и рычаги управления створками реверсивного устройства (РУ)	1	К	9 (16, ч. 1)
4.72.23	Замените масло в баке гидросистемы РУ	3	К	17 (6, ч. 2)

¹ Периодичность выполнения работ выражается коэффициентом. За единицу принята базовая периодичность 300 ч.

² Выполнение работ контролируют: Т — техник-бригадир, К — инженер ОТК, И — инженер смены.

Технологическая карта

К РО самолетов	Технологическая карта № 2	Номер страницы	
(Ту-154 (А, Б, Б-1, Б-2) Пункт РО 2.07.02	Слив отстой из воздушных отстойников системы надува гидробаков	Трудоемкость 0,25 чел.-ч	
Операции и технические требования (ТТ)		Работы, выполня- емые при отклоне- ниях от ТТ	Контроль
1. Обеспечьте доступ в гидроотсек, распо- ложенный между шпангоутами № 73 и 74 (см. ТК № 1)		—	Т
2. Расконтрите рукоятку отстойника		—	Т
3. Установите тару под сливной штуцер отстой- ника, плавно отверните рукоятку и слейте отстой. Аналогично слейте отстой из других отстойников		—	Т
4. По окончании слива заверните и законтри- те рукоятки		—	Т
5. Закройте крышки люка и капотов двигате- ля		—	Т
Контрольно-про- верочная аппара- тура (КПА)	Инструмент и приспособления	Расходные материалы	
	Отвертка под прямой шлиц l=200...250 мм; пассатижи, противень	Проволока контровочная КО0,8	

Работы, помещенные в регламенты технического обслуживания, формируются по системам, подсистемам и характерным узлам (форма 1). Каждая работа, включенная в регламент, представляет собой законченную технологическую операцию. В регламентах технического обслуживания приводятся также карты смазки самолета, перечень работ, после выполнения которых производятся контрольно-испытательные полеты, перечень мест, подлежащих пломбировке, а также перечни работ специального технического обслуживания.

Технологические указания по выполнению регламентных работ являются документом, определяющим последовательность, порядок, способы выполнения регламентных работ, работ по текущему ремонту и замене агрегатов, технические условия на выполнение работ. Они определяют также перечень инструмента, оборудования и расходных материалов, необходимых для выполнения работ, и порядок контроля отдельных операций. Технологические указания разрабатываются в виде отдельных технологических карт (форма 2).

Разработку технологических карт осуществляют технологические конструкторские бюро (ТКБ) ведущих АТБ на основании регламента

технического обслуживания, инструкций по технической эксплуатации, технических описаний, бюллетеней, разработанных ОКБ, передового опыта ТООР. Технологические карты, разработанные ТКБ ведущих АТБ, согласовываются с ОКБ МАП и ГосНИИ ГА, утверждаются и вводятся в действие МГА.

При переработке или изменении регламентов, изменении конструкции самолетов, совершенствовании процессов технического обслуживания изменяются и технологические карты.

15.3. РАЗРАБОТКА РЕГЛАМЕНТА ТО

Регламент технического обслуживания разрабатывается специалистами конструкторского бюро — разработчика ЛА в процессе его создания в полном соответствии с программой ТООР. При разработке первоначального регламента используются обобщенные материалы по опыту эксплуатации аналогичных типов ЛА (перечень работ и периодичность их выполнения, статистика характерных неисправностей и повреждений по системам, частота их появления и т.д.), учитываются специфические особенности разрабатываемого изделия (особенности конструкции, условия эксплуатации), а также результаты стендовых и лабораторных испытаний.

Конструкторское бюро несет ответственность за подготовку регламента технического обслуживания ЛА и всех его комплектующих изделий, за своевременное представление указанной документации на согласование, утверждение и издание ее в необходимых количествах. Оно сообщает разработчикам комплектующих изделий о принятых формах технического обслуживания вновь создаваемого ЛА и необходимости приведения в соответствие с ними периодичности технического обслуживания комплектующих изделий.

Проект регламента представляется вместе с макетом ЛА макетной комиссии, а затем производится его проверка и уточнение в процессе заводских, государственных и эксплуатационных испытаний. В процессе испытаний ЛА и его регулярной эксплуатации производится корректировка регламента, которая вызывается конструктивными доработками и модификациями систем и агрегатов, накоплением опыта эксплуатации и совершенствованием методов технического обслуживания.

Для обоснования увеличения периодичности и сокращения объемов работ по техническому обслуживанию ГосНИИ ГА совместно с МАП, эксплуатационными и ремонтными предприятиями Министерства гражданской авиации проводит комплекс работ по исследованию надежности, прочности и долговечности ЛА в целом, а также его систем, агрегатов и оборудования с момента начала и в процессе всего периода эксплуатации. Можно выделить три этапа корректировки регламента технического обслуживания.

1-й этап — период государственных и эксплуатационных испытаний. Этот этап является началом практической проверки и уточнения первоначального регламента, разработанного конструкторским бюро. В этот период проводится разработка документации, сбор и анализ информации по отказам и неисправностям, уточнение показателей надежности объектов технического обслуживания, определение целесообразности и необходимости выполнения ряда нетиповых работ, уточнение объема и периодичности выполнения типовых работ и структуры форм технического обслуживания.

2-й этап — первые год-полтора регулярной эксплуатации нового типа ЛА. В этот период после накопления необходимой и достаточной информации по отказам и неисправностям дальнейшую проверку и уточнение первоначального регламента целесообразно производить с использованием специально выделенной группы ЛА. Последние проходят подконтрольную эксплуатацию с увеличенной периодичностью и сокращенными (по сравнению с остальным парком данного типа ЛА) объемами выполнения регламентных работ. Известно, что чем больше изделий будет находиться под контролем, тем достовернее будет информация и тем меньше времени потребуется на проведение подконтрольной эксплуатации. Однако обеспечить контроль всего парка ЛА в данном случае нельзя, поэтому вводятся ограничения на их число.

3-й этап — систематическое уточнение регламента ТО в процессе эксплуатации. Основой для корректировки регламента являются накопленный опыт эксплуатации и данные об отказах и неисправностях, выявленные в процессе обслуживания. Каждая корректировка регламента технического обслуживания включает в себя: сбор данных об отказах и неисправностях по системам ЛА; качественный анализ выявленных отказов и неисправностей и исследование их влияния на безопасность полетов; расчет и оценку показателей надежности, а также разработку перечня изменений к действующему регламенту технического обслуживания ЛА; проверку нового регламента на ограниченном числе ЛА путем проведения их подконтрольной эксплуатации по специальным программам; окончательную доработку регламента и его внедрение на всем действующем парке ЛА данного типа.

Проведение перечисленного комплекса работ по совершенствованию регламентов позволяет значительно увеличить средние интервалы между обслуживаниями по сравнению с первоначальными, повысить их эффективность при одновременном сокращении трудоемкости обслуживания. Регламент технического обслуживания обычно действует без существенных изменений в течение четырех-пяти лет.

15.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ПЕРИОДИЧНОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Установление оптимальных режимов технического обслуживания ЛА базируется на решении следующих задач: определения перечня работ по техническому обслуживанию комплектующих изделий; опреде-

ления оптимальной периодичности выполнения каждой из регламентных работ; группировки работ по техническому обслуживанию в оптимальные формы регламента для ЛА в целом.

Перечень регламентных работ формируют с учетом появления рассматриваемой работы на аналогичных объектах обслуживания эксплуатируемой АТ, особенностей конструкции и перспектив развития ЛА, степени влияния возможных отказов, зависящих от включаемых в перечень работ, на безопасность полетов.

При назначении оптимальной периодичности технического обслуживания изделий и систем ЛА может использоваться индивидуальный и групповой подход. Первый применяется для расчета надежности и определения периодичности обслуживания наиболее ответственных объектов обслуживания и заключается в построении детальной математической модели развития повреждений данного объекта. Метод используется при установлении ресурса агрегатам, узлам, а также в случаях, когда агрегат, узел подвержены в основном только одному повреждению.

При групповом методе расчет ведется для группы объектов. Под наблюдением в данном случае находится сразу несколько конструктивных элементов, которые располагаются рядом, требуют для своего обслуживания проведения одного комплекса подготовительно-заключительных работ и в общем должны рассматриваться одновременно. Метод основан на использовании обобщенных моделей надежности, при пользовании которыми исходят из понятия опасного состояния. Под опасным состоянием обычно понимают опасные повреждения, предшествующие появлению отказа: следы течи топлива, масла, повреждения замков капотов, падение давления масла и т. д. Такой подход наиболее целесообразен для смотровых работ, при которых внешнему осмотру подвергается сразу несколько объектов обслуживания (например, осмотр внешней части силовой установки, шасси и т.д.), обнаружения неопасных и мелких повреждений (вмятины, потертости, ослабление контровки и т. д.) и допустимых отказов.

При определении оптимальной периодичности обслуживания используются различные критерии. Наиболее общие критерии эффективности регламентов — экономические. Для их применения необходимо уметь оценивать экономические последствия отказа, который может быть предотвращен более частым проведением обслуживаний. На авиационном транспорте этот подход применим только для агрегатов, отказы которых не влияют на безопасность полетов.

В большинстве случаев для определения периодичности обслуживания отдельных агрегатов и изделий используются вероятностные методы.

1. Определение периодичности с использованием нормативов заданного уровня надежности.

Предполагается, что на основании директивных документов или исследований установлен требуемый уровень надежности изделия (заданная вероятность безотказной работы, допустимое число поврежде-

ний или отказов, приходящихся на 1000 ч налета или в межрегламентный период, и т. д.), который должен быть обеспечен в процессе эксплуатации. Исходя из установленной нормативной надежности и с помощью принятой модели определяют такую максимальную периодичность обслуживания, которая бы обеспечивала указанную надежность.

Процесс возникновения повреждений на изделиях АТ в ряде случаев можно рассматривать как простейший поток однородных событий, характеризующийся стационарностью, отсутствием последствия и ординарностью. Такой поток событий обладает тем свойством, что вероятность возникновения на изделии повреждений определяется по закону Пуассона.

В рассматриваемом случае вероятность того, что за данный период между обслуживаниями t_p возникает k повреждений,

$$P_k(t_p) = \frac{(\omega t_p)^k}{k!} e^{-\omega t_p},$$

где ω — параметр потока повреждений в межрегламентный период.

Из результатов расчета указанных вероятностей в зависимости от периодичности обслуживания для командно-топливного агрегата силовой установки (рис. 15.1) видно, что если появление на агрегате двух повреждений является опасным, то при допустимом уровне их появления $P_2(t_p) = 0,05$ периодичность обслуживания агрегата не должна превышать 330 ч. Параметр потока повреждений получен по статистическим данным $\omega = 1 \cdot 10^{-3} \text{ ч}^{-1}$.

Данный метод может использоваться для сложных изделий, состоящих из большого числа элементов, отказ одного или двух из которых не влияет на работоспособность изделия в целом.

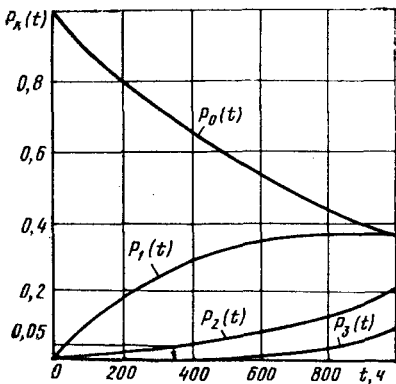


Рис. 15.1. Зависимость распределения вероятностей возникновения неисправностей командно-топливного агрегата от наработки

2. Определение оптимальной периодичности обслуживания с учетом скорости развития отказа. Суть его состоит в том, что при оптимальных сроках выполнения технического обслуживания максимизируется вероятность совместного события — возникновения повреждения и непоявления отказа. Предполагается, что с устранением повреждения в установленные сроки предупреждается возникновение отказов.

Предположим, что при работе изделия в случайный момент времени τ появляется повреждение, дальнейшее развитие которого при-

водит к отказу в момент времени t . Обслуживание надо проводить в интервале (τ, t) в момент t_p . Тогда для рассматриваемого изделия вероятность того, что повреждение появится в момент τ и в течение $(t - \tau)$ не возникнет отказа,

$$dP(t, \tau) = f(\tau) d\tau P(t - \tau),$$

где $f(\tau)$ — плотность распределения наработки до появления повреждения; $P(t - \tau)$ — вероятность невозникновения отказа в интервале $(t - \tau)$ (при условии, что повреждение возникло в момент времени τ).

Интегрируя по τ от 0 до t , получим

$$P(t, \tau) = \int_0^t f(\tau) P(t - \tau) d\tau.$$

Приняв, к примеру, закон распределения времени возникновения неисправностей и времени их развития до наступления отказа экспоненциальным с интенсивностями λ_1 и λ_2 соответственно,

$$P(t) = \int_0^t e^{-\lambda_2(t-\tau)} \lambda_1 e^{-\lambda_1 \tau} d\tau = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} e^{-\lambda_2 t} (e^{(\lambda_2 - \lambda_1)t} - 1),$$

или
$$P(t) = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}). \quad (15.1)$$

Оптимальный срок проведения регламентных работ найдется при $\frac{dP(t)}{dt} = 0$:

$$\frac{dP(t)}{dt} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t}) = 0. \quad (15.2)$$

Решив уравнение (15.2), находим периодичность выполнения регламентных работ:

$$t_p = \frac{\ln \lambda_1 - \ln \lambda_2}{\lambda_1 - \lambda_2}.$$

На практике оптимальное значение времени проведения технического обслуживания t_{opt} можно определить из графика путем построения зависимостей: вероятности отсутствия неисправностей за межрегламентный период $P_{\bar{H}}(t)$; вероятности возникновения неисправностей, но не наступления отказа $P_{\bar{H}\bar{O}}(t)$; вероятности появления отказа в межрегламентный период $P_O(t)$. В рассматриваемом случае все три ситуации образуют полную группу событий

$$P_{\bar{H}}(t) + P_{\bar{H}\bar{O}}(t) + P_O(t) = 1.$$

Очевидно, что функция $P_{\bar{H}}(t)$ — монотонно убывающая, а функция $P_O(t)$ — неубывающая. Характер изменения вероятностей всех трех ситуаций показан на рис. 15.2. При определении оптимальной периодичности t_{opt} необходимо исходить из того, что вероятность появления отказа $P_O(t)$ не выше заданной $P(t)_{зад}$.

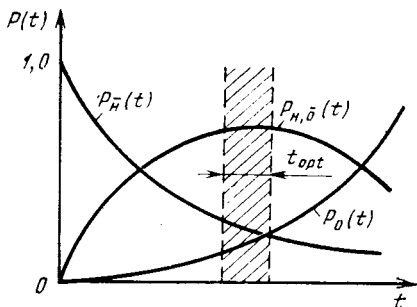


Рис. 15.2. Изменение вероятностей $P_H(t)$, $P_{H,0}(t)$, $P_0(t)$ в зависимости от t

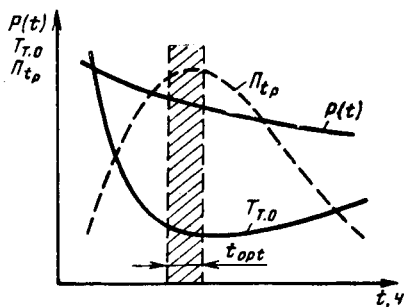


Рис. 15.3. Характер изменения зависимостей $P(t)$, T_{To} , Π_{t_p} в зависимости от t

Приведенный метод может использоваться для назначения периодичности обслуживания изделий АТ, надежность которых определяется отказами, развивающимися постепенно.

3. Определение оптимальной периодичности обслуживания изделий с учетом экономических показателей. Данный критерий обеспечивает максимальную надежность работы изделия в межрегламентный период $P(t_p)$ при минимальном значении трудовых затрат на его обслуживание T_{To} (на выполнение регламентных работ и устранение отказов). Периодичность обслуживания t_p в рассматриваемом случае определяется из условия достижения максимального значения отношения

$$\Pi_{t_p} = \max \{P(t_p)/T_{To}\}.$$

В ряде случаев максимальное значение этого отношения можно определить при наложении некоторых ограничений: минимальной трудоемкости T_{To} при заданном уровне надежности $P(t_p) = P(t)_{зад}$; максимальной надежности $P(t)_{max}$ при заданном уровне трудоемкости $T_{To} = (T_{To})_{зад}$. В процессе расчетов обычно строят графики изменения зависимости $P(t_p)$, T_{To} , Π_{t_p} от времени t (рис. 15.3) и по ним определяют оптимальную периодичность обслуживания.

Все приведенные методы определения периодичности обслуживания базируются на накопленном в процессе эксплуатации статистическом материале об отказах и повреждениях изделий АТ и их наработках. Кроме этого, необходимо располагать данными о затратах труда на поиск и устранение неисправностей, а также на проведение обслуживания. В качестве исходной информации могут использоваться карты-наряды на техническое обслуживание, наряды на дефектацию, КУН АТ, технологические указания на выполнение регламентных работ, результаты экспертного обследования технологических процессов ТОиР.

Рассчитанная любым методом периодичность обслуживания отдельных изделий ЛА рассматривается как желаемая периодичность, так как при группировке отдельных работ в формы регламента для ЛА в целом она может изменяться.

15.5. ГРУППИРОВКА РАБОТ В ОПТИМАЛЬНЫЕ ФОРМЫ РЕГЛАМЕНТА

Задача группировки многочисленных отдельных работ с их периодичностью проведения в оптимальные формы регламента заключается в том, чтобы определить число форм технического обслуживания и указать их базовые периодичности для ЛА в целом.

Группировку работ по трудоемким формам регламента можно выполнять различными методами.

1. Периодичность проведения форм регламента считается известной (она может быть задана в технических требованиях к данному типу ЛА). В этом случае каждая работа, выполнение которой влияет на безопасность полетов, относится к форме регламента, периодичность которой меньше желаемой периодичности выполнения данной работы и ближе к ней, чем все другие. Периодичность остальных работ формируют с учетом экономических критериев.

2. Периодичность различных форм регламента заранее не задана. В этом случае число форм обслуживания, объем и периодичность работ по каждой форме назначают из обеспечения минимальных трудозатрат по техническому обслуживанию, приходящихся на летный час, при условии обеспечения заданных показателей безотказности.

Суть метода заключается в следующем. Все работы по техническому обслуживанию изделий АТ разбиваются на две группы.

В первую группу (M_1) входят работы, связанные с предотвращением опасных отказов изделий. Для таких работ считается известной назначенная периодичность выполнения каждой из них $t_{1,i}$.

Во вторую группу (M_2) включаются работы, оптимальную периодичность выполнения которых t_2, i можно назначать по критерию минимальных удельных затрат на ТОиР ЛА.

При расчетах каждой работе групп M_1 и M_2 присваиваются два индекса: первый характеризует номер группы работ (1 или 2), второй — порядковый номер работы ($i = 1, 2, \dots, n_1$ или $i = 1, 2, \dots, n_2$) по мере роста периодичности ее выполнения $t_{1,1} < t_{1,2} < \dots < t_{1,n_1}$. Величина i_1 принимает все значения группы работ M_1 , т. е. $i_1 \in M_1$, а $i_2 \in M_2$. Предполагаются известными для каждой работы группы M_1 прямые затраты $y_{1,i}$ на разовое их выполнение, а для каждой работы второй группы M_2 — заданные зависимости удельных затрат на ТОиР от периодичности обслуживания $y_{2,i} = f(t_{2,i})$. В процессе формирования работ может получиться несколько групп работ m , имеющих одинаковую локальную периодичность t_i . Для каждой из этих групп работ необходимо знать среднюю продолжительность ее выполнения B_i .

Зная периодичность проведения каждой работы и трудовые затраты на их разовое выполнение (или зависимость удельных затрат на техническое обслуживание от периодичности обслуживания), продолжительность выполнения каждой группы работ, можно получить формы обслуживания для регламента в целом. Задача группировки работ в оптимальные формы регламента заключается в том, чтобы, изменяя значения периодичностей работ $t_{1,i}$ и $t_{2,i}$, найти такой приемлемый ряд значений базовой периодичности обслуживания для ЛА в целом, при котором минимизируется величина годовых затрат на техническое обслуживание и текущий ремонт $C_{ТО}$ с учетом убытков от простоев на техническом обслуживании:

$$C_{ТО} = \sum_{\substack{i=1 \\ i \in M_1}}^{n_1} y_{1,i} \left(\frac{T_{\Gamma}}{t_{1,i}} - 1 \right) + \sum_{\substack{i=1 \\ i \in M_2}}^{n_2} y_{2,i} T_{\Gamma} + \sum_{\substack{i=1 \\ i \in M}}^m B_i \left(\frac{T_{\Gamma}}{t_i} - 1 \right),$$

где T_{Γ} — годовой налет часов на ЛА; m — число групп работ, имеющих одинаковую локальную периодичность t_i , B_i — средняя продолжительность выполнения на ЛА каждой группы работ.

В тех случаях, когда приведенные выше зависимости $y_{1,i}$, $y_{2,i}$, B_i неизвестны, используются более сложные методы оптимизации регламента, например метод линейного программирования.

Глава 16

ОПЕРАТИВНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ РАБОТЫ АТБ

16.1. ОБЪЕМ И ЗАДАЧИ ПЛАНИРОВАНИЯ

Планирование работы АТБ ведется в соответствии с требованиями НТЭРАТ ГА и типовыми технологиями годового, квартального и месячного планирования использования ЛА, отхода их в ремонт и на техническое обслуживание. Производственное планирование включает: планирование перспективного и оперативного использования ЛА, корректировку планов в ходе производственного процесса; определение состава и числа форм технического обслуживания; доведение до цехов и других подразделений АТБ плановых заданий и сроков их выполнения; контроль за выполнением планов.

Планирование работы АТБ должно обеспечить своевременное и бесперебойное выполнение плана летной работы, установленный порядок отработки ресурса и отхода АТ в ремонт и на периодические формы обслуживания, своевременное получение АТ с ремонтных предприятий и из органов снабжения. Планирование работы АТБ позволяет также определить трудоемкость предусмотренных работ и штатную численность инженерного и технического состава.

ИАС разрабатывает годовой, квартальный и месячный планы использования ЛА и их отхода в ремонт и на периодические формы обслуживания, а также сводный диспетчерский график и сменно-суточное задание цехам и сменам на очередные сутки.

Объем работы АТБ эксплуатационных предприятий по техническому обслуживанию АТ в основном определяется объемом летной работы, в который включаются производственный и непроизводственный налеты. К производственному относится налет по выполнению воздушных перевозок и заданий по применению авиации в народном хозяйстве. Этот налет задается эксплуатационным предприятиям управлениями гражданской авиации на каждый год. К непроизводственному относятся вспомогательно-служебный (выполняемый без коммерческой загрузки и не оплачиваемый заказчиком), тренировочный и неплановый налеты. Непроизводственный налет устанавливается МГА в процентах от производственного налета.

Зная задание на предстоящий год по воздушным перевозкам и применению авиации в народном хозяйстве и определив величину непроизводственного налета, можно оценить с достаточной для практики точностью весь объем летной работы эксплуатационного предприятия. Он является основой для планирования всех видов работ и определения штатной численности личного состава АТБ.

Для разработки планов-графиков перспективного и оперативного использования ЛА необходимо иметь следующие данные: плановое задание на предстоящий год по воздушным перевозкам и применению авиации в народном хозяйстве, среднюю годовую норму налета на один ЛА каждого типа, непроизводственный налет в течение года, списочный состав ЛА и двигателей, межремонтные ресурсы и их остатки на начало планирования, расписание полетов.

Средний годовой налет на один списочный ЛА устанавливается МГА. Он является важным показателем, имеющим большое экономическое и организующее значение. Этот показатель характеризует степень использования ЛА. Чем больше средний годовой налет, тем меньше ЛБ требуется для выполнения одного и того же объема летной работы.

Инженерно-авиационная служба обычно не производит расчет потребного числа ЛА для выполнения предстоящего годового плана летной работы, так как объем летной работы задается с учетом фактической численности приписного парка. Задача ИАС — целесообразное планирование использования имеющихся на предприятиях ЛА. Она определяет потребное число авиационных двигателей и ресурсных агрегатов на предстоящий календарный год (планируемый период) исходя из их планируемой наработки в воздухе. Кроме этого, для определения потребного числа двигателей необходимо знать норму их работы на земле, что позволяет определять дополнительный расход ресурса двигателей при запуске, прогреве, опробовании, а также при их работе в процессе руления ЛА на старт и после его посадки.

Установлены следующие нормы работы двигателей на земле в процентах от производственного налета: для всех видов работ (кроме авиационно-химических) и типов ЛА — 9 ... 11 %, на авиационно-химических работах — до 20 %.

Потребное число двигателей для выполнения годового объема летной работы эксплуатационного предприятия определяется для каждого типа ЛА:

$$Д = \frac{0,2 t_{\text{зем}} T_{\text{общ}} n - T_{\text{общ}} n}{T_{\text{рес д}}} + Д_{\text{рез}} + Д_{\text{об}},$$

где 0,2 — коэффициент, учитывающий пониженные режимы работы двигателей на земле по сравнению с работой их в полете; $t_{\text{зем}}$ — норма времени работы двигателей на земле; $T_{\text{общ}}$ — суммарный налет (производственный и непроизводственный); n — число двигателей на одном ЛА; $T_{\text{рес д}}$ — межремонтный ресурс двигателей; $Д_{\text{рез}}$ — резервное число двигателей (необходимое для смены досрочно снятых двигателей); $Д_{\text{об}}$ — число двигателей оборотного фонда.

Число резервных двигателей определяется в основном степенью их надежности и условиями работы. Для этого используются статистические данные числа преждевременных смен двигателей в предыдущие годы.

Число двигателей, составляющих оборотный фонд, определяется значениями их ресурса, продолжительностью ремонта и транспортировки. Оно должно обеспечить бесперебойную работу эксплуатационного предприятия. При определении потребного числа двигателей на предстоящий календарный год необходимо также учитывать имеющийся остаток ресурса двигателей на начало планируемого года, предполагаемые изменения ресурсов двигателей в течение года, наличие оборотного фонда, а также необходимость обеспечения остатка ресурса на конец планируемого года. Разработка всех планов работы АТБ возлагается на производственно-диспетчерский отдел (ПДО).

16.2. ГОДОВОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Годовые планы использования ЛА, отхода их в ремонт и на техническое обслуживание разрабатываются отдельно для каждого типа ЛА с учетом сезонной неравномерности авиаперевозок. Последнее означает, что для обеспечения максимального числа исправных ЛА в напряженный летний период (третий квартал) необходимо ремонт и все трудоемкие формы технического обслуживания, доработки, замену двигателей по возможности не планировать на этот период.

План на очередной год определяет интенсивность использования каждого ЛА приписного парка в часах по месяцам года. Отход на периодическое обслуживание и другие виды трудоемких работ планируется вести также по месяцам года. При отходе ЛА в ремонт указывается дата его отправления на завод и номер завода. Зная продолжительность пребывания разных типов ЛА на ремонтных предприятиях,

№ самолета	Остаток ресурсов на 1.1. 199 __ г., ч	Месяцы							Годовой налет, ч
		1	2	3	4	...	11	12	
001	20	20	6.1.завод 400 ГА	190	180 Ф-1	...	190 Ф-2	190	1700
002	350	150	150	50	15.3завод 400 ГА	...	200 Ф-3	190	2000
003	4900	250	230 Ф-1	250	200 Ф-1	...	180 Ф-3	190	2500
010	3800	190 Ф-1	190	200 Ф-2	200	...	180	190 Ф-3	2400
Итого за месяц		1519	1472	1501	1602	...	1620	1710	20 148

в плане указывается дата возвращения. Годовой план приведен в форме 3.

Годовые планы разрабатывают на основе годового планового задания по налету приписного парка и расписания движения с учетом межремонтных и межрегламентных ресурсов ЛА и двигателей, информации об ожидаемом изменении состава приписного парка ЛА, графика отхода ЛА в ремонт и на доработку на планируемый год, нормы простоя ЛА в ремонте и на различных видах технического обслуживания.

Графики отхода ЛА в ремонт разрабатывает ГУРАТ МГА при участии ЦНИИАСУГА. Последний получает информацию о наработке и остатках ресурсов ЛА с ГТД со всех эксплуатационных предприятий, обрабатывает ее на ЭВМ. Разработанные и согласованные с представителями УГА графики утверждаются заместителем министра, а выписки из них направляются на эксплуатационные предприятия. В выписках указываются типы и номера ЛА, даты отправки в ремонт и номера заводов. В связи с этим при планировании надо учитывать, чтобы к моменту подачи ЛА в ремонт был выработан межремонтный ресурс.

На базе годовых планов определяются трудоемкость работ по техническому обслуживанию ЛА, потребность в заказах новой техники, запасных частей, расходных материалов, наземного оборудования.

Трудоемкость технического обслуживания на предстоящий год

$$T_{\text{ТО}} = n_1 T_{\text{Ф-1}} + n_2 T_{\text{Ф-2}} + n_3 T_{\text{Ф-3}} + n_4 T_{\text{см}} + n_5 T_{\text{Ф-А}} + n_6 T_{\text{Ф-Б}},$$

где $T_{\text{Ф-1}}$, $T_{\text{Ф-2}}$, $T_{\text{Ф-3}}$ — трудоемкости периодического технического обслуживания по формам 1, 2, 3; $T_{\text{см}}$, $T_{\text{Ф-А}}$, $T_{\text{Ф-Б}}$ — трудоемкости замены двигателей и обслуживаний по формам А и Б; n_1 , n_2 , n_3 , n_4 , n_5 , n_6 — число технических обслуживаний по каждой форме или виду работ.

Нормы трудовых затрат на каждую форму технического обслуживания имеются на эксплуатационных предприятиях. Они определяются путем хронометража группой нормирования труда. Число периодических форм технического обслуживания и замен двигателей определяется по годовым планам. Число обслуживаний по форме Б

$$n_B = \frac{365}{\tau_B} m - n_1 - n_2 - n_3,$$

где τ_B — установленные календарные сроки выполнения формы Б; m — число ЛА данного типа.

Число обслуживаний по форме А определяется приближенно. Для приписного парка ЛА

$$n_A = \frac{H}{t_{бп}} - n_B,$$

где H — годовой налет парка ЛА данного типа; $t_{бп}$ — средняя продолжительность беспосадочного полета.

К числу обслуживаний по форме А нужно прибавить взятое из расписания число обслуживаний транзитных ЛА.

При определении полного объема работ инженерно-технического состава следует также учитывать фактическое состояние АТ, необходимость выполнения дополнительных работ по доработкам и текущему ремонту, особенности климатических условий, обеспеченность средствами механизации, обслуживание при хранении АТ, техническую учебу и т. п.

Объем работ по техническому обслуживанию принято оценивать в приведенных единицах, что наиболее удобно при учете многообразной работы по обслуживанию различных типов ЛА.

16.3. КВАРТАЛЬНОЕ И МЕСЯЧНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ

Важнейшая задача разработки квартального плана — сбалансирование интенсивности использования ЛА с производственными возможностями и ресурсами АТБ для обеспечения ритмичной работы производственных подразделений АТБ и рационального использования трудовых и производственных ресурсов.

Основой для разработки квартального плана служит годовой план, который задает интенсивность использования каждого ЛА с учетом сезонной неравномерности летной работы авиапредприятия и директивных сроков отхода ЛА в ремонт. Квартальный план содержит уточненные по отношению к данным годового плана значения месячного плана каждого ЛА. В квартальном плане устанавливаются формы технического обслуживания в каждом месяце без указания конкретных дат. Он разрабатывается ПДО за 15 дней до начала планируемого квартала и утверждается начальником производства АТБ. Квартальный план определяет расчетный налет на каждый ЛА по месяцам квартала, чис-

ло технических обслуживаний по каждому месяцу (периодических форм замен двигателей, работ по консервации АТ, других трудоемких работ).

Необходимыми сведениями для разработки квартального плана (форма 4) являются: численный состав и состояние парка ЛА и двигателей на начало планирования; ожидаемый налет и число посадок каждого ЛА; наработка двигателей на начало планирования; даты отхода ЛА в ремонт и ожидаемого возвращения из ремонта; план поставок двигателей авиапредприятию; план проведения разовых осмотров и доработок АТ по бюллетеням МАП.

При составлении плана следует особо рассматривать те ЛА, у которых по тем или иным причинам на начало планируемого периода сложилось существенное отставание от ранее планируемого значения наработки. Таким ЛА следует планировать максимально возможные месячные налеты.

Разрабатываемый месячный план имеет своей целью обеспечить необходимое количество исправных ЛА для выполнения полетов по расписанию при минимальных производственных потерях. Для этого распределение ЛА по конкретным рейсам и соответственно суточный налет каждого ЛА по всем дням месяца должны рассчитываться таким образом, чтобы обеспечить расписание полетов, месячный план налета, минимизировать простои ЛА в ожидании технического обслуживания и простои смен из-за отсутствия ЛА, нуждающихся в техническом обслуживании.

Разработку месячного плана следует начинать с корректировки плана налета каждого ЛА, заданного квартальным планом. Она проводится с учетом дисбаланса налета каждого ЛА на начало планируемого месяца. После этой корректировки определяются сроки проведения технического обслуживания по трудоемким формам.

Месячный план (форма 5) разрабатывается за 10 дней до начала планируемого месяца на основе квартального плана. Он должен обеспечить своевременную отработку межремонтных ресурсов к назначенным срокам отправки ЛА в ремонт, необходимое число исправных ЛА в планируемом месяце, сбалансированность по трудовым ресурсам программы технического обслуживания, отход ЛА на трудоемкие формы технического обслуживания в запланированные сроки. При разработке месячного плана учитывают: графики выполнения дополнительных рейсов и спецперевозок; указания МГА, УГА и АТБ о неплановом использовании ЛА, о выделении резерва ЛА; графики выполнения конструктивных доработок, планируемых на предстоящий месяц; мощности цехов периодического технического обслуживания и другие особенности конкретных АТБ.

В ходе выполнения месячного плана также возможна его корректировка, необходимость которой вызывается отклонением фактического налета каждого ЛА от запланированного. Причиной этих отклонений являются задержки и отмены рейсов, неисправность ЛА, неблагоприятные метеорологические условия и т. д.

План использования ЛА типа _____ на _____ квартал 19 _____ г.

Наработка на начало планируемого квартала		Наработка двигателей	Дисбаланс налета	Последняя выпол- ненная форма ТО	План налета _____ часов				Наработка на начало сле- дующего квартала				Индивидуальные особенности эксплу- атации ЛА
					план _____ м-ц. _____ час	форма ТО	Наработка после последнего ремонта	план _____ м-ц _____ час	форма ТО	Наработка после последнего ремонта	план _____ м-ц _____ час	форма ТО	
1.	2.												
1.	2.												
1.	2.												
Всего ЛА													
в том числе: исправных													
в ремонте													
на доработках													
Количество обслуживаний		Ф1											
		Ф2											
		Ф3											
		Замена двига- телей											
		Дополнитель- ных работ											

№ ЛА

Месячный план использования ЛА типа _____ и отхода их на ТО

№ ВС	Дисбаланс налета	Нарботка двигателей после последнего ремонта на начало месяца	Нарботка двигателей после последнего ремонта	Последняя форма ТО	Очередная форма ТО	Остаток налета до очередного ТО	Планируемый налет за месяц	Среднесуточный налет	Планируемый налет _____ час									
									_____ месяц									
									1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
			1. _____ 2. _____															
			1. _____ 2. _____															
			1. _____ 2. _____															
			1. _____ 2. _____															

Корректировка обычно производится за счет перераспределения ЛА по рейсам и периодического назначения в резерв. Те ЛА, которые имеют налет меньше запланированного, целесообразно назначать в рейсы с максимальной продолжительностью полета, и наоборот. Назначение в резерв ЛА с большим налетом также дает возможность обеспечивать выполнение запланированного налета.

В ряде АТБ эта работа ведется с использованием оперативных графиков, которые позволяют производить быструю оценку соответствия фактического и планового налета каждого ЛА. Для этого на масштабной сетке или «миллиметровке» по оси ординат откладывают налет или число посадок, а по оси абсцисс — время в сутках. Согласно плану использования ЛА и отхода их в ремонт и на периодическое ТО проводят наклонную поднимающуюся линию, начальная точка которой соответствует налету на день планирования, а конечная — сроку подачи ЛА в ремонт или на периодическое ТО. Для контроля рядом с этим графиком цветным карандашом отмечают фактический налет.

Известно, что эффективность использования ЛА на уровне авиапредприятия во многом определяется качеством планирования и управления использованием приписного парка ЛА. Однако сложность структуры и высокая динамичность процесса использования ЛА затрудняют выбор оптимальных решений традиционными методами. В связи с этим актуальной стала задача внедрения ЭВМ в сферу планирования и управления производственными процессами АТБ. Но для их применения необходима разработка математических моделей, описывающих

производственные процессы и легко адаптируемых к условиям конкретного авиапредприятия.

Уже разработан ряд таких моделей, описывающих процесс использования ЛА в базовом аэропорту. Реализация их на ЭВМ позволит проанализировать влияние тех или иных факторов на показатели использования ЛА. Моделирование производится на основании исходной информации о расписании движения ЛА, организации работы смен АТБ и состоянии приписного парка ЛА. Разработанные модели позволяют прогнозировать средний налет на ЛА, коэффициент исправности ЛА, коэффициент использования исправных ЛА, длительность пребывания ЛА в различных состояниях.

Таким образом, при помощи комплекса моделей можно на этапе планирования анализировать эффективность принимаемых решений по назначению ЛА в рейсы, отходу на техническое обслуживание и ремонт, а также оценивать возможные последствия некоторых организационных решений.

16.4. ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА В АТБ

Для достижения высоких показателей производственной деятельности АТБ большое значение имеет система диспетчеризации. Она осуществляется главным диспетчерским пунктом при ПДО и диспетчерскими пунктами наиболее крупных производственных подразделений — цехов и участков.

На каждые очередные сутки ПДО составляет сводный диспетчерский график (рис. 16.1) и сменно-суточные задания цехам, участкам и сменам. Задача диспетчеров ПДО и цехов — обеспечение четкой работы всех подразделений АТБ по выполнению плана полетов и работ по ТО. С этой целью диспетчеры контролируют сроки выполнения работ,

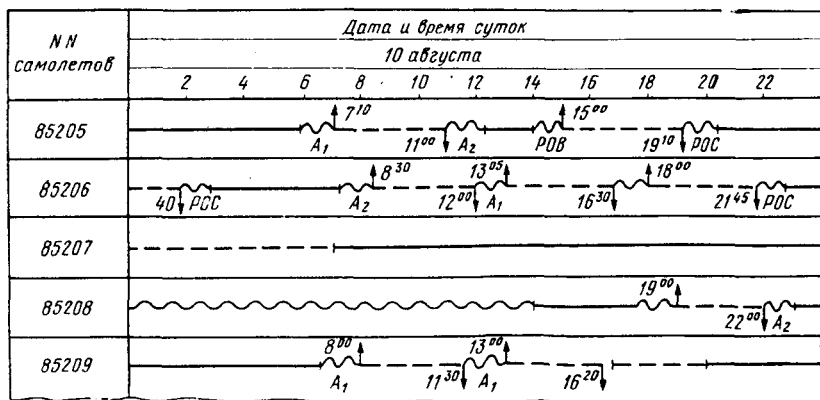


Рис. 16.1. Фрагмент свободного диспетчерского графика

принимают активное участие по предотвращению сложных производственных ситуаций, информируют руководство АТБ о ходе выполнения плана, обеспечивают своевременную подачу на рабочие места средств механизации, оборудования, запасных частей, инструмента, расходных материалов, координируют работу АТБ с другими службами аэропорта и диспетчером производственно-диспетчерской службы предприятия (ПДСП). При этом особое внимание уделяется обеспечению регулярности полетов, а в случаях угрозы ее нарушения, которая может вызываться различными причинами, принимаются меры по предупреждению срыва полетов за счет использования резервных ЛА, корректировки их распределения по рейсам, объединения отдельных рейсов и др.

Диспетчеры наделены определенными полномочиями в решении вопросов управления и организации производственного процесса. Для повышения квалификации диспетчеров с ними проводят специальную учебу, разрабатывают регламенты работы диспетчеров и должностные инструкции. Это особенно необходимо в крупных аэропортах.

Оперативное руководство производственной деятельностью цехов и участков АТБ осуществляется с помощью хорошо налаженной телефонной и радиосвязи. Широко применяется громкоговорящая связь, используется также информационное устройство «Автодиспетчер», которое позволяет диспетчеру ПДО получать информацию о состоянии и степени готовности каждого ЛА. Для связи диспетчера цеха периодического обслуживания ЛА с инженерно-техническим персоналом смены используется радиостанция «Баклан-Н», а для связи с цехами АТБ и службами авиапредприятия — диспетчерское переговорное устройство (ДПУ).

16.5. ВОССТАНОВЛЕНИЕ И СПИСАНИЕ АТ, ПРЕДЪЯВЛЕНИЕ РЕКЛАМАЦИЙ

Восстановление поврежденных ЛА организуется после составления акта комиссии по результатам расследования обстоятельств повреждения. При необходимости к работе комиссии привлекаются специалисты завода ГА, ГосНИИ ГА, ОКБ и завода-изготовителя. Акт утверждается главным инженером УГА.

В базовых аэропортах в зависимости от технической оснащенности АТБ может производиться восстановление ЛА для продолжения эксплуатации или направляется на ремонтный завод. Для дефектации и восстановления повреждений ЛА руководителем предприятия назначается группа специалистов.

После окончания восстановительного ремонта начальник АТБ назначает ЛА одну из периодических форм ТО и при необходимости назначает контрольно-испытательный полет. Окончательная проверка качества восстановления ЛА проводится комиссией с участием представителей ИАС управления ГА, которая составляет акт приемки ЛА,

утвержденный начальником АТБ. На основании акта производится запись в формуляр ЛА, а вся техническая документация на ремонт ЛА включается в дело ЛА и хранится до отработки назначенного ресурса или списания ЛА. Если ЛА не подлежит восстановлению, то акт передают владельцу ЛА для оформления его списания.

Списание и исключение ЛА из Государственного реестра гражданских воздушных судов Союза ССР производится в соответствии с Воздушным кодексом Союза ССР в случаях: снятия ЛА с эксплуатации; уничтожения ЛА; пропажи ЛА без вести, когда его розыск прекращен; невозможности эвакуации ЛА с места вынужденной посадки. Снятие ЛА с эксплуатации производится в случаях отработки ими назначенного ресурса или срока службы или когда их ремонт экономически нецелесообразен. Списание с балансов предприятий ЛА и авиадвигателей производится согласно Инструкции о порядке списания самолетов, вертолетов и авиадвигателей, разделки и использования авиационно-технического имущества со списанных воздушных судов и авиадвигателей на предприятиях ГА. Списание ЛА проводится только на основании приказа начальника УГА. Авиационные двигатели списываются на основании приказов руководителей организаций гражданской авиации. Первичным документом на списание АТ является технический акт, составленный комиссией предприятия ГА. К акту на списание ЛА прилагается свидетельство о его регистрации. Акты утверждаются начальником АТБ и направляются в УГА.

Утвержденные акты на ЛА или авиадвигатели являются основанием для издания приказа по УГА или организации гражданской авиации об их списании.

Учет самолето-часов (суток) по списанному ЛА прекращается со дня утверждения акта на его списание начальником УГА. На списанную АТ инспекторские свидетельства выдаются УГА.

До получения инспекторского свидетельства на списание АТ запрещается подвергать ее разделке или разукомплектованию. После получения инспекторского свидетельства на ЛА или двигатель предприятие заполняет отрывной талон свидетельства и за подписью руководителя направляет в УГА.

Списанная АТ может быть передана в учебные заведения, на предприятия гражданской авиации или в другие ведомства. При этом она приводится в нелетное состояние (выполняются разрезы силовых элементов крыла и фюзеляжа). При необходимости с ЛА снимается специальная аппаратура и радиооборудование. В случае разделки ЛА на месте на нем выполняется установленный перечень работ с соблюдением необходимых мер безопасности. Руководством АТБ принимаются решения об оприходовании годного оборудования и имущества, отправке его в ремонт или сдаче в металлолом.

Списанные авиадвигатели могут быть переданы в народное хозяйство с разрешения руководителей управления или предприятий гражданской авиации. Вся техническая документация на списанную АТ унич-

тожается на месте. Инспекторские свидетельства хранятся в делах предприятия в течение пяти лет.

Рекламационно-претензионная работа, проводимая на АТБ, заключается в предъявлении претензий: заводам-изготовителям основных изделий (ЛА, двигателя), а также предприятиям, изготавливающим наземное оборудование для ТО АТ; ремонтным предприятиям в случае выхода из строя АТ, не отработавшей установленного межремонтного ресурса или срока службы из-за некачественного ремонта.

Для составления рекламационного акта руководитель предприятия назначает комиссию, куда также включается представитель завода-изготовителя. Комиссия принимает все необходимые меры для тщательного и быстрого выявления причин и виновников отказа изделия и составляет рекламационный акт. В случае несогласия сторон представитель завода-изготовителя пишет свое особое мнение, которое прилагается к каждому экземпляру акта. Эксплуатационное предприятие обязано приложить свои замечания к особому мнению представителя завода. О составлении рекламационного акта делается запись в формуляре (паспорте) изделия АТ.

По решению комиссии или представителя завода-изготовителя изделие может быть отправлено на исследование в научно-исследовательский институт или другую организацию, о чем делается отметка в акте. Если представитель завода-изготовителя не прибыл к установленному сроку, то эксплуатационное предприятие составляет односторонний рекламационный акт, к которому обязательно прилагается заверенная органами связи копия телеграммы о вызове представителя. Рекламационный акт в этом случае имеет одинаковую силу для обеих сторон.

Рекламационные акты составляются в трех экземплярах. Не позднее 2 сут со дня составления и подписания комиссией рекламационного акта он должен быть направлен главному инженеру управления, который в трехдневный срок со дня получения обязан утвердить акт, поставить на нем печать и разослать в следующие адреса: два экземпляра — представителю заказчика на заводе-изготовителе для предъявления претензии заводу и один экземпляр — эксплуатирующей организации, в которой составлен акт. Во всех случаях общий срок составления рекламационного акта с момента обнаружения дефекта не должен превышать 30 сут. Правильно проводимая рекламационная работа способствует дальнейшему совершенствованию АТ и повышению ее надежности.

16.6. ПРИЕМ И ПЕРЕДАЧА АТ

Прием новых ЛА от заводов-изготовителей эксплуатационными предприятиями производится по нарядам, выдаваемым МГА. Для приема ЛА назначаются летные экипажи и ИТС, допущенные к самостоятельным полетам и ТО данного типа ЛА. Старший из получающих АТ должен иметь с собой наряд и доверенность.

Прием ЛА от завода-изготовителя проводят в соответствии с Инструкцией по организации и обеспечению приемки и перелетов воздушных судов с предприятий промышленности, а также с Программой комплексного инженерного осмотра воздушных судов при приемке их на заводе-изготовителе.

Прием ЛА осуществляется через представителя МГА на данном заводе. На последнем имеется специальная бригада, занимающаяся подготовкой и сдачей ЛА. Она устраняет все обнаруженные недостатки и производит контрольный облет.

Летный экипаж и ИТС, принимающие ЛА, тщательно осматривают планер, двигатели и специальное оборудование, обращая при этом особое внимание на качество монтажа, возможные производственные недоделки, соответствие номеров агрегатов записям в формулярах. Затем они опробуют на всех режимах двигатели и системы, производят контрольную уборку и выпуск шасси основным и аварийным способами, проверяют работу и правильность регулировки органов управления ЛА и силовых установок, радио-, электро- и приборного оборудования. После этого они проверяют укомплектованность ЛА чехлами, бортовым инструментом, одиночными комплектами запасных частей и другим имуществом согласно приемо-сдаточным ведомостям, убеждаются в наличии и правильном оформлении всей документации (формуляров, паспортов, бортового журнала, свидетельства о регистрации летательного аппарата, удостоверения о годности к полетам и др.), прилагаемой к данному ЛА. В заключение экипаж производит контрольный облет.

Если в результате проверок ЛА будет признан исправным и полностью укомплектованным, а обнаруженные недостатки устранены, то прием и передачу оформляют приемо-сдаточным актом. Для заправки ЛА ГСМ экипаж должен иметь требование, дающее право получить их на заводе. Принятые на заводе ЛА, как правило, отправляют на эксплуатационные предприятия летом. При этом организация перелета ЛА и подготовка к нему осуществляются личным составом завода-изготовителя.

При отправке АТ железнодорожным, водным и другими видами транспорта за упаковку, крепление и отправку ее несет ответственность поставщик. Для сборки и регулировка ЛА, прибывших в разобранном виде, вызываются специалисты завода-изготовителя.

ЛА и авиадвигатели, отработавшие межремонтный ресурс или срок службы, а также досрочно снятые с эксплуатации из-за неисправностей и поломок, подлежат ремонту. Необходимость досрочного направления АТ в ремонт определяется комиссией. Она составляет акт, который утверждается по ЛА — главным инженером управления ГА, по двигателям и комплектующим изделиям — начальником АТБ.

ЛА передают в ремонт в соответствии с графиком, разрабатываемым ГУРАТ МГА, и договорами, заключенными между авиапредприятиями и заводами ГА. Взаимоотношения между ними регулируются Основными условиями на ремонт АТ ГА, утвержденными МГА.

АТ сдают в ремонт, укомплектованную съемным оборудованием и имуществом, с оформленными формулярами и паспортами. Для выполнения дополнительных работ по дооборудованию и доработкам АТБ не позднее чем за 90 дней до сдачи в ремонт ЛА высылает на завод заявку, принимает меры по подготовке перечней бюллетеней для их выполнения на заводе и доставки необходимых для этого деталей, изделий и материалов.

Желательно, чтобы к моменту отправки ЛА в ремонт двигателя тоже выработали свой ресурс и на ремонтном предприятии была бы произведена их замена. При одновременной выработке ресурса ЛА и двигателей с разрешения главного инженера УГА ЛА перегоняют на ремонтные предприятия с остатком ресурса двигателей. Последние при ремонте ЛА консервируют и хранят до окончания его ремонта.

Исправные ЛА направляют на ремонтные предприятия летом, а неисправные отправляют железнодорожным или другим видом транспорта.

ЛА после его перегонки сдается заводу специалистами авиационного предприятия-владельца ЛА. Старший группы специалистов должен иметь: предписание (задание) заказчика на право сдачи ЛА в ремонт и оформления документов по сдаче; заказ на ремонт и выполнение на ЛА работ, не предусмотренных типовой технологией; доверенность и документ на сдачу специальной аппаратуры; перечень бюллетеней на доработки при ремонте ЛА. Сдачу заказчиком ЛА в ремонт оформляют актом-сдаточным актом.

В случае отправки ЛА в ремонт транспортными средствами ответственность за его разборку, упаковку, погрузку и крепление возлагается на заказчика. Выгрузку ЛА обеспечивает завод и принимает его в ремонт в присутствии представителя заказчика. Отдельные двигатели и комплектующие изделия заказчик направляет на заводы в законсервированном состоянии в предусмотренной для них таре (упаковке). Ответственность за их правильную отправку несет отправитель.

О готовности отремонтированного ЛА к сдаче завод извещает авиационное предприятие — владельца ЛА не позднее чем за 5 дней до выхода его из ремонта. Прием ЛА из ремонта возлагается на группу, состоящую из лиц ИТС и экипажа заказчика. ИТС осматривает его в объеме, установленном программой комплексного инженерного осмотра ЛА, при приеме его на ремонтном заводе и проверяет: техническое состояние ЛА, работоспособность изделий и систем; выполнение доработок по бюллетеням, сезонного ТО, дополнительных работ по соглашениям и договорам; комплектность оборудования и имущества ЛА; наличие и оформление пономерной документации.

Экипаж знакомится с протоколами летных испытаний, замечаниями экипажа завода после контрольного облета, проверяет наличие и оформление судовой документации, работоспособность систем и оборудования ЛА, производит облет ЛА, если он предусмотрен программой испытаний, утвержденной МГА. Обеспечение контрольного полета возлагается на завод. При выдаче заводом ЛА и приеме его заказчиком

оформляются акты: облета ЛА экипажем заказчика, приемо-сдаточный на ЛА и специальную аппаратуру, на выполнение дополнительных работ. При первом ремонте ЛА завод выдает заказчику формуляр силовых элементов планера.

Отремонтированные двигатели, ВСУ, редукторы и агрегаты заводы отправляют на предприятия по их принадлежности или на другие предприятия по разнарядке ГУЭАТ МГА.

Глава 17

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

17.1. ОПЕРАТИВНОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Основным производственным подразделением АТБ, выполняющим оперативное обслуживание АТ, является цех оперативного технического обслуживания. Основная задача цеха — своевременное и высококачественное обслуживание приписных и транзитных ЛА в соответствии с планами полетов.

В состав основных работ, выполняемых при оперативном обслуживании, входят: работы по обслуживанию в соответствии с регламентом ТО; устранение неисправностей, выявленных в полете и при обслуживании; заправка ЛА ГСМ, спецжидкостями и водой; зарядка газами в соответствии с заданием на полет; удаление снега и льда с поверхности ЛА; кондиционирование воздуха в кабине и салонах; подогрев двигателей и изделий; буксировка ЛА; оформление установленной документации; обеспечение сохранности ЛА и их имущества при техническом обслуживании.

Число ЛА, подлежащих обслуживанию, время их поступления в цех и готовности вылета планирует ПДО АТБ на основании суточного плана полетов.

В состав цеха входят должностные лица и работники всех специальностей, обеспечивающие комплексную подготовку ЛА к полету. В цехе формируются смены или участки, а в них производственные бригады, группы, число которых определяется производственной необходимостью.

Каждой сменой руководит начальник (инженер) смены, которому непосредственно подчинены инженеры по эксплуатации ЛА и АД, инженеры по А и РЭО, производственные бригады по обслуживанию АТ, дежурные авиамеханики по стоянкам. В оперативном отношении начальнику смены подчинены инженеры ОТК и специалисты других подразделений, участвующие в обслуживании ЛА.

Непосредственное руководство и организацию работ по обслуживанию АТ осуществляют начальник смены и инженеры по специальностям. Они являются старшими и ответственными за обслужива-

ние. При выполнении отдельных видов работ по обслуживанию ЛА назначаются ответственные исполнители из числа бригадиров (авиатехников), которым на время выполнения работ на данном ЛА подчиняются все лица, занимающиеся обслуживанием.

Начальник смены до начала работы получает в ПДО производственное задание и карты-наряды на оперативное техническое обслуживание ЛА. Ответственный за обслуживание организует встречу ЛА на месте стоянки, заслушивает информацию бортинженера (бортмеханика) о работе систем и оборудования самолета в полете, знакомится с записями в бортовом журнале об отказах и неисправностях, выявленных в полете. Объем работ, выполняемых при осмотре и обслуживании, определяется регламентом ТО, а также дополнительными работами по устранению неисправностей, выявленных в полете и при осмотре на земле и записанных в карте-наряде.

В процессе обслуживания самолета инженеры смены по специальностям контролируют качество выполняемых работ, обеспечивают обслуживание самолетов в установленные расписанием сроки, лично участвуют в выяснении причин и устранении сложных неисправностей. Бригадир (авиатехник), производящий осмотр самолета, несет полную ответственность за правильное определение его технического состояния и комплекс работ, которые необходимо выполнить при подготовке к полету. Выборочный контроль обслуживания ЛА осуществляют инженеры ОТК и руководящий состав АТБ. Работы по устранению выявленных неисправностей выполняют авиатехники под руководством бригадиров, а неисправностей, обнаруженных повторно, под руководством инженера смены или другого вышестоящего руководителя.

Документом, подтверждающим выполнение оперативного технического обслуживания, является карта-наряд, в которой расписываются все исполнители и контролирующие. Окончательное заключение в карте-наряде о том, что самолет подготовлен к полету и разрешен вылет, дает начальник (инженер) смены, а для самолетов, используемых для авиационных работ, — техник-бригадир (авиатехник). Ответственный за обслуживание делает также запись в бортовом журнале о проведенном техническом обслуживании (вид обслуживания, дата и номер карты-наряда). Осмотр и принятие самолета экипажем от АТБ для выполнения полета подтверждаются подписью бортинженера (бортмеханика, пилота) в бортовом журнале и карте-наряде на оперативное техническое обслуживание. После выполнения всех работ по оперативному обслуживанию оформленные карты-наряды передаются в ПДО АТБ и хранятся там не менее 6 мес.

17.2. ПЕРИОДИЧЕСКОЕ ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ

Работы по периодическим формам регламента, а также смене двигателей осуществляются цехом периодического технического обслуживания. Планирование производственной деятельности цеха осу-

ществляет, как и для оперативного обслуживания, ПДО АТБ. Производственные задания, карты-наряды с приложениями (пооперационные ведомости, наряд на дефектацию и т. д.) диспетчер ПДО выдает каждой смене, указывая также работы по замене изделий, отработавших ресурс, и дополнительные работы.

Техническое обслуживание ЛА организуют инженеры смен по специальностям и бригадиры, а руководство работой осуществляет ее начальник. Перед обслуживанием ЛА дефектовщиками из числа бригадиров или авиатехников проводится его дефектация. Сведения о выявленных неисправностях дефектовщик записывает в наряд на дефектацию. Сведения о неисправностях, выявленных в полете, дефектовщик записывает в карту-наряд на периодическое техническое обслуживание.

Выполнение регламентных работ и устранение выявленных неисправностей производятся исполнителями бригад технического состава в соответствии с принятой специализацией исполнителей и в строгом соответствии с пооперационными ведомостями. Число бригад зависит от объема и наличия специалистов, а число исполнителей в них определяется трудоемкостью процессов.

Техническое обслуживание АирЭО осуществляется одновременно с обслуживанием планера и двигателей специалистами специализированных бригад по АирЭО, входящих в состав цеха периодического обслуживания, и специалистами цеха лабораторной проверки и ремонта АирЭО.

Ответственность за организацию и проведение контроля состояния АТ и качества ее технического обслуживания возлагается на инженеров ОТК, инженеров смен, техников-бригадиров.

Выполнение работ (операций) исполнители и контролирующие лица подтверждают подписями в карте-наряде, пооперационных ведомостях, нарядах на дефектацию и бортовом журнале. При сменной работе в цехах, когда работы по ТО выполнить в одну смену невозможно, ЛА с незаконченным объемом работ передают в другую смену с указанием необходимой информации в Журнале работы и передачи смен. Передавать ЛА, на которых выполнены работы не оформлены подписями исполнителей или же имеются незаконченные операции отдельных работ, категорически запрещается.

По окончании всех работ и оформления документации начальник смены указывает в карте-наряде время начала и окончания всего комплекса работ по обслуживанию, подтверждает подписью заключение об исправности самолета и после этого сдает карту-наряд в ПДО АТБ для внесения записей в формуляр ЛА. Хранение карт-нарядов на периодическое техническое обслуживание в АТБ осуществляется до очередного получения ЛА из капитального ремонта.

В ряде случаев цехом периодического технического обслуживания выполняется ряд внеплановых дополнительных трудоемких работ, связанных с заменой двигателей, агрегатов, в случае выявления на них неисправностей, которые нельзя устранить в условиях эксплуата-

ции, и выполнения на ЛА доработок по бюллетеням. Специалистами цеха выполняются также особые трудоемкие работы, связанные с устранением неисправностей или повреждений ЛА: вновь выявленные дефекты силовых узлов и деталей, на которые отсутствует техническая документация; повреждения, связанные с перегрузкой ЛА; попадание в отсеки агрессивных или ядовитых веществ; поражение коррозией деталей и узлов в труднодоступных местах. При необходимости в данном случае руководство АТБ назначает комиссию, которая определяет причины появления неисправностей, потребные силы, средства и сроки выполнения работ, разрабатывает технологическую документацию по устранению неисправностей и предложения по их предупреждению. Для выполнения указанных работ выделяется группа специалистов, руководство которой возлагается на инженера. Устранение неисправностей (повреждений) исполнители и контролирующие лица подтверждают подписями в наряде на дефектацию. При необходимости запись делается в формуляре ЛА (двигателя).

17.3. МЕТОДЫ ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛА

В процессе эксплуатации техническое обслуживание ЛА осуществляют бригадным или закрепленным, системным или зонным, однократным или поэтапным методами. Выбор того или иного метода зависит от особенностей производственной деятельности авиапредприятия и определяется руководством АТБ. Принятый метод должен обеспечить высокое качество технического обслуживания, минимальные затраты времени, труда и материальных средств.

Бригадный метод используется при оперативных и периодических формах обслуживания. Выполнение работ по обслуживанию осуществляется бригадами, которые могут быть специализированы по типам самолетов (системам, группам систем, зонам).

При *закрепленном методе* обслуживание ЛА осуществляется авиатехником, закрепленным за ним, или группой технического состава под его руководством.

Системный метод заключается в обслуживании бригадой исполнителей определенных систем. Технический состав бригад проходит специальную подготовку. На каждого исполнителя оформляется допуск к работе на одной или нескольких системах.

Зонный метод технического обслуживания находит все более широкое применение на практике. В этом случае конструкция ЛА делится на ряд зон, а организация работ, специализация исполнителей и техническая документация разрабатываются применительно к ним. Зоны выбираются с учетом объединения однотипных операций, удобства подходов к конструкции и оборудованию, общности подготовительных и заключительных операций, оптимальности расстановки на земного оборудования, устранения взаимных помех при работе нескольких исполнителей. Метод позволяет уменьшить потери на пере

ход с одного участка на другой, расширить фронт работ на самолете, дает возможность использовать одновременно большее число специалистов, что позволяет повысить эффективность и качество ТО, а следовательно, и эффективность использования ЛА.

Одноразовый метод заключается в том, что весь объем работ каждой периодической формы обслуживания выполняют за один раз. До окончания всех регламентных и дополнительных работ ЛА для полетов не используется. Метод обычно используют в периоды малой загрузки предприятия по выполнению перевозок пассажиров и грузов.

Поэтапный метод применяется для более эффективного использования ЛА на авиапредприятиях за счет более равномерного распределения трудоемкости технического обслуживания по времени эксплуатации ЛА. Он предусматривает распределение полного объема работ наиболее трудоемких форм регламента на несколько этапов, которые поочередно выполняются при проведении последовательных обслуживаний меньшей периодичности. Обслуживание может проводиться в пределах допуска по наработке к базовой периодичности или с распределенной (равной) трудоемкостью по этапам.

При поэтапном обслуживании в пределах допусков весь объем работ, предусмотренных данной формой, разделяют на несколько этапов, которые выполняются в промежутках между рейсами ЛА. Такой метод приемлем только для нетрудоемких форм обслуживания.

Поэтапный метод с распределенной трудоемкостью состоит в том, что выполнение отдельных объектов работ более трудоемких периодических форм совмещается с обслуживанием менее трудоемких (рис. 17.1, а).

В данном случае каждое периодическое техническое обслуживание включает объем работ первой по трудоемкости формы регламента $T_{\Phi-1}$ и трудоемкости дополнительных работ $\Delta T_{\Phi-i}$, присущих каждой последующей форме регламента. Так, для регламентов с обслуживанием ЛА по формам $\Phi-1$, $\Phi-2$, $\Phi-3$ будем иметь:

$$T_{\Phi-2} = T_{\Phi-1} + \Delta T_{\Phi-2};$$

$$T_{\Phi-3} = T_{\Phi-1} + \Delta T_{\Phi-2} + \Delta T_{\Phi-3} = T_{\Phi-2} + \Delta T_{\Phi-3},$$

где $T_{\Phi-1}$, $T_{\Phi-2}$, $T_{\Phi-3}$ — трудоемкость периодического технического обслуживания по формам 1, 2, 3; $\Delta T_{\Phi-2}$, $\Delta T_{\Phi-3}$ — трудоемкость дополнительных работ при обслуживании по формам 2, 3.

Трудоемкость каждого этапа обслуживания $T_{эт}$ в данном случае состоит из трудоемкости первой формы регламента $T_{\Phi-1}$ и части трудоемкости дополнительных работ от $\Delta T_{\Phi-3}$ ($\Delta T_{\Phi-3i}$):

$$T_{эт} = T_{\Phi-1} + \Delta T_{\Phi-2i} + \Delta T_{\Phi-3i}.$$

При таком методе организации обслуживания трудоемкость каждого этапа получается примерно одинаковой (рис. 17.1, б). Это по-

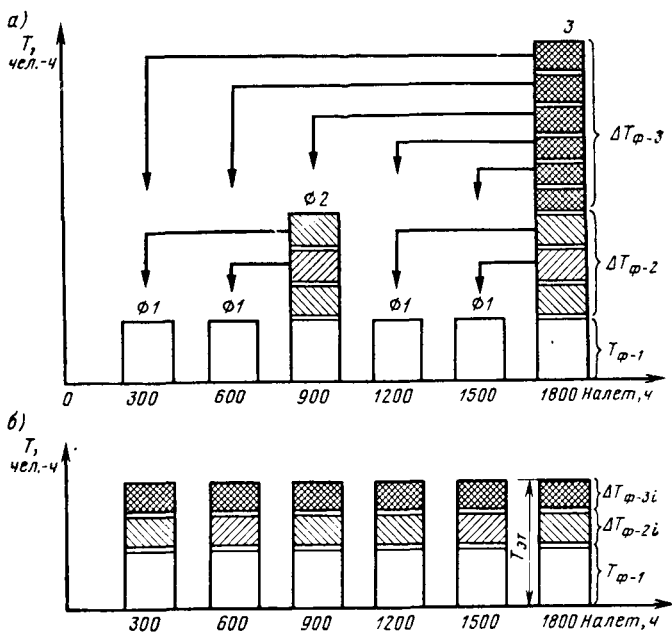


Рис. 17.1. Схема организации обслуживания поэтапным методом с распределенной трудоемкостью

звolyет сократить продолжительность разовых простоев ЛА на техническом обслуживании, создать условия для равномерной загрузки цеха периодического технического обслуживания и повысить эффективность использования ЛА. Однако в настоящее время поэтапный метод с равномерной трудоемкостью не обеспечивает необходимую возможность увеличения налета и равномерность загрузки инженерно-технического состава в течение года.

Практика работы ряда предприятий показывает, что сокращение простоев самолетов на ТО в летние месяцы может быть достигнуто за счет внедрения поэтапного метода с неравной трудоемкостью отдельных этапов в течение года. Переход на сезонный метод ТО (зимой и осенью — этапы повышенной трудоемкости, летом и весной — малой трудоемкости) дает ряд преимуществ перед методом равной трудоемкости: сокращаются простои самолетов на ТО в пиковые периоды, что повышает исправность и интенсивность использования парка; создается возможность наиболее полной загрузки ИТС за счет его перераспределения между цехами оперативного и периодического обслуживания по периодам года.

В гражданской авиации имеется значительное число небольших предприятий с малым парком ЛА разных типов. Это вызывает ряд трудностей в обеспечении высокого качества технического обслужи-

вания ЛА вследствие недостаточного числа квалифицированных специалистов и технического оснащения АТБ. Специалисты и средства технического обслуживания АТБ в ряде случаев имеют слабую загрузку, простой их велики в ожидании поступления на обслуживание очередного ЛА. Это приводит к снижению экономической эффективности эксплуатации ЛА.

Для повышения экономической эффективности использования основных производственных фондов в гражданской авиации применяются кооперированные методы эксплуатации АТ при специализации АТБ по периодическому ТО ограниченного числа типов ЛА. В практике могут использоваться различные варианты кооперирования. На базовом эксплуатационном предприятии, имеющем хорошо оснащенную АТБ, может быть сосредоточен весь парк ЛА, используемый несколькими предприятиями УГА или региона. АТБ базового предприятия осуществляет периодическое ТО всех типов ЛА и выделяет прикрепленным предприятиям в достаточном числе исправные ЛА. На прикрепленных предприятиях осуществляется только оперативное ТО ЛА. Может использоваться и такая форма кооперации, когда все предприятия имеют свои парки ЛА. Одно из них имеет специализированную АТБ, обеспечивающую выполнение периодических форм ТО ЛА всех кооперированных предприятий.

На практике могут быть и другие формы кооперации, но во всех вариантах специализированные АТБ являются базами централизованного ТО. К основным преимуществам кооперации и специализации АТБ относятся: концентрация периодического ТО ЛА одного типа на ограниченном числе АТБ и сокращение многотипности ЛА, обслуживаемых каждой АТБ; повышение технического уровня производства за счет эффективности использования производственных площадей, сосредоточения средств ТО одного-двух типов ЛА; увеличение сменности работы и оптимизация численности инженерно-технического состава в цехах АТБ; снижение себестоимости ТО АТ на специализированных АТБ; снижение затрат на капитальное строительство за счет предприятий, где нет баз централизованного ТО.

В настоящее время находит применение *смешанный (совмещенный) метод* технического обслуживания и ремонта ЛА. Сущность его заключается в том, что некоторые работы, ранее выполняемые на ремонтных заводах при ремонте ЛА, переданы на эксплуатационные предприятия и выполняются совместно с техническим обслуживанием ЛА. Для реализации этого метода составляются перечни последовательного выполнения работ по ТО и ремонту на объектах ЛА в зависимости от их наработки, определяются необходимые объемы работ.

Совмещенный метод технического обслуживания и ремонта позволяет повысить коэффициент технического использования ЛА, исключить затраты на непроизводительный перелет ЛА для ремонта, улучшить контроль технического состояния отдельных элементов конструкции ЛА в течение установленного ему ресурса.

17.4. ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ПРИ ОБСЛУЖИВАНИИ АТ ПО СОСТОЯНИЮ

При обслуживании АТ по состоянию периодичность и объем работ на ЛА определяются значениями диагностических параметров или показателей надежности объектов обслуживания.

Подготовку к обслуживанию АТ по состоянию проводят в авиапредприятиях путем разработки и выполнения комплекса организационно-технических мероприятий по подготовке АТ, производства, документации и инженерно-технического состава для перехода на новый метод обслуживания.

Организация и порядок выполнения оперативного и периодического видов обслуживания остаются в основном такими же, как и при обслуживании по наработке, но имеется и ряд особенностей. Так, эксплуатационная документация для технического обслуживания по состоянию с контролем параметров должна содержать указания о составе контролируемых параметров изделий, их предельно допустимых и предотказовых значениях, периодичности проверок, используемых средствах и методах контроля АТ, технологии замера параметров в полете и на земле, а также указания по принятию решений о дальнейшей эксплуатации изделий. Измерение функциональных и диагностических параметров объектов производится с определенной периодичностью в полете и при выполнении различных форм технического обслуживания, непосредственно на борту ЛА или со снятием агрегатов с ЛА, с использованием штатных приборов различных средств контроля при регистрации параметров в бортовых журналах или карточках, а также на ленты бортовых или наземных самописцев. Решение о продолжении эксплуатации до следующей проверки или замены (регуливки) изделия принимается по результатам измерения параметров и достижении ими предотказных значений.

При обслуживании с контролем уровня надежности должна быть документация, в которой необходимо фиксировать значения показателей надежности на основании обработки статистических данных по отказам и повреждениям. Выход фактического значения показателей надежности за контрольный уровень, установленный документацией, является сигналом о необходимости анализа причин снижения надежности и принятия решения по осуществлению доработок или изменению режима эксплуатации изделия. Внедрение обслуживания с контролем уровня надежности требует решения ряда организационных и технических задач, связанных с организацией систем оперативного сбора и обработки информации о надежности, установлением нормативных значений уровня надежности для изделий, сравнением фактического уровня надежности с нормативным, созданием комиссии для принятия решений о возможности продолжения эксплуатации изделий, использованием ЭВМ и обучением персонала и т. д. В решении перечисленных задач большая роль отводится лабораториям надежности и диагностики, их взаимодействию с другими звеньями АТБ

(техотдел, ОТК, метрологическая лаборатория, группа расшифровки полетной информации и т. д.).

Одно из основных условий внедрения методов технического обслуживания и ремонта АТ по состоянию — совершенствование производственно-технической базы, системы показателей и организационно-штатных структур эксплуатационных и ремонтных предприятий. Применение методов ТОиР по состоянию для современных ЛА и двигателей станет реальной возможностью, а это будет способствовать успешному решению задач обеспечения безопасности полетов и экономичности технической эксплуатации ЛА.

Глава 18

УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

18.1. ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Проблема повышения эффективности процесса технической эксплуатации носит комплексный характер и ее решение требует применения системного подхода, позволяющего оценить влияние совершенства технической эксплуатации на эффективность отрасли гражданской авиации как сложной транспортной системы. Эффективность работ по совершенствованию процесса технической эксплуатации оценивается по их влиянию на такие важнейшие для гражданской авиации показатели (табл. 18.1), как объем авиаперевозок R , производительность полетов Π_{Π} , себестоимость авиаперевозок C_R и рентабельность ρ при условии обеспечения безопасности и регулярности полетов (T_{Π} — наработка на отказ в полете; P_{Π} — коэффициент регулярности полетов).

В соответствии с показателями эффективности отрасли для уровня — система (процесс) технической эксплуатации назначаются следующие показатели:

Таблица 18.1. Система показателей эффективности

Структурный уровень	Показатели эффективности			
	безопасности полетов	регулярности вылетов	интенсивности использования	экономичности эксплуатации
Авиационная транспортная система (отрасль)	T_{Π}	P_{Π}	R, Π_{Π}	C_R, ρ
Система (процесс) технической эксплуатации	$K_{1000 \Pi}$ $K_{1000 \Pi}$	$P_{100},$ $t_{\text{зв}}$	$K_{\Pi}, K_{\text{испр.тр}},$ $K_{\text{ви}}, t_{\Pi}$	$C_{\text{мат.уд}},$ $C_{\text{уд}}, \tau_{\text{уд}}$

для оценки безотказности АТ и безопасности полетов используются коэффициенты, характеризующие число отказов АТ в полете по вине ИАС на 1000 ч налета $K_{п1000}$ и число отказов, приведших к инцидентам по вине ИАС, на 1000 ч налета $K_{и1000}$:

$$K_{п1000} = d_{п} \cdot 1000 / H \text{ и } K_{и1000} = d_{и} \cdot 1000 / H,$$

где $d_{п}$ — суммарное число отказов, выявленных в полете; H — общий налет парка ЛА, ч; $d_{и}$ — суммарное число отказов, приведших к инцидентам.

Эти показатели полностью отвечают требованиям оценки деятельности ИАС предприятий по обеспечению безотказности АТ и безопасности полетов и позволяют производить дифференцированную оценку влияния на них различных факторов и причин;

регулярность отправок ЛА в полет оценивается коэффициентом нарушений регулярности отправок ЛА по техническим причинам (на 100 отправок) P_{100} и средней продолжительностью задержки отправок ЛА в рейсы $t_{зв}$:

$$P_{100} = d_3 \cdot 100 / B \text{ и } t_{зв} = \left(\sum_{i=1}^{d_3} t_{i3в} \right) / B,$$

где d_3 — суммарное число задержек отправления ЛА в рейсы по техническим причинам; B — общее число отправок; $t_{i3в}$ — суммарное время i -й задержки, мин;

использование парка ЛА по времени оценивается относительными показателями:

коэффициентом использования парка ЛА по назначению

$$K_{и} = H / \Phi;$$

коэффициентом возможного использования парка ЛА

$$K_{ви} = K_{и} + K_{рн},$$

где Φ — календарный фонд времени эксплуатации парка, ЛА, ч.

Коэффициент $K_{рн}$ характеризует реальную возможность использования по назначению парка ЛА, простаивающего в исправном состоянии:

$$K_{рн} = K_{и} t_A / \Phi,$$

где t_A — суммарное время простоев исправных используемых ЛА, ч.

Показатель $K_{ви}$ используется для оценки возможности использования парка ЛА. Он представляет собой отношение суммы времени пребывания ЛА в полете и той доли времени пребывания их на земле в исправном состоянии, которая может быть использована для увеличения налета, к годовому фонду времени;

коэффициентом требуемой исправности парка ЛА

$$K_{испр. тр} = K_K + K_E + K_T + K_M,$$

Т а б л и ц а 18.2. Схема информационного обеспечения

Составляющие информационного обеспечения	Составляющие	
	Безотказность АТ и безопасность полетов	Регулярность отправления в рейсы
Показатели Исходные данные	$K_{1000п}, K_{1000и}$ Об отказах и неисправностях	$P_{100}, t_{зв}$ О задержках отправлений
Подразделения АТБ Источники получения данных	Техотдел, ОТК Бортовые журналы, карточки учета неисправностей, отчеты по безопасности полетов	ОТК, ПДО Акты о задержках, журнал учета, отчеты (анализы) о регулярности отправлений

где $K_K = t_K/\Phi$, $K_E = t_E/\Phi$, $K_\Gamma = t_\Gamma/\Phi$ и $K_M = t_M/\Phi$ — коэффициенты, характеризующие пребывание парка ЛА в состояниях соответственно рейсов К, обеспечения рейсов Е, резерва Г и простоев по метеоусловиям М; t_K , t_E , t_Γ и t_M — суммарное время пребывания ЛА соответственно в рейсах, на обеспечении рейсов, в резерве и простоях по метеоусловиям.

Показатель $K_{испр.тр}$ используется для оценки реальной потребности в исправных ЛА для обеспечения запланированных объемов летной работы при требуемом уровне регулярности отправлений в полет. Он отражает долю суммарного фонда времени парка ЛА, затрачиваемого на пребывание в рейсах, на их обеспечение, в резерве, простоев по метеоусловиям и другим запретам в общем календарном фонде времени эксплуатации парка ЛА;

удельными простоями ЛА по техническим причинам

$$t_{п} = \left(\sum_i t_i \right) / N,$$

где t_i — суммарное время простоев ЛА в i -м состоянии процесса технической эксплуатации, ч;

для оценки, планирования и управления экономичностью технической эксплуатации предусмотрены показатели, характеризующие затраты труда и материальных средств по ТОиР на 1 ч налета:

удельные трудовые затраты

$$\tau_{уд} = \left(\sum_i T_{iТО} \right) / H;$$

удельные материальные затраты

$$C_{мат. уд} = \left(\sum_i C_{i мат} \right) / H;$$

себестоимость ТОиР

$$C_{уд} = \frac{\sum_i (C_{i мат} + C_{i раб} + C_{i н} + C_{i ап})}{H},$$

расчета показателей эффективности ПТЭ ЛА

эффективности

Использование парка ЛА по времени	Экономичность эксплуатации
$K_{ж}, K_{ви}, K_{испр. тр}, t_{п}$ О числе посещений состояний ПТЭ и времени пребывания в них ПДО Табель почасового учета, диспетчерский график, отчеты об исправности и использовании	$t_{уд}, C_{мат. уд}, C_{уд}$ О трудоемкости и стоимости работ по ТОиР ПЭО Карты-наряды на ТО, отчет о технико-экономических показателях, требования на получение запчастей, материалов, ГСМ

где $T_{i\text{ТО}}$ и $C_{i\text{мат}}$, $C_{i\text{раб}}$, $C_{i\text{н}}$ и $C_{i\text{ап}}$ — суммарные трудозатраты, чел.-ч, и затраты на запасные части, агрегаты и другие расходные материалы, заработную плату работников, накладные и аэропортовые расходы соответственно в i -м состоянии процесса технической эксплуатации, связанном с ТОиР, руб.

Перечисленная группа показателей в зависимости от решаемой задачи рассчитывается: отдельно для оперативных или периодических форм ТО; отдельно для ремонта или ремонтных форм; для ТОиР в целом.

Первичными исходными данными для расчета показателей эффективности процесса технической эксплуатации ЛА являются данные об отказах и повреждениях АТ, о задержках отправления в рейсы, почасовом использовании ЛА, затратах труда и материальных средств на ТО.

Принятые показатели эффективности ПТЭ и схема информационного обеспечения (табл. 18.2) положены в основу технологии автоматизированного учета и отчетности для решения широкого круга задач ИАС при управлении эффективностью ПТЭ ЛА. При разработке и внедрении системы управления эффективностью к числу главных задач относятся контроль, анализ и планирование эффективности ПТЭ ЛА, нормирование, регулирование и оценка (управление) эффективности ПТЭ ЛА.

18.2. АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Основное назначение работ по анализу и оценке эффективности ПТЭ ЛА — выявление и рациональное использование резервов производства. Для анализа и оценки эффективности ПТЭ используется специальная методика, разработанная для эксплуатационных авиапредприятий. Она дает возможность решать следующие задачи: информационного обеспечения расчета показателей эффективности; расчета показателей эффективности; анализа влияния различных техни-

ческих и организационных факторов на эффективность ПТЭ; определения целесообразности и рациональности последовательности внедрения мероприятий по повышению эффективности ПТЭ; оценки эффективности результатов внедрения разработанных мероприятий.

Решение перечисленных выше задач осуществляется отдельно для каждого типа ЛА в масштабе авиапредприятия и основывается на использовании статистической информации, содержащейся в учетно-отчетной документации АТБ. С целью анализа эффективности ПТЭ на различных организационных уровнях r ЛА различают по группам S_r ($r = 1, 2, 3$) (рис. 18.1).

Система информационного обеспечения анализа эффективности ПТЭ включает четыре потока информации: об отказах и неисправностях, о задержках вылетов, числе посещений и времени пребывания в состояниях ПТЭ, о трудоемкости и стоимости работ в состояниях ПТЭ (см. табл. 18.2).

Учет данных о числе посещений ЛА состояний ПТЭ, времени пребывания в них ведется в соответствии с инструкцией по почасовому учету исправности и использования ЛА.

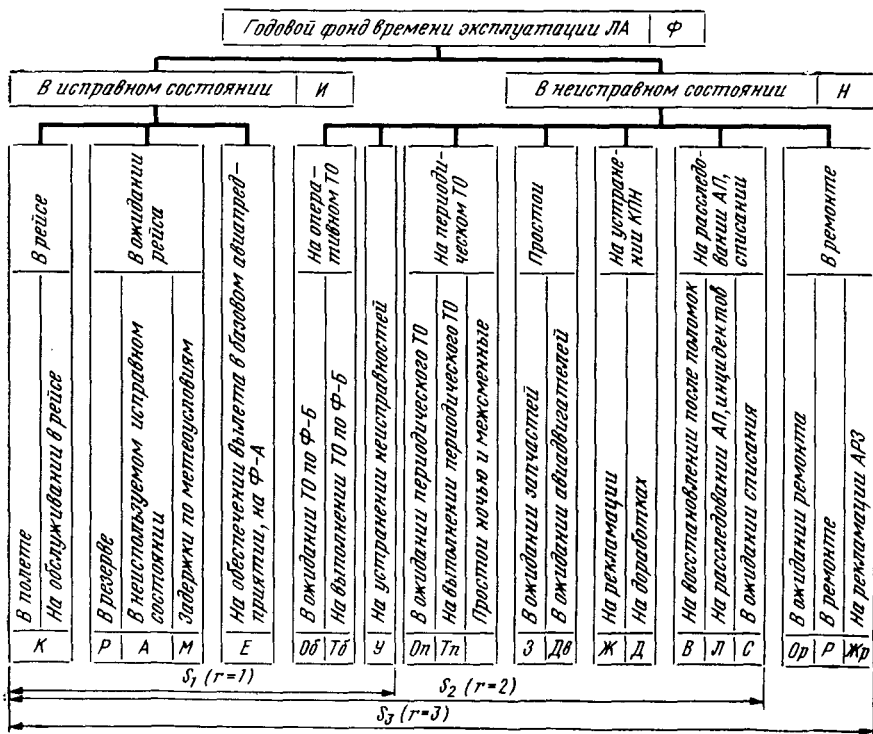


Рис. 18.1. Структура годового фонда времени эксплуатации ЛА

Расчет показателей эффективности ПТЭ производится для каждого уровня r организационной структуры АТБ. При этом используется математический аппарат полумарковских процессов (см. гл. 7). Интервалы отчетных периодов принимаются в зависимости от потребности в результатах анализа и возможностей получения необходимой исходной информации (декада, месяц, квартал, год).

Предварительно определяются следующие промежуточные величины:

частота попадания в i -е состояние ПТЭ

$$\pi_i = n_i / \left(\sum_{k=1}^N n_k \right),$$

где N — число состояний ПТЭ;

среднее время пребывания в состояниях ПТЭ

$$\mu_{i\text{ср}} = t_i / n_i;$$

средние трудозатраты в i -м состоянии ПТЭ

$$T_{i\text{ср}} = T_i / n_i;$$

средние затраты средств в состояниях ПТЭ

$$C_{i\text{ср}} = C_i / n_i;$$

среднее число отказов и неисправностей, выявленных в i -м состоянии ПТЭ: по причинам конструктивно-производственных недостатков — $d_{i\text{ср.кпн}}$, при техническом обслуживании — $d_{i\text{ср.то}}$:

$$d_{i\text{ср.кпн}} = d_{i\text{кпн}} / n_i; \quad d_{i\text{ср.то}} = d_{i\text{то}} / n_i;$$

среднее число задержек вылетов в i -м состоянии ПТЭ по причине конструктивно-производственных недостатков, ТО:

$$m_{i\text{ср.кпн}} = m_{i\text{кпн}} / n_i;$$

$$m_{i\text{ср.то}} = m_{i\text{то}} / n_i.$$

Затем рассчитывают показатели эффективности ПТЭ: число отказов в полете на 1000 ч налета

$$K_{1000\text{п}} = \frac{\sum_{i=1}^N \pi_i d_{i\text{ср}} \cdot 1000}{\pi_a \mu_1},$$

где π_a — частота попадания в рейс; μ_1 — средний налет за рейс;

коэффициент нарушений регулярности отправок

$$P_{100i} = \pi_{i3} m_{i\text{ср}} / \pi_1,$$

где π_{i3} — частота попадания в состояние задержек вылета по причине конструктивно-производственных недостатков, вине АТБ, цеха;

коэффициент использования

$$K_{\text{и}} = \frac{\pi_2 \mu_1}{\sum_{i=2}^N \pi_i \mu_i};$$

коэффициент возможного использования

$$K_{\text{ви}} = \frac{\pi_2 \mu_1 + \sum_j^{N_j} \pi_j \mu_j}{\sum_{i=2}^N \pi_i \mu_i},$$

где π_j — частота попадания в состояния резерва (Г), неиспользования исправного самолета (А) и простоев по метеоусловиям (М);

удельные простои в k -х состояниях ПТЭ (ТОиР)

$$t_{\text{п}} = \frac{\sum_{k=1}^{N_k} \pi_k \mu_k}{\pi_2 \mu_1};$$

удельная трудоемкость

$$\tau_{\text{уд}} = \frac{\sum_{k=1}^{N_k} \pi_k T_k}{\pi_2 \mu_1};$$

удельная стоимость

$$C_{\text{уд}} = \sum_{k=1}^{N_k} \pi_k C_k / (\pi_2 \mu_1);$$

коэффициент простоев в i -м состоянии ПТЭ

$$K_i = \pi_i \mu_i / \left(\sum_{i=2}^N \pi_i \mu_i \right).$$

Значения показателей, установленные по приведенным расчетным формулам, являются основой последующего анализа и оценки эффективности ПТЭ парка ЛА, закрепленного за авиапредприятием гражданской авиации.

18.3. ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЗАЦИОННЫХ И ТЕХНИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ

Для анализа влияния различных организационных и технических факторов на эффективность ПТЭ в отчетном периоде ведется контроль за уровнем эффективности путем сравнения ее показателей с некоторы-

ми базовыми значениями, за которые могут приниматься нормативные значения показателей эффективности или показатели предшествующего периода.

Уровень эффективности оценивается относительными показателями, которые определяются отношением значений показателей за отчетный период к соответствующим базовым значениям, например для удельных простоев:

$$\bar{t} = t_n^{\text{отч}} / t_n^{\text{б}},$$

где $t_n^{\text{отч}}$ и $t_n^{\text{б}}$ — значения удельной продолжительности ТОиР соответственно за отчетный период и базовое.

Если значения показателей $\bar{K}_{1000\text{п}}$, $\bar{P}_{100}$, $\bar{K}_и$, $\bar{K}_{\text{ви}}$ в отчетном периоде будут меньше 1, то это означает снижение эффективности ПТЭ. Если же значения показателей $\bar{t}_п$, $\bar{\tau}_{\text{уд}}$, $\bar{C}_{\text{мат.уд}}$, $\bar{C}_{\text{уд}}$ меньше 1, то это означает повышение эффективности ПТЭ.

При снижении уровня эффективности, выявленном по показателям безопасности и регулярности полетов, необходимо прежде всего разработать мероприятия по их повышению. При анализе интенсивности использования и экономичности эксплуатации прежде всего оценивается степень влияния отдельных состояний ПТЭ на значения показателей использования и экономичности: по затратам времени μ_i ; по трудоемкости $\pi_i T_i$; по стоимости $\pi_i C_i$.

Состояния, для которых указанные величины являются наибольшими, оказывают наиболее существенное влияние на значения соответствующих показателей эффективности ПТЭ. По такому признаку все состояния ПТЭ выстраиваются в ранжированный ряд по убыванию степени влияния на эффективность ПТЭ, что позволяет выделить только те состояния, которые оказывают на нее наиболее существенное (доминирующее) влияние.

Относительные значения показателей эффективности ПТЭ за отчетный или планируемый периоды эксплуатации могут определяться через относительные величины времени пребывания $\bar{\mu}_{ид}$, трудоемкости $\bar{T}_{ид}$, стоимости $\bar{C}_{ид}$ в доминирующих состояниях ПТЭ.

Например, показатель использования

$$K_и = 1 + K_{и\text{б}} t_{пид} (1 - \bar{\mu}_{ид}),$$

где $\bar{\mu}_{ид} = \mu_{ид} / \mu_{ид}^{\text{б}}$.

Изменяя значения $\bar{\mu}_{ид}$ от 0,5 до 2,0, строится номограмма вида $K_и = f(\bar{\mu}_{ид})$, (рис. 18.2).

Подобные номограммы позволяют производить оперативную оценку влияния различных факторов на относительные показатели эффективности ПТЭ.

Определение перечня и рациональной последовательности внедрения мероприятий с учетом степени их влияния на повышение эффективности ПТЭ рекомендуется производить в следующем порядке:

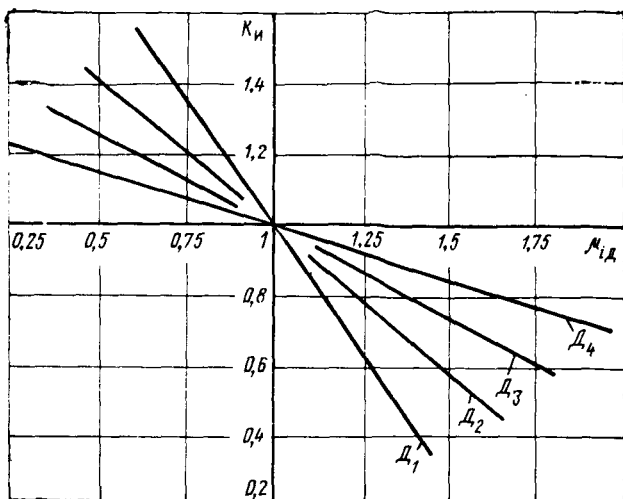


Рис. 18.2. Зависимость $K_{И}$ от относительного времени $\mu_{гД}$ пребывания ЛА в доминирующих состояниях $Д_1, Д_2, Д_3, Д_4$

определяют доминирующие состояния ПТЭ;

рассматривают изменения относительных показателей эффективности ПТЭ в целом от изменения затрат в доминирующих состояниях и строят номограммы;

начиная с доминирующего состояния, обладающего наибольшей степенью влияния на эффективность, определяют возможные организационные и технические мероприятия и с помощью инженерных расчетов определяют ожидаемое относительное сокращение времени.

Используя номограммы (см. рис. 18.2), определяют ожидаемое изменение относительных показателей эффективности от внедрения конкретных мероприятий.

После внедрения мероприятий оценивают фактические результаты путем расчета достигнутых значений показателей эффективности и намечают пути дальнейшего совершенствования производства. Расчет показателей эффективности и оценка влияния различных факторов и мероприятий на повышение эффективности ПТЭ выполняются на предприятиях ГА с применением вычислительной техники и специально разработанного программного обеспечения.

18.4. УПРАВЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТЬЮ

На современном этапе развития ИАС ГА существенное повышение эффективности технической эксплуатации достигается на основе разработки и широкого внедрения системы управления эффективностью

процесса технической эксплуатации ЛА на эксплуатационных авиапредприятиях. Данная система опирается на научно обоснованные и проверенные практикой принципы управления социалистическим производством.

Система управления эффективностью представляет собой совокупность объекта управления и управляющих органов, взаимодействующих с помощью информационных и материально-технических средств. Объект управления — эффективность ПТЭ парка однотипных ЛА. Управляющими органами являются руководство ИАС: АТБ, отделов, цехов и смен. При этом на начальника АТБ возлагаются функции организации и координации всего комплекса задач управления. Главный инженер проводит анализ деятельности АТБ, оценку резервов производства, планирование и корректировку показателей эффективности, технико-экономическую подготовку личного состава. Начальник производства обеспечивает выполнение плана ТО приписного парка ЛА, внедрение мероприятий по повышению эффективности ПТЭ, контроль исполнения и корректировку планов.

Отделы АТБ решают в рамках системы управления эффективностью ПТЭ комплекс задач, направленный на обеспечение: безопасности и регулярности полетов, высокой степени технической оснащенности производства, совершенствования технологии ТО и рационального использования ресурсов — техотделы; контроля качества выполняемых работ, действенности системы бездефектного труда — отделы технического контроля; высоких показателей использования приписного парка ЛА и снижения их непроизводительных простоев — производственно-диспетчерские отделы.

В цехах и сменах разрабатываются и реализуются мероприятия по повышению эффективности ПТЭ, ведется строгий учет всех видов затрат, обеспечивается стимулирование труда работников.

Главная цель системы управления эффективностью ПТЭ ЛА — планомерное обеспечение всемерного использования научно-технических, производственных, организационных и социально-экономических возможностей для достижения постоянных высоких темпов роста эффективности ПТЭ в интересах повышения эффективности транспортного процесса в целом и удовлетворения потребностей населения и народного хозяйства в воздушных перевозках.

В рамках ИАС система управления эффективностью предназначена для совершенствования производственной деятельности АТБ, направленной на повышение безопасности полетов, регулярности отправок, сокращение затрат времени, труда и средств на ТО, обеспечение возможности повышения интенсивности использования ЛА. Эта цель достигается за счет рационального использования внутренних резервов для развития производственной и материально-технической базы, совершенствования организации производства и информационного обеспечения, улучшения профессиональной подготовки ИТС и технологической подготовки производства. Конечный результат производственной деятельности АТБ — обеспече-

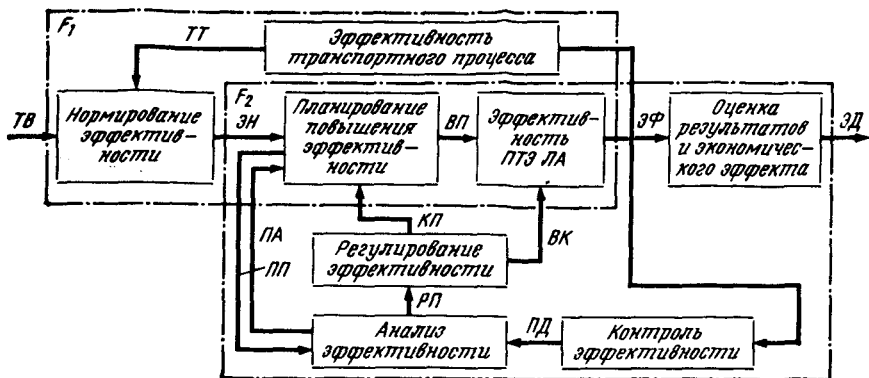


Рис. 18.3. Структурная схема системы управления эффективностью ПТЭ:

$ТТ$ — требования транспортного процесса; $ТВ$ — требования внешние; $ЭН$ — нормативы эффективности; $ВП$ — воздействия плановые, управляющие; $ЭФ$ — показатели эффективности фактические; $ЗД$ — достигнутые результаты по повышению эффективности; $ПД$ — показатели достигнутые контролируемые; $ПП$ — показатели плановые; $РП$ — результаты рассогласования; $КП$ — воздействия по корректировке плана; $ВК$ — воздействия корректирующие на ПТЭ

ние технической возможности выполнения авиаперевозок за счет предоставления исправных, надежных в полете ЛА с учетом требований расписания, характера перевозок, особенностей авиационных трасс.

Система управления эффективностью ПТЭ ЛА взаимодействует с системой управления эффективностью транспортного процесса и подчинена ей. Одновременно она является составной частью системы управления производством в АТБ и рассматривается как ее целевая подсистема. Система управления определяет порядок взаимодействия АТБ со смежными и вышестоящими организациями, устанавливает перечень функций и принципы взаимодействия службы внутри АТБ.

Система управления эффективностью ПТЭ ЛА имеет два контура (рис. 18.3). Внешний контур F_1 определяет взаимосвязь ПТЭ с транспортным процессом и отраслью в целом. Он настроен на выполнение требований по повышению эффективности транспортного процесса, которые формируются в Плане повышения эффективности ПТЭ ЛА.

Внутренний контур F_2 определяет взаимосвязь и взаимодействие подразделений АТБ при выполнении функций управления эффективностью ПТЭ. Он настроен на выполнение плана повышения эффективности ПТЭ.

Функционирование системы управления эффективностью ПТЭ осуществляется следующим образом. Эффективность ПТЭ должна отвечать требованиям, предъявляемым отраслью (МГА) и УГА (поток $ТВ$), а также требованиям, обеспечивающим эффективность транспортного процесса и исходящим от него (поток $ТТ$). На основе указанных групп требований проводится нормирование (устанавливаются нормативы) показателей эффективности ПТЭ ЛА на планируемый период.

На основании установленных нормативов (поток ЭН) и данных анализа эффективности ПТЭ ЛА за прошедший период (поток ПА) разрабатывается План повышения эффективности ПТЭ, предусматривающий внедрение целевых мероприятий по повышению эффективности, которые являются управляющими воздействиями (поток ВП) на эффективность ПТЭ. Реализация целевых мероприятий обеспечивает возможности (поток ЭФ) повышения эффективности транспортного процесса. Таким образом происходит функционирование внешнего контура F_1 .

Для оперативного управления эффективностью ПТЭ осуществляется контроль текущих данных по эффективности ПТЭ (поток ЭФ) путем определения текущих значений показателей эффективности. Сравнение достигнутых показателей эффективности (поток ПД) и запланированных (поток ПП) позволяет определить рассогласование между ними. При выявлении существенных неблагоприятных отклонений достигнутых значений показателей от плановых производится их анализ. Рассогласование (поток РП) передается для выработки управляющих воздействий для регулирования эффективности ПТЭ.

При выработке управляющих воздействий может быть принято решение о внедрении дополнительных мероприятий — корректирующих воздействий (поток ВК) или решение о корректировке плана (поток КП). На этом цикл управления по внутреннему контуру замыкается.

По окончании планового периода на основании накопленных данных по эффективности ПТЭ производится оценка достигнутых результатов по ее повышению, которые направляются в УГА и МГА (поток ЭД) для проверки выполнения требований (поток ТВ), предъявляемых к эффективности ПТЭ на планируемый период.

Качество управления эффективностью ПТЭ в значительной мере определяется степенью автоматизации при решении комплекса задач управления. Основой автоматизации управления является совокупность методического обеспечения информационной системы, комплекса технических средств и необходимых организационно-технических и экономических условий.

Глава 19

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

19.1. УСЛОВИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КАЧЕСТВА ТРУДА

Обеспечение высокого качества ТО авиационной техники является важнейшей задачей ИАС, тесно связанной с безопасностью и регулярностью полетов ЛА. Организационно-технические формы обеспечения качества ТО ЛА постоянно совершенствуются применительно к условиям производственной деятельности авиапредприятий с учетом сложности АТ и интенсивности ее эксплуатации.

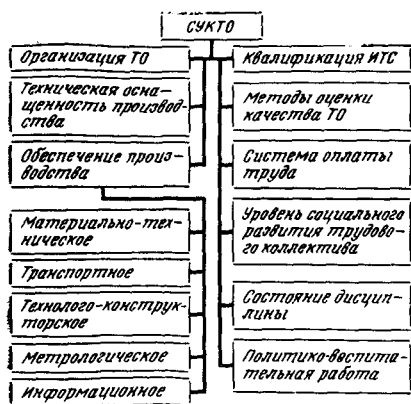


Рис. 19.1. Факторы, определяющие качество ТО

Качество работы исполнителя оценивают степенью соответствия каждой законченной работы полученному заданию и требованиям ЭТД. Каждый исполнитель физически и психологически способен выполнять работу без ошибок и брака, если для его труда созданы необходимые условия.

К числу таких условий следует прежде всего отнести:

знание цели и значения выполняемой работы. Оно достигается путем разъяснительной работы, в результате которой исполнитель осознает свою роль в обеспечении безопасности и регулярности полетов, непосредственно связанных с качеством выполняемых им работ по ТО ЛА;

стремление качественно выполнить работу, которое подкреплено действенной системой контроля, материального и морального стимулирования повышения качества труда;

умение правильно выполнять операции по ТО и текущему ремонту. Оно обеспечивается всей системой специальной технической подготовки и повышения квалификации исполнителей;

наличие возможностей выполнять работу строго по технологии и в установленные сроки. Данные условия предполагают высокую оснащенность и рациональную организацию производства, уровень обеспечения необходимыми инструментами, оборудованием и материалами, степень загруженности исполнителей (режим работы, число и состав бригад).

Важнейшее требование, предъявляемое к системе управления качеством ТО (СУКТО), — активизация человеческого фактора, характеризующего отношение человека к труду. Оно зависит от уровня социального развития трудового коллектива, морального климата в нем, условий труда и его объективной оценки. На качество труда также влияют: физическое здоровье человека, его возраст, уровень знания АТ и навыков ее ТО, устойчивость организма к погодным условиям и внешним раздражителям (шум, вибрация, запыленность и загазованность воздуха на рабочем месте), утомляемость, память, зрение, способность переключать внимание и другие факторы.

Основные группы факторов, оказывающих решающее влияние на производительность труда и качество работы ИТС, от которых зависит действенность СУКТО, приведены на рис. 19.1.

Устойчивое повышение качества ТО на основе СУКТО может быть достигнуто при условии выполнения следующих основных требований:

соблюдении основных положений СУКТО;
неуклонном соблюдении правил об обязательном материальном поощрении или моральном воздействии руководящих органов, общественных организаций и всего коллектива на исполнителей, допустивших ошибки и брак в работе;
четком выполнении порядка исследования причин каждого случая отклонения фактических характеристик качества труда от нормативных и оперативное принятие необходимых профилактических мер по ним;

привлечении всего личного состава АТБ к работе по повышению качества ТО и его поощрению;

организации оперативной наглядной агитации и информации по качеству ТО, передовым методам работы и т. п.;

планировании, организации и контроле деятельности всех должностных лиц, занятых вопросами обеспечения высокого качества ТО.

Главное условие действенности СУКТО — полная ответственность непосредственных исполнителей за качество труда, а руководителей производства — за обеспечение условий для качественного бездефектного труда подчиненных им авиаспециалистов, подкрепляемая эффективным контролем качества.

19.2. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ

Комплексные СУКТО разрабатываются и функционируют в соответствии с основными принципами Единой системы государственного управления качеством продукции и основными положениями системы управления производственными предприятиями.

В гражданской авиации СУКТО формируется согласно Рекомендациям и Руководству по управлению качеством ТО ЛА, типовому положению о системе организации бездефектного ТО АТ и требованиям государственных стандартов по разработке и внедрению отраслевых систем управления качеством продукции.

СУКТО предусматривает совокупность взаимоувязанных организационных, технических, экономических и социальных мероприятий по достижению целей управления.

Основная цель СУКТО — планомерное и систематическое повышение качества ТО АТ, для чего разрабатываемая система должна предусматривать решение следующих основных задач:

планирования повышения качества ТО с учетом развития АТБ, ее производственных возможностей и ресурсов;

совершенствования технологической подготовки производства, разработки стандартов предприятия, регламентирующих порядок обеспечения исполнителей технологической документацией;

обеспечения необходимых условий производства (см. рис. 19.1);

авиационно-технической подготовки ИТС, подбора и расстановки кадров;

совершенствования организации работ на АТ;

обеспечения стабильности запланированного качества ТО путем устранения всех причин, снижающих качество:

стимулирования повышения качества ТО, совершенствования методов оценки качества труда, морального и материального поощрения ИТС;

улучшения организации, применяемых методов и средств контроля качества выполненных работ, учета и анализа динамики изменения уровня качества.

Ответственность за выполнение функций по обеспечению качества ТО возлагается на производственные подразделения АТБ, ОТК, технический отдел, лабораторию диагностики, метрологическую службу. Поручать работы по управлению качеством только ОТК не рекомендуется.

Важнейшими принципами, составляющими основу СУКТО, являются принципы непрерывности, гибкости и многоступенчатости контроля качества выполняемых на АТ работ с учетом предусмотренных в ГА видов контроля (рис. 19.2): пооперационный, окончательный, выборочный и инспекторский, разовый и контрольные осмотры, контрольные полеты. Непрерывность контроля обеспечивается применительно к АТ на всех этапах ее эксплуатации, начиная с момента ее транспортирования к потребителю до списания и утилизации после отработки установленных ресурсов и сроков службы. Принцип многоступенчатости обусловлен порядком контроля качества выполненных работ (операций), устанавливаемым регламентами и технологическими указаниями по ТО конкретных типов ЛА.

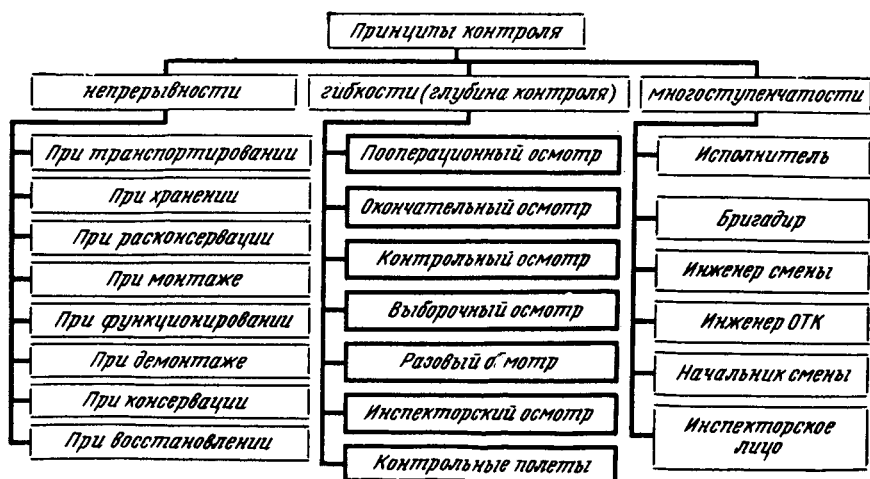


Рис. 19.2. Принципы формирования СУКТО

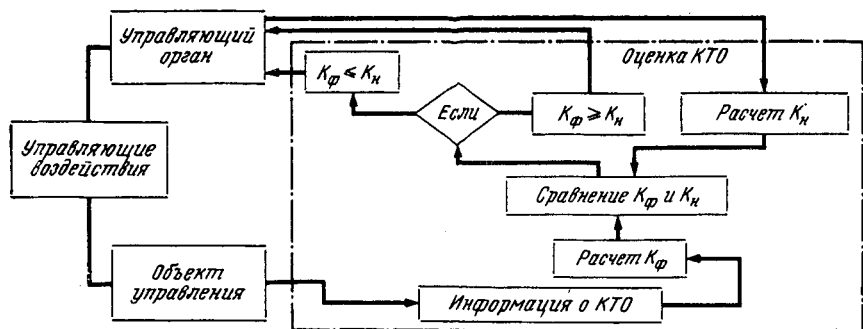


Рис. 19.3. Схема системы управления качеством ТО

Управление качеством распространяется на все уровни управления деятельностью ИАС: аппарат МГА, управления и производственные объединения гражданской авиации, авиапредприятия и АТБ. Управление качеством ТО осуществляется при использовании АТ по назначению, эксплуатационных испытаниях, непосредственном ТО, текущем ремонте и доработках АТ. СУКТО является составной частью (подсистемой) системы управления производством в АТБ (рис. 19.3).

Функции *управляющего органа* (УО) в СУКТО выполняет руководящий состав АТБ. Ответственность за организацию управления качеством ТО возлагается на начальника АТБ, а координацию работ всех структурных звеньев (уровней) — на постоянно действующие комиссии по качеству (ПДКК), создаваемые на АТБ и в ее подразделениях. В состав комиссий включают руководителей производства, инженерный персонал, представителей партийных и общественных организаций.

Организационно-технической и методической основой СУКТО являются: планы организационно-технических мероприятий (ОТМ) АТБ, руководящие технические материалы (РТМ) и технические условия (ТУ), стандарты и ЭТД, регламентирующие процессы ТО и текущего ремонта АТ.

Объектом управления являются процессы ТО, качество которых зависит от квалификации ИТС, конструктивного совершенства ЛА и наземного комплекса (НК).

Совокупность *управляющих воздействий* (УВ) по повышению качества ТО формируется с целью стабилизации положительных или устранения отрицательных изменений уровня качества ТО. К их числу прежде всего относятся технические, организационные, обучающие, экономические, информационные, социально-правовые и политико-воспитательные воздействия.

Важнейшим элементом СУКТО является оценка качества ТО, предусматривающая расчет фактических K_f и нормативных K_n показателей качества, их сравнение и передача результатов в управляющий орган.

Процесс управления качеством включает: планирование работ по повышению качества ТО; получение информации о состоянии качества ТО и его обеспечении на рабочих местах; анализ положительного опыта и недостатков по вопросам качества ТО; разработку мероприятий и подготовку оперативных решений по результатам оценки качества ТО; доведение решений до исполнителей и реализацию мероприятий по повышению качества ТО; контроль выполнения принятых решений.

Для эффективного функционирования СУКТО начальник АТБ разрабатывает и осуществляет комплекс различных мероприятий, обеспечивающих достижение целей управления качеством ТО, распространяя воздействие системы на все стороны производственной и общественной деятельности трудового коллектива АТБ. С учетом этого СУКТО носит комплексный характер и предусматривает оперативное и систематическое управление качеством ТО АТ.

Управление качеством ТО осуществляет ИТС АТБ на трех уровнях: первом — исполнители и бригадиры (оперативное управление); втором — среднее звено руководящего состава: инженеры и начальники смен, участков, лабораторий, цехов (оперативное и систематическое управление); третьем — старшее звено руководящего состава: начальники отделов, начальник АТБ, его заместители (систематическое управление).

Оперативное управление включает действия исполнителей и руководителей подразделений АТБ по обеспечению требуемого качества работ, осуществляемые при подготовке и в ходе производственных процессов ТО.

Должностные лица, разрабатывающие и выдающие производственные задания по ТО АТ, обязаны для обеспечения качества работ, учитывать число исполнителей в бригадах, специализацию и квалификацию исполнителей, условия выполнения задания (метеоусловия при работе под открытым небом, в помещении и др.), время по нормативам и время, располагаемое для выполнения задания, обеспеченность средствами измерений и наземного обслуживания, другие производственные условия, а также индивидуальные особенности исполнителей и руководителей, которые могут повлиять на качество работ.

Лицо, отвечающее за выполнение работ, обязано: правильно оценить возможность высококачественного выполнения полученного задания в данных условиях и в установленное время при фактическом наличии и имеющейся квалификации подчиненных исполнителей, наличии и состоянии технических средств; принять все зависящие от него меры по обеспечению качества работ. При невозможности выполнить задание с требуемым качеством или в установленное время исполнитель обязан доложить об этом должностному лицу, выдавшему задание.



Рис. 1-1 Управляющие воздействия СУКТО

В процессе выполнения работ исполняющие, контролирующие и руководящие лица обязаны принимать меры по устранению и предупреждению нарушений (сбоев) в ходе ТО, влияющих на качество, которые могут быть вызваны недостатками обеспечения, необходимостью проведения работ по устранению неисправностей и пр. О таких нарушениях хода работ исполнитель должен оперативно информировать вышестоящих руководителей.

Должностные лица второго уровня управления, принявшие решение по устранению причин сбоя в работе, обязаны это решение довести до работников, на которых возложена реализация решения, контролировать его исполнение и сообщить об этом работнику, представившему информацию о сбое в работе. Информацию о неисправностях, угрожающих безопасности полетов, о случаях серьезного нарушения технологии выполнения работ и грубых ошибках, допущенных исполнителем, доводят до сведения всего ИТС немедленно или на технических разборах в подразделениях АТБ, а также до вышестоящих органов ИАС.

Систематическое (регулярное) управление качеством ТО — один из основных компонентов СУКТО, отличающий эту систему от ранее применявшихся организационных форм обеспечения качества. Систематическое управление — это постоянные действия должностных лиц по установлению, обеспечению и поддержанию необходимого уровня качества ТО АТ, осуществляемые в плановом порядке по ре-

результатам анализа влияния постоянно действующих факторов, оказывающих решающее влияние на качество ТО (рис. 19.4).

Систематическое управление качеством ТО предусматривает разработку руководителями АТБ планов мероприятий по устранению недостатков, внедрению передового опыта и реализации их в устанавливаемые сроки своими силами или с помощью вышестоящих инстанций. На их основе формируется совокупность управляющих воздействий (см. рис. 19.3), которые могут быть выделены в отдельные группы по организации ТО, технической оснащенности, информационному обеспечению, экономическому, социально-правовому и политико-воспитательному характеру воздействий.

19.4. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

При оценке качества работы ИТС учитывают: процент сдачи продукции ТО с первого предъявления; выполнение правил эксплуатации, применения средств измерений и наземного оборудования, инструмента и приспособлений, правил содержания рабочего места; соблюдение производственной и технологической дисциплины; отношение к выполнению служебного долга; стремление выполнить работу в срок и с высоким качеством; выполнение норм выработки и производительности труда; выполнение требований по экономии топливно-энергетических ресурсов, материалов и средств.

Оценка качества ТО в условиях бездефектного труда производится с помощью базового коэффициента сдачи работ с первого предъявления, выраженного в процентах:

$$K_6 = \frac{N_1}{N_0} 100,$$

где N_0 — общее число предъявлений продукции ТО; N_1 — число работ, сданных с первого предъявления.

При определении коэффициента обобщенной оценки качества $K_{об}$ недостатки ТО, не выявленные при приемке и обнаруженные в процессе последующей эксплуатации АТ после выполнения регламента, учитываются путем снижения K_6 при помощи коэффициентов пересчета $K_{сн j}$:

$$K_{об} = K_6 \prod_j K_{сн j},$$

где j — виды выявленных нарушений.

Коэффициенты пересчета в каждой АТБ устанавливаются положением о системе бездефектного труда. При этом принимаются следующие значения $K_{сн j}$: авиационные происшествия — 0,0; инциденты — 0,1; повреждения АТ на земле — 0,5; задержка рейса — 0,7; брак — карта — 0,8; повторный дефект — 0,9.

В условиях действующей СУКТО для оценки качества работы исполнителей, инженерного и руководящего состава, организующего ТО и контролирующего работу исполнителей на АТ, используют также обобщенный коэффициент качества $K_{об}^p$, исчисляемый по другой методике. Он определяется суммированием базового коэффициента $K_{об}^p$, условно принятого равным 100, и коэффициентов его повышения $K_{пi}$ и снижения $K_{снj}$:

$$K_{об}^p = 100 + \sum_{i=1}^{n_i} n_i K_{пi} - \sum_{j=1}^{n_j} n_j K_{снj},$$

где n_i , n_j — число случаев соответственно отличной работы, нарушений.

Значения коэффициентов $K_{пi}$ и $K_{снj}$ принимаются обычно в соответствии с рекомендуемыми перечнями типовых описаний вариантов отличной работы и вариантов нарушений, характеризующих качество работы исполнителей и инженерного персонала и устанавливаемых при внедрении СУКТО. Результаты оценки качества работы ИТС и подразделений АТБ используются при анализе характера и динамики изменения показателей качества, при подведении итогов социалистического соревнования, при решении вопросов материального и морального поощрения работников АТБ.

Руководители подразделений и АТБ обязаны своевременно информировать ИТС и рабочих о выплате премий в повышенном размере работникам, добившимся высокого качества ТО, и о причинах снижения или лишения премий работников, имевших недостатки в работе.

Контрольные вопросы к разделу 3

1. Постройте структурную схему ИАС ГА, сформулируйте ее назначение и основные задачи.
2. Как классифицируются АТБ и какова типовая структура АТБ?
3. Какие функции возлагаются на лаборатории диагностики АТ в АТБ?
4. Какой порядок допуска ИТС к ТО АТ установлен в ГА?
5. Дайте пояснения терминам: режим, периодичность, виды и формы ТО АТ.
6. Назовите критерии и раскройте существо методов оптимизации периодичности ТО изделий функциональных систем ЛА.
7. Что понимается под группировкой работ по ТО в оптимальные формы регламента? Каковы критерии и механизм группировки?
8. Каковы назначение и структура регламента и технологических указаний по ТО АТ?
9. Перечислите основные исходные данные для планирования использования ЛА и их отхода на ТО и в ремонт.
10. Каков порядок учета ЛА и их списания?
11. В чем заключается подготовка АТ при ее передаче в ремонт и каков порядок ее получения от ремонтного завода?
12. Какими нормативными документами регламентирована рекламационно-претензионная работа? В каких случаях и кому предъявляются рекламации?
13. Дайте общую схему организации оперативного ТО АТ.

14. Каковы принципиальные особенности организации периодического ТО АТ?

15. Сущность поэтапного метода ТО и условий его реализации.

16. Какие знаете разновидности поэтапного метода ТО и какие цели они преследуют?

17. В чем заключается подготовка АТБ к переводу АТ на ТО по состоянию?

18. Что понимается под эффективностью ПТЭ и какими показателями они оцениваются?

19. Как решается задача определения целесообразности и последовательности внедрения организационно-технических мероприятий по повышению эффективности ПТЭ?

20. Изложите механизм управления эффективностью ПТЭ; дайте определение управляющему органу, управляющим воздействиям и объекту управления как элементам системы управления эффективностью.

21. Перечислите основные условия и принципы формирования КСУКТО.

22. Дайте общую схему СУКТО.

23. Каково назначение и содержание оперативного и систематического управления качеством ТО АТ?

24. Каков порядок количественной оценки качества работы технического и инженерного состава?

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Глава 20

КОНТРОЛЬ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

20.1. ОРГАНИЗАЦИЯ И ВИДЫ КОНТРОЛЯ

В гражданской авиации существует достаточно сложная по структуре система контроля технического состояния АТ. Контроль может выполняться в наземных условиях: при подготовке к полету, выполнении различных форм ТО и при текущем ремонте, в полете членами экипажа и имеющимися на борту автоматическими устройствами (рис. 20.1).

Контроль технического состояния (ТС) ЛА организуется и осуществляется в соответствии с государственными стандартами СССР, а также инструкциями, действующими в гражданской авиации, и требованиями руководства по технической эксплуатации ЛА (РТЭ).

Техническое состояние при этом понимается как совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств ЛА, характеризующихся в определенный момент времени признаками, установленными нормативно-технической документацией на данный тип ЛА. Признаками ТС могут быть определенные значения количественных и качественных характеристик свойств ЛА, для которых определены допустимые области существования. В зависимости от фактических значений этих признаков различают следующие виды технического состояния ЛА: исправное, работоспособное, неисправное, правильное функционирование, неправильное функционирование.

Следует всегда помнить, что в гражданской авиации к исправному состоянию ЛА предъявляются особые требования. Так, в соответствии с НТЭРАТ ГА ЛА считается исправным, если выполнены следующие условия: планер, двигатели и комплектующие изделия имеют остаток ресурса и срока службы, полностью укомплектованы согласно перечню пономерной документации (формулярах, бортовых журналах и др.); на ЛА выполнено очередное ТО, предусмотренное регламентом, устранены все отказы и неисправности, их последствия; оформлена производственно-техническая и пономерная документация; исправность ЛА подтверждена подписями соответствующих должностных лиц в карте-наряде.

Существуют определенная система и порядок контроля АТ и качества ТО. На АТБ он возлагается на должностных лиц, предусмотр-

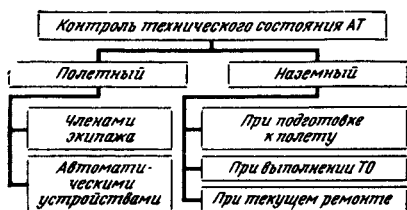


Рис. 20.1. Виды контроля АТ

между сменами ИТС в АТБ с незаконченными работами. В каждой АТБ имеется отдел технического контроля (ОТК), на который возложена ответственность за организацию и проведение контроля состояния АТ и качество ее ТО.

Деятельность ОТК определяется Типовым положением об авиационно-технической базе авиапредприятия. Должностные лица, обеспечивающие контроль АТ, как и исполнители работ, несут ответственность за качество подготовки ЛА к полету, качество проведенного ТО и устранение обнаруженных при этом неисправностей и отказов. При этом уделяется внимание и дефектам, которые могут внести исполнители при выполнении работы.

К объекту эксплуатации прилагается эксплуатационная документация, в которой предусматриваются периодичность, объем и технология контроля технического состояния, а также применяемые при этом методы и средства. В отдельных случаях могут назначаться дополнительные виды осмотров с соответствующими специальными указаниями должностных лиц, организующих осмотр. После выполнения того или иного вида контроля контролирующее лицо делает запись в карте-наряде на ТО, наряде на дефектацию на устранение неисправностей и отказов или другом документе. В случае специальных видов осмотра контролирующие и ответственные лица дают общую оценку состояния АТ.

Важным этапом контроля является последующий анализ причин выявленных неисправностей и отказов, а также степени их влияния на безопасность полетов. При этом назначаются мероприятия по выявлению их на других ЛА и предупреждению повторного появления их в полете. Если выявлены неисправности и отказы, угрожающие безопасности полетов, то начальник АТБ обязан немедленно сообщить об этом главному инженеру УГА, который докладывает в ГУЭАТ МГА и при этом обосновывает целесообразность осмотра всего парка ЛА данного типа. Все должностные лица и руководители АТБ должны постоянно обобщать опыт и изучать причины повреждений и отказов, выявленных при контроле состояния АТ и качества проведения ТО, принимать меры по совершенствованию системы контроля и повышению его эффективности. В условиях научно-технического прогресса и постоянного совершенствования АТ особо важными задачами ста-

ренных эксплуатационной документацией, указаниями МГА, УГА, руководителей авиапредприятий, начальников АТБ. Осуществляется контроль (см. рис. 20.1) при использовании ЛА по назначению, т. е. в полете, при их техническом обслуживании, при специальных видах осмотров и контрольных полетах. Контроль необходим также при передаче АТ

новятся разработка и внедрение прогрессивных методов и средств контроля, совершенствование системы управления качеством ТО, эксплуатационной надежностью АТ и уровнем безопасности полетов.

20.2. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ

Под контролем или техническим контролем понимается проверка соответствия объекта установленным техническим требованиям. Каждое техническое состояние характеризуется совокупностью значений параметров, описывающих состояние АТ, и качественных признаков, для которых не применяются количественные оценки. Номенклатура этих параметров и признаков, а также пределы допустимых их изменений устанавливаются в НТД на каждый конкретный объект.

Таким образом, контроль технического состояния представляет собой контроль ЛА, всех его систем для получения информации о фактическом значении параметров, характеризующих техническое состояние ЛА, сопоставление ее с заранее установленными требованиями в ТУ, эксплуатационной и ремонтной документации и определение вида технического состояния.

Переход АТ из одного состояния в другое может осуществляться скачкообразно вследствие повреждения или отказа или постепенно вследствие износа, старения, т. е. постепенного или параметрического отказа.

Внезапный отказ, обусловленный повреждением или усталостным разрушением элемента, обычно легко выявляется при визуальном контроле. Значительно сложнее бывает выявить параметрический отказ. В этом случае, если отсутствуют индикаторы отказа, приходится осуществлять проверку работоспособности системы, в процессе которой выявляется предотказовое состояние или сам отказ, если таковой имеет место. Правильно и своевременно организованный контроль исключает функциональные отказы систем в полете.

Каждый из указанных выше видов отказа требует своих методов и средств контроля. Ввиду этого составными элементами контроля могут быть: измерение контролируемых параметров объекта и сравнение их значений с допустимыми; исследование физического состояния и последствий износа, старения, коррозии усталостных процессов; анализ полученной информации для распознавания вида технического состояния и последствий износа, старения, коррозии, усталостных процессов; анализ полученной информации с целью распознавания вида технического состояния, определения места появления неисправности или отказа с требуемой детализацией и, конечно же, оценка степени утраты работоспособности при этом. Для этой цели при эксплуатации АТ используют бортовые и наземные средства контроля (рис. 20.2).

Совокупность средств контроля, исполнителей, взаимодействующих с объектом контроля по установленным в документации

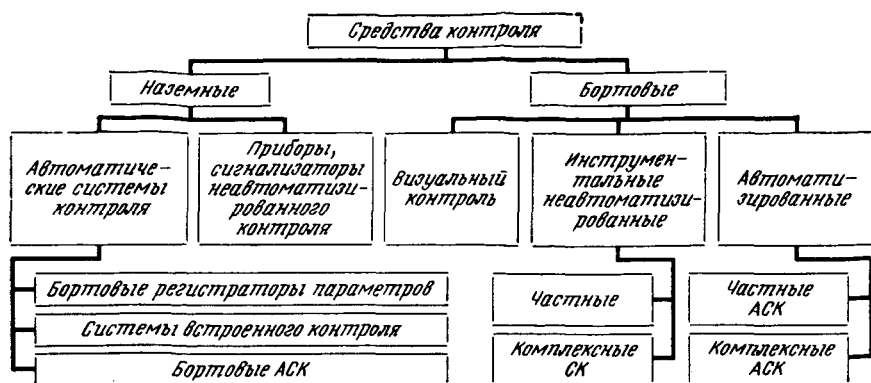


Рис. 20.2. Средства контроля состояния АТ

правил, и действующей нормативно-технической документации (ГОСТов, инструкций, положений, технологических указаний и т. д.) называют системой контроля.

Изменение технического состояния ЛА в процессе эксплуатации обусловлено воздействием различных эксплуатационных факторов, которые в свою очередь обуславливают протекание физико-химических процессов в элементах конструкции ЛА и его функциональных системах. Обилие разновидностей этих процессов, скорости их протекания и степени утери работоспособности объектом вынуждает на практике применять почти все известные науке методы и средства контроля ТС ЛА.

Различают физические и параметрические методы контроля ТС АТ. Так, физические методы основаны на исследовании физического состояния. Параметрические методы базируются на контроле основных выходных и входных параметров, а также внутренних параметров, характеризующих правильное или неправильное функционирование объекта.

Среди методов неразрушающего контроля известны визуальный, магнитный, электрический, вихретоковый, радиоволновой, тепловой, оптический, радиационный, акустический, проникающими веществами, например капиллярный и течеискания. Чаще других методов при ТО используют акустические, магнитные, оптические, радиационные, вихретоковые, проникающими веществами.

Визуальный метод является наиболее простым и доступным. Он позволяет выявить неисправности, которые могут быть обнаружены невооруженным глазом (трещины, дефекты элементов конструкций, нарушение контровки или ослабления крепления агрегатов, узлов, деталей, течь топлива или специальных жидкостей и т. д.). При этом виде осмотра успешно применяют увеличительное стекло, микроскоп или перископический дефектоскоп. Визуальному контролю могут

подвергаться лишь детали, узлы и агрегаты функциональных систем, исправность которых, состояние монтажа, работоспособность и правильность функционирования могут быть определены без применения каких-либо инструментальных средств.

Применяется также контроль по органолептическим признакам. Органолептические средства, как правило, эффективны только при внешнем появлении неисправности от отказа. В процессе технического обслуживания, а в ряде случаев и при подготовке к полету, работоспособность некоторых агрегатов, систем и механизмов проявляется в действии, т. е. при включении их в работу. В процессе выполнения крупных форм ТО такая проверка функциональных систем предусмотрена регламентом ТО. Однако с усложнением функциональных систем и оборудования все большее внимание уделяется объективным методам контроля с применением специального оборудования, а также полуавтоматических и автоматических средств. Номенклатура методов и средств контроля предусматривается эксплуатационной документацией. Более сложными и трудоемкими являются методы инструментального контроля технического состояния АТ.

Инструментальные методы базируются на применении при контроле различных приспособлений, стендов, устройств, контрольно-измерительной аппаратуры. При этом наряду с широко известными в технике инструментами и приборами (манометры, динамометры, тензометры) широко применяют и более сложные приборы и аппаратуру, основанную на использовании физических методов и дающую возможность обнаружить скрытые от невооруженного глаза дефекты.

Метод магнитной дефектоскопии основан на свойстве магнитных силовых линий деформироваться при прохождении в местах изменения магнитной проницаемости материала. В монолитных участках металла, обладающих постоянной магнитной проницаемостью, магнитные силовые линии проходят без деформации. В тех местах, где имеются дефекты, например трещины, инородные включения, непровары, магнитная проницаемость понижена. Это вызывает деформацию магнитных силовых линий. При этом часть из них даже выходит за пределы детали, образуя над областью дефекта неоднородное поле. Этой неоднородностью поля и фиксируется дефект. Магнитное поле рассеивания обнаруживается с помощью ферромагнитного порошка в виде суспензии. Данный метод применим для контроля деталей, изготовленных только из ферромагнитных материалов. Метод позволяет обнаруживать поверхностные дефекты, трещины шириной более 0,001 мм, а также поверхностные дефекты на глубине до 1 мм. Для выявления дефектов намагниченную деталь покрывают магнитной суспензией. Цвет магнитного порошка должен обеспечить достаточный контраст с поверхностью проверяемой детали. Широкое применение нашли магнитные суспензии, представляющие смесь трансформаторного масла и керосина в соотношении 1 : 1 или чистого керосина с магнитным порошком следующей концентрации: 20...30 г/л для темного и 10...20 г/л для светлого магнитного порошка. Осмотр деталей

следует выполнять при достаточно контрастном освещении, при необходимости применяют подсвет переносной лампой. Вероятные места дефектов осматривают с помощью лупы 10-кратного увеличения. Дефект выявляется по резко выделяющейся области осевшего магнитного порошка. По завершении контроля деталь подлежит размагничиванию, что исключает вредное влияние намагниченности на бортовые приборы ЛА.

Метод проникающих красок основан на свойстве некоторых красителей хорошо смачивать металлы и проникать в мельчайшие трещины, раковины и другие поверхностные дефекты. Метод применим для контроля деталей, изготовленных из любых материалов. Он позволяет выявить поверхностные трещины непосредственно на ЛА. Перед контролем методом красок деталь обезжиривается бензином Б-70, ацетоном или каким-либо другим легколетучим растворителем. Не рекомендуется применять керосин, поскольку он легко заполняет полости дефектов и не пропускает в них основную проникающую жидкость.

После обезжиривания на контролируемый участок наносят жесткой кисточкой цветную проникающую жидкость. Избыток ее удаляют тампоном, смоченным масляно-керосиновой смесью. Затем деталь протирают чистой сухой ветошью и сразу же наносят мягкой кисточкой или пульверизатором тонкий слой белой проявляющей краски. Через 4...6 мин из трещины на белую краску проникает краситель, указывающий на наличие трещины. Для обнаружения трещин применяют также дефектоскопические аэрозоли, представляющие собой распыленные мельчайшие частицы твердого или жидкого вещества в газе. Баллоны с аэрозолями используют комплексно из трех составов: очищенного, индикаторного и проявляющего лаков.

Метод вихревых токов применяется для выявления в механических деталях трещин, раковин и других дефектов. Процесс контроля осуществляется следующим образом. На контролируемую деталь накладывают соответствующий датчик, имеющий электромагнитную катушку, питаемую током высокой частоты. При пропускании тока под катушкой в определенном объеме металла возбуждаются вихревые токи. Поскольку между индуктивным и активным сопротивлением обмотки катушки, а также между возбуждающимися токами существует определенная зависимость, она и фиксируется приборами. Для токовихревого контроля обычно применяют дефектоскопы со специальными искательными головками.

Ультразвуковой метод основан на свойстве ультразвуковых колебаний распространяться в виде направленных пучков или лучей и почти полностью отражаться от границы раздела двух сред, резко отличающихся значением акустического сопротивления. С этой целью применяют специальные дефектоскопы. Дефектоскоп настраивают по эталонной детали с известным дефектом. Для создания акустического контакта наносят масло на контактную площадь искательной головки.

Импедансный акустический метод применяется для контроля клеевых, паяных и термодиффузионных соединений. Он основан на принципе определения силы реакции клеевого соединения элементов конструкции на контактирующий с ним колеблющийся стержень. Если совершающий продольные колебания стержень соприкасается с участком изделия, где нет дефекта, то вся конструкция колеблется как единое целое и механическое сопротивление (или механический импеданс), оказываемое изделием стержню, определяется жесткостью всей конструкции. Возникающая сила реакции может иметь большое значение. Если стержень окажется над участком обшивки, имеющим дефекты, то в силу ослабления жесткости конструкции в данном месте сила реакции уменьшается, что и фиксируется индикатором.

Рентгеновский метод позволяет выявлять поверхностные трещины, ориентированные вдоль направления луча, раковины, рыхлости, неметаллические и шлаковые включения и другие дефекты. В этом методе для индикации внутренних дефектов в материалах и изделиях, их местонахождения, форм и размеров используется рентгеновское излучение, которым просвечивается объект. Рентгеновская аппаратура дает возможность выявить дефекты тремя способами: фотографическим, визуальным и ионизационным. При контроле объект просвечивается узким пучком излучения, который последовательно перемещается по контролируемому участку. Промышленность выпускает несколько типов аппаратуры. К наиболее распространенным следует отнести аппарат РАП 150/300, являющийся стационарным, передвижные РИ-10Ф, РЦП-100-10, полевой рентгеновский флюорограф РИ-10ФП и др. При применении этого типа аппаратуры необходимо строго соблюдать правила техники безопасности. Они включают в себя защиту от тока высокого напряжения, ионизирующего излучения и т. д.

Метод гамма-дефектоскопии основан на эффекте ослабления излучения, проходящего через бездефектные участки просвечиваемого объекта и участки, где имеются какие-либо дефекты: трещины, раковины, поры, включения, и при наличии указанных дефектов изображение имеет теневые участки, характерные для соответствующего дефекта. В случае использования радиографического метода изображение может быть зафиксировано на радиографической пленке, чувствительной к ионизирующему излучению или к излучению усиливающих экранов, находящихся с ней в контакте. В гамма-дефектоскопии в качестве средств испытания используют излучение радиоактивных изотопов. Источник излучения выбирается в зависимости от материала объекта контроля и его толщины. Так, для стали при толщине 1...15 мм это может быть тулий-170, а при толщине 40...80 мм — цезий-137, для алюминиевых сплавов — тулий-170 и иридий-192 и т. д. Работа гамма-дефектоскопа основана на выпуске рабочего пучка излучения на время просвечивания и последующего его перекрытия на нерабочее время. В целях безопасности в дефектоскопе применяют закрытый источник излучения, где помещен применяемый радиоактив-

**Т а б л и ц а 20.1. Некоторые узлы и детали Ил-62М,
контролируемые неразрушающими методами и средствами**

Контролируемый объект	Число	Нормативно-техническая документация	Периодичность	Методы и средства контроля
Штоки амортизаторов главных ног шасси	2	Инструкция МГА	В течение года	Проникающих красок
Наружный пояс нервюры № 8 центроплана	2	Инструкция МГА, методические указания	300 ч	Ультразвуковой
Болты заднего узла двигателя	4	Перечень работ при налете 6000 ч	6000 ч	Магнитный (ПМД-700)
Нижняя поверхность крыла в зоне окончания ребер жесткости	2	То же	6000 ч	Вихретоковый (ППД-1, ВД-1-ГА)
Проверка барабанов колес КТ 106/2	8	Бюллетень № 245/106	75±25 посадок	Вихретоковый (ППД-1)

ный изотоп. Радиационная головка заключена в герметическую металлическую оболочку, исключающую непосредственный контакт радиоактивного вещества с внешней средой и вредное действие на окружающих людей.

Например, состояние некоторых узлов и деталей самолета Ил-62М контролируется неразрушающими методами (табл. 20.1). Для каждого объекта контроля составляют карты, которые являются руководящими документами для инженерно-технического состава АТБ и удобны при приведении форм ТО и других профилактических работ на АТ.

Наряду с наземными методами и средствами на современных ЛА все чаще применяют *бортовые средства контроля* технического состояния и работоспособности функциональных систем, которые постоянно совершенствуются. В них широко используются магнитные самописцы для регистрации параметров полета и работы систем (МСРП). Так, на самолете Ил-86 установлен сдвоенный комплект типа МСРП-256-1В. Он предназначен для сбора и регистрации в полете измерительной информации, которая фиксируется на магнитных лентах бортовых накопителей. Эта система позволяет не только собирать необходимую информацию о полете и работе экипажа, но и сигнализирует экипажу о повреждениях и отказах, возникающих в полете и угрожающих безопасности полета. Эксплуатация переносных, передвижных и стационарных средств неразрушающего контроля, предназначенных для контроля технического состояния элементов конструкции планера, двигателей, а также лабораторного оборудования, применяемого для анализа рабочих тел, масел, спецжидкостей для обнаружения в них продуктов изнашивания, возлагается на структурные подразделения АТБ и специалистов по профилю или на специалистов, назначаемых начальником АТБ. При контроле состояния применяют только средства, прошедшие метрологическую проверку и аттеста-

цию, на которые в установленном порядке оформлена соответствующая документация: формуляры, паспорта и т. д. Ответственность за применение неисправных или просроченных проверкой средств несут должностные лица метрологической службы, начальники цехов, участков, лабораторий, отделов и лица, непосредственно использующие эти средства.

20.3. МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Метрологическое обеспечение — это установление и применение научных и организационных основ, технических средств, правил и норм, необходимых для достижения единства и требуемой точности измерений, выполняемых при техническом обслуживании и ремонте ЛА.

Основными задачами метрологического обеспечения являются: поддержание инструмента, средств измерения и контрольно-поверочной аппаратуры в рабочем состоянии и постоянной пригодности к применению;

обеспечение требуемой точности измерений параметров изделий и функциональных систем ЛА (к числу важнейших его задач относятся устранение повреждений, отказов и анализ технического состояния средств измерений);

проведение их периодических проверок и метрологической аттестации; метрологическая экспертиза разрабатываемой конструкторской, технологической, эксплуатационной и ремонтной документации;

контроль за внедрением и правильным использованием государственных и отраслевых стандартов;

разработка и внедрение стандартов предприятия, регламентирующих нормы точности измерений, методы их выполнения, и другие положения метрологического обеспечения.

На каждой АТБ имеется метрологическая лаборатория и соответствующие специалисты (инженеры по метрологии), которые решают практические задачи метрологического обеспечения в цехах АТБ. При этом в каждом цехе приказом начальника АТБ назначаются ответственные лица для выполнения практических работ метрологического обеспечения.

Для повышения качества метрологического обеспечения и большей эффективности специалисты по метрологии проходят специальную подготовку, им выдается соответствующее удостоверение и оформляется допуск на право выполнения соответствующих работ. Весь инженерно-технический состав, эксплуатирующий средства измерения при ТО и ремонте авиационной техники, обязан знать соответствующие правила работы и уметь использовать предусмотренные средства измерения в работе.

Автоматизированные средства контроля позволяют решать целый ряд задач: сбор, передачу, обработку и анализ информации об объекте контроля для определения его технического состояния. Существенным является то, что большинство операций осуществляется без участия операторов. Это не только обеспечивает достоверность, полноту, объективность контроля, но и значительно повышает скорость всего процесса и сокращает временные и физические затраты на его проведение. В случае применения автоматизированных средств контроля полную проверку всех систем современного ЛА можно осуществить примерно за 4 ч. При отсутствии автоматизированных средств контроля эта же работа выполняется за время, в 9...10 раз большее. К тому же в ней будет принимать участие столько различных специалистов, сколько может одновременно разместиться на объекте. Очевидно, что применение автоматизированных средств является безусловно выгодным. Применение в процессе эксплуатации АТ автоматизированных средств контроля допускает работу в ручном и автоматическом режимах. Ручной режим проверки применяют при отладке программ контроля, а также регулировке и настройке отдельных средств контроля. При создании автоматизированных средств стараются обеспечить возможность осуществления контроля всех жизненно важных функциональных систем ЛА, обеспечивающих безопасность полета. В случае необходимости они могут также обеспечить проверку по сокращенной программе работоспособности только одной какой-либо функциональной системы.

В целом применение бортовых и наземных средств автоматизированного контроля позволяет объективно оценивать технические состояния ЛА при значительном сокращении времени на проверку работоспособности его систем и уменьшении числа обслуживающего персонала.

К автоматизированным средствам контроля предъявляются следующие основные требования:

обеспечение универсальности, что дает возможность использования их для проверки различных типов ЛА. Такая возможность обеспечивается применением дискретной вычислительной техники. При этом сигналы, соответствующие значениям контролируемых функциональных параметров агрегатов и устройств, преобразуются в дискретную форму. Для дальнейшей их обработки могут использоваться электронные вычислительные автоматизированные средства контроля, что позволит значительно уменьшить число потребных средств и соответственно расход на их создание и эксплуатацию;

обеспечение полной автоматизации процессов проверки состояния АТ. Выполнение этого требования открывает широкие возможности по сокращению времени проверки, поиска неисправностей, а следовательно, и повышению коэффициента готовности и сокращению потребного числа обслуживающего персонала. Вместе с тем создание по-

добных средств автоматизированного контроля требует весьма больших затрат, обуславливает сложность в реализации и обеспечении требуемого уровня их надежности. Все это пока ограничивает их широкое применение;

обеспечение рациональной технологии проверки. При этом важно обеспечить не только оптимальный выбор параметров контроля и высокую контролепригодность систем ЛА, но и выбор правильной, наиболее рациональной последовательности проверки всех необходимых параметров или одновременной проверки нескольких из них. Если возможно использование определяющих параметров, для которых возможна интегральная проверка, необходим контроль, одновременный по целой группе параметров;

обеспечение возможности проверки исправности самой системы автоматизированного контроля.

Приведенные выше общие требования еще не дают полного представления о месте АСК в процессе эксплуатации АТ, выполняемых задачах и свойствах различных типов АСК. Ввиду этого их необходимо классифицировать по основным признакам: месту расположения или установки; назначению и выполняемым конкретным задачам при эксплуатации ЛА; режимам определения технического состояния контролируемого объекта; способам сбора и обработки информации; способу представления информации о состоянии АТ.

По месту расположения АСК разделяют на бортовые, наземно-бортовые и наземные. Бортовые АСК подразделяются на второстепенные и внешние. Встроенные средства контроля выполнены конструктивно заодно с объектом контроля и являются его составной частью, а внешние выделены в отдельные устройства. Их задача — осуществление оперативного контроля состояния функциональных систем в полете, локализация и ликвидация отказа, выдача информации экипажу или устройству долговременной памяти, находящемуся на борту.

Наземно-бортовые средства контроля выполняются конструктивно из двух отдельных частей. Одна часть находится на борту ЛА и с помощью различных датчиков собирает информацию в полете, другая — представляет собой аппаратуру для обработки, отображения и документирования регистрируемой в полете информации. Она входит в состав средств наземно-технического обслуживания и находится на АТБ. Наземные АСК представляют собой достаточно сложные комплексы и предназначены для ТО АТ. При этом они способны решать все задачи контроля, диагностирования, прогнозирования и воспроизведения технического состояния контролируемых объектов. В своей основе они используют ЦВМ различных классов, что обеспечивает их универсальность, высокую достоверность результатов и большое быстроедействие при решении различных задач контроля.

В зависимости от места установки и назначения наземные АСК подразделяются на АСК для демонтированного с ЛА оборудования и

для недемонтированного оборудования. Демонтированное оборудование доставляется на АТБ, где выполняется контроль его состояния на стационарном АСК. Вторая группа наземных АСК может также применяться в цехах АТБ при оперативном или периодическом ТО, но она допускает осуществление контроля и непосредственно на ЛА.

По назначению и типу решаемых задач АСК подразделяют на определяющие вид технического состояния (исправное, работоспособное), обеспечивающие поиск повреждений и отказов, осуществляющие прогнозирование и воспроизведение технического состояния. Особую группу составляют комплексы АСК, реализующие все или несколько из перечисленных выше задач.

По характеру работы и выполнению конкретных задач АСК могут работать в различных режимах: статическом, когда техническое состояние определяется по параметрам, характеризующим статические свойства объекта; динамическом, когда техническое состояние определяется по параметрам, характеризующим динамические свойства. Такие режимы применяются, как правило, при оценке работоспособности сложных функциональных систем ЛА, например системы обеспечения автоматических режимов полета и посадки ЛА.

АСК классифицируются также по способу сбора и обработки информации. Так, применяются децентрализованные АСК, когда сбор и обработка информации об объекте осуществляется в отдельных устройствах, централизованные, осуществляющие сбор и обработку информации в единый блок, последовательного действия, осуществляющие сбор и обработку информации от нескольких источников одновременно.

Полученная в процессе контроля информация должна быть доведена до специалистов, принимающих соответствующие решения о дальнейшем использовании объекта контроля. С этой целью АСК разделяют по способу представления информации: с централизованной индикацией, когда для индикации контрольной информации используется объект; с автономной индикацией и регистрацией или без регистрации информации. Применение того или иного вида индикации диктуется соответствующими условиями, режимом ТО и поставленными задачами по контролю технического состояния ЛА.

20.5. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ КОНТРОЛЕ

Основные правила техники безопасности при контроле технического состояния ЛА предусматривают точное соблюдение требований по применению технических средств контроля, соответствующих стендов, аппаратуры. При этом контролирующее лицо должно: знать конструкцию аппаратуры и стендов, инструкции по их применению и иметь соответствующий допуск к работе; владеть эксплуатационной до-

кументацией по использованию средств контроля, знать нормативные значения измеряемых параметров при проверке функционирования систем, изделий и механизмов. Для инструментального контроля состояния АТ применяют переносные, передвижные, встроенные на ЛА и стационарные средства. ИТС АТБ должен иметь соответствующую подготовку и допуск к проведению работ по контролю АТ. При этом применение неисправных средств контроля недопустимо. Ответственность за применение неисправных или несвоевременно проверенных средств несут должностные лица метрологической службы, начальники цехов, участков, лабораторий, отделов и ИТС, использующие эти средства.

Современные широкофюзеляжные ЛА большой пассажировместимости требуют дополнительных правил и инструкций по технике безопасности при выполнении ТО и контроля технического состояния систем и высокорасположенных элементов конструкции. Во избежание травм при работах на горячих участках трубопроводов систем ЛА следует предварительно обеспечить их остывание.

При контроле и демонтаже для проверки в лабораторных условиях тяжеловесных агрегатов следует проявлять особую осторожность и применять специальные средства и приспособления. Запрещается растыковывать и соединять штепсельные разъемы, вскрывать крышки панелей электроагрегатов и устранять повреждения при включенном электропитании. Запрещается также оставлять открытыми электрощитки и клеммные панели и колодки, находящиеся под напряжением. Во всех случаях при выполнении операций контроля и устранения выявленных неисправностей следует пользоваться укомплектованным инструментом и оборудованием. После завершения работ следует проверять отсеки, в которых проводились работы, и убедиться в том, что там нет инструментов, крепежных деталей, расходных материалов и других посторонних деталей.

Особую осторожность необходимо проявлять при проверке работоспособности и правильности функционирования радиолокационной аппаратуры ЛА. В этих случаях следует обеспечить все меры по исключению вредного воздействия на людей и природную среду высоко- и сверхвысокочастотного излучения. Технология выполнения таких работ предусматривает соблюдение специальных инструкций.

Руководство АТБ и АРЗ обязано оказывать содействие органам Государственной санитарной инспекции, Государственного комитета СССР по гидрометеорологии и контролю природной среды при проведении химических анализов атмосферного воздуха, почвы и воды в ближайших водоемах и стоках, а также при замерах уровней шума, вибрации и доз излучения.

ПОИСК НЕИСПРАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ

21.1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПРОЦЕССОВ ПОИСКА НЕИСПРАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Работы по поиску неисправных элементов функциональных систем ЛА являются составной частью работ по техническому обслуживанию. Процесс поиска характеризуется: целью выполняемых работ, заключающейся в выявлении (локализации) отказов; содержанием выполняемых работ, состоящем в проверке (исправности, работоспособности, правильности функционирования) как функциональной системы ЛА в целом и отдельных ее частей, так и образующих ее элементов.

Оценка эффективности реализации процесса поиска производится с помощью параметров, к которым относятся число выполняемых проверок, трудоемкость, продолжительность и стоимость работ по поиску. Значения параметров, характеризующих эффективность процесса поиска, зависят от выбранной программы поиска, которая определяется составом реализуемых проверок и последовательностью их выполнения.

Программы поиска в зависимости от состава и характера использования располагаемой информации разделяются на жесткие, использующие только априорную информацию, в которых заранее (до начала процесса поиска) определены состав и последовательность проверок, и гибкие, использующие априорную и апостериорную (получаемую в результате реализуемых проверок) информацию для выбора состава и последовательности проверок.

Процесс поиска функционально связан с процессом устранения отказа, в результате которого обеспечивается восстановление отказавшего элемента и (или) функциональной системы. При этом процесс поиска устраняет информационную неопределенность для принятия решения относительно состава и содержания работ, включаемых в процесс устранения обнаруженного отказа, а в отдельных случаях и о месте их проведения.

Требования к организации и управлению процессом поиска, цели и критерии построения программы поиска отказа связаны с планом оперативного использования ЛА, на котором обнаружен отказ. С этой точки зрения можно выделить характерные ситуации процесса ТЭ, различающиеся между собой по времени, располагаемому для выполнения работ по поиску и устранению обнаруженного отказа (обозначим это время через θ_p).

Если ожидаемые затраты времени на поиск и устранение обнаруженного отказа с заданной (достаточно высокой) вероятностью не превысят θ_p , то обнаруженный отказ не лимитирует процесс использования

ЛА. В этом случае цели и критерии построения программы поиска, организация процессов поиска и устранения обнаруженного отказа формируются исходя из внутрипроизводственных интересов эксплуатационного предприятия.

Примерами указанного типа ситуаций являются следующие: поиск отказа, обнаруженного при обслуживании ЛА в базовом аэропорту в конце летного дня; обнаружение отказа при периодическом обслуживании ЛА на начальных этапах его выполнения.

Характерным для данного типа ситуаций является наличие достаточного числа исполнителей и средств ТО, которые могут потребоваться в процессе поиска, а также возможность использовать максимальный объем располагаемой априорной информации об организации процесса поиска аналогичных отказов.

Если значение θ_p таково, что ожидаемые затраты времени на поиск и устранение обнаруженного отказа с высокой вероятностью приведут к нарушению регулярности отправления ЛА, на котором возник отказ, то организация процесса поиска направлена на проведение необходимых работ по восстановлению функциональной системы ЛА в рассматриваемых условиях, принятие решения о других управляющих воздействиях (например, об использовании резервного ЛА) для исключения или минимизации издержек возможного нерегулярного отправления.

Примером рассматриваемого типа ситуаций является обнаружение отказа непосредственно перед вылетом ЛА в рейс. Характерным для этого типа ситуаций являются недостаточность времени θ_p даже при наличии достаточного числа исполнителей и средств, которые могут потребоваться в процессе поиска и устранения отказа, отсутствие достаточного числа необходимых исполнителей и средств для поиска и устранения отказов в пределах отведенного времени. Таким образом, сущность задачи поиска отказов функциональных систем ЛА заключается в формировании цели организации поиска и устранения обнаруженного отказа исходя из характера возникшей ситуации, в выборе критериев оптимизации для построения программы поиска отказа исходя из состава располагаемой информации.

Различия в уровне конструктивно-эксплуатационных свойств ЛА и условиях реализации процесса поиска отказов обусловили необходимость алгоритмизации методов построения программ поиска отказов.

21.2. АЛГОРИТМ ПОСТРОЕНИЯ ПРОГРАММ ПОИСКА

Конечная задача алгоритмизации процесса поиска отказов — определение наиболее рационального в рассматриваемой ситуации пути (программы) поиска. Поскольку поиск является многошаговым процессом, шаги в котором неравнозначны с точки зрения достижения конечной цели — локализации отказа, то существует задача

рационального управления отдельными шагами этого процесса. Оптимальной, в частном случае — рациональной, будет такая программа поиска, которая дает экстремальное или достаточно близкое к нему значение выбранного для построения программы критерия.

Построение универсального критерия поиска для всех систем и условий реализации процесса поиска чрезвычайно сложно. В связи с этим существует значительное число критериев и алгоритмов построения программ поиска отказов, различающихся между собой в первую очередь по составу и характеру использования априорной и апостериорной информации.

Ниже рассмотрены критерии и соответствующие им алгоритмы построения программ поиска отказов, которые нашли применение в инженерной практике.

Алгоритмы поиска отказов, использующие информацию о надежности. Из числа показателей надежности применительно к задаче поиска отказов в практике работы инженеров ГА наиболее часто используются следующие: P_i — условная вероятность возникновения отказа i -й составной части функциональной системы; θ_i — средняя продолжительность проверки i -й составной части функциональной системы; τ_i — средняя трудоемкость проверки i -й составной части функциональной системы.

На этапах проектирования и изготовления ЛА оценка данных показателей осуществляется аналитическими методами. На этапе эксплуатации по мере накопления соответствующей статистической информации аналитические оценки уточняются.

Применительно к функциональным системам, составные части которых не имеют функциональных связей, необходима индивидуальная проверка каждой из составных частей. При этом широкое практическое применение нашли следующие алгоритмы поиска отказов с жесткой программой.

1. Алгоритм поиска по возрастающей трудоемкости применяется в тех случаях, когда имеется достоверная информация о трудоемкости τ_i или продолжительности θ_i проверок составных частей системы. Из-за отсутствия сведений о значениях P_i делается допущение о равновероятности отказов. Снижение средней продолжительности (трудоемкости) поиска отказа по сравнению с процессом поиска с произвольной (случайной) последовательностью проверок достигается за счет упорядочения последовательности проверок в порядке возрастания (неубывания) значений независимых параметров τ_i или θ_i . При этом первой выполняется проверка, имеющая минимальное значение параметра (τ_i или θ_i), второй — проверка, имеющая минимальное значение параметра среди оставшихся, и т. д.

2. Алгоритм поиска путем контроля «слабых точек» применяется в тех случаях, когда имеется достоверная информация об условных вероятностях отказа составных частей системы P_i .

Минимизация среднего числа необходимых проверок для поиска отказа по сравнению с процессом поиска с произвольной (случайной)

последовательностью проверок достигается за счет упорядочения последовательности проверок в порядке убывания (невозрастания) значений параметров P_i . При этом первой выполняется проверка, имеющая максимальное значение P_i , второй — проверка, имеющая максимальное значение P_i среди оставшихся, и т. д. Среднее число необходимых проверок для поиска отказов при данном алгоритме тем меньше, чем больше составных частей содержит система и чем больше различаются значения P_i этих частей.

Данный алгоритм целесообразно применять также и в тех случаях, когда имеется информация о значениях τ_i или θ_i , однако значения этих параметров для всего множества проверок не существенно различаются или практически равновелики.

3. Алгоритмы поиска по отношению P_i/τ_i или P_i/θ_i (метод «время—вероятность» или «трудоемкость—вероятность») применяются в тех случаях, когда имеется достоверная информация о параметрах P_i и τ_i или θ_i . Минимизация средней трудоемкости (параметры τ_i) или продолжительности (параметры θ_i) проверок для поиска отказа обеспечивается за счет упорядочения последовательности проверок в порядке убывания значений отношений P_i/τ_i или P_i/θ_i . При этом первой выполняется проверка, имеющая максимальное значение P_i/τ_i (P_i/θ_i), второй — проверка, имеющая максимальное значение P_i/τ_i (P_i/θ_i) среди оставшихся, и т. д.

Доказательство рациональности такой последовательности проверок можно осуществить следующим способом. Для произвольной последовательности проверок Π_1 , составленной, например, в соответствии с нумерацией элементов в системе, математическое ожидание времени поиска отказа

$$M_{\Pi_1}(\theta) = P_1 \theta_1 + P_2 (\theta_1 + \theta_2) + \dots + P_n (\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n).$$

Если изменить порядок проверок первых двух элементов, то для такой последовательности проверок Π_2 математическое ожидание времени поиска отказа

$$M_{\Pi_2}(\theta) = P_2 \theta_2 + P_1 (\theta_1 + \theta_2) + \dots + P_n (\theta_1 + \theta_2 + \dots + \theta_n).$$

Разность математических ожиданий времени поиска для последовательностей Π_1 и Π_2

$$M_{\Pi_1}(\theta) - M_{\Pi_2}(\theta) = P_2 \theta_1 - P_1 \theta_2.$$

Очевидно, что последовательность проверок Π_1 эффективнее, чем Π_2 , если эта разность меньше нуля, т. е. $P_1/\theta_1 > P_2/\theta_2$. Таким образом, упорядочив последовательность проверок в порядке убывания P_i/θ_i (или для случая трудоемкости — P_i/τ_i), получим минимальную среднюю продолжительность (трудоемкость) поиска отказа.

В рамках данного алгоритма имеет место так называемый «концевой эффект», дающий дополнительное уменьшение средней продолжительности (трудоемкости) поиска отказа на величину $P_n \theta_n$ ($P_n \tau_n$).

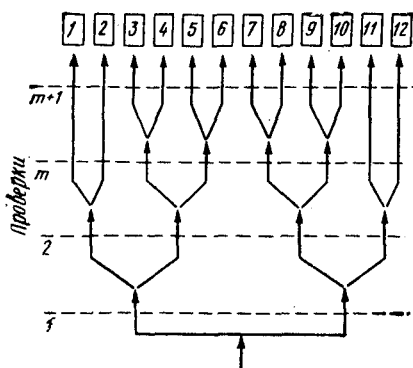


Рис. 21.1. Схема поиска отказов путем разбиения системы на участки

т. е. возможна групповая проверка участков системы, поиск отказов производится с помощью более эффективных, чем рассмотренные выше, алгоритмов, имеющих гибкую программу поиска отказов.

Сущность данных алгоритмов состоит в последовательном разбиении системы на два участка, один из которых подвергается проверке. В результате такой проверки выделяется участок, в котором находится обнаруженный отказ. Он снова разбивается на две части, одна из которых подвергается проверке. Разбиение участков прекращается, если результат проверки обеспечивает выявление отказавшего элемента системы. Описанные алгоритмы поиска отказов часто называют «методом средних точек». Их основное различие состоит в правилах, определяющих разбиение системы на участки.

4. Алгоритм поиска по принципу «половинного разбиения» применяется, когда отсутствует информация об оценках параметров P_i , τ_i и θ_i либо когда параметры τ_i и θ_i для всех проверок примерно одинаковы. Система из n элементов разбивается на участки, примерно равные по числу элементов, т. е. предполагается, что $P = P_i = 1/n$.

Пусть рассматриваемая система состоит из $n = 12$ элементов (рис. 21.1). Представим число элементов в системе в виде

$$n = 2^m + R,$$

где R — число элементов сверхполной степени числа 2, $0 \leq R < n/2 < 2^m$, m — положительное целое число.

Для системы, представленной на рис. 21.1, $n = 12 = 2^3 + 4$; $m = 3$; $R = 4$. При проверке с номером m может быть обнаружен отказ в одном из $n - 2R$ элементов, при проверке с номером $m + 1$ — в одном из остальных $2R$ элементах.

Отсюда следует, что максимальное число возможных проверок в системе из n элементов $N_{\max}(n) = m + 1$, а минимальное число возможных проверок $N_{\min}(n) = m$.

Если после $n - 1$ -й проверки отказ не обнаружен, то вследствие $\sum_{i=1}^n P_i = 1$ отказавшим элементом является последний, т. е. последнюю проверку можно не проводить.

Преимущество данного алгоритма по сравнению с алгоритмом контроля «слабых точек» заметно проявляется лишь тогда, когда значения τ_i или θ_i существенно различаются по величине. Применительно к функциональным системам, в которых составные части функционально взаимосвязаны,

Среднее число проверок

$$N_{\text{ср}}(n) = m \sum_{S_I} P_i + (m+1) \sum_{S_{II}} P_i,$$

где S_I — множество элементов, охватываемых проверкой с номером m ($S_I = n - 2R$); S_{II} — множество элементов, охватываемых проверкой с номером $m+1$ ($S_{II} = 2R$).

При одинаковых условных вероятностях возникновения отказа составных частей (элементов) системы $P = P_i = 1/n$ получим:

$$\sum_{S_I} P_i = \left(\frac{n-2R}{n} \right); \quad \sum_{S_{II}} P_i = 2R/n.$$

Тогда

$$N_{\text{ср}}(n) = m \frac{n-2R}{n} + (m+1) \frac{2R}{n} = m + \frac{2R}{n}.$$

Значение $N_{\text{ср}}(n)$ меньше соответствующего значения по любому из алгоритмов 1 — 3, начиная с $n = 8$. Увеличение n увеличивает выигрыш по числу проверок.

При практическом использовании алгоритма 4 не требуется, чтобы по разные стороны от «средней точки» находилось одинаковое число элементов. На любом из шагов разбиения достаточно обеспечить выполнение следующих условий:

$$2^{m-1} < n_1 \leq 2^m; \quad n_2 \geq 2^{m-1},$$

где n_1 и n_2 — число элементов соответственно на большем и меньшем участке системы, состоящей из $n = n_1 + n_2$ элементов.

Это условие допускает несколько равноценных разбиений системы, что позволяет учитывать конструктивные особенности системы. При этом сохраняются значения $N_{\text{max}}(n)$, $N_{\text{min}}(n)$ и $N_{\text{ср}}(n)$.

5. Алгоритм равных вероятностей применяется, если имеются достоверные сведения о значениях P_i . При этом на каждом шаге разбиения должно обеспечиваться примерное равенство сумм условных вероятностей отказов, элементов, вошедших в образованные два участка системы.

Заметное уменьшение $N_{\text{ср}}(n)$ по сравнению с алгоритмом 4 достигается, если имеется существенная разница в числе элементов, образованных в результате разбиения по алгоритму 5, участков системы. Другими словами, алгоритм 5 обеспечивает выигрыш по значению $N_{\text{ср}}(n)$ лишь при наличии существенного разброса значений P_i .

6. Алгоритм, минимизирующий среднюю продолжительность (трудоемкость) проверок, применяется, если имеются достоверные сведения о параметрах P_i , θ_i или τ_i . Дополнительное сокращение затрат по продолжительности (трудоемкости) проверок на поиск отказа достигается за счет учета значений параметров θ_i (τ_i) при выборе проверяемого участка системы по результатам разбиения сис-

темы на участки по алгоритму 5. В рамках данного алгоритма для каждого из двух участков системы определяется величина $\varepsilon_0 = \sum_{S_1} P_i / \theta_i$ ($\varepsilon_\tau = \sum_{S_1} P_i / \tau_i$). Проверке подвергается тот участок, у которого величина ε_0 (ε_τ) больше.

Практическое использование алгоритмов 4—6 эффективно, если конструктивное исполнение системы позволяет выполнить желаемое разбиение на участки. Поэтому в инженерной практике при поиске отказов функциональных систем ЛА в соответствии с конструктивными их особенностями используются комбинированные методы, т. е. в зависимости от конкретного участка системы выбирается тот алгоритм, условия применимости которого на данном участке обеспечивают наибольший выигрыш по критерию $N_{ср}(n)$, выбранному в качестве основного для реализуемой программы поиска.

Алгоритмы поиска отказов, использующие методы теории информации. Формирование алгоритмов поиска с использованием методов теории информации проводится по следующим критериям: максимизации числа информации в каждой очередной проверке; минимизации «цены» информации, характеризуемой отношением числа информации, получаемой при каждой очередной проверке, к «стоимости» ее получения.

7. Алгоритм поиска отказов, максимизирующий количество информации в проверке, составляется при условиях, когда известно, что система отказала и имеющийся в системе отказ — единственный. Имеется достоверная информация о P_i для выделенных функциональных элементов системы.

Неопределенность состояния системы, состоящей из K функциональных элементов, до начала процесса поиска характеризуется ее энтропией H . Если отказ системы связан с отказом какого-либо одного из функциональных элементов, то энтропия системы

$$H = \sum_{i=1}^K P_i \log_2 P_i,$$

$$\text{где } \sum_{i=1}^K P_i = 1.$$

Исходной для построения программы поиска является таблица состояний системы, которая строится на основании функциональной модели системы. Предполагается, что систему можно расчленить на несколько K взаимосвязанных частей, каждая из которых имеет самостоятельное значение. Такая функциональная часть в дальнейшем рассматривается как функциональный элемент системы.

Функциональная модель представляет собой графическое изображение системы, в которой каждая выделенная часть (функциональный элемент) обозначается прямоугольником a_i с несколькими входами и одним выходом, указанными стрелками (рис. 21.2).

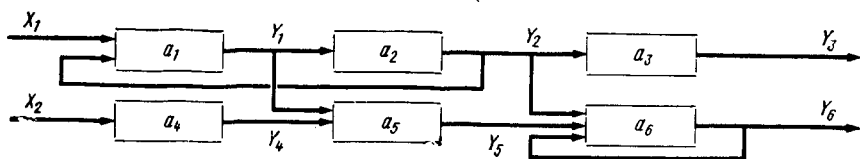


Рис. 21.2. Функциональная модель поиска отказов:

X_1, X_2 — внешние воздействия на модель; Y_1, Y_6 — реакции функциональных элементов модели

Состояние функционального элемента оценивается 1, если при подаче всех допустимых входных сигналов на выходе элемента наблюдается допустимая реакция. Если же при их подаче реакция оказывается недопустимой, то его состояние оценивается 0. Считается, что если хотя бы на один из входов подано недопустимое воздействие, то выходная реакция функционального элемента должна быть недопустимой.

Пользуясь функциональной моделью, можно задать множество возможных состояний системы $\{S_i\}$, которое определяется числом возможных состояний элементов модели. Например, для модели, приведенной на рис. 21.2, вектор состояний S_i системы шестимерный. Отказавшему элементу соответствует 0 в векторе состояний, неотказавшему — 1. Тогда если в системе (см. рис. 21.2) отказал второй элемент, то вектор состояния будет иметь следующую запись — 101111.

В качестве критерия проверки Π_j принимают реакцию $Y_j = \{1,0\}$ одного из функциональных элементов a_j при подаче на модель всех допустимых внешних воздействий. В таблице состояний число строк будет соответствовать числу рассматриваемых состояний системы S_i , а число столбцов — числу проверок Π_j модели. При этом каждая строка будет содержать совокупность результатов всех проверок при одном из состояний системы, а каждый столбец — результаты одной проверки для всей совокупности рассматриваемых состояний системы, например для модели, представленной на рис. 21.2. Случаи, когда в системе может отказать не более одного элемента, можно представить в виде табл. 21.1.

Представление системы в виде функциональной модели не освобождает оператора от необходимости решения задач, связанных с выявлением условий, подтверждающих работоспособность каждого функционального элемента.

Каждая проверка Π_j дает некоторое количество информации о состоянии системы:

$$J(\Pi_j) = H - H(\Pi_j),$$

где $H(\Pi_j)$ — средняя условная энтропия состояния системы при условии осуществления проверки Π_j .

Таблица 21.1. Состояния системы

Состояние		Проверки					
Обозначение	Код состояния	Π_1	Π_2	Π_3	Π_4	Π_5	Π_6
S_0	111111	1	1	1	1	1	1
S_1	011111	0	0	0	1	0	0
S_2	101111	1	0	0	1	1	0
S_3	110111	1	1	0	1	1	1
S_4	111011	1	1	1	0	0	0
S_5	111101	1	1	1	1	0	0
S_6	111110	1	1	1	1	1	0

Если при проверке Π_j контролируется m функциональных элементов системы, сумма вероятностей отказов которых $P_{\Pi_j} = \sum_{i=1}^m P_i$, то

$$H(\Pi_j) = - \left\{ P_{\Pi_j} \sum_{i=1}^m \frac{P_i}{P_{\Pi_j}} \log_2 \frac{P_i}{P_{\Pi_j}} + (1 - P_{\Pi_j}) \sum_{i=m+1}^N \frac{P_i}{1 - P_{\Pi_j}} \log_2 \frac{P_i}{1 - P_{\Pi_j}} \right\}.$$

Тогда

$$J(\Pi_j) = \{ P_{\Pi_j} \log_2 P_{\Pi_j} + (1 - P_{\Pi_j}) \log_2 (1 - P_{\Pi_j}) \}.$$

Поиск отказа начинается с проверки Π_j , несущей максимум информации о состоянии системы. Следующая проверка выбирается исходя из результата проверки Π_j . Если при проверке зафиксировано, что отказ содержится в каком-либо из функциональных элементов $i = \overline{1, m}$ при $\Pi_j = 0$, то следующая проверка Π_k выбирается по таблице состояний, содержащей только m элементов по максимуму количества информации:

$$J(\Pi_k / \Pi_j = 0) = H(\Pi_j = 0) - H(\Pi_k).$$

Если отказ содержится в каком-либо из функциональных элементов с номерами $m+1, \dots, N$ при $\Pi_j = 1$, то проверка Π_l выбирается по таблице состояний, содержащей только $N - m$ элементов по максимуму количества информации:

$$J(\Pi_l / \Pi_j = 1) = H(\Pi_j = 1) - H(\Pi_l).$$

При этом

$$H(\Pi_j = 1) = - \sum_{i=1}^N P(S_i / \Pi_j = 1) \log_2 P(S_i / \Pi_j = 1);$$

$$H(\Pi_j = 0) = - \sum_{i=1}^N P(S_i / \Pi_j = 0) \log_2 P(S_i / \Pi_j = 0).$$

8. Алгоритм поиска отказов, минимизирующий «стоимость» информации, может строиться в тех случаях, когда возникают сложности при его построении в условиях значительного числа возможных со-

стояний систем и необходимых проверок. Значительное сокращение объема вычислений достигается за счет использования в программах поиска правил предпочтения, которые ставят в соответствие каждой проверке Π_j некоторое критериальное число, которое зависит от того, какие проверки включены в программу поиска. Предпочтение отдается проверке, имеющей наибольшее критериальное число.

В качестве критериальных чисел, характеризующих различные виды затрат для получения информации, можно использовать:

$$R_1 = J(\Pi_j) / \tau_{\Pi_j};$$

$$R_2 = J(\Pi_j) / \theta_{\Pi_j};$$

$$R_3 = J(\Pi_j) / C_{\Pi_j},$$

где τ_{Π_j} — трудоемкость проверки Π_j ; θ_{Π_j} — продолжительность проверки Π_j ; C_{Π_j} — затраты на проведение проверки Π_j .

21.3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ПОИСКА ОТКАЗОВ

Существенное повышение эффективности процесса поиска отказов а следовательно, и показателей эффективности процесса технической эксплуатации ЛА связано с его автоматизацией, т. е. применением средств вычислительной техники и новой информационной технологии.

Необходимость включения систем поиска отказов в комплекс задач, решаемых с применением автоматизированных информационных систем, определяется высокой их информационной емкостью при высоком уровне потребности их решения в процессе технической эксплуатации ЛА. На эксплуатационном предприятии, располагающем парком в 30...35 ЛА, используемых с годовым налетом 2000...2500 ч на среднесписочный ЛА, практически на каждый календарный час эксплуатации приходится 1...2 обнаруженных отказа.

Однако возможность и эффективность автоматизации процесса поиска отказов зависят от целого ряда факторов, среди которых наиболее существенными являются: уровень конструктивно-эксплуатационных свойств ЛА; наличие бортовой вычислительной техники, реализующей функции контроля и локализации отказов; степень сопряженности бортовых и наземных вычислительных средств; уровень автоматизации построения оптимальных программ поиска отказов; общий уровень автоматизации информационного обеспечения управления процессами технической эксплуатации ЛА на эксплуатационном предприятии ГА, так как в конечном итоге эффективность процесса поиска отказа определяется оперативностью и правильностью выбора цели и критериев оптимизации при построении программ поиска отказа.

Первые три из указанных факторов должны обеспечиваться на этапах проектирования, производства и эксплуатационных испытаний

ЛА. От полноты и уровня совершенства принятых решений на этих этапах существования ЛА определяются возможности автоматизации поиска отказов на этапе эксплуатации, которые связаны с последними двумя из указанных выше факторов.

Практическое использование автоматизированных информационных систем для решения задач поиска отказов позволяет эксплуатационным предприятиям гражданской авиации увеличить уровень регулярности полетов на 15 ...25 %, сократить затраты времени на поиск и устранение отказов.

Глава 22

ЗАПРАВКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ГОРЮЧЕ-СМАЗОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

22.1. ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ТРЕБОВАНИЯ

Работы по заправке ЛА горюче-смазочными материалами (ГСМ), специальными жидкостями и газами осуществляются в соответствии с требованиями руководящих документов МГА (НТЭРАТ ГА, инструкциями и положениями по организации и обеспечению заправки, по применению и контролю качества ГСМ и др.) работниками службы ГСМ, спецтранспорта авиапредприятий и АТБ. На работоспособность и надежность работы функциональных систем ЛА и его сохранность значительное влияние оказывает качество заправки ГСМ. К процессу заправки предъявляется ряд специфических эксплуатационных требований. К ним можно отнести:

обеспечение соответствия количества и качества заправляемых ГСМ установленным нормам или расчетам при подготовке ЛА к вылету;

обеспечение соответствия заправляемых веществ по физико-химическим свойствам, указанным в паспортах, требованиях ГОСТов и инструкций по эксплуатации данного типа ЛА;

отсутствие механических примесей (загрязнений, влаги, кристаллов льда и др.) в заправляемых ГСМ;

предохранение от попадания механических примесей, воды в ГСМ в процессе их заправки;

качественное выполнение своих должностных обязанностей (в соответствии с руководящими документами МГА) всех лиц [заправщик службы ГСМ, авиатехник АТБ, бортинженер (бортмеханик)] по соблюдению правил заправки, правил пожарной безопасности (наличие средств пожаротушения, заземление ЛА, заправочного средства, металлизация изделий топливной системы ЛА и др.);

своевременный контроль качества заправляемых ГСМ по паспорту, сливу отстоя и др.;

устройства открытой заправки должны обеспечивать возможность непрерывного заполнения нескольких групп баков топливом при подаче заправочного устройства 5000 л/мин;

в случае перелива топливо не должно попадать на агрегаты ЛА; система закрытой (централизованной) заправки должна обеспечивать заправку и дозаправку топливной системы ЛА в целом и любой группы баков;

при применении закрытой системы заправки должны быть обеспечены надежность контроля заправки каждой группы баков и предохранение их от переполнения;

заборные штуцера на ЛА для заправки должны располагаться в удобных для работы местах, а заправочные трубопроводы и шланги — обеспечены устройством быстрой откачки топлива после заправки;

обеспечение герметичности топливной системы ЛА и системы заправки, что исключает возможность воспламенения топлива при заправке от разрядов статического электричества, при разрушении электроагрегатов или нарушении правил заправки (открытая заправка запрещается при сильном ветре с пылью, дожде, а при газовых разрядах запрещается открытая и закрытая заправка ЛА топливом).

22.2. ЗАПРАВКА ЛА ГСМ, СПЕЦЖИДКОСТЯМИ И ГАЗАМИ

Заправку ЛА ГСМ производят с помощью стационарных централизованных заправочных систем аэропортов, специальных машин (топливозаправщиков — ТЗ или маслосаправщиков — МЗ) и других заправочных средств, которые располагают не ближе 5 м от крайних точек ЛА. Заправочные средства должны быть оборудованы исправными и чистыми фильтрующими и раздаточными устройствами. Крышки фильтров и заливные горловины должны быть опломбированы (после контроля специалистами службы ГСМ).

Топливозаправщики могут выполнять несколько операций: заполнять собственную цистерну топливом; транспортировать топливо; заправлять ЛА фильтрованным топливом из своей и посторонней емкости; перекачивать топливо из одной емкости в другую, минуя свою цистерну; перемешивать топливо в цистерне. Применяют топливозаправщики типов ТЗ-200, ТЗ-22, ТЗ-22А (оснащенные системой азотирования заправляемого топлива) и др. Насыщение топлива азотом снижает количество растворенного в топливе свободного кислорода, что снижает пожарную опасность, повышает термоокислительную стабильность топлива. ТЗ большой емкости изготавливают в виде специальных полуприцепов с расположением кабины, агрегатов и управления на полуприцепе за цистерной или на тягаче за кабиной водителя. Независимо от класса все ТЗ оборудованы фильтрующими системами,

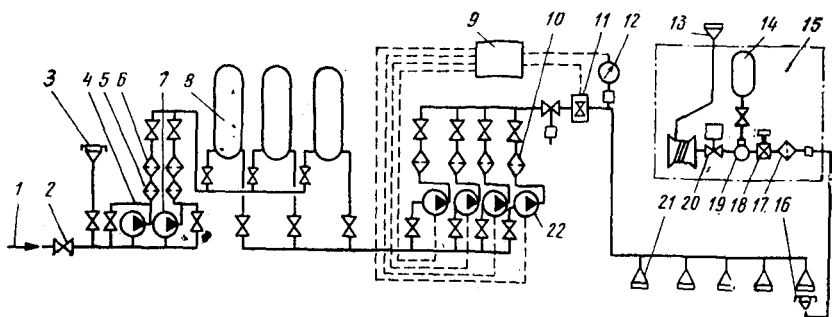


Рис. 22.1. Принципиальная схема системы централизованной заправки ЛА топливом:

1 — питающий топливопровод; 2 — перекрывные краны; 3 — штуцер подачи топлива от автоцистерны; 4 — обводная линия; 5 — фильтр грубой очистки; 6 — фильтр тонкой очистки; 7 — сливной насос; 8 — резервуары с топливом; 9 — пульт управления; 10 и 17 — фильтры тонкой очистки; 11 — турбинный расходомер-регулятор; 12 — контактный манометр; 13 — заправочный наконечник (или заправочный пистолет раздаточного рукава); 14 — бак с этилцеллозольвом; 15 — заправочный агрегат; 16 — штуцер (с шлангом к заправочному агрегату); 18 — регулятор давления; 19 — счетчик-дозатор; 20 — регулятор расхода; 21 — раздаточные устройства (гидрантная колонка); 22 — раздаточные насосы

противопожарным оборудованием и специальными расходомерами топлива.

В стационарных системах заправки (рис. 22.1) подача топлива осуществляется из стационарных резервуаров через систему трубопроводов, насосов, фильтров и приборов к раздаточным колонкам на стоянках ЛА. В ряде стационарных систем применяют заправочные агрегаты передвижные или стационарные. Такие системы дают возможность одновременно заправлять несколько ЛА, не загромождая перрон или места стоянок ЛА ТЗ и одновременно снижая расходы на заправку ГСМ.

Заправка ЛА топливом может производиться открытым способом (через заливные горловины, которые после заправки следует тщательно закрывать пробками), и закрытым — через заправочные штуцера. При закрытой заправке распределение топлива по бакам и контроль процесса заправки осуществляется по приборам на специальном пульте путем автоматического или ручного управления заправкой при включенной сети постоянного и переменного тока. Для соблюдения мероприятий пожарной безопасности запрещается включать электрические механизмы, не связанные с процессом заправки.

Контроль качества фильтрации топлива фильтрами топливозаправщика осуществляют по перепаду давления на фильтрах тонкой очистки. При неполной заправке заполнение баков производят на ряде ЛА в порядке, обратном выработке топлива. Масса заправляемого топлива в баках должна быть такой, чтобы оставался некоторый незаполненный объем для возможного температурного расширения топлива.

Маслозаправщики могут выполнять те же операции, что и ТЗ. Но кроме этого, они могут обеспечить циркуляцию масла по замкнуто-

му контуру, производить подогрев масла в своей емкости и заправку подогретым маслом. Если масса заправляемого топлива рассчитывается исходя из условий выполнения конкретного рейса, то масса заправляемого масла нормируется для каждой маслосистемы двигателя конкретных типов ЛА.

При заправке или дозаправке ЛА топливом и маслом обращают внимание на чистоту дренажных трубопроводов. Их закупорка (загрязнением или льдом) может привести к отказу топливной системы или повреждению мягких топливных баков. Топливо и масло перед заправкой подвергают лабораторному анализу, а в день заправки руководитель смены службы ГСМ проводит дополнительный анализ и выдает контрольный талон на ГСМ с разрешением заправки (с указанием даты и времени анализа). Осмотр средств заправки проводят на стоянке возле самолета. Кроме того, качество топлива контролируют методом слива отстоя из заправщика (через 10...15 мин после прибытия на стоянку), из баков самолета после прилета из рейса и баков самолета через 10...15 мин после заправки. При этом сливают из отстойников 0,5...1 л топлива и проверяют его чистоту прибором (типа ПОЗ-Т или др.), специальными индикаторами или визуально, убеждаясь в отсутствии воды, кристаллов льда или механических примесей.

Слив отстоя производят из точек топливной системы, предусмотренных для данного типа ЛА. При обнаружении в отстое воды или механических примесей авиатехник (бортинженер, бортмеханик), начальник смены АТБ совместно с представителем службы ГСМ принимают меры по выявлению причин появления и по удалению примесей и воды вплоть до полной замены топлива в баках ЛА.

В процессе подготовки ЛА к вылету производится заправка (зарядка) специальными жидкостями, водой и газами, используемыми в системах ЛА в качестве рабочего тела, до потребного объема (массы), давления в соответствии с регламентом технического обслуживания и РЛЭ ЛА данного типа.

Дозаправка баков гидравлической системы современных ЛА производится чистой, профильтрованной жидкостью, например АМГ-10, как правило, закрытым способом (от установок типа УПГ). Перед заправкой и дозаправкой гидробака стравливают давление воздуха в системе наддува до нуля. Объем жидкости в баках гидравлических систем нормируется для каждого типа ЛА и контролируется при ТО с учетом температуры наружного воздуха и наличия (или отсутствия) давления в системе.

На спецжидкости, дистиллированную воду и газы, подаваемые для заправки (зарядки) систем ЛА, соответствующие службы авиапредприятия представляют контрольный талон (паспорт) с записью о проведенном контроле и соответствии ГОСТу (если это предусмотрено нормативной документацией). Одновременно проверяется документация (формуляры, контрольные талоны) на средства заправки, где указываются даты заполнения средств жидкостью (газом) и конт-

рольного осмотра средств. Емкости с жидкостями (газами) должны быть окрашены в стандартный для данной жидкости (газа) цвет, иметь соответствующую маркировку и надпись наименования жидкости (газа). Зарядка емкостей и систем газами должна проводиться через специальные приспособления с редуктором и манометром.

22.3. ВЛИЯНИЕ ОБВОДНЕНИЯ ГСМ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СИСТЕМ ЛА

Если механические примеси в ГСМ могут привести к отказу агрегатов топливной (масляной) системы, то наличие воды существенно ухудшает свойства этих ГСМ. Отрицательное влияние воды на свойства ГСМ зависит от ее количества в топливе (масле), состояния, в котором она находится, а также химического состава топлива (масла).

В авиационных топливах вода ухудшает низкотемпературные свойства [снижает прокачиваемость, понижает температуру начала кристаллизации, приводит к замерзанию фильтров (рис. 22.2)], понижает термоокислительную стабильность топлив, повышает их коррозионную активность (учитывая наличие в ГСМ органических и неорганических соединений), способствует росту загрязненности топлив механическими частицами, продуктами окисления и микроорганизмами, а также ухудшает противозносные свойства.

Вода в авиационных маслах приводит к ухудшению их смазывающей способности, усилению коррозионного воздействия масел на металлы, активизации окисления углеводородов, входящих в масло, образованию веществ, ухудшающих свойства масел, а при повышен-

ных температурах может в ряде систем привести к интенсивному пенообразованию и выбросу части масла через дренажную систему.

В процессе хранения, транспортирования, заправки и применения топлива и масла обводняются. При этом попавшая в них влага может находиться в разных видах: в растворенном и эмульсионном состояниях; в виде отстоя (при отрицательных температурах в виде кристаллов льда) и в химически связанном виде, если в результате реакции ГСМ с водой образуются гидраты.

В растворенном состоянии в жидких углеводородах вода может находиться от 0,003 до 0,12 % в интервале температур 0...40 °С.

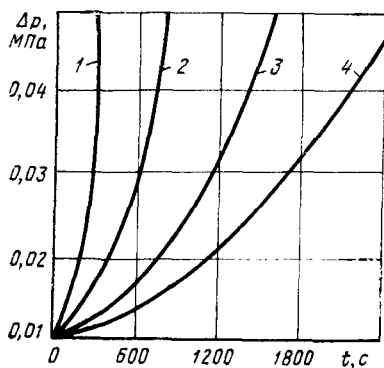


Рис. 22.2. Интенсивность забивки фильтров кристаллами льда с тонкостью фильтрации 12...16 мкм при содержании воды в топливе (по массе): 1 — 0,0214%; 2 — 0,01%; 3 — 0,0056%; 4 — 0,0048%

Растворимость воды в ГСМ увеличивается с ростом температуры, атмосферного давления, влажности окружающего воздуха (рис. 22.3) и зависит также от химического состава и молекулярной массы топлива (масла). Основным источником обводнения ГСМ является атмосферная влага, содержащаяся в воздухе в виде водяных паров. Между водой, растворенной в ГСМ, и атмосферной влагой существует динамическое равновесие, которое наступает сравнительно быстро при контакте ГСМ с влажным воздухом (рис. 22.4). Именно поэтому при наборе высоты, снижении давления и температуры часть растворенной воды не успевает выделиться в атмосферу и образует микрокапли по объему топлива.

Свободная вода может образоваться в ГСМ при их контакте с влажным теплым воздухом, конденсируясь на поверхности холодного топлива (масла), а также вследствие конденсации ее из воздуха на охлаждаемых окружающим воздухом стенках бака в надтопливном пространстве (при этом на стенках бака может образоваться и иней).

Учитывая значительное отрицательное влияние воды на свойства ГСМ и работоспособность изделий функциональных систем (топливной, масляной, гидравлической) ЛА, для удаления воды и предотвращения образования льда в авиационных топливах и маслах применяются разнообразные методы.

Для удаления воды из ГСМ применяют различные методы: вымораживание топлива; отстаивание в специальных отстойниках или отделение воды с применением центрифуг; обезвоживание топлива электрическим полем (иногда совместно с центробежным способом); обезвоживание путем массообмена — перехода влаги из топлива в охлажденный воздух (азот) и достижения ее динамического равновесия; фильтрационные методы с применением специальных пористых перегородок; методы, основанные на явлении адсорбции ряда веществ и поглощении растворенной воды и др.

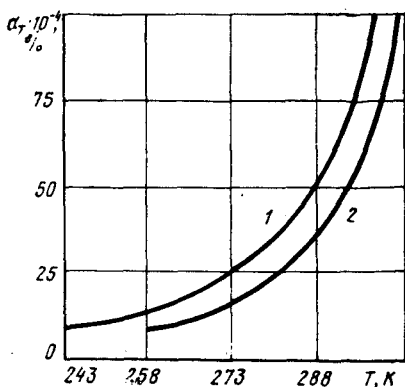


Рис. 22.3. Зависимость содержания воды в топливе ТС-1 от температуры воздуха при относительной влажности $\phi_v = 100\%$ (1) и $\phi_v = 75\%$ (2)

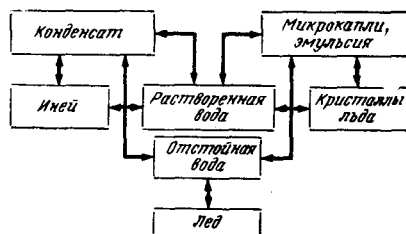


Рис. 22.4. Вероятные фазовые переходы воды в топливе в полете в различных сочетаниях температуры, влажности воздуха, размеров капель влаги

Предотвращение образования льда в топливных баках и функциональной системе ЛА может производиться также разными методами. Наибольшее распространение получил один из физико-химических методов — добавление в топливо перед заправкой антиобледенительных присадок и теплофизический — подогрев топливных фильтров ЛА. Вводимые в топливо присадки хорошо растворяют воду, растворяются в топливе и повышают растворимость воды в топливе. При этом образуются смеси воды и присадок с пониженной температурой замерзания, что предотвращает возникновение в топливе кристаллов льда при отрицательных температурах.

В качестве таких присадок применяются этилцеллозольв (условное наименование — жидкость И) и тетрагидрофурфуриловый спирт (жидкость ТГФ). Масса жидкости, добавляемой к топливу (смешение с топливом производится в резервуарах или топливозаправщиках), зависит от температуры окружающего воздуха, типа самолета, продолжительности его полета и регламентируется соответствующими инструкциями (обычно составляет 0,1...0,3 % по объему).

Для предотвращения образования кристаллов льда в топливе в последние годы применяют подогрев фильтров или других участков топливной системы ЛА, наиболее уязвимых для кристаллов льда. Применяются различные подогреватели топлива: теплообменники, в которых теплоносителем является горячий воздух от двигателя, топливо-масляные радиаторы и др.

Применение различных методов удаления воды из топлива (наземных), подогрева элементов топливной системы (в полете), подкачивающих насосов струйного типа, повышенный контроль качества топлива в службе ГСМ позволяют на ряде ЛА отменять такую весьма трудоемкую операцию, как слив отстоя топлива из баков, особенно при наличии большого числа точек слива.

22.4. ПРАВИЛА ОХРАНЫ ТРУДА, ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ И ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Все работы по заправке ЛА топливом, маслом, спецжидкостями и газами выполняют в соответствии с требованиями правил охраны труда, окружающей среды и пожарной безопасности. Топливо может явиться источником пожара при нарушении правил заправки и технологии обслуживания систем: при вспышке паров топлива от электрической искры, открытого пламени или раскаленного металла; при взрыве паров топлива в газовом пространстве баков при разряде статического электричества; при самовоспламенении топлива в случае попадания его на нагретую поверхность (например, выхлопной патрубков двигателя заправщика), если температура этой поверхности будет выше температуры самовоспламенения данного топлива.

В нормативно-технической документации по заправке ЛА ГСМ изложены не только правила выполнения заправки, но и правила охра-

ны труда и пожарной безопасности. В ней указываются правила пожарной безопасности по заземлению средств заправки, самолета, металлизации шланга и агрегатов топливной системы, наличию на стоянке ЛА средств пожаротушения, а также правила действия лиц, участвующих в заправке, при разливе топлива, нарушении герметичности заправочных рукавов и штуцеров с указанием ограничений или запрещения ряда работ на ЛА в процессе заправки. Так, например, при заправке ЛА топливом запрещается подогревать двигатели, агрегаты, системы, а также воздух в кабинах, подключать или отключать от ЛА источники электроэнергии, располагать провода электропитания на пути подъезда-отъезда средств наземного обслуживания. Нельзя также начинать заправку топливом при разлитом топливе на стоянке, при облитых топливом отдельных частей ЛА или обнаружении паров топлива в кабинах ЛА. При сочетании ряда нарушений, например разлитого топлива на стоянке с появлением искры при переезде провода электропитания средствами наземного обслуживания, наиболее вероятно возникновение пожара. Запрещается располагать при заправке двигатель ТЗ (МЗ) под крылом ЛА, проезжать или останавливаться под крылом ЛА любому виду транспорта, проводить заправку топлива при наличии перегрева тормозных устройств колес, при отсутствии свободного пути для отхода (отъезда) заправочного средства от ЛА.

При заправке ЛА ГСМ, специальными жидкостями и газами следует учитывать, что часть из них в той или иной степени ядовиты, если не соблюдать необходимых мер предосторожности при обращении с ними. Так, воздух считается безопасным для здоровья только в случае, если концентрация паров топлива в нем не превышает 0,3 мл/л. При более высоких концентрациях может наступить отравление. Возможно отравление и при вдыхании масляного тумана с частицами 1...100 мкм. Сильным ядом является тетраэтилсвинец, добавляемый в бензин, что требует осторожного обращения с ним. Вопросы экологии, т. е. влияния ГСМ на окружающую среду и человека при заправке ЛА горюче-смазочными материалами следует рассматривать с позиций недопущения распыления или пролива ГСМ и специальных жидкостей на почву, в водоемы, сточные каналы. Это относится ко всем работам по заправке, сливу топлива или сливу отстоя.

Экологические свойства оцениваются для топлива и продуктов его сгорания. При этом необходимо соблюдать принятые предельно допустимые концентрации топлива в воздухе рабочих зон, жилых массивов, водоемах и регламентацию состава выхлопных газов, так как в этом составе имеется более 200 различных соединений, часть из которых токсична.

Сливаемые отработанные нефтепродукты (например, масло, жидкость гидравлической системы, отстой топлива) необходимо собирать в специальные емкости для последующей переработки и использования. Это позволяет осуществлять и значительную экономию горюче-смазочных материалов. Так, сбор и сохранение только отстоя топлива

за год может составить более 10 000 т. В некоторых аэропортах с большой интенсивностью полетов создаются централизованные системы не только для заправки, но и сбора сливаемого отстоя топлива, что также позволяет экономить топливно-энергетические ресурсы в процессе заправки ЛА топливом.

Глава 23

СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

23.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

Проблема механизации и автоматизации процессов технического обслуживания ЛА — одна из наиболее важных в общем комплексе задач, решаемых ИАС. Это объясняется увеличением объемов авиаперевозок и работ по применению авиации в народном хозяйстве, усложнением поступающей на эксплуатацию новой АТ, увеличением объемов работ по техническому обслуживанию и подготовке ЛА к полету.

Среди большого числа факторов, оказывающих влияние на производительность труда, важнейшее значение имеет механизация и автоматизация производственных процессов. В настоящее время применяется большое число различных машин, механизмов и оборудования при выполнении технического обслуживания ЛА. Процессы технического обслуживания и соответственно средства механизации по своему назначению можно подразделить на группы (рис. 23.1).

Для механизированной заправки ЛА топливом, маслом, водой и другими жидкостями применяются заправочные машины и устройства. Они имеют емкости для размещения соответствующих жидкостей, насосы, фильтры, раздаточную и контрольно-измерительную аппаратуру. В подавляющем большинстве заправочные машины выполняются самоходными, их цистерны и специальное оборудование монтируются на шасси автомобилей. Имеются, однако, и такие машины, у которых цистерны и заправочное оборудование смонтированы на несамоходных шасси, транспортируемых тягачами.

Заправочные машины различаются по типам топливозаправщиков. Это связано с тем, что емкости топливных систем различных типов ЛА существенно отличаются. Различие типов топливозаправщиков состоит во вместимостях цистерн, подачах насосов, пропускной способности фильтров и раздаточной аппаратуры. Основные их характеристики представлены в табл. 23.1.

Расходы масла современных авиадвигателей, а следовательно, и вместимости баков масляных систем сравнительно малы, а поэтому и вместимости котлов маслозаправщиков также невелики (табл. 23.2).

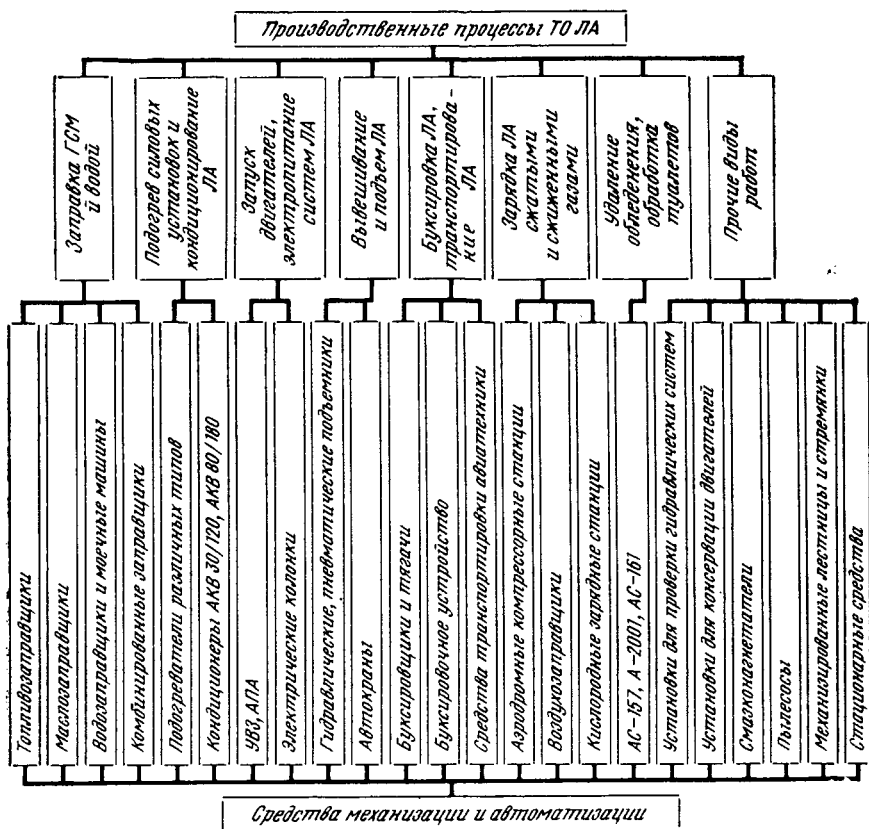


Рис. 23.1. Классификация процессов технического обслуживания и средств механизации

В зимнее время при низких температурах окружающей среды требуется заправлять ЛА подогретым маслом, для чего в маслозаправщике имеется система подогрева.

Для заправки систем водоснабжения ЛА технической водой применяются специальные самоходные машины, которые также используются для мойки ЛА и удаления льда с их поверхностей. Эти машины оснащены подогревательными устройствами по типу маслозаправщиков для подогрева воды и емкостями со спецжидкостями.

На некоторых новых типах ЛА имеются системы питьевой воды. Для закрытой их заправки и слива воды применяются специально разработанные машины типов МВ-1 и МВ-2. Цистерна машины имеет две секции вместимостью по 2 м³ каждая. Одна из них предназначена для воды, заправляемой в ЛА, а другая для ее слива. Все специальное оборудование размещено на шасси ЗИЛ-130.

Таблица 23.1. Основные характеристики

Показатель	Малой вместимости	Средней вместимости	
	ТЗ-5	ТЗА-7, 5-5000А	ТЗ-8-2555Б
Шасси автомобиля	Урал-375	МАЗ-500А	КрАЗ-255Б
Вместимость цистерны эксплуатационная, дм^3	500	500	8000
Подача раздаточной системы, $\text{дм}^3/\text{мин}$: одним рукавом	Не менее 600	600	525
двумя рукавами	—	750	880
Рукава раздаточные:			
число, шт.	1	2	2
диаметр, мм	50	50	50
длина, м	15	15	15
Максимальное рабочее давление в раздаточной системе, МПа	0,4	0,4	0,65
Тонкость фильтрации, мкм	5...8	5...8	5...8

В процессе эксплуатации ЛА находят широкое применение различные виды газов в сжиженном и газообразном состоянии (сжатый воздух, азот, кислород, углекислый газ и др.). Для получения сжатого воздуха, который в большом количестве используется на каждом авиапредприятии, имеются компрессорные станции высокого давления (АКС-8, УКС-400) и низкого давления (КНД-4).

Зарядка систем и агрегатов ЛА сжатым воздухом осуществляется воздухозаправщиками ВЗ-16-230 или ВЗ-20-390. Двадцать баллонов со сжатым воздухом и вся аппаратура смонтированы на автомашине ЗИЛ-131.

Для зарядки бортовых кислородных систем ЛА используются автомобильные кислородно-заправочные станции АКЗС-75. Специальное оборудование, размещенное в теплоизолированном кузове автомобиля ЗИЛ-130, включает батарею кислородных баллонов, дожимающий компрессор, кислородный холодильник, коммуникационную систему, осушитель и щит управления. Зарядка бортовой системы осуществляется методом перепуска кислорода и с помощью дожимающего компрессора, приводимого в действие от автомобильного двигателя. В зимнее время при низких температурах воздуха для обеспечения надежного запуска силовые авиационные установки подогреваются. Наибольшее распространение получил метод их подогрева горячим воздухом от различного типа подогревателей.

В последнее время получили широкое распространение подогреватели калориферного типа, в которых воздух, забираемый вентилятором из окружающей среды, нагревается, проходя через горячий калорифер. Последний нагревается горячими газами горелки.

топливозаправщиков

Большой вместимости		Особо большой вместимости	
ТЗ-16	ТЗ-22	ТЗ-25	ТЗ-60-8685
ЯАЗ-200В 16 000	КрАЗ-200В 22 000	КрАЗ-200В 25 000	МАЗ-47103 60 000—80 000
450	500	500	500
700	1000	2000	2500—3000
2	2(2)	2	2
50	50(76)	50	20
20	20(15)	20	20
0,35	0,5	0,5	1,5...4,5
15...20	5...8	5	5

В связи с широкой номенклатурой ЛА, применяемых в гражданской авиации, а следовательно, и силовых установок на эксплуатационных предприятиях находят применение различные типы подогревателей (табл. 23.3).

В целях экономии ресурса бортовых систем запуска двигателей, а также для контроля АиРЭО применяются аэродромные источники энергии. Большинство современных ЛА имеют воздушные системы запуска двигателей. В качестве наземных средств запуска этих двигателей применяются установки типов УВЗ и УВЗ-2. Более универсальной является установка воздушного запуска УВЗ-2. Она обеспечивает не только подачу сжатого воздуха для раскрутки ротора дви-

Т а б л и ц а 23.2. Основные характеристики маслозаправщиков

Показатель	МЗ-51М	МЗ-150	МЗ-66
Шасси автомобиля	ГАЗ-51	ЗИЛ-150	ГАЗ-66
Эксплуатационная вместимость, м³	0,920	2,1	0,8
Подача раздаточной системы, дм³/мин, при температуре масла 85 °С:			
через один рукав	140	170	140
» два рукава	175	210	170
Время нагрева масла, мин, от 10 до 100 °С	50...55	30...35	25
Применяемые рукава, шт.:			
всасывающий — 65 мм, длиной 6 м	1	1	1
раздаточный—25 мм, длиной 10 м	2	2	2

Т а б л и ц а 23.3. Основные характеристики подогревателей

Показатель	МП-85	МП-300	УМП-350-131	ПП-120-169
Шасси	Тележка	ГАЗ-51А	ЗИЛ-131	Платформа
Теплопроизводительность, Дж/ч	37,0 · 10 ⁷	144 · 10 ⁷	144 · 10 ⁷	50,4 · 10 ⁷
Допустимая температура на выходе из подогревателя, °С	130	130	130	110
Продолжительность непрерывной работы, ч	4	5	4	6
Применяемое топливо	Б-70	Т-1	ТС-1 или Т-1	—
Число раздаточных рукавов, шт.	2	8	5	4

гателя, но и электропитание бортовых систем постоянным и переменным током. Все оборудование УВЗ-2 размещено в автомашине УАЗ-452. Оно включает: ГТД ТА-6А, два генератора постоянного тока, генератор переменного тока, четыре аккумулятора для запуска ТА-6А.

Для запуска двигателей, раскрутка роторов которых осуществляется электростартерами, а также электропитания бортовых систем ЛА в наземных условиях находят широкое применение самоходные агрегаты типа АПА (АПА-50, АПА-50М и др.). Их специальное оборудование смонтировано в кузовах автомобилей, которое включает источник постоянного и переменного тока, комплект силовых кабелей, контрольно-измерительную аппаратуру.

В последнее время на ряде аэродромов места стоянки ЛА на перронах и предангарных площадках оборудуются стационарными источниками электропитания постоянным и переменным током. Это позволяет отказаться от использования автомобилей АПА, исключить скопление автотехники у мест обслуживания ЛА, снизить шум и загазованность окружающей среды.

Для подъема ЛА при техническом обслуживании, замены двигателей и других крупногабаритных и тяжелых агрегатов используется большое число различных грузоподъемных средств: самоходные и несамоходные краны, гидравлические и механические подъемники, гидравлические домкраты, лебедки, тали, кран-балки, электрические тельферы, пневмотканевые подъемники и др. Все они находят свое применение при выполнении вполне определенных видов работ. Так, для подъема ЛА применяются гидropодъемники, грузоподъемность их определяется типом ЛА, для которого они предназначены. Самоходные и несамоходные краны обычно используются при замене двигателей и других крупногабаритных агрегатов, когда работы выполняются в неангарных условиях (табл. 23.4).

В оборудованных ангарах эти работы выполняются с использованием кран-балок, тельферов, лебедок и другого ангарного оборудования. Для подъема поврежденных ЛА в зависимости от типа и степе-

Таблица 23.4. Основные характеристики кранов

Технические характеристики	Несамородный КН-1	Самородные		
		ЛАЗ-690	К-67	К-162М
Шасси автомобиля	—	ЗИЛ-130	МАЗ-500А	КрАЗ-257К
Привод (тип)	Ручной механический двусторонний	Механический	Механизированный гидравлический	Электрический
Грузоподъемность, кН	15	30	63	160
Максимальная высота, мм	5000	6600	11 700	22 400
Скорость подъема, м/с	0,005...0,03	0,1...0,28	0,008...0,1	0,02...0,13
Масса, кг	950	680	12 600	22 800

ни их повреждения применяются пневмотканевые подъемники, гидравлические и механические подъемники, самородные краны. При замене колес на одной из опор шасси, когда нет необходимости вывешивать на подъемниках весь самолет, широко используются гидравлические домкраты.

Для экономии топлива, ресурса двигателей, а также защиты окружающей среды от шума и загрязнения воздуха вместо руления рекомендуется применять буксировку ЛА. Для этого на эксплуатационных предприятиях имеются различные типы тягачей (табл. 23.5). Многоотипность тягачей вызвана зависимостью потребных тяговых усилий P_t от максимальной взлетной массы ЛА G_b (рис. 23.2).

Мойка ЛА, удаление льда и снега с их поверхности в зимнее время до настоящего времени продолжают оставаться трудоемкими работами и механизированы недостаточно. Сложность форм поверхности ЛА затрудняет создание моечных машин, которые могли бы обрабатывать полностью весь ЛА. В связи с этим применяемые в настоящее время моечные машины типа МНС-1 моют лишь часть поверхности ЛА, а оставшуюся часть моют щетками вручную. Задача механизации мойки ЛА не снята с повестки дня.

Таблица 23.5. Основные характеристики тягачей

Показатель	УТС-1	БелАЗ-6411	БелАЗ-7421
Габаритные размеры, мм	7300× ×2700× ×2200	7600× ×3300× ×2200	7000× ×3300× ×2200
Дорожный просвет (клиренс), мм	300	300	300
Масса, т	17	30	40
Тяговое усилие, кН	80	210	280
Скорость буксирования, м/с (км/ч)	4,2 (15)	4,2 (15)	4,2 (15)
Радиус поворота, м	8	8,5	8,5
Мощность двигателя, МВт	176,5	246,6	386,1

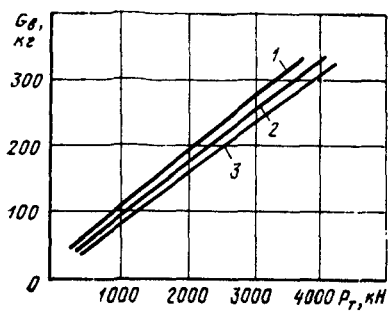


Рис. 23.2. Зависимость максимального тягового усилия тягача от взлетной массы ЛА:

1 — заснеженное покрытие; 2 — гололед; 3 — сухой бетон

Для удаления льда и снега с поверхностей в качестве средств механизации применяются тепловые обдувочные машины, изготовленные силами эксплуатационных предприятий. Однако этих машин еще недостаточно, да они еще и не в полной мере отвечают предъявляемым требованиям. Поэтому и удаление обледенения во многом производится вручную с применением жидкости «Арктика» и горячей воды. Для нанесения жидкости «Арктика» на поверхность ЛА в настоящее время используется машина типа А-2001.

Кроме перечисленных выше производственных процессов и средств

их механизации, на эксплуатационных предприятиях при техническом обслуживании ЛА находят применение еще многие другие машины и механизмы. Так, для проверки работоспособности, опрессовки и дозаправки гидравлических систем ЛА применяют универсальные подвижные агрегаты УПГ-63, УПГ-300, УПГ-300-400, а для самолетов типа Ил-86 — УПГ-300НГЖ. Для заправки водой, очистки и промывки сливных баков и заправки химической жидкостью баков туалетов используют ассенизационные машины АС-154 и АС-161, специальное оборудование которых смонтировано на шасси ЗИЛ-130. Обслуживание высоко расположенных частей ЛА производится с использованием ряда самоходных и самоходных площадок и платформ типов А-1103, ТС-8, СП-6, СПО-15, А-1102.

Для кондиционирования воздуха в кабинах ЛА на земле используют бортовые средства и самоходные кондиционеры типов АКВ-30/120 и АКВ 80/180.

Наряду с самоходными и самоходными средствами механизации в последнее время стали внедряться стационарные средства механизации технического обслуживания. К ним относятся доки, системы централизованной заправки топливом, подогрева двигателей, обеспечения электроэнергией и др. Док представляет собой комплекс стационарных сооружений, который создается, как правило, для технического обслуживания одного типа ЛА. В случае применения стандартизованных и унифицированных элементов конструкции доки легко могут быть переоборудованы для обслуживания других типов ЛА. Доки сооружают с таким расчетом чтобы с их площадок обеспечивался удобный подход ко всем частям, узлам и деталям ЛА, подлежащим техническому обслуживанию.

Док оснащается механизмами для замены двигателей, гидравлическими и электрическими домкратами для подъема ЛА при обслуживании органов приземления, установками и стендами для проверки герметич-

ности кабин, органов управления, гидравлической и воздушной систем, электрического и радиотехнического оборудования и т. п. Вблизи дока предусматриваются помещения или площадки для предварительного монтажа силовых установок, а также стенды и лаборатории для обслуживания и проверки съемного оборудования ЛА. В доки подводится электроэнергия, сжатый воздух, канализация, вода, газ и обеспечивается радиотелефонная связь его со службами аэропорта. Для обеспечения хорошего подхода к высоко расположенным частям ЛА (хвостовое оперение самолета) платформы дока выполняются многоярусными. Все платформы и площадки дока для безопасности работы ограждают металлическими перилами.

23.2. РАСЧЕТ УРОВНЯ МЕХАНИЗАЦИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛА

Основными показателями, позволяющими оценить состояние механизации технического обслуживания, являются: уровень механизации производственного процесса; уровень механизации процесса труда; степень использования средств механизации.

С помощью этих показателей оценивается достигнутый уровень механизации путем сравнения трудоемкостей выполненных операций технического обслуживания механизированным способом и вручную. К ручным относятся операции, выполняемые с помощью простейших орудий труда и инструментов (ключи, отвертки и т. п.) без применения машин и механизмов. К механизированным относятся операции, основные приемы которых выполняются машинами, механизмами и аппаратами.

Уровень механизации производственного процесса представляет собой отношение приведенной к ручному труду суммарной трудоемкости механизированных работ к общей трудоемкости процесса обслуживания, выраженной в нормах ручного труда:

$$U_{\text{М}}^{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^e [(T_{i\text{ММ}} - T_{i\text{ММ}} K_{i1}) K_{i2} + T_{i\text{ММ}} K_{i1}]}{\sum_{i=1}^e [(T_{i\text{ММ}} - T_{i\text{ММ}} K_{i1}) K_{i2} + T_{i\text{ММ}} K_{i1} + T_{i\text{рм}}] + \sum_{i=e+1}^n T_{i\text{руч}}^{\text{оп}}}$$

где $T_{i\text{ММ}}$ — трудоемкость работ, выполняемых исполнителями, занятыми механизированным трудом на i -й механизированной операции; $T_{i\text{рм}}$ — трудоемкость ручных работ, выполняемых исполнителями, занятыми механизированным трудом на i -й механизированной операции; $T_{i\text{руч}}^{\text{оп}}$ — трудоемкость i -й операции, выполняемой вручную без применения машин и механизмов; K_{i1} — коэффициент, учитывающий оставшийся ручной труд исполнителей, занятых выполнением механизированных работ на i -й механизированной операции; K_{i2} — коэффициент перевода механизированного труда в ручной (коэффициент эффективности средств механизации) на i -й механизированной операции; e — число механизированных операций из n операций, составляющих процесс.

Уровень механизации производственного процесса характеризует техническую оснащенность той или иной технологической схемы и не отражает качественную сторону механизации. Но процесс развития механизации заключается не только в том, что машинная техника вытесняет ручной труд из основных операций технического обслуживания, а и в постепенной замене ручного труда механизированным на вспомогательных работах. Поэтому важно определить не только факт механизации, но и степень, глубину ее осуществления.

Значение этой качественной стороны развития механизации можно характеризовать другим показателем — уровнем механизации процесса труда.

Уровень механизации процесса труда представляет собой отношение затрат труда, высвобожденных в результате механизации процесса, к общим затратам ручного и механизированного труда, приведенного к ручному:

$$U_{\text{м.т}}^{\text{пр}} = \frac{\sum_{i=1}^e (T_{i\text{мн}} - T_{i\text{мм}} K_{i1}) K_{i2}}{\sum_{i=1}^e [(T_{i\text{мм}} - T_{i\text{мм}} K_{i1}) K_{i2}] + T_{i\text{мм}} K_{i1} + T_{i\text{рм}} + \sum_{i=e+1}^n T_{i\text{руч}}^{\text{оп}}}$$

Сравнение уровня механизации процесса труда с показателем механизации производственного процесса позволяет заметить, что если последний характеризует собой долю механизированного труда в общей трудоемкости производственного процесса, то первый в дополнение к этому дает еще и характеристику этого механизированного труда. Он показывает долю машинного труда в рассматриваемой механизированной операции.

Степень использования средств механизации характеризует объем (долю) машинного труда при выполнении механизированной работы рассматриваемой операции:

$$C_{\text{ми}}^{\text{оп}} = \frac{T_{\text{маш } i}^{\text{оп}}}{T_{\text{мех } i}^{\text{оп}}} = \frac{(T_{\text{мм } i} - T_{\text{мм } i} K_{1i}) K_{2i}}{(T_{\text{мм } i} - T_{\text{мм } i} K_{1i}) K_{2i} + T_{\text{мм } i} K_{1i}}$$

Из изложенного выше можно установить, что $U_{\text{м.т}}^{\text{оп}} = U_{\text{м}}^{\text{пр}} C_{\text{ми}}^{\text{оп}}$, т. е. уровень механизации труда равен уровню механизации процесса, умноженному на степень использования средств механизации для рассматриваемой операции.

23.3. РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО ЧИСЛА СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

Основное требование при расчете необходимого числа средств механизации ТО — обеспечение регулярности вылетов в наиболее загруженные периоды времени. Однако не следует допускать и завышения числа средств механизации, так как при этом снижается эффек-

тивность их использования, а приобретение и содержание лишней техники дорого обходятся эксплуатационным предприятиям.

Методика расчета потребного числа различных типов средств механизации разработана в ГосНИИ ГА. Она предусматривает учет конкретных условий работы эксплуатационных предприятий, включающих интенсивность вылетов (частоту использования средств механизации), оперативное время использования, тип ЛА и применяемые средства механизации, статистические данные конкретных предприятий, характеризующие условия использования средств механизации.

Для расчета потребного числа средств механизации независимо от наименования можно пользоваться следующей обобщенной формулой:

$$N_n = (\lambda T_{\text{ц}} / 60 K_{\text{т.г}}) K_{\text{э}},$$

где λ — интенсивность вызова средств или интенсивность самолето-вылетов в часы пик, самолетов/ч; $T_{\text{ц}}$ — время рабочего цикла технологической операции, мин; $K_{\text{т.г}}$ — коэффициент технической готовности средств; $K_{\text{э}}$ — коэффициент учета условий ТО на конкретных предприятиях гражданской авиации.

При определении продолжительности рабочего цикла производственной операции необходимо учитывать особенности выполняемой операции и применяемых средств механизации. В общем случае

$$T_{\text{ц}} = t_{\text{р}} + t_{\text{х}},$$

где $t_{\text{р}}$ — основное рабочее время непосредственного обслуживания ЛА, мин; $t_{\text{х}}$ — вспомогательное время, затрачиваемое на подъезд, отъезд средств механизации, присоединение их элементов, на дозаправку самих средств механизации и т. п.

Основное рабочее время

$$t_{\text{р}} = \Pi / A_{\text{м}},$$

где Π — объем выполняемых работ; $A_{\text{м}}$ — производительность средств механизации.

Коэффициент технической готовности средств механизации определяется с помощью выражения

$$K_{\text{т.г}} = T_{\text{б}} / (T_{\text{б}} + T_{\text{р.в}}),$$

где $T_{\text{б}}$ — средняя наработка средств механизации за рассматриваемый период эксплуатации, ч; $T_{\text{р.в}}$ — среднее время проведения регламентных и других восстановительных работ, т. е. суммарные простои за тот же период времени.

Значение $K_{\text{т.г}}$ для различных средств механизации может изменяться в широких пределах. Оно зависит от надежности, эксплуатационной технологичности средств механизации, квалификации личного состава и других факторов. Для большинства средств механизации $K_{\text{т.г}} = 0,8 \dots 0,95$.

Коэффициент $K_{\text{э}}$ зависит от конкретных условий использования средств механизации на том или ином эксплуатационном предприятии. На него оказывают влияние одновременность вызова средств меха-

низации, место базирования предприятия, климатические и другие местные условия. Поэтому для конкретного авиапредприятия K_9 можно определять, пользуясь статистическими материалами по использованию различных средств механизации.

23.4. ТЕХНИКА БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ СРЕДСТВ МЕХАНИЗАЦИИ

При подготовке некоторых типов ЛА к полету используется на стоянках до 15 (а иногда и более) различных машин и механизмов. В связи с этим для обеспечения безопасности личного состава и исключения возможности повреждения ЛА и средств механизации на каждом эксплуатационном предприятии разработаны схемы расстановки и движения ЛА, спецавтотранспорта и подъезда (отъезда) средств механизации к ЛА при их техническом обслуживании (рис. 23.3). Порядок и очередность подачи средств механизации для обслуживания ЛА определяются технологическими графиками, разрабатываемыми на авиапредприятиях. Водитель при подъезде к ЛА должен останавливать машину у знака «Т», нанесенного желтой краской в зоне обслуживания. Дальнейшее приближение машины к ЛА осуществляется только под руководством должностных лиц, имеющих на это право (члены экипажа, техники-бригадиры и др.).

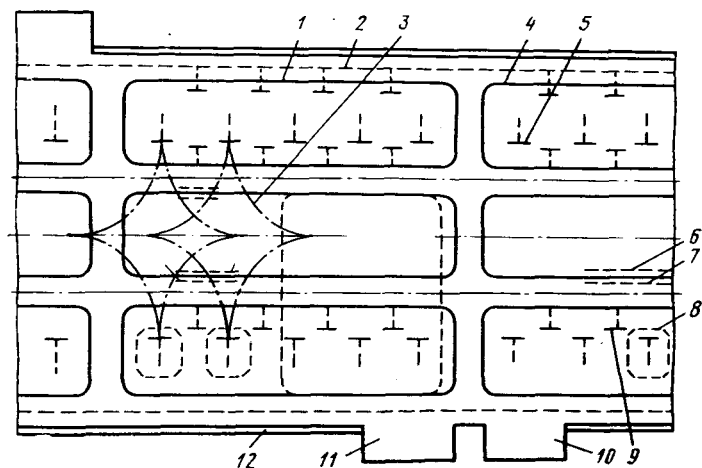


Рис. 23.3. Типовая схема расстановки и движения средств механизации и автотранспорта на аэродромах:

1, 4 — пути движения машин; 2 — разделительная ось путей движения; 3 — ось руления ЛА; 5 — знак «Т» — место стоянки ЛА; 6 — разрешение только на выезд машин; 7 — разрешение только на въезд машин; 8 — контур зоны обслуживания; 9 — знак «Т» для остановки машин; 10 — площадка для стоянки машин; 11 — площадка для стоянки тягача и спецмашин АПА; 12 — кромка покрытия мест стоянок

Ответственным за соблюдение установленного порядка движения спецавтотранспорта и средств механизации на аэродроме является сменный начальник аэропорта, который через диспетчерскую службу авиапредприятия и сменных дежурных инженеров по безопасности движения осуществляет руководство и контроль за рулением, буксировкой ЛА и передвижением наземной техники по аэродрому.

При заправке ЛА топливом, кроме вышеизложенных требований, связанных с правилами подъезда и маневрирования топливозаправщиков в зоне обслуживания, особое внимание уделяется обеспечению пожарной безопасности. Согласно требованиям НТЭРАТ ГА перед заправкой необходимо проверить наличие средств пожаротушения на стоянке, упорных колодок под колесами ЛА и топливозаправщика, заземлить топливозаправщик, ЛА и заправочный шланг (при открытой заправке). При заправке топливом не следует выполнять работы по проверке источников электроэнергии, подогреву двигателей, кабины экипажа и салонов пассажиров, пользоваться открытым огнем. Запрещается проводить открытую заправку топливом при дожде и сильном ветре с пылью, а во время грозы и закрытую заправку.

При подогреве двигателей и систем ЛА необходимо обращать внимание на обеспечение пожарной безопасности, для чего запрещается: применять неисправные и не предусмотренные эксплуатационной документацией средства подогрева; производить подогрев при отсутствии средств пожаротушения; устанавливать подогреватели на расстоянии менее длины стандартных рукавов подогревателя, ближе 3 м от ЛА; оставлять подогреватель без присмотра; заправлять ЛА и работающие подогреватели топливом; запускать на данном ЛА двигатели.

Зарядка систем ЛА сжатыми и сжиженными газами требует строгого соблюдения мероприятий по технике безопасности. Все баллоны, содержащие сжатые газы с избыточным давлением более 0,1 МПа, относятся к категории взрывоопасных объектов и находятся под наблюдением и контролем органов государственного надзора. Не допускается осуществлять какую бы то ни было модификацию конструкции баллонов и применять сжатые газы в различных устройствах, изготовленных не в заводских условиях. На верхней сферической части баллона выбиваются даты произведенной и очередной проверки в органах государственного надзора. Запрещается пользоваться баллонами, у которых истек срок проверки, не исправны вентили, поврежден корпус, отсутствует надлежащая окраска. Нельзя допускать падения баллонов, ударять по ним металлическими предметами, нагревать наполненные баллоны солнечными лучами. Перевозить баллоны необходимо или в специально оборудованных автомобилях (воздухозаправщиках) или на приспособленных для этой цели тележках.

При использовании кислородных баллонов следует убедиться, что на штуцерах и резьбовых соединениях нет масла или других смазочных материалов. Даже малейшие следы минеральных масел при воздействии на них кислорода могут привести к взрыву и пожару.

В настоящее время на эксплуатационных предприятиях используются в основном передвижные средства механизации технического обслуживания, общее число которых очень велико. Это вызывает загромождение стоянок при обслуживании ЛА, приводит к снижению уровня техники безопасности, увеличению эксплуатационных расходов, повышению уровня шума на аэродроме и загазованности окружающей среды.

В последнее время широко применяются стационарные средства механизации. К ним относятся: системы централизованной заправки ЛА топливом (ЦЗС), воздушного и электрического запуска двигателей, кондиционирования кабин, подогрева двигателей, централизованного подвода постоянного и переменного тока к местам стоянок ЛА и др. ЦЗС состоит из резервуаров большой вместимости, расположенных на безопасном расстоянии от мест стоянки ЛА, топливных насосов с электроприводом, фильтров большой пропускной способности, системы электрокранов, коммуникаций и раздаточных колонок у мест стоянок ЛА. Кроме топливных резервуаров, все агрегаты и коммуникации размещены под землей. Аналогично размещаются и другие централизованные системы. Компрессорные, тепловые, электрические и другие установки находятся за пределами мест стоянки ЛА и соединены подземными коммуникациями с раздаточными колонками.

Наряду с развитием стационарных средств совершенствуются самоходные и несамоходные (прицепные) средства механизации. При этом они должны быть высокопроизводительными, унифицированными и универсальными. В настоящее время на эксплуатационных предприятиях используется большое число различных средств механизации. Это вызвано тем, что каждое из них предназначено для выполнения лишь одной какой-либо функции, что существенно снижает степень их использования по назначению.

Разработка и внедрение универсальных средств механизации и автоматизации, у которых объединено несколько систем на одном автомобильном шасси для выполнения разных функций, может сократить число используемых спецмашин и повысить эффективность их использования. Универсальность средств механизации должна обеспечивать также и возможность использования их на различных типах ЛА, т. е. условие преемственности.

В настоящее время слабо механизирована такая трудоемкая работа, как мойка ЛА. Попытки создать моечную машину, которая могла бы мыть если не всю поверхность ЛА, то хотя бы значительную часть ее, успеха не имели. Ввиду сложности форм ЛА моечные машины получаются громоздкими и ненадежными. В связи с этим возможно решение проблемы мойки ЛА за счет создания стационарных моечных станций.

Задача повышения уровня механизации и автоматизации производственных процессов ТО ЛА является не временной компанией, а постоянной целеустремленной работой, вызванной необходимостью повышения эффективности производства и ускорением научно-технического прогресса.

Глава 24

ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВЕРТОЛЕТОВ

24.1. ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЕТА

На эксплуатируемых в настоящее время отечественных вертолетах применяют в основном несущие винты с шарнирным креплением лопастей к втулке. Техническое обслуживание втулки несущего винта (НВ) во многом аналогично ТО силовых и гидромеханических элементов самолетов. Так, при осмотре втулки следует обращать внимание на коррозионное состояние элементов конструкции, отсутствие глубоких забоин, царапин и трещин. При нарушении защитного покрытия элементов конструкции необходимо зачистить пораженные коррозией места, зашлифовать шкуркой и покрыть очищенную поверхность бесцветным лаком. Трещины и наклеп на элементах конструкции втулки НВ недопустимы.

Отличительная особенность конструкции шарнирных втулок НВ — наличие значительного числа подшипников качения, работающих в условиях высоких нагрузок и малых перемещений. Высокая надежность шарнирных соединений обеспечивается оптимальным режимом их смазки, учитывающим как сортность применяемых масел, так и сезонность их использования (в зависимости от температуры наружного воздуха).

Для игольчатых подшипников осевых шарниров и подшипников рычагов поворота лопастей независимо от температуры наружного воздуха используют консистентную смазку ЦИАТИМ-201-(203). Подшипники в полостях вертикального и горизонтального шарниров при температурах наружного воздуха до -25°C смазываются маслом для гипоидных передач, которое разжижается при температурах наружного воздуха ниже -25°C за счет добавления в него $1/3$ объема масла АМГ-10. При повышении температуры выше $+5^{\circ}\text{C}$ необходима замена смеси на масло для гипоидных передач во избежание ухудшения условий смазки подшипников.

Тщательность соблюдения технологии смазочных работ на втулке НВ в значительной степени обеспечивает отсутствие такого распространенного явления, как нарушение герметичности уплотнения масляных полостей шарниров НВ. В процессе эксплуатации вертолетов при значительных колебаниях температур (осенне-зимний, весенне-лет-

ний периоды) наблюдаются случаи подтекания смазки по уплотнениям масляных полостей горизонтальных и осевых шарниров. Основными причинами появления течи уплотнения шарниров наряду с их конструктивным несовершенством являются и эксплуатационные причины: перезаливка масла в полости шарниров, засорение дренажных клапанов, нарушение резьбовых соединений и уплотнений пробки заправочного отверстия.

Для демпфирования угловых перемещений лопастей в плоскости вращения в современных конструкциях шарнирных НВ используются фрикционные (Ми-4), гидравлические (Ми-2, Ми-8, Ми-6) и пружинно-гидравлические (Ми-26) демпферы вертикальных шарниров (ВШ). Принцип действия демпфера любого типа заключается в поглощении кинетической энергии колебаний лопасти, преобразовании ее в тепловую энергию и рассеивании в атмосферном воздухе. Наибольшее распространение в настоящее время получили конструкции гидравлических демпферов ВШ, принцип действия которых аналогичен любым типам гидродемпферов, используемых в самолетных конструкциях.

Учитывая существенное влияние качества функционирования демпфера ВШ на возникновение различных видов колебаний вертолета и, в частности, на возможность возникновения «земного резонанса», необходимо уделять особое внимание контролю его технического состояния. Надежная работа гидравлических демпферов возможна только при отсутствии воздуха в их полости, появление которого возможно при снижении ниже допустимого значения уровня АМГ-10 в компенсационном бачке, нарушении герметичности соединительных трубопроводов, а также технологии монтажных работ.

Преимуществом пружинно-гидравлического демпфера (ПГД), применяемого в конструкции втулки вертолета Ми-26, является не только хорошее демпфирование низких частот колебаний лопасти («земного резонанса») и колебаний лопасти с частотой вращения НВ в полете, но и удовлетворительная защита конструкции вертолета от вибраций, создаваемых высокочастотными проходными гармониками НВ. Для реализации указанных преимуществ в конструкции ПГД использована новая схема демпфера — основной демпфирующий гидроцилиндр соединен последовательно с упругими элементами (пружины) и параллельно с дополнительным гидроцилиндром, демпфирующим перемещение пружин (рис. 24.1). Кроме указанных преимуществ, у ПГД в меньшей степени проявляется общий эксплуатационный недостаток гидравлических демпферов — зависимость демпфирующих свойств от температуры жидкости и резкое ухудшение работы при попадании в рабочее тело пузырьков воздуха.

Лопастей несущего винта — наиболее ответственные элементы конструкции. Наибольшее распространение на средних и тяжелых вертолетах получили лопасти цельнометаллической конструкции с цельнотянутым лонжероном. Наиболее распространена конструктивная схема, включающая лонжерон, нервюры, стрингеры и обшивку,

т. е. все элементы, характерные для конструктивной схемы крыла самолета. Вместе с тем компоновка лопасти и ее конструктивная схема весьма специфичны вследствие особенностей силового нагружения лопасти вертолета в полете и на земле. Так, для конструкции лопасти наиболее рациональной является схема, в которой все нагрузки — поперечная сила, изгибающий и крутящий моменты, действующие в каждом сечении лопасти, воспринимаются одним силовым элементом — лонжероном. Все остальные элементы конструкции только передают действующие на них аэродинамические и инерционные силы на лонжерон.

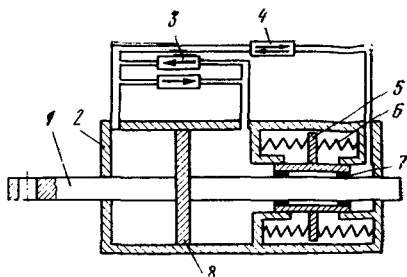


Рис. 24.1. Пружинно-гидравлический демпфер:

1 — шток; 2 — корпус; 3 — односторонний дроссельный клапан; 4 — двухсторонний дроссельный клапан; 5 — плавающий шток; 6 — пружина; 7 — антифрикционная втулка; 8 — поршень

У вертолетов Ми-6, Ми-10, Ми-26 лонжерон изготавливается из высоколегированной стали со специальной термической обработкой. Учитывая высокую функциональную значимость лонжерона, разработана и эффективно применяется система сигнализации повреждения лонжерона, предназначенная для выявления на ранней стадии развития сквозных трещин и повреждений стенок лонжеронов. Конструктивно она реализована за счет герметизации внутренней полости лонжерона, создания в ней незначительного избыточного давления, измеряемого специальным сигнализатором, имеющим визуальную индикацию.

В случае появления трещин давление воздуха в лонжероне падает и выравнивается с атмосферным. Избыточное давление в сильфоне сигнализатора разжимает его и выталкивает ярко раскрашенный колпачок сигнализатора, свидетельствующий о разгерметизации лопасти. Лонжерон имеет значительный запас живучести. Так, при возникновении сквозной трещины около 5 мм происходит разгерметизация лонжерона, а опасность его разрушения становится реальной при развитии величины усталостной трещины до 70...100 мм. Все это создает реальные условия для эксплуатации лопастей по состоянию с контролем параметров.

При техническом обслуживании лопастей НВ, кроме проверки (индикации) давления в полости лонжерона, необходимо внимательно осмотреть комлевые участки, носовые и хвостовые части отсеков лопастей. Наиболее распространенными повреждениями и неисправностями при эксплуатации являются их забоины и вмятины от попадания посторонних предметов, расконтривание соединений, абразивный износ передней части лопасти, нарушение клеевых соединений и появление трещин обшивки отсеков. Наиболее вероятной зо-

ной появления трещин обшивки отсеков является зона на расстоянии 0,75 длины лопасти. Допустимые значения эксплуатационных повреждений и методы их устранения строго регламентированы.

24.2. РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Регулировочные работы несущей системы проводятся в случае возникновения повышенной вибрации вертолета («вождение» ручки управления в полете), а также после замены ряда агрегатов несущей системы. Наиболее распространенной причиной возникновения повышения вибраций, склонности вертолета к появлению признаков поперечной «раскачки» при запуске является нарушение соконусности вращения несущего винта.

Движение лопастей несущего винта называется соконусным, если все лопасти движутся по поверхности одного и того же конуса. Нарушение соконусности вращения несущего винта при фиксированном положении органов управления — следствие неравенства аэродинамических сил лопастей несущего винта, которое приводит к смещению равнодействующей тяги несущего винта от оси вращения и вызывает тряску вертолета.

Неравенство аэродинамических характеристик лопасти устраняется изменением установочного угла лопасти (за счет изменения длины вертикальной тяги поворота лопасти) и изменением угла отгиба закрылков. Вместе с тем наиболее сложным этапом работ при устранении несоконусности вращения несущего винта является определение взаимного положения концов лопастей в горизонтальной плоскости вращения винта. При этом осуществляется замер общего «разброса» (концов лопастей) и отклонения каждой лопасти относительно расчетной базовой линии вращения лопастей в горизонтальной плоскости. Одна из сложных задач, требующих специальных решений, — распознавание каждой лопасти.

По способу замера разброса лопастей и их распознавания различают несколько методов определения соконусности. Так, на легких вертолетах наибольшее распространение получил контактный метод, известный как метод «флага». Эластичный «флаг» с закрепленным слоем бумаги укрепляется на специальной штанге и устанавливается на высоте, равной высоте конуса вращения несущего винта, каждая лопасть которого по законцовке окрашивается в различные цвета (рис. 24.2, а). При достижении регламентированных для замера частот вращения НВ штанга подводится к конусу вращения НВ и на флаге фиксируются отпечатки законцовок лопастей (рис. 24.2, б). По цвету отпечатка идентифицируется номер лопасти, а разброс отпечатков замеряется.

К недостаткам этого метода можно отнести возможность повреждения лопастей несущего винта штангой, низкий уровень техники безопасности. Достоинство метода — высокая точность получения отпечатков, относительно малая трудоемкость.

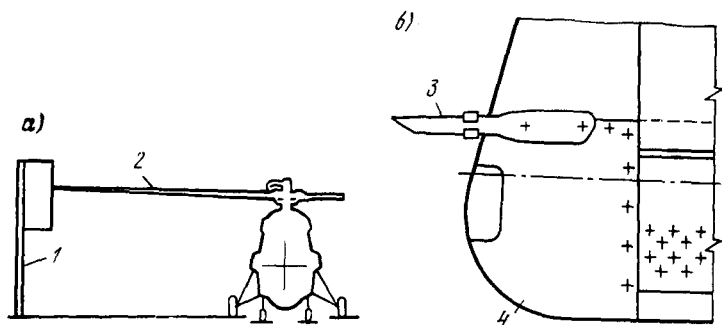


Рис. 24.2. Схема проверки соконусности несущего винта с помощью «флага»:
1 — штанга; 2 — лопасть несущего винта; 3 — кисточка; 4 — обтекатель лопасти несущего винта

Соконусность вращения несущего винта на тяжелых вертолетах определяют фотографированием концов лопастей при вращении винта (на земле и в полете) с помощью специального фотоаппарата, устанавливаемого под углом к оси вращения винта. Относительное положение изображений концов лопастей на фотоленте позволяет определить необходимое регулирование для обеспечения соконусности вращения лопастей (рис. 24.3). Основное преимущество данного метода — возможность наблюдения конуса вращения несущего винта при различных скоростях полета и высокая культура выполнения работ.

Проверка соконусности с помощью фотоэлемента на отечественных вертолетах не нашла применения из-за сложности методики и оборудования. Сущность метода заключается в том, что специальные фотоэлементы устанавливаются на концах лопастей и имеют электрическую связь с осциллографом. При прохождении осветительной штанги в фотоэлементе генерируется сигнал, который оставляет отметку на экране осциллографа. Протяженность отметки определяется длиной дуги, образуемой между соответствующими точками наклонных штанг.

Если соконусность нарушена, то концы разных лопастей проходят мимо штанг на разных уровнях, длина дуг траектории различных лопастей между штангами будет различна, а следовательно, различна и протяженность отметок на экране осциллографа.

Регулировочные работы систем управления вертолетом включают в себя регулирование управления общим шагом, продольного и поперечного управления вертолетом, хвостовым винтом и стабилизато-

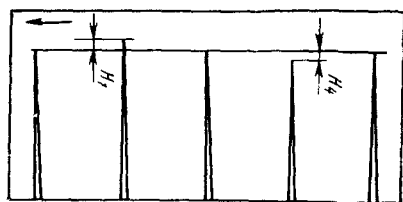


Рис. 24.3. Относительное положение изображения концов лопастей на фотоленте:

H_1 , H_2 — положение концов лопастей № 1 и 4 относительно базовой линии

ром. Первые три вида работ производятся при наличии давления в гидросистеме вертолета (если она имеется на вертолете).

Все виды регулирования управления вертолетом осуществляются в соответствии с техническими допусками на данный тип вертолета, указанными в технологии технического обслуживания.

Регулирование системы управления общим шагом заключается в установлении соответствия положения ручки общего шага с положением ползуна автомата перекоса и углами отклонения лопасти несущего винта, а также соответствия показаний указателя общего шага и хода ползуна автомата перекоса.

Регулирование продольного и поперечного управления вертолетом проводится с целью достижения соответствия положения ручки управления циклического шага с углом наклона кольца тарели автомата перекоса. Для проведения данной работы применяются специальные приспособления, фиксирующие ручку управления циклического шага в необходимом положении, приспособления для установки угломера и оптический угломер. Регулирование продольного и поперечного управлений заключается в установке ручки циклического шага в нейтральном положении и ее фиксации. Затем проверяют положение штока и гидроусилителей при нейтральном положении ручки, которое должно точно соответствовать техническим условиям, а также соответствие нейтрального положения штоков загрузочных электромеханизмов.

При нейтральном положении ручки управления циклическим шагом проверяют угол наклона тарели автомата перекоса в продольном и поперечном направлении. Углы наклона должны соответствовать технологическим условиям.

После проверки нейтрального положения регулируют крайние положения ручки (вперед — назад, влево — вправо).

Положению ручки циклического шага должны соответствовать определенные углы отклонения тарели автомата перекоса и углы отклонения лопастей, обусловленные технологическими условиями данного типа вертолета.

Регулирование системы управления рулевым винтом производится с целью достижения соответствия положения педалей управления с углами отклонения лопастей рулевого винта. Для этого устанавливаются в нейтральное положение и фиксируются педали управления, проверяется выход штока гидроусилителя и хвостового редуктора, которые должны соответствовать ТУ для данного типа вертолета. Далее проверяется соответствие положения педалей и углов отклонения лопастей рулевого винта.

Регулирование системы управления стабилизатором сводится к проверке соответствия положения ручки «Шаг—газ» и углов наклона стабилизатора, обусловленных технологическими условиями для данного типа вертолета.

24.3. ВИБРАЦИЯ ВЕРТОЛЕТА И ЕЕ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ

На вертолете насчитывают несколько сот различных видов колебаний отдельных частей и всего вертолета в целом, так как имеется целый ряд источников возбуждающих сил, к которым относятся несущая система, рулевые винты, силовая установка, редукторы и трансмиссия, системы охлаждения двигателей и др. Колебания на вертолете, вызванные вышеуказанными причинами, называются вынужденными. Вынужденные колебания происходят с частотой, равной частоте возбуждающих сил. Частота последних несущего винта находится в пределах 8...16 Гц, рулевого винта 10...60 Гц, трансмиссий 50...600 Гц, силовой установки 600...1000 Гц. Вибрации от лопастей несущего винта передаются через втулки и поток воздуха, отбрасываемый лопастями. Этот поток попадает на хвостовую и концевую балки в виде периодических импульсов и вызывает знакопеременные напряжения в элементах конструкции.

Наиболее часто подвергаются вынужденным вибрациям тяги проводки управления вертолетом. Особенно важно не допустить резонанса тяг, для чего необходимо знать собственную частоту колебания тяги, которая пропорциональна диаметру тяги и обратно пропорциональна квадрату ее длины. Поэтому для увеличения частоты собственных колебаний необходимо либо увеличить диаметр тяги, либо уменьшить ее длину. Для устранения резонанса тяг применяются инерционные демпферы, представляющие собой груз, смонтированный внутри тяги на резиновых амортизаторах.

Вынужденные вибрации элементов конструкции в обычных условиях не представляют собой опасности в связи с малыми значениями их амплитуд, однако в некоторых случаях при нарушении условий эксплуатации они могут стать опасными. Период допустимых вибраций определяется по действию их на конструкцию и организм человека. Вибрации считаются допустимыми, если они не ведут к разрушению конструкции и не вызывают неприятных ощущений у человека. Чем больше частота колебаний, тем меньше амплитуда вибраций, безболезненно переносимых человеком.

Кроме вынужденных колебаний, при эксплуатации вертолетов встречаются самовозбуждающиеся колебания, возникновение которых считается аварийной ситуацией. Различают три вида вертолетных самовозбуждающихся колебаний: земной резонанс, автоколебания вертолета в полете и вибрация типа флаттер.

Земным резонансом принято называть самопроизвольно возникающие колебания (раскачивание) вертолета на земле с нарастающей амплитудой. Исследования земного резонанса показали, что физическая сущность данного явления заключается в следующем. При собственных колебаниях лопастей несущего винта в плоскости вращения (относительно вертикальных шарниров), которые могут возникать от какого-либо возмущения (порыва ветра, грубая посадка и т. п.), появляются инерционные силы в плоскости вращения винта. Передава-

ясь на фюзеляж вертолета, они вызывают его колебания на упругом шасси. Силы, раскачивающие вертолет, меняются с определенной частотой, зависящей от частоты собственных колебаний лопасти в плоскости вращения и угловой скорости вращения винта. Наиболее легко вертолет раскачивается тогда, когда частота изменения возбуждающих сил близка к частоте собственных колебаний вертолета на упругом шасси. Одновременно при колебаниях корпуса вертолета возникают силы, раскачивающие лопасти в плоскости вращения. Наличие такой двухсторонней связи между колебаниями вертолета и лопастей приводит к тому, что при некоторой угловой скорости вращения винта вертолет может стать неустойчивым, т. е. раз начавшиеся (вследствие какого-либо толчка) колебания вертолета могут оказаться не затухающими, а нарастающими.

Основными конструктивными средствами борьбы с этим явлением являются установка специальных демпферов на вертикальных шарнирах лопастей несущего винта, демпфирующих колебания лопастей в плоскости вращения, введение специальных демпфирующих элементов в конструкцию амортизаторов шасси или правильный выбор характеристик гидросопротивления амортизаторов шасси при прямом и обратном ходе.

К нарушениям правил технической эксплуатации, приводящим к земному резонансу, можно отнести: неправильную регулировку демпферов вертикальных шарниров; неправильную зарядку амортизаторов шасси вертолета; нарушение правил зарядки демпферов шасси; неправильную зарядку пневматиков колес шасси; нарушения соко- нусности несущего винта вертолета и ряд других факторов.

Автоколебания вертолета в полете по своей природе подобны явлению земного резонанса. Эти вибрации характеризуются сочетанием колебаний лопастей несущего винта относительно вертикальных шарниров и упругих элементов фюзеляжа вертолета. При колебаниях лопастей возникает центробежная сила несущего винта, которая приводит к биениям вала, деформации стержней подредукторной рамы и силовых элементов фюзеляжа. Данное явление присуще в основном двухвинтовым вертолетам продольной схемы.

Флаттер лопастей винтов наблюдается двух видов: изгибно-крутильный и маховой. Изгибно-крутильный флаттер в чистом виде чаще всего встречается у лопастей с жестким креплением к втулке. Маховой флаттер, т. е. сочетание маховых движений с колебаниями лопасти относительно шарнира, наблюдается у лопастей с шарнирной подвеской. Появление флаттера обоих видов предупреждается при конструировании вертолетов рядом конструктивных мероприятий (увеличением жесткости, подбором центровки лопастей и т. д.). Однако он может возникнуть по эксплуатационным причинам: из-за нарушения балансировки и уменьшения жесткости конструкции. Нарушение весовой балансировки может происходить из-за смешанной каркасной конструкции лопастей, а также гигроскопичности применяемых материалов. Весовая балансировка нарушается чаще всего

вследствие небрежного ремонта лопастей. Уменьшение жесткости лопастей происходит вследствие скрытых разрушений элементов конструкции.

Флаттер обнаруживается по возникновению сильной тряски и «размыву» конуса вращения лопастей. Он наблюдается при нарушении соконусности несущего винта в результате неправильной регулировки, однако в последнем случае он не зависит от частоты вращения несущего винта.

24.4. ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВЕРТОЛЕТНЫХ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Техническое обслуживание вертолетных силовых установок имеет целый ряд особенностей, обусловленных главным образом конструктивными отличиями (размещением двигателя на вертолете, наличием редукторов и трансмиссий, систем принудительного охлаждения и т. д.) и более жестким режимом эксплуатации.

Установка двигателя на вертолет отличается от установки самолетных двигателей тем, что должно быть предусмотрено определенное положение двигателей относительно редуктора с учетом деформации фюзеляжа в полете. На вертолетах, оборудованных ГТД, замер относительного положения двигателя и редуктора при их монтаже осуществляется специальным приспособлением, устанавливаемым на место трансмиссии двигателя. Регулировка положения двигателя осуществляется перемещением задней регулируемой опоры двигателя и изменением длины тяг крепления передней опоры. Замер соосности ведется по фланцу эластичной муфты с помощью индикаторного приспособления (рис. 24.4).

Главный редуктор на вертолете — наиболее нагруженный агрегат трансмиссии. Поэтому при техническом обслуживании трансмиссии особое внимание уделяется контролю за наличием, расходом, температурным режимом и чистотой масла в маслосистеме главного редук-

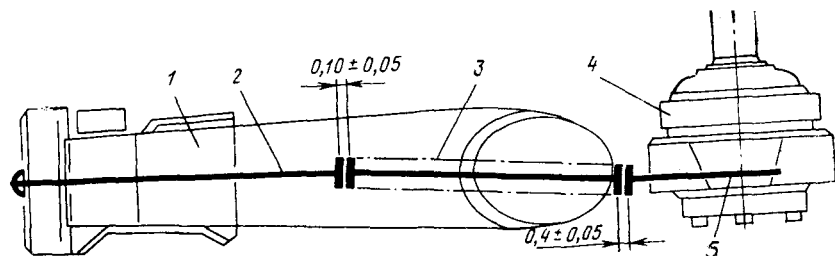


Рис. 24.4. Схема регулировки положения двигателей относительно редуктора на вертолете:

1 — двигатель; 2, 3, 5 — валы двигателя, трансмиссии и редуктора; 4 — главный редуктор

гора. Изменение состояния масла является наиболее информативным параметром работы главного редуктора. Так, наличие кокса в масле говорит о превышении температурного режима, наличие стружки — о повышенном износе его деталей. На современных силовых установках вертолетов применяются системы регистрации появления стружки, сигнализирующие о начале разрушения деталей трансмиссии двигателя и редуктора.

Применение принудительной системы охлаждения двигателя предъявляет повышенные требования к состоянию дефлекторов обдува, состоянию воздушного тракта вентилятора, системе управления обдувом. Нарушение системы охлаждения может привести к нарушению температурного режима, появлению местных перегревов, к отказу двигателя.

В целом техническое обслуживание вертолетных силовых установок производится теми же методами и с применением аналогичного оборудования, что и при обслуживании самолетных силовых установок. Однако при выполнении работ на вертолетах необходимо учитывать ряд специфических особенностей, связанных с конструктивными отличиями и различными условиями эксплуатации. Так как вертолетные силовые установки эксплуатируются в условиях повышенных вибраций, особое внимание при дефектации силовых установок необходимо уделить состоянию резьбовых соединений и их контролю, герметичности коммуникаций.

Опыт эксплуатации вертолетных ГТД показывает, что на режиме висения вблизи земли или при работе на земле в ветреную погоду возможно забрасывание отработавших газов на вход двигателя, вызывающее повышение температуры поступающего воздуха. Это объясняется разрывом струй отработавших газов встречным ветром и последующим его перемешиванием с воздушными потоками от несущего винта. Устранить полностью данное явление только проведением конструктивных мероприятий невозможно, поэтому при запуске и опробовании ГТД необходимо располагать вертолет против направления ветра. Такое же ориентирование вертолета необходимо для предотвращения ударов лопастей несущего винта о хвостовую балку при их раскрутке.

Опробование двигателя даже на пришвартованном вертолете требует особых навыков, поэтому к его опробованию допускаются лица инженерно-технического состава после специального обучения и получения соответствующих допусков.

Запуск поршневого вертолетного двигателя осуществляется при включенной трансмиссии (без нагрузки), и для предотвращения чрезмерного превышения частоты вращения его ротора необходим тщательный контроль положения рычагов коррекции и «Шаг—газ», которые должны находиться в положении, соответствующем режиму малого газа.

Эксплуатация вертолетов в зонах с повышенной запыленностью воздуха вызывает повышенный износ проточной части газотурбинных

двигателей, что вызывает ухудшение их характеристик: уменьшение мощности, увеличение удельного расхода топлива, возникновение помпажа. Абразивные частицы, попадая в газотурбинный тракт двигателя и двигаясь с большой скоростью по проточной части двигателя, вызывают сильный износ деталей компрессора. Наибольшему износу подвержены рабочие лопатки первых ступеней, износ которых происходит по всей высоте входной кромки и по вогнутой части. Значительно изнашиваются лопатки спрямляющих аппаратов и внутренняя поверхность корпуса компрессора.

В запыленном воздухе, кроме деталей компрессора, эрозионному износу и разрушению подвергается покрытие элементов входного устройства двигателя, что существенно увеличивает вероятность обледенения при попадании вертолета в соответствующие метеоусловия. При этом ускоряется износ лабиринтных уплотнений и подшипников ротора, ухудшается качество распыла топлива и охлаждение камер сгорания. Попадая в воздушные магистрали системы автоматического регулирования, частицы пыли могут существенно нарушить функционирование данной системы. Существенно интенсифицируются процессы нагарообразования на лопатках турбины, где при определенном химическом составе пыли может образоваться силикатный «панцирь» значительно изменяющий конфигурацию лопатки, что снижает КПД турбины и двигателя в целом.

Наиболее эффективным конструктивным мероприятием по защите проточной части двигателя от вредного воздействия пыли является установка в воздухозаборник двигателя пылезащитного устройства (ПЗУ). В нашей стране наибольшее распространение получили ПЗУ инерционного типа с двумя ступенями очистки воздуха от пыли.

Принцип действия ПЗУ заключается в следующем. В результате разрежения, создаваемого при работе двигателя, запыленный воздух проходит через входной кольцевой искривленный тоннель А (рис. 24.5), образованный задней частью обтекателя 2, коллекторной губой 3 и внешней обечайкой 4. При этом под действием центробежных сил частицы пыли прижимаются к поверхности обтекателя и, перемещаясь вместе с частью воздуха, попадают на вход сепаратора 6 в канал Б, представляющий собой пылевую ловушку. Большая часть запыленного воздуха, очистившись от пыли в первой ступени ПЗУ (искривленном тоннеле А), проходит по каналу Б, образованному внешней обечайкой 4 и сепаратором 6, на вход в двигатель. Меньшая

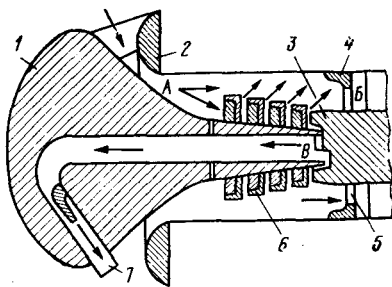


Рис. 24.5. Пылезащитное устройство инерционного типа:

1 — эжектор; 2 — обтекатель; 3 — коллекторная губа; 4 — внешняя обечайка; 5 — входной тоннель; 6 — сепаратор; 7 — трубопровод вывода пыли

часть запыленного воздуха, проходя через сепаратор 6, очищается в нем за счет поворота потока в криволинейных межкольецевых каналах, поступает в канал Б и далее на вход в двигатель. Наконец, наиболее запыленный воздух (пылевой концентрат) проходит в канал В и далее в трубопровод 7 вывода пыли. За счет разрежения, создаваемого эжектором 1, пылевой концентрат отсасывается и выбрасывается за борт вертолета в атмосферу.

Пылезащитное устройство включается в работу при подаче к эжектору сжатого воздуха, забираемого за компрессором двигателя, для чего необходимо открыть заслонку с электроуправлением. Степень очистки воздуха от пыли с помощью ПЗУ составляет 70...75 %, потери мощности двигателя при включенном ПЗУ — 5...6 %, при выключенном — 2...3 %, масса ПЗУ вертолета Ми-8 — 50...60 кг. В конструкции ПЗУ предусмотрена противообледенительная система, которая выполнена смешанной: одна часть узлов обогревается горячим воздухом, отбираемым за компрессором двигателя, другая часть имеет электрообогрев. На вертолетах, оборудованных ПЗУ, при подготовке к полетам необходимо проверять чистоту сепаратора, снимая обтекатель. Засорение сепаратора посторонними предметами вызывает снижение эффективности и потерю работоспособности ПЗУ, увеличивает затраты мощности двигателей.

Эксплуатационный контроль СУ вертолета осуществляется традиционными методами, требующими значительных трудозатрат. Внедрение встроенных бортовых АСК осуществляется крайне медленно, что существенно задерживает реализацию прогрессивных методов и стратегий ТОиР вертолетов.

Контрольные вопросы к разделу 4

1. Какими параметрами характеризуется техническое состояние АТ и каковы его виды?
2. Какие виды контроля АТ введены в гражданской авиации и как он организуется в процессе эксплуатации ЛА?
3. Какие методы и средства применяются для контроля технического состояния АТ?
4. Какова роль метрологического обеспечения контроля АТ и в чем оно состоит?
5. Какие задачи решают системы автоматизированного контроля АТ?
6. Назовите основные принципы построения процедур поиска отказов и повреждений АТ.
7. Какие методы поиска отказов и повреждений используются при ТОАТ? Дайте их краткую характеристику.
8. Дайте общую характеристику автоматизации процессов поиска отказов и повреждений АТ.
9. Как оценивается эффективность систем и методов поиска отказов и повреждений АТ?
10. Какие требования предъявляются к процессу заправки ГСМ ЛА и контролю их качества?
11. Какова физическая сущность образования льда в топливе и каковы меры его предотвращения?

12. Приведите основные правила техники безопасности при заправке ГСМ.
13. Дайте классификацию процессов технической эксплуатации и применяемых при этом групп средств механизации.
14. Как определить потребное число средств механизации определенной группы?
15. Каков порядок оценки уровня механизации процессов ТО ЛА?
16. Назовите основные направления развития средств механизации процессов технической эксплуатации ЛА.
17. Каковы конструктивные особенности вертолета как объекта технической эксплуатации?
18. В чем состоят особенности ТО несущей системы вертолета?
19. Дайте характеристику видов вибрации вертолета и мероприятий по ее предупреждению.
20. Приведите примеры характерных регулировочных работ по несущей системе, системам управления и силовой установке вертолета.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Глава 25

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПЛАНЕРА ЛА

25.1. ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПЛАНЕРА

В условиях эксплуатации на элементы конструкции планера действует комплекс факторов, связанных с условиями летной и технической эксплуатации. В полете на техническое состояние конструкции влияют как уровень, так и частота повторяемости действующих нагрузок и перегрузок, а также характер вибраций.

На земле конструкция планера подвергается воздействию внешней среды, в частности влажности и запыленности атмосферного воздуха, осадков, солнечной радиации, агрессивных аэрозолей и других факторов.

Значения и повторяемость нагрузок носят случайный характер и зависят от режима полета, особенностей пилотирования ЛА экипажами, протяженности воздушных трасс, метеорологических явлений, состояния аэродромов и др. На прочность, жесткость и долговечность конструкции планера существенное влияние оказывают факторы, зависящие от технического обслуживания, его полноты и качества. Анализ повреждений, возникающих в элементах конструкции планера в процессе эксплуатации, показывает, что существует четыре основных физических причины их возникновения (табл. 25.1). К ним относятся усталостные напряжения от перегрузок в полете и при посадке, износ в результате трения или фреттинг-коррозии, воздействие окружающей среды (в том числе старение органических материалов) и случайные повреждения посторонними предметами.

Единичные случаи повреждения конструкции от чрезмерных перегрузок за счет грубых посадок, полета в турбулентной атмосфере, непредусмотренного маневрирования, как правило, приводят к общему повреждению планера, потере устойчивости элементов конструкции, большим остаточным деформациям. В этом случае после тщательного инструментального контроля зачастую приходится решать вопрос о возможности дальнейшей эксплуатации ЛА. Такие повреждения не могут быть отнесены к нормальной эксплуатации и рассматриваются как особые случаи.

Усталостные повреждения конструкций, приводящие к опасным ситуациям в полете до появления ЛА с ГТД, были чрезвычайно редки.

Не без основания предполагалось, что расчет на прочность и соответствующие ему статические испытания являлись достаточной гарантией прочности и безопасности полетов в течение всего периода эксплуатации. Появление самолетов с ГТД сопровождалось совершенствованием методов расчета, направленных на уменьшение избытка прочности и, следовательно, массы конструкции. Одновременно появились новые алюминиевые сплавы, обладающие высокой статической прочностью. Все это привело к росту напряженности конструкции, которая не сопровождалась столь же резким улучшением характеристик выносливости материалов.

Увеличение пассажировместимости и стоимости самолетов привело в последние годы к ужесточению требований по обеспечению безопасности конструкции по условиям сопротивления усталости. По нормам FAA (Federal Aviation Administration) в настоящее время не допускается появление в полете ситуации опаснее, чем сложная, за весь цикл жизни самолета. Применительно к силовой конструкции планера это требование может быть обеспечено только резким увеличением ресурса (60...80 тыс. ч) и использованием повышенной ее живучести. Приемлемым уровнем живучести считается появление первых усталостных повреждений не ранее половины отработки ресурса и их медленное развитие со скоростью, обеспечивающей обнаружение их при выборочном контроле и контроле опасных зон.

Требования по эксплуатационной живучести (безопасности повреждения) включены в технические требования к новому поколению пассажирских самолетов.

Для обеспечения эксплуатационной живучести необходимо, чтобы конструкция удовлетворяла следующим основным требованиям: зоны силовых элементов, в которых могут образовываться усталостные повреждения («опасные зоны»), должны быть известны; все «опасные зоны» должны быть доступны для контроля их технического состояния в соответствии с программой ТОиР; остаточная прочность конструкции с трещинами должна обеспечивать целостность конструкции до момента их обнаружения; скорость развития усталостных трещин не

Таблица 25.1. Виды повреждений элементов планера, частота повторяемости и причины

Повреждения	Причина	Распределение	Частота повторяемости, %
Трещины	Усталостные напряжения	Логарифмически нормальное	40
Вмятины, забоины	Удары посторонними предметами	Экспоненциальное	20
Коррозия	Воздействие окружающей среды	Вейбулла	10
Люфты, зазоры	Износ	Нормальное	30

должна превышать заданных ограничений, которые обеспечивают надежное их обнаружение при неразрушающих методах контроля; периодичность контроля и разрешающая способность средств контроля должны обеспечивать заданную вероятность обнаружения допустимых повреждений.

Современные тонкостенные конструкции с подкреплением, которыми являются крыло, фюзеляж и оперение, создаются, как правило, по соображениям равнопрочности (равнонапряженности), обеспечивающей наиболее рациональное использование материала (регулярные зоны). Однако в конструкции планера существуют зоны резко неоднородных упругих полей (нерегулярные зоны). По данным эксплуатации и ремонта в силовой конструкции самолетов до выработки назначенного ресурса усталостные трещины образуются в 20...30 зонах силовой конструкции.

Современные методы расчета напряженного состояния конструкции планера позволяют с достаточной точностью прогнозировать техническое состояние регулярных зон конструкции вплоть до достижения больших наработок ($3...4 \cdot 10^4$ полетов) и сводить число зон силовой нерегулярности до 10...15, а конструктивной нерегулярности (концентраторы напряжений — отверстия) до 100...150. Это позволяет сокращать объем работ ТОиР в регулярных зонах, выделяя на зоны с нерегулярностями до 60 % общего объема работ по ТОиР планера.

Отказы из-за износа проявляются главным образом в подвижных элементах планера (валы и каретки закрылков и предкрылков, механизмы дверей и люков). Влияние таких отказов на безопасность полетов очевидно. Несимметричный выпуск закрылков или предкрылков, самопроизвольное открытие дверей или люков в полете представляют непосредственную угрозу безопасности полетов.

Отказы из-за износа могут проявляться не только в подвижных соединениях, но и в статических конструкциях (фитинговые, болтовые и заклепочные соединения).

Явление износа или разрушения таких соединений в условиях очень малых относительных перемещений контактирующих деталей, вызванных их вибрациями или деформацией под действием периодических сил, получило название фреттинг-коррозии. В процессе развития фреттинг-коррозии за счет значительного ухудшения качества поверхности деталей усталостная прочность соединения может снизиться в несколько раз.

Коррозионные повреждения возникают в результате воздействия внешней среды на материал элементов конструкции и значительно увеличиваются при нарушении целостности защитных покрытий (гальванических, оксидных, лакокрасочных и др.), контактировании металлов, обладающих неодинаковым электрохимическим потенциалом, наличии в конструкции зон, где скапливается влага (электролит). Коррозии подвергаются: наружная обшивка крыла, фюзеляжа, оперения; внутренняя обшивка гермокабины (особенно в местах скоп-

ления конденсата и контакта с гигроскопичными материалами); стыковочные узлы конструкции; двери и люки; санузлы; внутренняя поверхность баков-кессонов и др. Особую опасность коррозия представляет для деталей, работающих в условиях переменных нагрузений, что приводит к снижению усталостной прочности.

Коррозионные повреждения развиваются быстрее при воздействии на элементы конструкции агрессивных сред, какими являются морские туманы в тропических и субтропических климатических зонах, электролиты аккумуляторных батарей, химжидкость санузлов. Конденсация влаги, происходящая в гермокабине, приводит к набуханию теплозвукоизоляции и развитию в этой зоне электрохимической коррозии. Единственный способ обнаружения коррозионных повреждений — визуальный осмотр. Частота осмотров определяется с учетом наличия на ЛА потенциально коррозионно-опасных зон. Метод устранения коррозионного повреждения зависит от его размеров (площади и глубины повреждения).

Повреждения посторонними предметами происходят не только на земле при техническом и коммерческом обслуживании ЛА, но и в воздухе. Вмятины и забоины могут возникнуть в результате удара птицы, попадания ЛА в градовое облако, воздействия отделяющихся частиц льда при позднем включении противообледенительной системы. При попадании в самолет молнии могут образоваться пробоины и оплавления.

Особую группу повреждений представляют собой дефекты элементов планера, изготовленных из неметаллических материалов, за счет их старения. К таким элементам относятся остекление кабин и салонов и различного рода герметизирующие прокладки. Для них характерно появление с течением времени таких явлений, как образование «серебра» — сетки мельчайших трещин на поверхности оргстекла. Старение резиновых и других уплотняющих прокладок из полимерных материалов проявляется в затвердении и охрупчивании их за счет «сшивки», молекул материала.

25.2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПЛАНЕРА

Анализ тенденций развития программ ТОиР планера в нашей стране и за рубежом свидетельствует о постоянном увеличении межремонтных ресурсов, уменьшении объемов капитальных ремонтов, вплоть до отмены последних при наличии информации о повреждаемости конструкции в условиях эксплуатации.

Основой формирования и развития программ ТОиР планера является научное обоснование совокупности объемов и периодичности работ по ТОиР. В связи со случайным характером образования и развития повреждений планера значительная часть работ по ТОиР выполняется по результатам диагностирования. К ним относятся: регулировочные, крепежные операции и работы по текущему ремонту. Анализ

изменения повторяемости работ позволяет сделать вывод о том, что внедрение прогрессивных методов ТОиР, в частности использование контрольно-восстановительных работ (КВР) вместо традиционного капитального ремонта (КР), значительно (с 55 до 10 %) снижает объемы доработок и усилений конструкции за счет увеличения объема контроля повреждений (с 12 до 60 %).

Техническое обслуживание планера связано с выполнением постоянного объема работ, который не зависит от наработки и технического состояния конструкции, и переменного объема, зависящего от результатов контроля и диагностирования.

К постоянному объему работ относятся следующие: визуальный внешний осмотр целостности конструкции; очистка и промывка внешней поверхности; удаление влаги в подпольном пространстве фюзеляжа; смазка подвижных элементов закрылков и предкрылков, дверей и люков; контроль затяжки болтовых соединений, контроль люфтов и зазоров; контроль «опасных зон».

К переменному объему работ можно отнести следующие: удаление коррозии, восстановление покрытий, регулировка зазоров, восстановление герметизации фюзеляжа и крыла, удаление повреждений, доработка конструкции.

Восстановление механических повреждений (царапин, забоин, рисок на внешней поверхности обшивки планера) начинается с установления характера и степени повреждений. Так, на планере допускаются царапины глубиной не более 0,15 мм, длиной не более 200 мм и шириной не более 1 мм, а число их — не более трех на каждую панель. Допускаются забоины глубиной до 1 мм, длиной не более 10 мм, не более пяти на поверхности каждой панели. На гермообшивке фюзеляжа допускаются риски и царапины глубиной до 0,1 мм и длиной до 100 мм, вмятины глубиной до 2 мм и длиной до 100 мм.

В тех случаях, когда повреждения превышают допустимые величины, производится ремонт конструкции согласно руководству по ремонту. Технология удаления повреждений следующая. Кромки и концы царапин, риск слегка зачищают шлифовальной шкуркой № 180—220, покрывают слоем грунта АК-070 и слоем эмали С-38 соответствующего цвета. Забоины плавно зачищают шабером, а затем шлифовальной шкуркой № 180—220 с последующим восстановлением покрытия.

Повреждения в виде трещин, выходящих за нормы, указанные в инструкции по ТЭ и регламенте, устраняются засверловкой концов трещин или установкой накладок в соответствии с типовой технологией руководства по ремонту самолета, согласованной с представителями ОКБ.

Удаление коррозии нужно начинать с определения ее характера. Следует различать очаги поверхностной коррозии с глубиной кратера до 0,2 мм и зоны множественных очагов коррозии, в которых глубина кратера уже превышает 0,2 мм. Если коррозия образовалась в зоне попадания химической жидкости или электролита, то эти места

тщательно промывают раствором питьевой соды, затем теплой водой и протирают насухо. Зону коррозии следует зачистить шлифовальной шкуркой (№ 180—220), а затем восстановить лакокрасочное покрытие.

Вопрос об удалении коррозии в зонах, размеры которых превышают допуски, указанные в инструкции по ТЭ, следует решать с представителями ОКБ и серийного завода и выполнять работы необходимо согласно руководству по ремонту самолета. В этих случаях заменяются листы обшивки, подкрепляющие их элементы, а также детали из магниевых сплавов (качалки, кронштейны, фитинги). Коррозия на деталях из магниевых сплавов характеризуется вспучиванием лакокрасочного покрытия и появлением солевого налета грязно-белого цвета. Поверхностную коррозию удаляют шлифовальной шкуркой № 220. Коррозионные раковины удаляют шабером.

Восстановление покрытий обязательно выполняют после удаления продуктов коррозии. Согласно типовой технологии эту зону протирают салфеткой, смоченной в бензине Бр-1, а затем сухой. Сушку производят на воздухе в течение 30 мин. Затем наносят кистью или пульверизатором грунт АК-070 в два слоя. Каждый слой сушат в течение 3 ч при температуре не ниже $+5^{\circ}\text{C}$. Во второй слой грунта добавляют 2 % алюминиевой пудры ПАК-4. Эмаль ЭП-140 наносят в 2 слоя. Каждый ее слой сушат в течение 6...10 ч при температуре 15...25 $^{\circ}\text{C}$.

Восстановление герметизации крыла производится в случаях негерметичности кессонов, сливных кранов, отпотевании заклепок, а также ослабления винтов крепления панелей.

Повреждение кистевой и жгутовой герметизации стыков лонжеронов с нижней поверхностью крыла восстанавливается нанесением герметиков УЗО-МЭС-5 и УТ-32 в ангарных условиях при положительных температурах по типовой технологии руководства по ремонту. Негерметичность сливных кранов устраняется заменой резиновых прокладок или самих сливных кранов.

При отпотевании болтов следует проверить правильность подбора их длины. Гладкая часть болта должна соответствовать толщине пакета или указанию на трафарете.

Восстановление герметичности фюзеляжа. Наиболее характерными причинами потери герметичности являются: ослабление заклепочных соединений; повреждение окантовок и резиновых профилей дверей и люков; контакт металлических деталей со стеклами пассажирских салонов. Ослабление (утопание) головок потайных заклепок не допускается. Новые заклепки устанавливают таким образом, чтобы головки выступали над обшивкой на 0,02...0,2 мм.

При нарушении герметичности дверей разрешается на привальную поверхность окантовки нанести слой герметика типа УТ-32. Порезы, разрывы профилей не допускаются.

При замене стекол межстекольное пространство проверяют на герметичность путем создания вакуума (0,0035...0,006 МПа). Показа-

ния манометра не должны меняться более чем на 0,0002 МПа за 1 мин. Если давление падает, то необходимо заменить резиновую уплотнительную прокладку.

25.3. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА

Цель диагностирования конструкции планера — обнаружение повреждения элемента конструкции до того момента, когда вероятность его разрушения превысит допустимые нормы. Вследствие этого основной характеристикой качества контроля технического состояния является вероятность обнаружения повреждений.

Основными диагностическими средствами неразрушающего контроля являются ультразвуковые и вихретоковые устройства, магнитные, порошковые и люминесцентные дефектоскопы и рентгенография.

Обоснованность выбора уровня контроля (осмотра) определяется: степенью влияния элемента на безопасность полета, доступностью контроля, критическим размером повреждения $l_{кр}$, скоростью роста повреждения $\Delta l / \Delta N$, предполагаемым сроком (налетом) t_0 обнаружения первоначального повреждения (t_0), принятой периодичностью ТОиР. Следует учитывать и экономические критерии: трудоемкость контроля, стоимость средств контроля, повторяемость контроля в за-

висимости от парка самолетов, потребность в ангарных помещениях.

В настоящее время в условиях АТБ диагностирование конструкции методами НК осуществляется в соответствии со сборниками директивной документации по НК конкретного типа самолета. Использование материалов сборников и периодичность проведения НК определяется регламентами ТО или программой ТОиР.

Пример типовой карты НК, содержащийся в сборнике, приведен в форме 6 (заполнение карты условное).

Вероятность обнаружения повреждения зависит от многих факторов, к числу которых можно отнести: условия диагностирования (на аэродроме, в ангаре, днем, ночью); опыт и квалификацию исполнителей; качество и состояние

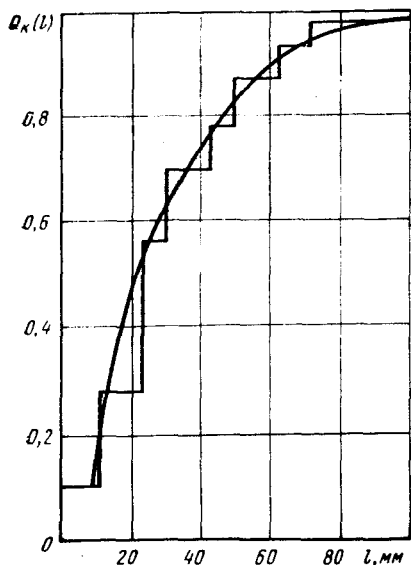


Рис. 25.1. Зависимость вероятности обнаружения трещины при периодическом обслуживании ЛА от ее длины

Карта неразрушающего контроля

Тип самолета	Взаимосвязь с регламентом и программой ТОиР	Дата выпуска _____ Номер карты _____ Шифр инструкции _____
Объект контроля (чертежный номер детали, материал)	Верхние панели центроплана и ОЧК (материал: В-95Т)	
Характер дефекта	Усталостные трещины: 3 мм 12 мм	
Метод и средства контроля	Вихревой Дефектоскоп ВДУ-2 с головкой ВГ-2 и датчиком Д-1	
Подготовительные работы	1. Выворачивание болтов 2. Демонтаж панели	
Трудоемкость контроля	0,1 чел.-ч на контроль одного отверстия	

Рекомендации и указания по проведению контроля:

1.
2.

диагностического оборудования; местоположение и геометрию элемента, его материал и ориентацию повреждения в нем; доступность зоны контроля. Вероятность обнаружения трещины при периодической форме технического обслуживания (рис. 25.1) получена в результате статистической обработки материалов по результатам дефектации одного из самолетов в предположении логарифмически нормального распределения повреждения:

$$Q_{k \text{ виз}}(l) = \Phi \left(\frac{\ln l - 1,9}{0,927} \right), \quad (25.1)$$

где $Q_{k \text{ виз}}(l)$ — вероятность обнаружения повреждения размером l визуальным методом; Φ — функция нормированного распределения Гаусса

В общем виде при использовании любых методов неразрушающего контроля выражение (25.1) принимает вид

$$Q_{ki}(l) = \Phi \left(\frac{\ln l - a}{\sigma} \right),$$

где a — среднее значение распределения длины трещины l ; σ — среднее квадратическое отклонение; i — метод контроля.

Знание размеров и вероятности обнаружения повреждения элемента конструкции, которое может быть обнаружено в процессе ТОиР, является основой для реализации той или иной стратегии обслуживания планера (по ресурсу, по состоянию). Известно, что чем меньше размеры повреждения, которое может быть обнаружено с достаточной достоверностью, тем выше вероятность его обнаружения в заданный период и тем больше интервалы между проведением ТОиР могут быть приняты. Таким образом, в настоящее время основным признаком, характеризующим техническое состояние планера, является отсутствие или наличие повреждения. Поэтому диагностирование в основном сводится к проведению осмотров при выполнении ТОиР с использованием неразрушающих методов контроля.

Еще в период проведения натурных ресурсных и эксплуатационных испытаний фиксируются моменты обнаружения повреждения t_0 и минимальная величина обнаруживаемого повреждения l_0 . Максимально допустимая величина повреждения $l_{кр}$ определяется из условия обеспечения прочности при $2/3$ максимальной нагрузки. Период развития повреждения от l_0 до $l_{кр}$ зависит от скорости развития повреждения, которая может быть определена из опыта по уравнению

$$\frac{\Delta l}{\Delta N} = A \Delta K^m,$$

где A , m — параметры модельного образца.

Характеристика действующих напряжений

$$\Delta K = 2\sigma_a = \sqrt{1/2} F_0,$$

где σ_a — амплитуда действующих напряжений; F_0 — коэффициент, учитывающий ширину образца.

Знание скорости распространения повреждения позволяет принять решение об установлении для данного элемента конструкции фиксированного ресурса либо, оценив живучесть конструкции, о возможности его эксплуатации по состоянию. Отсюда следует, что для конструкции, созданной по принципу фиксированного ресурса, образование трещины любой длины означает отказ. Для конструкции же, созданной по принципу безопасного повреждения, отказом будет считаться достижение трещиной критической величины $l_{кр}$. Поэтому подход к формированию программы ТОиР планера и назначению периодичности осмотров для этих двух типов конструкций будет различным. Такая программа должна обеспечивать заданные уровни по безопасности полетов, эффективности использования самолета при минимальных затратах на ТОиР.

Для оценки влияния усталостных повреждений элементов планера на безопасность полетов сначала определяют влияние отказа на выполнение целевых функций конструкций (расчетными или экспериментальными методами), а затем вероятность неразрушения за время

существования повреждения методами оценки надежности конструкции, поврежденной трещиной усталости:

$$R(t) = Q[\xi(t) - t_{кр}] < 0,$$

где $\xi(t)$ — время существования повреждения.

Принимая, что за период $(0, t)$ контроль повреждений не производился,

$$\xi(t) = t - t_0.$$

Очевидно, что $\xi(t)$ является случайной величиной, распределенной с функцией $F_\xi(X)$.

Наиболее просто выражение для $F_\xi(X)$ получаем при отсутствии контроля:

$$F_\xi(X) = \begin{cases} 1, & x > t \\ 1 - F_{t_0}(t - X), & 0 < X < t \end{cases},$$

где F_{t_0} — функция распределения времени t_0 возникновения повреждения.

В качестве функции распределения $F_{t_0}(X)$ можно использовать логарифмически нормальное распределение:

$$F_{t_0}(X) = \Phi\left(\frac{\ln X - a}{\sigma}\right),$$

где B — ширина пневматика колеса шасси, a — логарифм среднего значения долговечности элемента.

При известных функциях распределения времени образования повреждения $F_{t_0}(t)$ и времени достижения критической величины $F_{t_{кр}}(t)$ вероятность неразрушения за время существования повреждения определяется следующим образом:

при отсутствии живучести конструкции

$$R(t) = 1 - F_{t_0}(t);$$

при обеспечении живучести

$$R(t) = 1 - F_{t_{кр}}(t).$$

При известных вероятностях обнаружения повреждения элемента конструкции $Q_{hi}(l)$ и разрушения конструкции $R(t)$ определяется вероятность возникновения одной из особых ситуаций, в частности катастрофической:

$$Q_{кз}^{пл} = [1 - Q_{hi}(l)] [1 - R(t)] \leq 10^{-9}.$$

Нормируемые значения вероятностей попадания в особые ситуации меняются в зависимости от числа эксплуатируемых самолетов. Так, если для единичного самолета принять в соответствии с ЕНЛГС $Q_{кз} = 10^{-8} \dots 10^{-9}$, то для парка в 10 самолетов $Q_{кз} = 10^{-6} \dots 10^{-7}$. Управляющими воздействиями для поддержания уровня безопасности полетов парка самолетов являются стратегии, режимы и методы ТОиР и связанная с ними периодичность контроля.

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ШАССИ И СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

26.1. ФАКТОРЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ШАССИ

На работоспособность конструктивных элементов шасси оказывают влияние значительное число эксплуатационных факторов. К ним можно отнести значения взлетной (посадочной) массы самолета, посадочной скорости, вертикальной скорости приземления, углов крена и угловой скорости кренения, углов скольжения и угловой скорости рыскания, углов атаки и угловой скорости тангажа. К таким факторам относят также появление вибраций, упругих деформаций, значительный и неравномерный нагрев элементов конструкции шасси, климатические факторы, вызывающие наиболее значительное изменение технического состояния пневматиков, уплотнительных элементов тормозов, амортизаторов, цилиндров уборки-выпуска шасси и др.

Каждая из перечисленных выше групп факторов может характеризоваться изменением в допустимых пределах ряда определенных параметров, что в конечном итоге влияет на нагруженность элементов шасси при посадке самолета. Наибольшую нагрузку шасси воспринимают при поглощении кинетической энергии за счет вертикальной составляющей скорости при грубой посадке, достигающей 2...4 м/с. Кроме этого, на шасси могут действовать боковые нагрузки при посадке со сносом, разворотах при рулении и посадке с креном, а также лобовые нагрузки при посадке самолета с заторможенными колесами, при торможении в процессе пробега и руления, движения самолета по неровной ВПП или РД.

Указанные выше факторы и виды нагружений опор шасси ЛА по-разному влияют на процессы, происходящие в разнотипных конструктивных элементах шасси, по-разному происходит изменение их технического состояния. Так, например, если для амортизаторов одним из главных факторов является значение вертикальной нагрузки, а их работоспособность зависит от начального давления азота и объема жидкости, то для тормозных устройств поглощаемая кинетическая энергия зависит от посадочных массы и скорости самолета. В первом случае главное внимание при техническом обслуживании требуется уделять герметичности узлов, а во втором — состоянию тормозных дисков, работающих в условиях высокотемпературного трения.

Все узлы, устройства и изделия шасси можно разбить на следующие группы (по однородности нагружения, однотипности процессов, одноплановости работ по диагностике и техническому обслуживанию): амортизаторы (всех типов), конструктивные элементы силовой схемы и шарнирные соединения, авиационные колеса (корпус, пневматики, тормозные устройства), конструктивные элементы кинематики и системы уборки-выпуска шасси, элементы кинематики и системы поворота и демпфирования передней опоры.

Амортизаторы шасси, воспринимающие значительные нагрузки и гасящие кинетическую энергию самолета при воздействии вертикальной составляющей скорости, требуют особого внимания при оценке технического состояния при всех видах технического обслуживания. Для этого проверяется герметичность амортизаторов, отсутствие трещин, коррозии, остаточной деформации в элементах конструкции.

На работоспособность жидкостно-газовых амортизаторов оказывают влияние объем и свойства заправляемой жидкости и начальное давление азота. Эти характеристики рассчитываются для поглощения расчетного количества энергии, и отклонения от них могут вызвать появление остаточных деформаций в элементах конструкции или даже их разрушение. Так, например, при малом объеме жидкости и расчетном давлении газа (объем газа V_1 будет больше расчетного V_0 , рис. 26.1, а), а также при начальном давлении газа ниже расчетного $p_1 < p_0$, рис. 26.1, б) и нормальной зарядке жидкостью нарастание усилий происходит плавно, амортизатор становится более мягким. Однако при грубой посадке ЛА и увеличении обжатия амортизатора может произойти удар в ограничитель и поломка конструктивных элементов шасси и планера. При расчетном начальном давлении газа и объеме жидкости больше потребного ($V_2 < V_0$), а также при начальном давлении газа ($p_2 > p_0$) и расчетном объеме жидкости амортизатор становится более жестким, так как заданная работа будет воспринята при обжатии амортизатора $S < S_0$, но при нагрузке, превышающей эксплуатационную. Это может вызвать появление остаточных деформаций в конструктивных элементах.

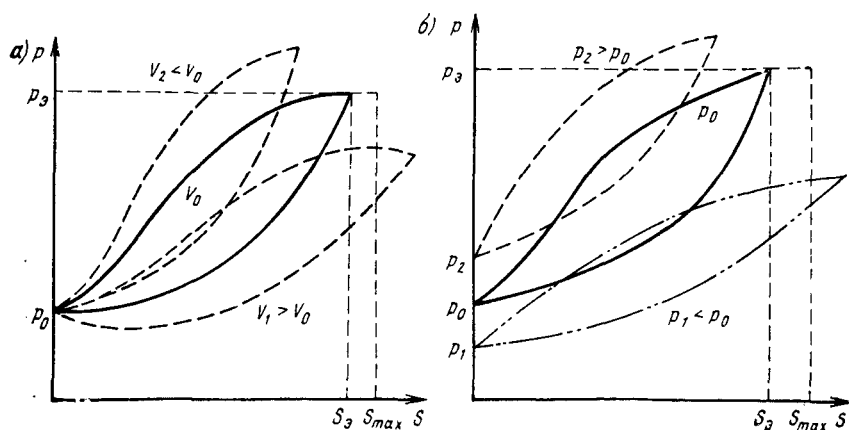


Рис. 26.1. Диаграммы работы жидкостно-газового амортизатора при отклонениях от ТУ по заправке жидкостью (а) и зарядке сжатым газом (б)

При значительном уменьшении объема жидкости в амортизаторе (при уровне жидкости ниже узла торможения жидкости с отверстиями) при обжатии амортизатора может произойти гидравлический удар с разрушением конструктивных элементов внутри амортизатора, что может привести к необходимости замены соответствующей опоры самолета. Следует обращать также внимание на вязкость заправляемой жидкости и ее состояние. Снижение вязкости (особенно при высоких температурах наружного воздуха) приводит к уменьшению энергоемкости амортизатора, более мягкой его работе, а также к ухудшению работы уплотнений.

При периодическом техническом обслуживании амортизаторов, кроме дефектации их конструктивных элементов, проверяется объем жидкости и начальное давление сжатого азота. Для большинства амортизаторов жидкость заливают по уровень заливного штуцера при полностью обжатом амортизаторе (сравливание азота производят при разжатом амортизаторе), а начальное давление газа должно соответствовать техническим требованиям для данного амортизатора. В двухкамерных амортизаторах проверяется объем жидкости и начальное давление сжатого газа в обеих камерах: сначала в нижней камере, а затем в верхней, в которой начальное давление газа, как правило, значительно ниже. При нарушении герметичности амортизатора или наличии замечаний экипажа по его работе (например, продольная или поперечная раскачка самолета при посадке) требуется проверять объем жидкости и начальное давление в соответствующих амортизаторах.

При наличии большого числа амортизаторов на самолете (в том числе и стабилизирующих амортизаторов, демпферов тележек) операции по проверке объема жидкости и начального давления газа становятся весьма трудоемкими. Применение для каждого амортизатора зависимостей давления газа p от обжатия l (рис. 26.2), давления газа от массы самолета, обжатия от массы самолета позволяет проводить качественное диагностирование и прогнозирование технического состояния амортизаторов, а также сокращать объемы работы при их техническом обслуживании.

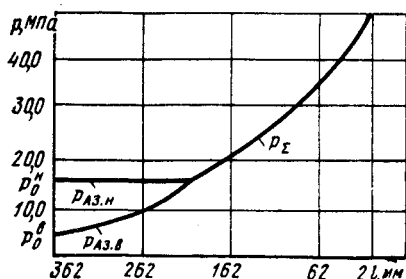


Рис. 26.2. Зависимость давления азота от обжатия в двухкамерном амортизаторе

В случае применения жидкостных амортизаторов, работающих на принципе сжатия жидкостей при весьма высоких давлениях (до 300...400 МПа), проверяется только объем жидкости по указателю и герметичность уплотнений амортизатора.

Конструктивные элементы силовой схемы и шарнирные соединения подвергаются воздействию ударных знакопеременных нагрузок в

отдельных узлах (деталях двухзвенников, подкосах, рамах тележки, тягах и др.). При этом возможно появление остаточных деформаций и трещин (особенно по сварным швам и их законцовкам). Износ деталей шарнирных соединений приводит к увеличению зазоров в сочленениях узлов, появлению недопустимых люфтов, а это может вызвать появление ударных нагрузок на элементы силовой схемы, а также и остаточных деформаций. В связи с этим при техническом обслуживании требуется качественная дефектация элементов шасси для выявления недопустимых люфтов, остаточных деформаций, трещин и других повреждений. Это в полной мере относится и к створкам шасси, узлам их крепления и шарнирам, которые при эксплуатации также подвержены повреждениям.

В специфических условиях эксплуатации находятся шарнирные соединения шасси. Они воспринимают и передают большие удельные и зачастую ударные нагрузки, имеют весьма малые скорости скольжения (в паре скольжения болт — втулка шарнира) и небольшие перемещения (шарниры двухзвенников, узлов навески шасси, створок шасси и другие имеют перемещения до $90...100^\circ$). Наряду с этим, как правило, большинство шарнирных соединений негерметичны, что вызывает необходимость применения консистентной смазки (типа ЦИАТИМ-201 или др.). Однако в процессе эксплуатации из-за попадания в соединение влаги и пыли эта смазка теряет физико-химические свойства и не в полную меру выполняет свои функции. Поэтому при выполнении периодических форм технического обслуживания требуется своевременная и полная замена смазки в шарнирах. Эффективную ее замену в шарнирных соединениях можно произвести только смазконагнетателями, создающими давление $15...20$ МПа.

Авиационные колеса и их конструктивные элементы (оси, подшипники, пневматики и др.) воспринимают вертикальные нагрузки от массы самолета, действие касательных от сил сцепления пневматики с ВПП и боковых сил, появляющихся при движении по криволинейной траектории, посадке со сносом, действии бокового ветра при рулении. Борты и обод колеса нагружаются также силами от давления воздуха в пневматике. Значительно усложняются условия эксплуатации колеса и его элементов при грубой посадке, посадке до начала бетонированной ВПП или в случае выкатывания самолета за пределы ВПП, а также при интенсивном (в случае прерванного взлета) или длительном торможении (руление с подтормаживанием).

При длительном воздействии перечисленных нагрузок на корпус колеса возможно появление трещин, остаточных деформаций. Наибольшую опасность представляют трещины в зоне съемной и несъемной реборд, так как они могут быть обнаружены до разрушения только после съема колеса и демонтажа пневматика.

При техническом обслуживании тщательная дефектация элементов колеса (корпуса, осей, подшипников, реборд) производится после съема колеса и пневматика. На этих деталях не допускается появление

трещин, цветов побежалости и других повреждений. Для обнаружения трещин на корпусе колеса применяются методы неразрушающего контроля (токовихревые или ультразвуковые) (рис. 26.3). Для ряда колес такая дефектация проводится при каждой замене пневматиков.

Если корпус колеса разъемный (состоит из двух частей), то при техническом обслуживании или при монтаже, например, пневматика на ряде колес проверяются моменты затяжки болтов, соединяющих части колес (рис. 26.4).

Подшипники авиационных колес воспринимают большие радиальные и боковые нагрузки при взлете и посадке самолета. Они работают в весьма широком диапазоне скоростей и даже при нормальном нагружении их температура может достигать $120...150^{\circ}\text{C}$. Кроме того, дополнительный нагрев подшипников происходит от теплового потока, идущего от тормозного устройства. Работоспособность подшипников зависит также от правильности их монтажа при установке колес.

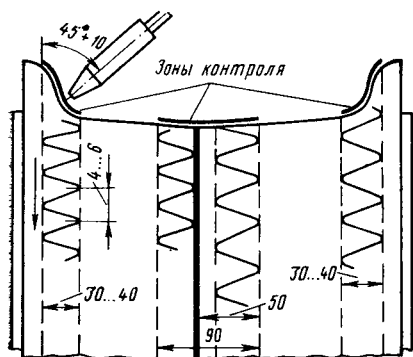


Рис. 26.3. Зоны контроля и траектория перемещения датчика прибора неразрушающего контроля при диагностировании корпуса колеса

Для предотвращения слабой или чрезмерной затяжки подшипников требуется проверка маркировки и длины распорной втулки 2, обеспечивающей эксплуатационный зазор между подшипниками. Поэтому при каждом съеме колеса (независимо от причины) производят промывку подшипников, их дефектацию и замену смазки. Для подшипников применяется специальная смазка НК-50, выдерживающая высокую температуру. Взамен этой смазки применяют смазку ВНИИ НП-201, имеющую хорошую работоспособность в диапазоне температур $-55...+150^{\circ}\text{C}$, а кратковременно до $+200^{\circ}\text{C}$.

Пневматики авиационных колес при пробеге самолета воспринимают радиальные нагрузки, составляющие реакции грунта, а также несут нагрузки от внутреннего давления и значительных центробежных сил. Особенно сложные по характеру и значительные нагрузки воспринимают пневматики при вращении колес на участке соприкосновения с ВПП. Каждый элемент такого постоянно меняющегося участка за время поворота даже на небольшой угол сжимается и из-

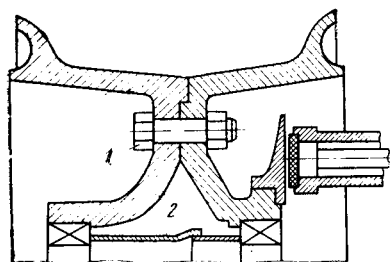


Рис. 26.4. Корпус колеса передней опоры (разъемный):

1 — болты соединения частей колеса; 2 — распорная втулка

гибается силами реакции ВПП, а затем весьма быстро растягивается за счет внутреннего давления и инерционных сил. Элементы покрышки испытывают большие ускорения и перегрузки, достигающие более тысячи единиц. Перечисленные нагрузки приводят к деформации и нагреву элементов пневматиков, а при неблагоприятных условиях могут вызвать вынужденные резонансные колебания, вероятность которых возрастет по мере увеличения скорости качения и уменьшения жесткости пневматика. Нагрев пневматиков происходит также от тормозных устройств через корпус колеса, что в конечном итоге вызывает потерю их механических свойств, отслоение и даже взрывное разрушение пневматика. Техническое обслуживание пневматиков производится по состоянию с контролем функциональных (замер давления воздуха пневмометром) и структурных параметров (обжата, лимитированных размеров проколов, порезов, местного истирания резины и т. п.).

Для каждого типа пневматика установлены допуски на размеры проколов, порезов, размеры местного истирания покровной резины с повреждением одного-двух слоев корда. При техническом обслуживании контролируют также отсутствие сдвига пневматика относительно корпуса колеса по специальным меткам, что особенно важно для пневматиков, имеющих камеру с ниппельной трубкой.

Тормозные устройства авиационных колес современных самолетов, превращая значительную кинетическую энергию движущейся массы (на один тормоз она достигает 20 МДж) в течение 20...30 с в тепловую за счет трения деталей тормоза из фрикционных материалов, эксплуатируются в весьма сложных условиях нагружения.

Температура в зоне трения фрикционных узлов достигает 1000...1100 °С, а объемная в дисках после торможения 300...600 °С. Поэтому в процессе эксплуатации в деталях и узлах тормозных устройств появляются следующие неисправности и повреждения: трещины; усадка и коробление деталей фрикционных узлов из-за дискретности их контакта (дисков, колодок, барабанов); неравномерный износ и неполное прилегание секторов дисков; схватывание функциональных материалов. Иногда встречается нарушение герметичности тормозных цилиндров, повреждение деталей узлов растормаживания, узлов поддержания постоянного зазора или корпуса тормоза.

На ЛА применяются ~~тормозные~~ устройства трех типов: дисковые, камерные и колодочные. При техническом обслуживании дисковых тормозов без съема колеса (при оперативных формах) производится только внешняя дефектация колеса и тормоза. При этом обращается внимание на целостность деталей и агрегатов, надежность крепления, герметичность блоков цилиндров и подводящих тормозных шлангов. Проверяется техническое состояние пакета дисков по указателю их суммарного износа 1 (рис. 26.5). На рисунке показано предельное положение указателя, при котором требуется замена всех дисков и возврат поршня, узла растормаживания и узла поддержания постоянного суммарного зазора между дисками в исходное состояние. Наличие

узла поддержания суммарного зазора 2 не требует регулирования зазоров в процессе эксплуатации.

При выполнении периодических форм технического обслуживания после съема колеса производится дефектация тормозного пакета дисков, как правило, без его разборки. В этом случае проверяют отсутствие недопустимых по размерам трещин, коробления, отслаивания спеченных материалов от стального каркаса секторов, лимитируемых для каждого типа тормоза. Для ряда тормозов проверяют плавность

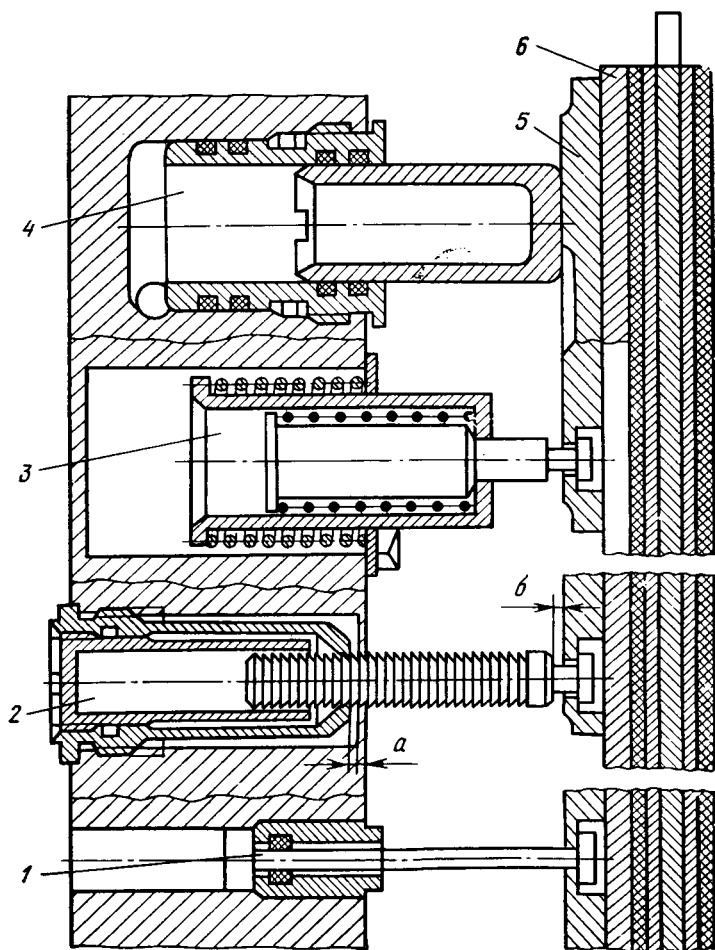


Рис. 26.5. Узлы дискового тормоза (условно сечения совмещены) при достижении допустимого суммарного износа дисков (состояние «заторможено»):

1 — указатель допустимого суммарного износа дисков; 2 — узел поддержания постоянного суммарного зазора между дисками цангового типа; 3 — узел растормаживания; 4 — тормозной цилиндр с поршнем; 5 — прижимной диск; 6 — вращающийся диск

затормаживания и растормаживания, четкость действия возвратных пружин и суммарный зазор между дисками в расторможенном состоянии. В случае обнаружения недопустимых неисправностей тормоза его снимают для ремонта с разборкой на специализированных участках АТБ.

Для новых типов самолетов (например, Ил-86) режимы и объемы работ по техническому обслуживанию колес и тормозных устройств корректируют по специальным номограммам. Они позволяют определить значение кинетической энергии и перечень работ по ТО колес при гашении этой энергии.

При техническом обслуживании камерных (многоколодных) тормозов проверяются техническое состояние тормозного барабана (имеются нормативы на допустимые размеры трещин в биметаллических тормозных барабанах), колодок (имеются допуски на износ и повреждения), герметичность и состояние тормозных камер и проводки шлангов к ним.

При техническом обслуживании двухколодного тормоза проверяется герметичность тормозных цилиндров и трубопроводов, состояние тормозного барабана, фрикционных накладок и их износ (имеются допуски на износ), работоспособность и четкость действия пружин растормаживания. Кроме того, проверяют и при необходимости регулируют зазоры между колодкой и тормозным барабаном. Зазор между колодкой, связанной с приводным цилиндром, должен быть больше зазора во второй колодке. Неравномерный износ колодок в любом тормозе влияет на эффективность торможения и ресурс фрикционных узлов тормоза.

К числу конструктивных элементов кинематики и системы поворота передних колес, которые при техническом обслуживании подвергаются дефектации, относятся: тяги, рычаги, двухзвенники, элементы обратной связи, краны управления. При проверке работоспособности (при поднятом самолете на подъемниках) обращают внимание на плавность разворота передних колес, соответствие поворота штурвала (педалей) повороту колес, проверяют величину свободного хода штурвала, полноту перекладки передних колес, время разворота из одного крайнего положения в другое, четкость действия обратной связи и др.

Конструктивные элементы кинематики и системы уборки-выпуска шасси, к которым относятся стойки, складывающиеся подкосы с рычагами, цилиндры-подъемники, замки выпущенного и убранного положения, механизмы управления створками и др., подвергаются дефектации в ряде случаев с применением неразрушающих методов контроля. Для этого вывешивают самолет с помощью подъемников и проверяют работоспособность кинематики и системы уборки-выпуска шасси от основных, резервных и аварийных систем по комплексу показателей. К основным из них относятся: время уборки и выпуска шасси; давление в гидросистеме при постановке шасси на замки выпущенного и убранного положения (должно быть не более 80 % рабочего давле-

ния в системе); полнота запрокидывания или возвращения в исходное положение тележек шасси; синхронность уборки-выпуска опор, зазоры в замках выпущенного-убранного положения; своевременность срабатывания сигнализации (световой, звуковой, электро- и механических указателей); синхронность и полнота открытия-закрытия створок; правильность регулировки блокирующих механизмов для невозможности уборки шасси на земле.

При техническом обслуживании шасси требуется соблюдать все необходимые правила охраны труда и техники безопасности, которые излагаются в технологических указаниях по выполнению регламентных работ и устранению неисправностей. К ним относятся правила работы с резервуарами со сжатыми газами, зарядки амортизаторов, пневматиков (с применением приспособлений с редуктором и манометром), вывешивания самолетов комплектом подъемников, требования к площадке и учету направления и силы ветра, правила установки подъемников, синхронность вывешивания самолета, подача четких команд по уборке-выпуску шасси и др.

26.3. ФАКТОРЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ЛА

Системы управления ЛА представляют собой комплексные бортовые устройства, обеспечивающие управление рулем высоты и стабилизатором, элеронами и интерцепторами (в элеронном и режиме гашения подъемной силы крыла), рулем направления, триммерами рулей и элеронов, закрылками и предкрылками.

Все перечисленные системы бывают: неавтоматизированные механические (рис. 26.6, а); гидромеханические (с рулевым приводом, пружинным загрузателем и механизмом триммирования); гидромеханические с включением дополнительно автопилота и демпфера; гидромеханические с АБСУ (рис. 26.6, б) и электрогидравлические с АБСУ (рис. 26.6, в).

К числу эксплуатационных факторов, определяющих работоспособность системы управления, относятся внешние климатические условия, вызывающие, например, замерзание скопившейся влаги и отказ электропривода стабилизатора или концевых выключателей электромеханизмов системы стопорения, обледенение и заклинивание тросов в зоне гермовывода (при нарушении его герметичности), загрязнения и возможность заклинивания проводки из-за нарушения правил погрузочно-разгрузочных работ, изменение натяжения тросовой проводки (при изменении температуры наружного воздуха). На рулевые поверхности, рычаги, проводку и другие элементы системы управления в полете действуют аэродинамические нагрузки, которые зависят от формы и размеров рулей (элеронов), плотности окружающей среды, скорости полета, углов отклонения рулей (элеронов). Кроме того, на элементы управления воздействуют и массовые силы. В значительной мере эти нагрузки возрастают при полете в беспокойном

воздухе, выполнении маневров, создании несимметричной тяги двигателей, которая зависит также от квалификации пилота и качества пилотирования самолета.

Все перечисленные виды нагрузок и эксплуатационных факторов, воздействующих на системы управления, вызывают при длительной эксплуатации появление повреждений и отказов. Так, например, при

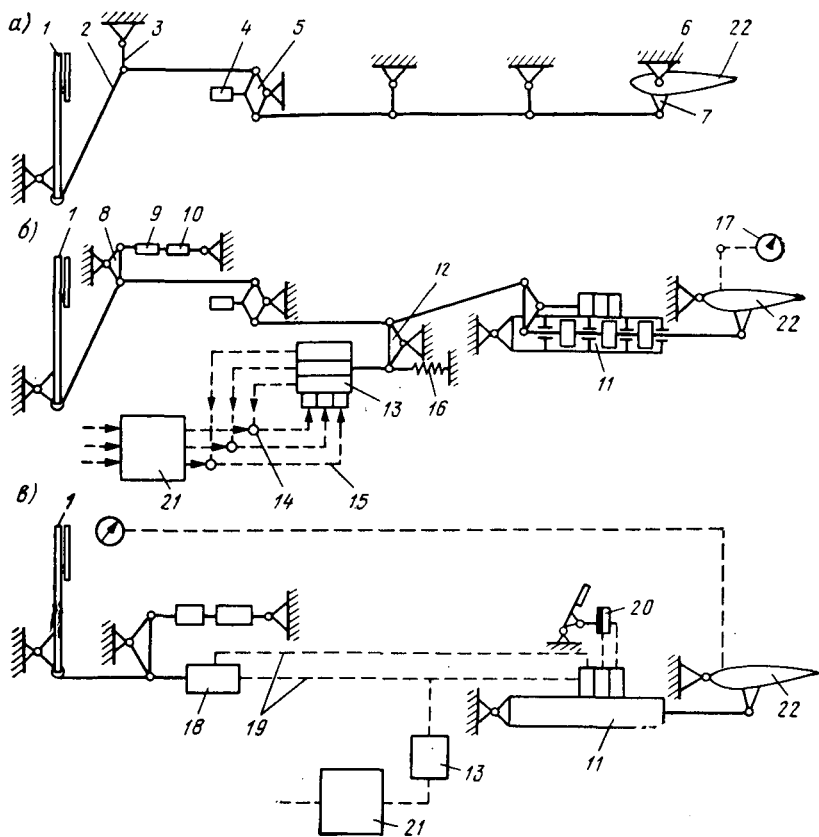


Рис. 26.6. Принципиальные схемы систем основного управления самолетов ГА:

а — механическая; б — гидромеханическая с АБСУ; в — электрогидравлическая с АБСУ; 1 — командный рычаг; 2 — тяги проводки управления; 3 — роликовая направляющая или качалка; 4 — балансир массы проводки управления; 5 — двуплечая качалка, компенсирующая температурные изменения длины герметической части фюзеляжа; 6 — кронштейн навески руля; 7 — рычаг управления руля; 8 — двуплечий рычаг; 9 — пружинный загрузчик командного рычага; 10 — механизм триммирования (снятия нагрузки); 11 — гидравлический или электрогидравлический рулевой привод; 12 — дифференциальная качалка — параллельный суммирующий механизм командных сигналов; 13 — рулевой агрегат автопилота с механизмом подключения к проводке и отключения; 14 — суммирующее устройство электрических сигналов; 15 — прямые и обратные электрические связи АБСУ с золотниками рулевого агрегата; 16 — центрирующая пружинная тяга; 17 — сигнализация положения руля (датчик и индикатор); 18 — датчик положения командного рычага (потенциметрического типа); 19 — электропроводка прямой и обратной связи; 20 — система встроенного контроля с ручным переключением; 21 — АБСУ; 22 — рулевая поверхность

выработке деталей шарнирных соединений появляются люфты в проводке управления, явления износа происходят в тросовой проводке, трубчатых тягах управления, имели место случаи разрушения деталей гидропривода закрылков, появления неисправностей в системе стопорения рулей, управления триммерами. Но наибольшее влияние на снижение уровня безопасности полетов оказывают нарушения технологической дисциплины при выполнении таких операций при техническом обслуживании, как регулировка системы управления (например, неправильное соединение проводки элеронов после замены тросов на секторной качалке; отсутствие контровки тандерных соединений тросов или болтовых соединений шарниров тяг). Такие неисправности и нарушения связаны не только с низкой технологической дисциплиной технического состава, но и с недостаточным контролем и требовательностью инженерного состава.

26.4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ

Анализируя конструктивные особенности и виды работ по диагностированию и техническому обслуживанию различных типов систем управления, можно выделить общие виды работ, выполняемые на любом типе системы, и особенности технического обслуживания проводки управления трубчатыми тягами и тросовой проводки.

К *общим видам работ* можно отнести проверку состояния рулевых поверхностей, элементов механизации крыла, узлов их подвески и рычагов управления. При этом проверяют целостность узлов, надежность контровки, отсутствие коррозии, величину люфтов. Например, суммарный люфт в узлах крепления триммеров по задней кромке при приложении усилия в 100 Н допускается для отдельных самолетов не более 2...3 мм.

Кроме того, проверяют надежность сочленения частей штурвальных колонок, каркаса и педалей ножного управления, состояние звездочки и бесшумной цепи в головках штурвальных колонок. Согласно картам смазки, где указывается тип смазки, периодичность и способ ее нанесения, производится замена смазки в шарнирных соединениях проводки управления, а также в корпусах гермовыводов. Производится также проверка герметичности корпусов, плавность хода штоков, состояние корпусов гермовыводов.

При техническом обслуживании проводят дефектацию конструктивных элементов системы стопорения (она может быть механическая, электромеханическая дистанционная или автоматическая рулевыми приводами), а также проверку ее работоспособности. Кроме этого, в стопорных механизмах проверяют зазор между стопорным пальцем и гнездом и заход стопорного штыря в гнездо (в застопоренном положении).

Работоспособность гидравлических усилителей проверяют при наличии рабочего давления в гидросистеме, обращая внимание на

плавность хода штурвала, герметичность изделий, правильность и углы отклонения рулевых поверхностей при перекладке рычагов в кабине.

Оценку технического состояния системы управления производят также методом замера суммарного усилия трения в проводке. Наличие повышенного трения в любой проводке управления свидетельствует о необходимости поиска в ней неисправных элементов и устранения причин. Методика проверки усилий трения предусматривает применение специальных динамометров и строго определенных зон их крепления, а также лимитированных допусков. Например, в проводке управления рулями некоторых типов самолетов не более 50...120 Н, а триммерами рулей 20...30 Н.

При выполнении ряда форм технического обслуживания или после замены отдельных конструктивных элементов системы управления производят частичную или полную проверку регулировки системы и необходимое подрегулирование отдельных элементов. Важность этого состоит в том, что любые неправильно выполненные демонтижно-монтажные работы в системе управления могут привести к обратному действию рулей (например, элеронов, триммеров), рассоединению проводки или другим нежелательным явлениям. Исходя из этого основными принципами проверки регулировки являются проверка соответствия отклонения рулевых поверхностей отклонению рычагов в кабине и величины их отклонения.

Жесткая проводка в системе управления, выполненная с помощью трубчатых тяг, имеет свои особенности обслуживания. Для предупреждения резонансных колебаний тяг управления устанавливают часто опоры, что усложняет конструкцию и объемы работ при техническом обслуживании. Совпадение частот собственных колебаний тяг с вынужденными (от других источников) может привести к их разрушению при эксплуатации в результате усталостных явлений. Резонансные колебания тяг зачастую невозможно ощутить на рычагах управления, что затрудняет их своевременное обнаружение и устранение истинной причины. Несмотря на конструктивные меры по предотвращению резонансных колебаний, они могут появиться при возникновении ряда неисправностей. Собственная частота первого тона колебаний тяги с шарнирным соединением

$$\nu = \frac{\pi}{2l^2} \sqrt{\frac{EJl}{m}},$$

где l — длина тяги, м; EJ — жесткость тяги при изгибе, $\text{Н} \cdot \text{м}^2$; m — погонная масса тяги, $\text{Н} \cdot \text{с}^2/\text{м}$.

Следовательно, частота колебания тяги может отклоняться от расчетной вследствие изменения ее длины, жесткости при изгибе или погонной массы (может изменяться при замене типа материала). Большой износ тяг, роликов направляющих или нарушения их регулировки могут привести к тому, что тяга (при больших зазорах) не будет

касаться отдельных направляющих. Это приводит к изменению расстояния между опорами (длины тяги) и соответственно амплитуды и частоты, что может вызывать резонансные явления и даже разрушение тяги. Поэтому при обслуживании проверяют зазоры между роликами направляющих и трубами тяг. На ряде самолетов зазоры должны быть 0,15...0,6 мм. При превышении максимального значения зазора можно один из роликов поставить с увеличенным диаметром. После дефектации требуется заменять также ролики, имеющие повреждения.

Весьма малые суммарные зазоры (ниже допустимых) между роликами и тягой вызывают повышенное трение в этих узлах, а при появлении в полете упругих деформаций конструктивных элементов планера они могут вызвать заклинивание системы управления. Наряду с этим при дефектации элементов жесткой проводки обращают внимание на отсутствие на тягах, качалках, рычагах вмятин, забоин, трещин и других повреждений, являющихся концентраторами напряжений. Подлежат контролю резьбовые регулируемые наконечники тяг, которые не должны выходить за пределы контрольных отверстий, а также все виды контрровок разъемных соединений элементов управления.

Проверяют выработку тяг под роликовыми направляющими. При достижении ее значения 0,5 мм тягу следует повернуть в направляющих роликах на 180°, а при повторной такой же выработке — заменить, соблюдая правила маркировки и технологию замены.

Наличие люфтов в соединениях жесткой проводки может привести не только к запаздыванию отклонений рулей, но и к вибрации рулей или других конструктивных элементов системы. При длительном воздействии вибрационных нагрузок, например, из-за больших зазоров в узлах крепления триммера может произойти разрушение этих узлов, а затем и узлов крепления руля. По этой же причине могут разрушиться кронштейны, узлы навески, рычаги, тяги и другие элементы, что приведет к отказу системы управления.

В ряде систем управления проверяют значение суммарного люфта в проводке по перемещению соответствующей рулевой поверхности при приложении определенного усилия и зафиксированных рычагах управления. Наибольшие допустимые люфты в проводке управления, замеренные по перемещению задней кромки руля, составляют 2...8 мм. Устранение недопустимых люфтов производят заменой деталей шарнирных узлов соединения тяг и узлов крепления конструктивных элементов.

Техническое обслуживание тросовой проводки управления предусматривает периодическую проверку состояния тросов и их наконечников в местах заделки тандерных соединений, кронштейнов крепления направляющих, роликов, ограничителей и других деталей. Особое внимание следует уделять (несмотря на простоту выполняемых операций) оценке технического состояния контрровки тандерных и других разъемных соединений тросовой проводки. Периодически прове-

ряют также натяжение тросов и сопоставляют его значение с требуемым (рис. 26.7).

Натяжение тросов системы управления зависит преимущественно от температуры наружного воздуха, так как площадь сечения троса, модуль упругости и коэффициенты линейного расширения применяемых материалов в эксплуатации практически не изменяются. Вследствие разницы коэффициентов линейного расширения материалов стальных тросов и дюралюминиевой конструкции элементов планера (примерно в 2 раза) ошибки в регулировке на земле (при положительной температуре) могут оказать существенное влияние на работоспособность системы управления в полете (при отрицательной температуре).

При этом значительное ослабление тросовой проводки может вызвать соскакивание тросов с роликов, повышенное трение в проводке, быстрый износ троса или отказ системы управления из-за полного заклинивания.

По системе управления стабилизатором при техническом обслуживании проводят оценку технического состояния гидро- (или электро) приводов, карданной подвески, гаек и ходового винта, направляющей. Проверяют работоспособность от всех гидромоторов электродвигателей и каждой подсистемы резервирования.

Системы управления механизацией крыла (закрылки, предкрылки) также имеют резервирование, поэтому работоспособность и время полной уборки-выпуска проверяют от двух и одного гидромотора электродвигателя. Кроме того, проверяют состояние узлов подвески и их подшипников, монорельсов, винтовых подъемников, редукторов, трансмиссии и ее соединений (карданов, шлицевых муфт) и т. д., производят замер люфтов в сочленениях, осевых перемещений в шлицевых соединениях, а также биение валов трансмиссии.

Согласно картам смазки заменяют смазку во всех подвижных соединениях.

При техническом обслуживании управления в соответствии с нормативно-технической документацией требуется соблюдать правила охраны труда при работе на высоко расположенных частях самолета, с сосудами высокого давления (в гидроприводах), с инструментом, оборудованием и др.

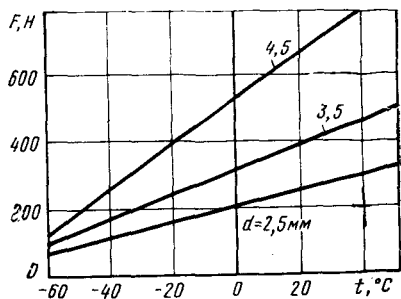


Рис. 26.7. Зависимость силы натяжения тросов от температуры

ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГИДРОГАЗОВЫХ СИСТЕМ И СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

27.1. УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И ФАКТОРЫ РАБОТОСПОСОБНОСТИ

В течение типового полета в определенной последовательности работают, как правило, все потребители гидравлической системы. Поскольку нагрузки носят случайный характер, их изменения в полете могут быть представлены как случайные процессы, рассмотренные с единых позиций в соответствии с наличием у них тех или иных признаков. Это обуславливает возможность классификации действующих нагрузок на три основных типа (рис. 27.1).

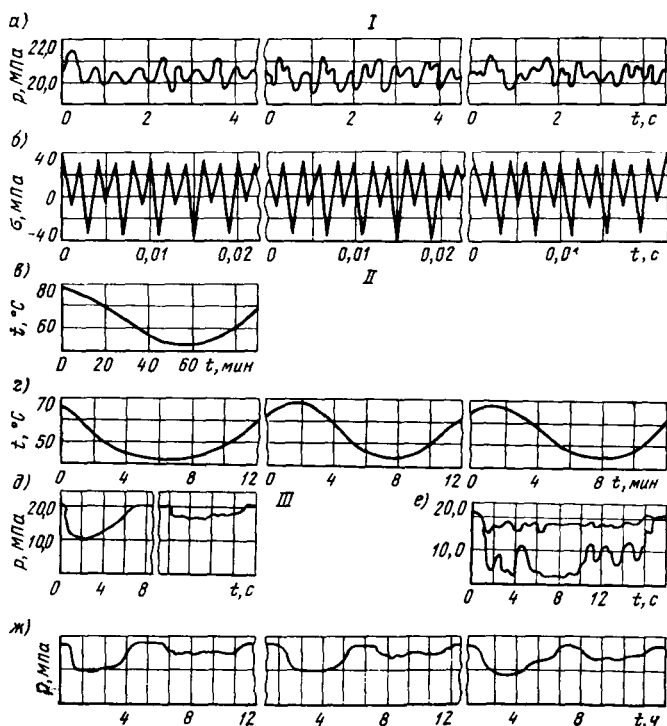


Рис. 27.1. Нагрузки и эксплуатационные факторы, влияющие на работу гидравлических систем:

а — изменение давления в нагнетающей магистрали насоса при работе гидроусилителей; б — изменение вибронапряжения в напорной магистрали; I — стационарные случайные нагрузки; II—III — процессы, нестационарные в единичном полете, но проявляющие стационарность от полета к полету; в — изменение температуры жидкости на самолете в единичном полете; г — то же, но на самолете при трех идентичных полетах «по кругу»; д — изменение давления при уборке шасси; е — изменение давления при работе системы поворота передних колес; ж — изменение давления при выпуске и уборке шасси в нескольких полетах

К первому типу нагрузок относятся такие, которые обусловлены стационарными случайными процессами (рис. 27.1, а). К ним относятся случайные процессы изменения вибронапряжений в трубопроводах при установившихся режимах полета, изменение давления в напорной магистрали насосов при работе гидравлических усилителей в полете при турбулентной атмосфере и т. д. Известно, что именно такие нагрузки вызывают усталостные разрушения элементов гидросистем, подверженных влиянию вибронапряжений.

К второму типу (рис. 27.1, б) относят нагрузки, нестационарные в единичном полете и проявляющие однородность во времени при повторяющихся полетах. К этому классу относятся зависимости, характеризующие изменения температурных режимов гидрогазовых систем в полете, напряжений в силовых элементах фюзеляжа при работе системы наддува гермокабин и др. Изменение температуры рабочей жидкости в гидросистеме оказывает влияние на ход физико-химических процессов в элементах гидросистем, да и в самой жидкости.

К третьему типу относят нагрузки, представленные на рис. 27.1, в, е. Они характеризуются так же, как и предыдущие, нестационарностью в пределах одного полета, однако проявляют определенную устойчивость при повторных полетах. К этому типу относят процессы уборки и выпуска шасси и закрылков, изменение давления в напорной магистрали насосов при работе системы управления передними колесами и многие другие. На гидроагрегаты, трубопроводы и другие элементы гидрогазовых и других систем оказывают определенное влияние многие внешние нагрузки, испытываемые ЛА в полете. Все это приходится учитывать при анализе возникающих неисправностей и отказов и выявлении их истинных причин. Возникающие неисправности и отказы можно классифицировать на группы.

К первой относят отказы, являющиеся следствием ошибок, допущенных в принципиальных схемах или конструкции устройств. К ним следует отнести: ошибки, связанные с несоблюдением конструкторской и технологической документации при изготовлении; применение некондиционных материалов и элементов; слабый контроль качества изделий в процессе производства. Подобные отказы относят к конструктивно-производственным. Они, как правило, проявляются в начальный период эксплуатации. Встречаются они и после выполнения капитальных ремонтов ЛА, что обуславливает проведение соответствующих мер по их устранению.

К второй группе относят отказы и неисправности, обусловленные нарушением условий работы (небрежной эксплуатацией, несоблюдением оговоренных в технической документации правил эксплуатации). Подобные отказы носят случайный характер и могут проявляться не только в начальный период эксплуатации. Их устранение возможно лишь при условии выявления причин, их вызывающих, анализа и изучения условий работы устройств в гидросистемах, учета всех эксплуа-

тационных факторов, оказывающих влияние на изменение технического состояния изделий, определения оптимальных режимов профилактического обслуживания. Таким образом, устранение отказов, отнесенных к второй группе, связано с проведением дополнительных исследований в эксплуатационных или лабораторных условиях, а также изучением реальных условий эксплуатации.

К третьей группе относят отказы и неисправности, которые обнаруживаются в устройствах, в основном удовлетворительно спроектированных и изготовленных, испытанных и эксплуатируемых с соблюдением требований конструкторской, технологической и эксплуатационной документации.

Детальный анализ подобных отказов и неисправностей показывает, что в этом случае имеют место конструкторские и технологические ошибки, но такие, выявление, предупреждение и устранение которых требует глубокого знания физико-химических процессов в материалах, элементах и схемах устройств, изучения зависимости этих процессов от воздействующих на них факторов, учета при проектировании всех возможных реальных условий и режимов эксплуатации, закономерностей изменения характеристик элементов при заданных условиях и режимах эксплуатации.

27.2. ТИПОВЫЕ ОТКАЗЫ ГИДРОГАЗОВЫХ СИСТЕМ

Опыт показывает, что в гидрогазовых системах разных типов свыше 90 % всех отказов составляют частичные отказы гидроагрегатов, которые не приводят к отказу всей системы, и лишь около 10 % — полные отказы, которые влияют на безопасность полетов. К ним относятся и полные отказы резервных каналов, поскольку в большинстве случаев они имеют идентичную физическую основу и различаются лишь по своим последствиям в зависимости от того, возникают ли они, например, в резервированном или нерезервированном гидроприводе.

Анализ эксплуатации современных гидрогазовых систем ЛА и систем жизнеобеспечения показывает, что до 60 % всех отказов относятся к параметрическим, а 40 % к функциональным. Внешние и внутренние утечки в системе считают параметрическими отказами, за исключением струйных, которые называют функциональными. К последним также относят повреждения механических элементов гидросистем и случаи динамически неустойчивой работы гидроприводов.

Большинство отказов гидроприводов (до 45 %) связано с выходом из строя уплотнений подвижных элементов и неподвижных соединений. Среди них имелись отказы и полуподвижных уплотнений, как, например, поршня тормоза, а также золотниковых элементов с весьма малым (менее 1 мм) смещением при работе. К отказам механических элементов гидросистем относят разрушения, потертости, коррозию трубопроводов и соединений, корпусов агрегатов и др. Так, разрушения трубопроводов наблюдаются чаще всего поперечные (рис. 27.2, б)

и по образующей (рис. 27.2, а). Первые, как правило, возникают вследствие поперечных колебаний и вибраций, вызванных механическим и параметрическим возбуждением; вторые обусловлены колебаниями давления рабочей жидкости и наиболее часто встречаются у криволинейных трубопроводов, имеющих овальность поперечного сечения в месте изгиба. Основным вид отказов гидромеханических золотниковых распределительных устройств — повышенное усилие страгивания. Таких отказов наблюдается до 60 %, в том числе и заклинивание золотников. До 20 % отказов золотниковых распределительных устройств связано с утечками по уплотнениям привода золотника. Значительная часть отказов гидравлических агрегатов, имеющих электроэлементы управления, связана с их повреждениями при исправном золотниковом устройстве. Таким образом, наименее надежными элементами гидрогазовых систем ЛА являются уплотнения, электрогидравлические и гидромеханические распределительные устройства и некоторые механические элементы, число отказов которых достигает 90 %.

Наличие в современных гидрогазовых системах ЛА большого числа гидравлических и электрогидравлических агрегатов с золотниковыми парами, имеющими весьма малые зазоры (5—10 мкм), обуславливает особые требования к чистоте рабочей жидкости. Попадание в зазор посторонних частиц приводит не только к увеличению сил трения, изменению времени срабатывания или даже заклинивания золотников, но и к нарушению поверхностного слоя, появлению царапин, износа и, как следствие, нарушению нормального потока жидкости, возрастанию внутренних утечек в системе. Причинами появления посторонних частиц в жидкости и ее засорения могут быть небрежное обслуживание и попадание частиц, например, при дозаправке баков, при проверке работоспособности систем от наземных стендов и т. д. Кроме того, много неприятностей приносят продукты износа трущихся соединений некоторых агрегатов, например насосов, гидропневматических аккумуляторов, гидроцилиндров и т. д. Особенно опасным является интенсивный износ деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов.

При работе в парах трения они оказываются нестойкими против износа и легко заклиниваются. Возникающие при этом продукты

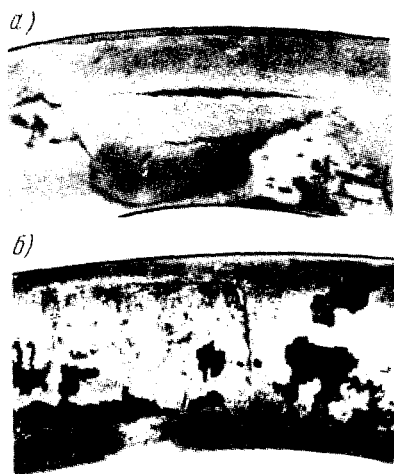


Рис. 27.2. Характерные разрушения трубопроводов:

а — при колебаниях внутреннего давления (типа а, см. рис. 27.1); б — при поперечных колебаниях (типа б, см. рис. 27.1)

износа содержат окись алюминия в виде твердых частиц, играют роль абразива и засоряют систему.

Частая причина ненормальной работы гидросистемы и даже ее отказа — попадание воздуха в систему. Он нарушает работу насосов, способствует возникновению кавитации, а в тормозной системе приводит к уменьшению эффективности тормозов, увеличению времени затормаживания и растормаживания. Это в свою очередь приводит к перегреву тормозов и их отказу. Чаще всего воздух попадает в систему при несоблюдении элементарных норм и правил обслуживания. Удаление воздуха из системы представляет собой трудоемкий и сложный процесс. Для стравливания воздушных пробок из отдельных участков системы ослабляют соединения трубопроводов, если для этого не предусмотрены специальные штуцера, и сливают часть жидкости, наблюдая наличие воздуха по пузырькам и пене. Для окончательного вытеснения воздушных пробок ЛА вывешивают на подъемниках и осуществляют выпуск и уборку шасси, включают другие потребители, с тем чтобы вся жидкость в системе прошла через бак.

27.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ СИСТЕМ ЖИЗНЕОБЕСПЕЧЕНИЯ

Системы жизнеобеспечения на современных пассажирских ЛА предназначены для обеспечения нормальных условий жизнедеятельности экипажа и создания максимального комфорта для пассажиров на всех этапах полета и обеспечивают: кондиционирование воздуха совместно с отоплением и вентиляцией герметической кабины; автоматическое регулирование давления воздуха в кабине; теплозвукоизоляцию; подачу кислорода членам экипажа и пассажирам в случае необходимости. Все это создает в целом нормальные физиологические и гигиенические условия для пассажиров и членов экипажа. В конструкции систем жизнеобеспечения эксплуатируемых и вновь проектируемых ЛА, как правило, используются изделия и материалы, хорошо зарекомендовавшие себя на эксплуатируемых самолетах типов Ил-62, Ил-76, Ил-86. Кроме того, при проектировании закладывается большая степень резервирования систем. Все это обеспечивает высокую надежность систем и допускает их эксплуатацию до безопасного отказа входящих в систему агрегатов. Кроме того, предусматривается возможность контроля экипажем работы системы в полете с помощью средств встроенного контроля.

Компоновка агрегатов в системе обеспечивает хороший доступ для их замены в случае отказа. Часть параметров регистрируется на МСРП, что позволяет оценить работу системы в полете и при техническом обслуживании. Так, в частности, на самолете Ил-86 выполняется запись на МСРП-256 следующих аналоговых параметров: расхода воздуха в каждой из четырех подсистем, которые отбирают воздух от компрессоров двигателей; утечки воздуха во всех четырех подсистемах; перепада между давлением воздуха в кабине и атмосфере и др. На

земле до запуска двигателей воздух в систему подается от вспомогательной силовой установки (ВСУ). Система жизнеобеспечения современных ЛА имеет один функциональный отказ, заключающийся в потере ее работоспособности. В этом случае для благополучного завершения полета экипажу необходимо снизить ЛА до безопасной высоты 3000 м. Такая ситуация классифицируется как опасная и требует решительных действий от экипажа по изменению режима и эшелона полета. Во всех других случаях, связанных с частичным отказом подсистем или их агрегатов, ситуация не превышает усложнений условий полета. Указанные обстоятельства и обуславливают соответствующую программу ТОиР.

Организуя ТО системы жизнеобеспечения, следует помнить, что важнейшей задачей остается сохранение герметичности фюзеляжа и кабин. Герметизация фюзеляжа обеспечивается тем, что болты и заклепки на герметичных участках фюзеляжа устанавливаются с натягом с последующим покрытием герметиками мест возможной утечки воздуха. Используются герметики трех типов: ВИТЭФ-1, ВЭР-1 и У-ЗОМЭС-5. Кроме того, в некоторых случаях применяют герметизирующую ленту У-20А. Герметизация дверей осуществляется резиновыми профилями. Герметичная обшивка фюзеляжа является основным элементом конструкции, воспринимающим избыточное давление и определяющим ресурс планера. Даже незначительное повреждение обшивки может привести к серьезным разрушениям конструкции. Поэтому следует уделять особое внимание ее осмотру и строго выполнять работы, предусмотренные регламентом.

Существенная роль отводится предполетной подготовке системы жизнеобеспечения, при этом важную роль играет внешний осмотр ЛА. При осмотре необходимо убедиться, что сняты заглушки с воздухозаборников и входных патрубков. В кабине производят осмотр приборов и рычагов управления для выявления их исправности, правильного положения, наличия соответствующей сигнализации. Кроме того, проверяют размещение, комплектность и исправность переносных и стационарных кислородных приборов и выполняют другие работы.

27.4. ПРОФИЛАКТИЧЕСКИЕ И РЕГУЛИРОВОЧНЫЕ РАБОТЫ

Большинство гидроагрегатов имеют золотниковые пары, характеризующиеся малыми зазорами между рабочими элементами (5—10 мкм), высокой точностью изготовления деталей и чистотой поверхности рабочих деталей, небольшими относительными возвратно-поступательными перемещениями деталей. Это предъявляет особые требования к чистоте применяемой жидкости.

Засорение рабочей жидкости посторонними частицами, обусловленное несовершенством средств заправки, попаданием пыли из воздуха, износом рабочих элементов или небрежным обслуживанием усложняет работу гидроагрегатов. Попадание в зазор посторонних частиц

приводит к увеличению сил трения, времени срабатывания и даже заклиниванию рабочих элементов. Анализ технического состояния агрегатов на ремонтных заводах свидетельствует об опасности интенсивного износа деталей, изготовленных из алюминиевых сплавов. Продукты износа, содержащие окись алюминия в виде твердых частиц, играют роль абразива и засоряют гидросистему, рабочие элементы. Все это вынуждает уделять особое внимание фильтрации жидкости и обслуживанию фильтров. Эти работы предусмотрены регламентом ТО и обязаны выполняться в соответствии с установленной периодичностью.

Высокие рабочие давления в системах обуславливают необходимость контроля герметичности соединений трубопроводов, агрегатов с трубопроводами и герметичность узлов уплотнений агрегатов. Эта работа выполняется при ТО и чаще всего осуществляется визуальным осмотром соединений трубопроводов и агрегатов в доступных местах, когда система находится под рабочим давлением.

Внешняя или внутренняя негерметичность в системах с насосами нерегулируемой производительности и автоматами разгрузки насосов приводит к более частому срабатыванию автомата разгрузки, повышенным пульсациям давления в системе и, как следствие, разрушению трубопроводов и соединений, корпусов фильтров и других агрегатов, а в системах с насосами автоматически регулируемой производительности — к повышению температуры рабочей жидкости, пульсации давления и также динамическим нагрузкам элементов гидросистемы. Таким образом, проверка герметичности системы является важной операцией при любой форме ТО.

К наиболее частым работам, выполняемым при ТО, следует отнести: проверку уровня рабочей жидкости в баке; проверку герметичности системы; контроль чистоты рабочей жидкости и промывки фильтров; проверку зарядки гидропневматических аккумуляторов азотом, их герметичности; осмотр трубопроводов, соединений, агрегатов на наличие внешних повреждений, потертостей, коррозии и других дефектов; проверку работоспособности различных потребителей гидросистем (шасси, закрылков и др.) под рабочим давлением от наземных источников питания; проверку работы аварийных систем, ручного гидронасоса, приборов и др. Все эти работы выполняются специалистами в соответствии с действующим регламентом и технологическими указаниями.

Среди других работ, наиболее часто выполняемых при ТО, следует назвать дозаправку гидробака, очистку от грязи элементов системы, находящихся на внешних узлах самолетов, например шасси, и другие работы.

В системе жизнеобеспечения предусматриваются профилактические и регулировочные работы, которые позволяют исключить появление в полете особых ситуаций, создающих опасность для пассажиров и экипажа. К ним прежде всего относятся интенсивная разгерметизация гермоотсека фюзеляжа, перенаддув гермоотсека, чрезмерный

обратный перепад давления воздуха, повышение предельной температуры свежего воздуха и др.

Перечень соответствующих работ содержится в регламенте конкретного типа ЛА, а порядок их выполнения — в технологических указаниях. В РЛЭ конкретного типа ЛА содержится перечень неисправностей, с которыми можно продолжать полет из промежуточного аэропорта до базового.

При ТО гидрогазовых систем ЛА должны соблюдаться правила техники безопасности. Наиболее трудоемкой операцией является вывешивание ЛА на подъемниках для проверки работы механизмов шасси. Эта работа проводится под руководством инженера или опытного техника-бригадира. При подготовке к выполнению этой работы впереди и сзади ЛА выставляют предупреждающие табло «Внимание! Производится уборка и выпуск шасси», рабочее место освобождается от посторонних предметов, оно должно иметь бетонированное покрытие и быть укомплектовано соответствующими техническими средствами; ЛА освобождается от груза на борту. Остаток топлива не должен превышать 25 % вместимости баков. Если вывешивание производится вне ангара, то скорость ветра не должна превышать 10 м/с. Должны быть также выполнены и другие требования, оговоренные в правилах и инструкции. Работы по подъему ЛА и проверке шасси должны выполняться в строгой технологической последовательности.

Специальных мер предосторожности требуют работы по зарядке систем ЛА сжатыми газами. Следует также помнить, что смеси некоторых газов и веществ, например кислорода и масел, являются взрывоопасными.

Соответствующие инструкции предусматривают правила работы со сжатыми газами.

Заправка гидросистем спецжидкостями должна производиться только на стоянках и с соблюдением действующих инструкций. На них должен быть паспорт и разрешение специальной лаборатории АТБ. Кроме того, для пользования некоторыми спецжидкостями гидросистем существуют свои инструкции, обязательные для исполнения. Во всех случаях при ТО гидрогазовых систем следует не забывать, что они работают при высоких (до 28,0 МПа) рабочих давлениях. Поэтому перед проведением каких-либо монтажных (демонтажных) работ с агрегатами системы следует обесточить ЛА, сравнять давление в гидросистемах и при сливе жидкости исключить возможность ее пролива, а химически активных жидкостей — попадание на части тела людей. Ответственность за качество работ и пожарную безопасность при заправке ЛА спецжидкостями и зарядке газами возлагается на должностные лица, организующие и выполняющие эти работы.

28.1. ОТКАЗЫ И НЕИСПРАВНОСТИ СУ

Опыт эксплуатации ЛА с газотурбинными двигателями показывает, что наиболее характерными отказами СУ являются отказы двигателей, отказы и неисправности топливной и масляной систем. Статистические данные по отказам авиационных двигателей свидетельствуют о том, что в основном они возникают по конструктивно-производственным причинам. Однако они появляются и по эксплуатационным причинам, таким, как попадание воды, грязи, птиц и других посторонних предметов при запуске и движении ЛА по рулежным дорожкам или ВПП, а также заправке некондиционными жидкостями.

Среди отказов ГТД различают параметрические или постепенные, обусловленные выходом какого-либо параметра за установленный допуск, и внезапные, обусловленные разрушением отдельных деталей и узлов двигателей.

Поскольку основным параметром двигателя является тяга или создаваемая мощность, об отказе двигателя экипаж узнает по уменьшению ускорения ЛА на взлете или стремлению к развороту и крену в сторону отказавшего двигателя.

Наиболее характерны отказы, обусловленные газодинамической неустойчивостью двигателя вследствие отказа или неисправности механизма управления компрессором, системы автоматического регулирования подачи топлива в двигатель, а также разрушения лопаток компрессора и заклинивания вала двигателя и др.

Падение тяги или невыход двигателя на заданный режим возможны также вследствие нарушения регулировки топливного насоса из-за усадки пружин или засорения каналов и жиклеров в агрегате, засорения топливных фильтров механическими примесями или их обмерзания при низких температурах из-за наличия воды в топливе.

Подача топлива может также нарушаться вследствие скопления воздуха в качающих узлах насосов или в застойных участках трубопроводов, нарушения герметичности линий командной автоматики топливного насоса-регулятора и т. д.

Заклинивание вала ротора двигателя может происходить вследствие характерных неисправностей системы смазки: недостаточного поступления масла к отдельным подшипникам; изменения зазоров между ротором и корпусом маслонасоса, которое приводит при неравномерном остывании к изменению режима работы; недостаточной фильтрации масла от механических примесей и неэффективного воздухоотделения, что нарушает циркуляцию масла, и т. д.

В эксплуатации известны случаи разрушения лопаток компрессора и турбин, вызванные пульсацией газозоудушного потока и нерав-

номерностью полей давления и температур, повреждением лопаток посторонними частицами и в отдельных случаях конструктивными недостатками, обусловленными низкой виброустойчивостью, дефектами материала лопаток и т. д.

При эксплуатации силовых установок возможно появление различных неисправностей и отказов в масляной системе. Так, эксплуатация двигателей запрещается, если: давление масла на входе в двигатель не соответствует ТУ; перед запуском двигателя температура масла на входе в двигатель ниже допустимой минимальной (по ТУ для масел МС-8П и МК-8П не ниже -25°C); горит сигнальное табло «Стружка в масле»; физико-химические свойства масла не соответствуют нормам МТУ; перетекание масла из маслобака в двигатель во время стоянки самолета более 1 л в сутки; имеют место опасные течи горюче-смазочных материалов и др.

Масляные системы современных ЛА оборудуются диагностической аппаратурой, позволяющей контролировать давление, температуру, наличие стружки в масле, осуществлять пожарную сигнализацию. К средствам раннего диагностирования можно отнести магнитные пробки для улавливания ферромагнитных частиц и периодический спектральный анализ проб масел на содержание железа и других металлов.

В настоящее время оценка эксплуатационной надежности авиационных двигателей производится в основном по трем среднестатистическим показателям: наработке, приходящейся на один отказ двигателей в полете, $T_{оп}$; наработке, приходящейся на один досрочный съем двигателя, $T_{дсд}$; наработке, приходящейся на одну неисправность, выявленную и устраненную при техническом обслуживании, $T_{оуз}$.

На эксплуатационных предприятиях выполняется оперативный учет этих показателей и сравнение фактических значений ($T_{оп.ф}$, $T_{дсд.ф}$, $T_{оуз.ф}$) с нормативными ($T_{оп.н}$, $T_{дсд.н}$, $T_{оуз.н}$).

Для оперативного решения применяются частные относительные показатели

$$\bar{T}_{оп} = T_{оп.ф} / T_{оп.н}; \quad \bar{T}_{дсд} = T_{дсд.ф} / T_{дсд.н}; \quad \bar{T}_{оуз} = T_{оуз.ф} / T_{оуз.н}.$$

28.2. КОНТРОЛЬ, ДИАГНОСТИРОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СУ

Основное условие успешности контроля технического состояния — контролепригодность СУ конкретных типов ЛА, а также организация работ по контролю на авиационном предприятии.

Отказы СУ можно объединить в четыре группы. К первой следует отнести отказы, приводящие к возникновению особых ситуаций в полете, которые обуславливают специальные действия экипажа по парированию возможных последствий.

Вторая группа отказов при их возникновении в полете не требует специальных действий от экипажа, поскольку не вызывает особой ситуации выше, чем усложнение условий полета. Оперативная выдача информации в этом случае не предусматривается. Однако с такой категорией отказов продолжение полета из промежуточного аэропорта не допускается и они должны устраняться при подготовке к очередному полету.

Третья группа отказов явного проявления не имеет и выявляется только в процессе диагностирования на базовом предприятии. Они подлежат устранению при ТО. Вылет с такими отказами не разрешается.

К четвертой группе отказов относятся такие, которые допускают выполнение полетов, поскольку создают вероятность особой ситуации существенно менее нормируемой. Они подлежат устранению при очередной форме ТО.

Контроль технического состояния СУ осуществляется бортовыми, наземно-бортовыми и наземными устройствами.

Бортовыми средствами контроля в настоящее время оснащаются все ЛА. Эти средства постоянно совершенствуются. Так, в силовой установке самолета Ил-86 контролируются системы: масляная, автоматического регулирования топливной системой, запуска, измерения и регистрации параметров, газозооушнй тракт двигателей. Кроме того, оцениваются вибросостояние двигателя, состояние узлов крепления, эквивалент и циклическая наработка, которая характеризует выработку ресурса, тяга на взлетном режиме. Контроль технического состояния двигателей производится на режимах запуска, земного малого газа, взлета, набора высоты, крейсерском режиме, при реверсировании тяги, при перекладке РНА, при выдаче сигнала «номинал» от телеметрической системы управления двигателем.

В настоящее время в большинстве случаев обработка всех измеренных в полете параметров осуществляется в наземных условиях вручную или автоматически. Для полноты оценки технического состояния двигателей информация дополняется сведениями, поступающими из лабораторий АТБ, которые используют все доступные им наземные средства. Обработка и анализ измеренных параметров позволяют оценить техническое состояние СУ и, в частности, двигателей и наметить необходимые работы по подготовке их к очередному полету. Для обработки полученной информации, как правило, используются ЭВМ, хотя имеются отдельные этапы ручной обработки. Последняя включает: анализ и отбраковку резко выпадающих случайных значений параметров, которые обусловлены явным сбоем в записи информации; вычисление средних значений по выборкам; определение начала неслучайного изменения параметров, свидетельствующего о начале развития неисправности.

После контроля переходят к диагностированию технического состояния СУ и прогнозу изменения параметров. Контроль, диагностирование и прогноз тесно связаны между собой. Один из методов

прогнозирования технического состояния двигателей, разработанный специалистами РКИИГА, основывается на экстраполяции на предстоящий период эксплуатации текущего характера изменения параметров за последние 20 полетов. Экстраполяция осуществляется с помощью специальных полиномов первого и второго порядка. Опыт показывает, что в большинстве случаев ввиду незначительного изменения параметров для прогноза достаточно использовать полиномы первого порядка.

Информация о выполненном полете сохраняется до начала следующей обработки полетной информации по данному двигателю. Карты оценки технического состояния двигателей, находящихся в эксплуатации, сохраняются в лаборатории диагностирования не менее чем за 20 последних полетов.

Подобная методика используется, в частности, для диагностирования состояния двигателей по изменению температуры газов за турбиной. Диагностирование по изменению температуры газов за турбиной осуществляется по эталонной модели $t_{т. пр} = f(n_{ндпр}^3)$ и базовым моделям вида $T_{т. пр}^6 = f(S^6)$. Для построения модели используются формулярные данные, а базовая модель строится по данным наземных опробований СУ при периодических формах ТО.

Высокую ценность имеет также метод диагностирования двигателя по изменению расхода топлива. Однако здесь следует учитывать возможность ошибочных оценок из-за неисправностей датчиков топливомера и датчика-плотномера.

Диагностирование по накоплению продуктов изнашивания в масле основано на оценке общего числа и интенсивности поступления в масло продуктов износа трущихся двигательных поверхностей. Для контроля технического состояния и диагностирования двигателя на основе анализа продуктов изнашивания деталей, омываемых маслом, используются различные методы: контроль фильтров на наличие стружки в масле, контроль при помощи магнитных пробок и др. Перспективным и эффективным методом, нашедшим широкое распространение на практике, является метод спектрального анализа масла. Этот метод характеризуется высокой чувствительностью и точностью. С его помощью можно выявить до 95 % зарождающихся неисправностей деталей, омываемых маслом, за 40...50 ч до возникновения отказного состояния. Квантомер МФС-5, применяемый при диагностировании двигателей этим методом, способен определить содержание в масле следующих элементов: железа, меди, серебра, алюминия, свинца, кремния, магния, хрома, никеля, олова. Метод основан на сжигании небольшой порции масла в электрической дуге, а сам анализ заключается в установлении концентрации продуктов изнашивания в масле. Эту величину сравнивают с допустимой, а самое главное — определяют интенсивность ее повышения от полета к полету, которая и характеризует процесс изнашивания, т. е. развитие неисправности.

По характеру содержащихся в масле примесей определяют предполагаемое место развития неисправности и возможного отказа. Наряду с установкой МФС-5 используется более компактная установка «Барс-3», представляющая собой рентгеновский бездифракционный анализатор. Эта установка позволяет выполнять экспресс-анализ до 16 разновидностей элементов. На авиапредприятиях используются главным образом железо, медь, хром, никель. Принцип действия установки «Барс-3» основан на возбуждении и регистрации характеристического излучения химических элементов, входящих в состав анализируемого вещества. Интенсивность рентгеновского излучения образца находится в определенной зависимости от концентрации этих элементов в исследуемом образце. В том случае, когда двигатель находится на особом контроле по повышенной концентрации какого-либо металла в масле, ЛА выпускается в полет лишь на короткие рейсы с отбором проб масла после каждого полета.

Диагностирование по вибрационным параметрам или виброакустическое диагностирование базируется на использовании информации, содержащейся в колебательных процессах, сопровождающих функционирование ГТД, и относится к динамическим методам диагностирования. Основные направления виброакустического диагностирования связаны с измерением: акустического шума, излучаемого двигателем; пульсации скорости и давления потока в проточной части ГТД; вибрации корпуса двигателя; колебаний рабочих лопаток и других ответственных элементов ротора турбины; акустической эмиссии деталей ГТД. Съем гидроакустической информации осуществляется с помощью измерительных преобразователей — измерительных микрофонов и вибропреобразователей (ВП). В качестве основных типов микрофонов применяются конденсаторные, а вибропреобразователей — индукционные и пьезоэлектрические. Пьезоэлектрические ВП имеют существенно более широкий частотный диапазон (от долей герц до 20... 50 кГц), малые габаритные размеры, массу и большую надежность. Перспективные методы вибродиагностики связаны с анализом структуры вибросигналов и обычно называются методами спектрального анализа вибрации. Основные виды спектрального анализа (полосовой, частотный, синхронный и специальные виды) основаны на изучении тонкой структуры спектра. Этим методом контролируется уровень роторной вибрации и, следовательно, состояние роторов. В турбовентиляторных двигателях возможно измерение в двух частотных диапазонах, так как диапазон изменения частот вращения ротора вентилятора и роторов среднего и высокого давления не перекрывается (в Д-36 — 30...100 Гц и 115...270 Гц).

Примерами устройств, реализующих спектральный анализ вибрации, являются малогабаритные приборы УМ-3Х (Швейцария) и ВВМ-337 (СССР). Приборы обеспечивают: измерение уровня вибрации в полосе роторных частот (т. е. так же, как и бортовая виброизмерительная аппаратура); частотный анализ в заданном интервале частот; синхронный анализ в рабочем диапазоне режимов (при этом в качестве

опорной частоты используется сигнал от штатного или специального датчика частоты вращения, установленного на двигателе); регистрацию результатов анализа с помощью встроенного самописца.

Для контроля рабочих лопаток ГТД могут быть применены методы, основанные на бесконтактном съеме информации. К ним относятся дискретно-фазовый и стробоголографический методы. Первый позволяет определить параметры колебаний лопатки с помощью одного (или нескольких) импульсных датчиков, установленных на корпусе ГТД. Он может быть использован для подбора лопаток на рабочем колесе и контроля автоколебаний. Второй использует различные лазерные устройства. Получаемые интерферограммы позволяют, например, выявить трещины лопаток и другие дефекты.

Таким образом, системы автоматизированного контроля значительно повышают оперативность проверки работоспособности систем ЛА и двигателей и безопасность полетов при появлении отказов АТ. На современных ЛА регистрируется более 100 параметров работы двигателя.

28.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В отличие от ГТД в рабочих элементах поршневых двигателей имеет место трение качения и скольжения. Трение скольжения сопровождается значительным тепловыделением. Это обуславливает необходимость надежной работы систем смазки и охлаждения.

Поршневые авиадвигатели имеют также довольно сложные системы газораспределения и зажигания, состоящие из многих весьма нагруженных деталей, подверженных в эксплуатации различным отказам и неисправностям. Это обуславливает необходимость проведения соответствующих регулировочных и профилактических работ.

Обычно после каждой посадки двигатель подвергают внешнему осмотру с целью выявления подтекания масла, бензина из соединений агрегатов и сочленений деталей, а также проверяется крепление основных деталей и агрегатов. Осмотру подвергают: картер и маслоотстойник двигателя, трубки слива масла из носка и задней части картера, клапанные коробки цилиндров, кожуха тяг толкателей, соединения направляющих толкателей механизма газораспределения с картером, а также фланцы крепления цилиндров. В задней части двигателя возможно подтекание масла по фланцам крепления агрегатов, а также из резиноканевых соединений трубопроводов и из сот обечайки маслорадиатора.

Для выявления подтекания бензина осматривают карбюратор или агрегат непосредственного впрыска, сочленение их деталей и соединения бензиновых трубопроводов с указанными агрегатами. Осматривают также трубопроводы бензосистем на участке от карбюратора или агрегата непосредственного впрыска до противопожарной перегородки, другие трубопроводы системы запуска и т. д.

Бывает, что внешним осмотром невозможно определить место вытекания масла, бензина или жидкости гидросистемы вследствие загрязнения двигателя маслом. В таких случаях поверхность двигателя следует очистить от загрязнения, затем запустить двигатель и только после этого можно обнаружить место предполагаемой неисправности. Место подтекания бензина обнаруживается по красным или синим пятнам, если применяется этилированный бензин, или белым пятнам, если применяется неэтилированный бензин.

Характерными работами при техническом обслуживании поршневых авиадвигателей являются обслуживание масляных и бензиновых фильтров, проверка уровня масла в баке, проверка зазоров в системе газораспределения и зажигания, проверка компрессии в цилиндрах и другие работы, предусмотренные регламентом технического обслуживания конкретного типа двигателя.

Обслуживание системы воздушного охлаждения является одним из важных условий нормальной эксплуатации двигателя воздушного охлаждения, особенно в жаркое летнее время. При обслуживании прежде всего очищают охлаждающие ребра цилиндров от грязи, пыли, масла. Затем проверяют их состояние: нет ли трещин, вздутия или шелушения краски, цветов побелости на металле головок цилиндров и других неисправностей. Во всех случаях техническое обслуживание поршневых двигателей является более трудоемким, чем газотурбинных двигателей. Сложной и трудоемкой, например, является проверка и регулировка зазоров клапанов механизма газораспределения. Эта работа необходима для контроля правильности регулировки фаз газораспределения, т. е. периодов открытия и закрытия клапанов цилиндра по углу поворота коленчатого вала.

Проверка зазоров между роликом и штоками клапанов должна выполняться лишь на холодном двигателе при полностью закрытом положении клапана, когда поршень находится в верхней мертвой точке в такте сжатия. Эта работа требует целого ряда подготовительных работ и специального инструктажа. Важной работой является обслуживание системы зажигания, которая на поршневых двигателях значительно сложнее, чем на реактивных. Обслуживание сводится не только к внешнему осмотру элементов системы зажигания, но и проверке снятых свечей на специальном стенде.

Периодически выполняется проверка зазоров в прерывателе магнето и их регулировка. Довольно трудоемкая операция — проверка исправности проводов зажигания. Ее обычно называют «прозваниванием». Эту работу важно проводить в зимний период, когда провода зажигания могут быть повреждены при подогреве двигателей перед запуском. Неисправности системы зажигания вызывают тряску двигателя, его неустойчивую работу, уменьшают мощность.

Система питания двигателя бензином, карбюратор или насос непосредственного впрыска также требуют профилактических работ по регулировке и устранению неисправностей путем текущего ремонта. Регулировочные работы при замене двигателя или карбюратора до-

вольно трудоемки и требуют последующего запуска двигателя и высокой квалификации технического состава.

Обслуживание воздушных винтов прежде всего требует внешнего осмотра лопастей. Особенно важно внимательно осмотреть передние и задние кромки лопастей и убедиться, что нет вмятин, трещин, других дефектов. Далее выполняются проверка крепления лопастей, отсутствия люфта, биения и другие работы, предусмотренные регламентом. Чтобы убедиться в отсутствии тряски, работу воздушного винта проверяют при запуске на всех режимах.

Конкретные типы поршневых двигателей могут подвергаться дополнительным профилактическим работам, которые указываются в регламенте ТО.

28.4. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ МОДУЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Модульные двигатели (рис. 28.1) обладают определенными преимуществами при техническом обслуживании. Они обладают высокой контролепригодностью, доступностью, взаимозаменяемостью. При техническом обслуживании и ремонте не требуется съем и разборка всего двигателя, а только того модуля, где обнаружена неисправность. Легкость и быстрота съема модулей обеспечивается надежным, легкодоступным стационарным креплением агрегатов модулей, применением легкоразъемных трубопроводов, болтов соединений корпусов модулей, хомутов, минимальными требованиями по балансировке и применением встроенных в модули подшипников.

Диагностирование двигателей, поиск неисправностей и оценка технического состояния облегчаются применением лючков для введения эндоскопов, с помощью которых определяется состояние внутрен-

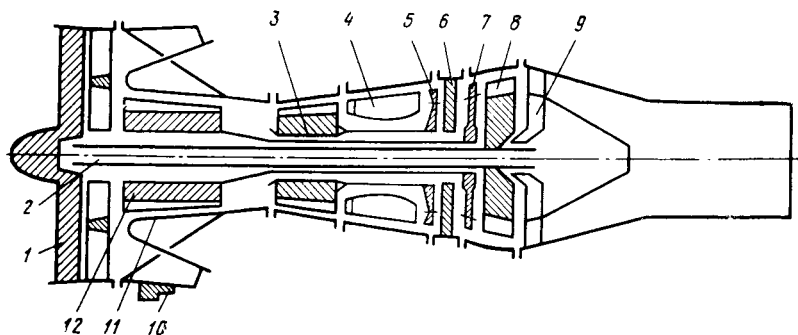


Рис. 28.1. Схема модулей двигателя Д-36:

1 — компрессор высокого давления; 2 — ротор турбины высокого давления; 3 — вал вентилятора; 4 — камера сгорания; 5 — спрямляющий аппарат вентилятора; 6 — компрессор низкого давления; 7 — колесо вентилятора; 8 — турбина вентилятора; 9 — узел задней опоры; 10 — коробка приводов; 11 — корпус опоры турбины; 12 — ротор турбины низкого давления

них деталей двигателя, а также рациональным размещением датчиков температуры и давления вдоль газового тракта двигателя.

Конструкция двигателя позволяет рассматривать его не как единый агрегат, а как сумму модулей, каждый из которых имеет свой номер и индивидуальную регистрацию наработки. По результатам доводочных и прочностных испытаний, проводимых в ОКБ или на серийном заводе, определяется для каждого модуля своя номенклатура деталей с назначенным ресурсом, если отказ непосредственно влияет на безопасность полета и исключена возможность непрерывного или периодического контроля параметров. В этом случае модули эксплуатируются до выработки ресурса или появления неисправностей.

Поиск и определение характера неисправностей остается важной задачей для эксплуатации. Так, для модулей газового тракта характерны две категории неисправностей: неисправности, приводящие к ухудшению характеристик двигателя, и дефекты, вызывающие уменьшение прочности конструкции. Возможны и такие неисправности, которые могут вызывать ухудшение характеристик и снижение прочности. Диагностирование и прогнозирование технического состояния двигателей осуществляется всеми доступными методами, описанными ранее, а также с помощью средств непрерывного контроля на борту ЛА и другими методами неразрушающего контроля. Причем для определения неисправностей, вызывающих ухудшение характеристик двигателя, обычно применяются прямые методы (бортовые и наземные), а для выявления прочностных неисправностей — методы косвенных измерений. В последнем случае используемые методы должны обеспечивать возможность локализации неисправностей модулей. Это и составляет основную особенность и принципы модульного технического обслуживания и ремонта.

Эксплуатационники должны учитывать, что характеристики отдельных модулей газозоудшного тракта двигателей определяются значениями некоторых основных параметров. Например, ухудшение характеристик вентилятора или компрессора проявляется в изменении производительности или изменении адиабатического КПД процесса сжигания. Неисправности модуля турбины проявляются в изменении эффективности проходного сечения соплового аппарата или адиабатического КПД процесса расширения. Параметры эти независимы, и их невозможно измерить непосредственно. Однако в результате измерений соответствующих температур, давлений, расхода топлива и частоты вращения роторов по всему тракту двигателя и расчета газового тракта с использованием ЭВМ вышеуказанные параметры могут быть определены в явном виде. Это свидетельствует о том, что применение модульных и других перспективных двигателей предусматривает использование автоматизированных средств контроля с использованием бортовых и наземных ЭВМ.

Модульный метод технического обслуживания и ремонта имеет свои преимущества лишь в случае различной интенсивности отказов модулей. Если они обладают одинаковой интенсивностью отказов,

то преимущество модульного метода теряется. Опыт эксплуатации отечественных и зарубежных двигателей показывает, что по интенсивности отказов модули существенно отличаются друг от друга. Максимальный коэффициент использования двигателей можно получить лишь при обеспечении правильного соотношения модулей, определяемого по интенсивности отказов, внедрении средств автоматизированного контроля и оснащении АТБ базовых аэропортов соответствующим оборудованием, стендами и квалифицированными специалистами по диагностированию и прогнозированию надежности двигателей.

28.5. ЗАМЕНА И КОНСЕРВАЦИЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

Одна из наиболее трудоемких работ, которые приходится выполнять при эксплуатации ЛА, — замена двигателей. Ее выполняют после отработки межремонтного ресурса ЛА или выявления на двигателях таких неисправностей, которые невозможно устранить при техническом обслуживании. При снятых двигателях открывается легкий доступ к некоторым узлам и элементам конструкции ЛА, к которым обычно он ограничен. Ввиду этого, кроме работ по замене двигателя, выполняют, как правило, очередное ТО планера, доработки по бюллетеням и осмотр труднодоступных элементов планера. После того как другой двигатель будет установлен на ЛА, необходимо выполнить работы по его обслуживанию в соответствии с регламентом. Последующие формы ТО двигателя выполняются по той же форме, что и для планера, независимо от наработки установленного двигателя. Замена двигателя и все сопутствующие работы возлагаются на специалистов, допущенных к выполнению таких работ приказом начальника АТБ. Существенную роль играют подготовительные работы при замене двигателя. Их выполняет бригада допущенных специалистов, которые оборудуют рабочие места, оснащенные такелажными и мощными устройствами, стендами для наружной расконсервации двигателя, приспособлениями для монтажа, необходимым инструментом. Все работы, связанные с демонтажем установленного на ЛА двигателя и монтажом другого, выполняются под руководством и контролем бригадира, который перед началом работ проводит среди исполнителей инструктаж по технике безопасности, назначает ответственных за выполнение конкретных работ, разъясняет особенности технологии демонтажа систем и узлов силовой установки. Если при снятом двигателе имеется необходимость провести одновременно и доработки конструкции, то такую работу в соответствии с бюллетенем выполняют бригада завода-изготовителя или специалисты АТБ, допущенные к выполнению таких видов работ.

Установленный двигатель следует расконсервировать, затем опробовать и выполнить комплекс регулировочных работ в соответствии с технологическими картами или специальными инструкциями. В ряде

случаев эксплуатационная документация предусматривает выполнение контрольного полета ЛА. Замена двигателя считается завершенной, если выполнены и оформлены следующие работы: ОТК принял работы по монтажу и регулировке; двигатель опробован на всех предусмотренных инструкцией режимах.

После опробования двигателя выполнено ТО, оформлена и подписана производственно-техническая документация, выполнены необходимые записи в формуляре ЛА, двигателя и в паспорте комплектующих изделий.

Снятые с ЛА двигатели подлежат наружной и внутренней консервации. При наружной консервации очищают поверхность двигателя и агрегатов от пыли, грязи и масляных пятен. Все полости, трубопроводы, отверстия двигателя, имеющие непосредственную связь с атмосферой, закрывают предохранительными заглушками. На места, не защищенные от коррозии, наносят консервирующую смазку. В ПДО на законсервированные двигатели оформляют соответствующую документацию.

Внутреннюю консервацию выполняют на стенде или самом ЛА. Перед консервацией заменяют масло и промывают масляные и топливные фильтры. Внутренняя консервация заключается в заполнении чистым маслом топливной системы двигателя. Для консервации двигателей обычно создают специальную установку с баком вместимостью 30...50 л, обеспечивающую принудительную подачу масла в магистраль топливной системы двигателя под давлением 0,1...0,2 МПа, а также возможность перевода питания двигателя с топлива на масло. Для консервации установку подключают к специальным штуцерам топливной системы двигателя.

Внутренняя консервация может выполняться «горячим» способом. Для этого двигатель запускают и выдерживают на режиме малого газа 1...2 мин, а затем в систему питания подают масло. После выработки 15...20 л масла двигатель останавливают. В связи с тем что при внутренней консервации необходимо заполнить маслом топливную систему, эту операцию можно выполнять и в процессе холодной прокрутки двигателя, предварительно обеспечив возможность подачи масла в оба контура рабочих форсунок. Для этого можно специальным переходником соединить оба топливных коллектора или подрегулировать клапан включения второго контура форсунок.

Расконсервация двигателя выполняется путем «ложного» запуска двигателя, при котором проводится прокрутка ротора с подачей топлива в топливную систему двигателя при выключенной системе зажигания.

После замены двигателя выполняют регулировку системы управления двигателем, проверяют работу двигателя. Тщательно дефектируют все разъемные соединения, осматривают и промывают масляные и топливные фильтры.

ЗАПУСК И ОПРОБОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

29.1. ЭТАПЫ И КОНТРОЛЬ ЗАПУСКА ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Под запуском двигателя понимается процесс приведения его в действие из нерабочего состояния в состояние устойчивой работы на режиме малого газа. Процесс запуска включает: прокрутку ротора двигателя; подачу топлива через пусковые форсунки в камеру сгорания и воспламенение горючей смеси; подачу рабочего топлива к основным форсункам; вывод двигателя на режим малого газа.

Прокрутка ротора газотурбинного двигателя в процессе запуска осуществляется стартером и турбиной двигателя. При этом стартер и турбина участвуют в прокрутке не весь период запуска, а лишь на определенных этапах. В связи с этим весь процесс запуска двигателя условно может быть разделен на три этапа (рис. 29.1).

На этапе I от начала запуска до частоты вращения ротора двигателя n_1 (начала вступления в активную работу турбины) двигатель прокручивается только стартером. Момент ускорения ротора двигателя на этом этапе

$$M_{\text{ускл}} = M_{\text{ст}} - M_{\text{сопр}} = J \frac{d\omega}{dt} = 2\pi J \frac{dn}{dt},$$

где $M_{\text{ст}}$ — момент, развиваемый стартером, $M_{\text{сопр}}$ — момент, потребный для вращения компрессора, привода агрегатов и преодоления трения; J — массовый полярный момент инерции ротора двигателя (а для турбовинтовых двигателей и момент инерции винта, приведенный к валу ротора); ω — угловая частота вращения ротора двигателя; n — частота вращения.

На этапе II, от частоты вращения n_1 до n_2 (момент отключения стартера), происходит совместная прокрутка ротора двигателя стартером и турбиной;

$$M_{\text{ускл}} = M_{\text{ст}} + M_{\text{т}} - M_{\text{сопр}},$$

где $M_{\text{т}}$ — момент, развиваемый турбиной двигателя.

При частоте вращения ротора n_p $M_{\text{т}} = M_{\text{сопр}}$ и $M_{\text{ускл}} = M_{\text{ст}}$, а при частоте вращения ротора n_k $M_{\text{ст}} = M_{\text{сопр}}$. Последнее равенство соответствует режиму холодной прокрутки ротора двигателя.

На этапе III запуска газотурбинного двигателя, от частоты вращения n_2 до частоты вращения

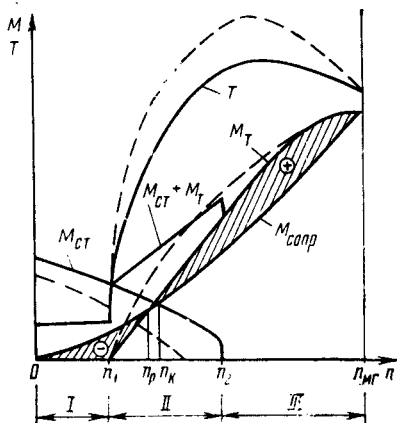


Рис. 29.1. Этапы запуска газотурбинного двигателя

малого газа $n_{\text{мг}}$, стартер отключен и ротор двигателя прокручивается только турбиной;

$$M_{\text{ускIII}} = M_{\text{т}} - M_{\text{сопр.}}$$

При частоте вращения $n_{\text{мг}}$ $M_{\text{т}} = M_{\text{сопр}}$ и $M_{\text{ускIII}} = 0$.

Значения частот вращения n_1 , $n_{\text{р}}$, $n_{\text{к}}$, n_2 и $n_{\text{мг}}$ зависят от характеристик компрессора, турбины и стартера, работы камеры сгорания, конструктивных и эксплуатационных факторов двигателя. На первом этапе контроль запуска состоит в наблюдении за параметрами работы стартера, частотой вращения ротора двигателя и временем начала работы турбины двигателя. При обнаружении неисправностей в системе запуска на этом этапе он прекращается.

На втором этапе осуществляется контроль за изменением температуры газа. Для сокращения продолжительности запуска двигатель должен работать в напряженном температурном режиме. При этом мощность турбины достигает своего максимального значения. Когда мощность стартера по тем или иным причинам окажется недостаточной для эффективной раскрутки ротора двигателя, процесс запуска замедляется, что сопровождается значительным ростом температуры газа. При этом мощность турбины возрастает, и двигатель мог бы выйти на режим малого газа, но только за счет повышенной нагрузки турбины и в условиях перегрева элементов горячей части двигателя. Однако при превышении температуры выше значений, установленных технической документацией, запуск двигателя рекомендуется немедленно прекратить. В конце второго этапа контролируется также момент отключения стартера.

На третьем этапе запуска температура газа снижается и при достижении $n = n_{\text{мг}}$ она стабилизируется, процесс запуска заканчивается.

29.2. СИСТЕМЫ ЗАПУСКА ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Несмотря на многообразие систем запуска газотурбинных двигателей, они все имеют стартер, обеспечивающий предварительную прокрутку ротора двигателя, источник энергии, необходимый для работы стартера, устройства, обеспечивающие подачу топлива и зажигание горючей смеси в камерах сгорания, агрегаты, обеспечивающие автоматизацию процесса запуска. Наименование систем запуска определяется типом стартера и источником питания.

К системам запуска предъявляются следующие основные требования, которые направлены на обеспечение:

надежного и устойчивого запуска двигателя на земле в диапазоне температур окружающего воздуха от -60 до $+60$ °С. Допускается предварительный подогрев ТРД при температуре ниже -40 °С, а ТВД — ниже -25 °С;

надежного запуска двигателя в полете во всем диапазоне скоростей и высот полета;

продолжительности запуска ГТД, не превышающей 120 с, а для поршневых 3...5 с;

автоматизации процесса запуска, т. е. автоматического включения и выключения всех устройств и агрегатов в процессе запуска двигателя;

автономности системы запуска, минимальных затрат энергии на один запуск;

возможности многократного запуска;

простоты конструкции, минимальных габаритных размеров и массы, удобства, надежности и безопасности в эксплуатации.

В настоящее время наибольшее применение находят системы запуска, в которых для предварительной прокрутки ротора двигателя используются электрические и воздушные стартеры. Соответственно и системы получили название — электрические и воздушные. Источники энергии стартеров могут быть бортовыми, аэродромными и комбинированными.

Автоматизация процесса запуска двигателей может осуществляться по временной программе независимо от внешних условий, по частоте вращения ротора двигателя и по комбинированной программе, где одни операции выполняются по времени, а другие по частоте вращения.

При выборе типа системы запуска для того или иного двигателя учитываются многие факторы, наиболее существенными из которых являются: мощность стартера, масса, габаритные размеры и надежность системы запуска.

Электрическими системами запуска двигателей называются такие системы, в которых в качестве стартеров используются электродвигатели. Для запуска ГТД применяются электростартеры прямого действия, у которых осуществляется непосредственная связь через механическую передачу с ротором двигателя. Электростартеры рассчитаны на кратковременную работу. В последнее время получили широкое применение стартер-генераторы, которые при запуске двигателя выполняют функцию стартеров, а после запуска — функцию генераторов.

Электрические системы запуска достаточно надежны в работе, просты в управлении, позволяют легко автоматизировать процесс запуска, а также просты и удобны в обслуживании. Они используются для запуска двигателей, имеющих сравнительно небольшие моменты инерции, или когда время вывода их на режим малого газа сравнительно велико. Для запуска двигателей с большими моментами инерции или при сокращенном времени выхода на режим малого газа требуется увеличение мощности стартеров. Для электрических систем характерно значительное увеличение их массы и габаритных размеров при увеличении мощности стартера, что вызывается как увеличением массы самих стартеров, так и источников питания. В этих условиях массовые характеристики электрических систем могут оказаться значительно хуже других систем запуска.

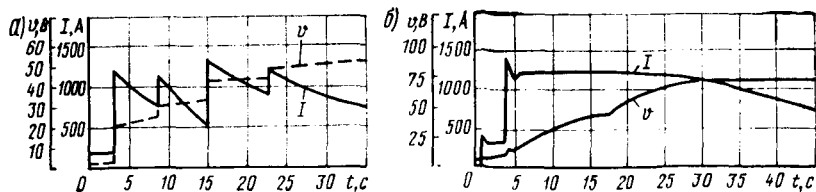


Рис. 29.2. Изменение напряжения и силы тока в процессе запуска двигателя:

а — ступенчатое; б — плавное

В качестве бортовых источников энергии используются аккумуляторные батареи и турбогенераторные установки. Аэродромными источниками электроэнергии при запуске двигателей являются передвижные электроагрегаты (АПА) или стационарные колонки.

В настоящее время применяются электростартеры постоянного тока. Угловая скорость вращения их в процессе запуска автоматически регулируется по заранее выбранному закону, обеспечивающему оптимальные условия работы стартера. Она может быть выражена следующей зависимостью:

$$\omega = \frac{U - J_{\text{я}} (R_{\text{я}} - R_{\text{доп}})}{C\Phi},$$

где ω — угловая скорость; U — напряжение на клеммах стартера; I — сила тока якоря; $R_{\text{я}}$ — сопротивление якоря; $R_{\text{доп}}$ — дополнительное (добавочное) сопротивление в цепи якоря; Φ — магнитный поток возбуждения; C — постоянный коэффициент.

Из нее видно, что регулировать угловую скорость вращения двигателей постоянного тока можно тремя способами: изменением напряжения на клеммах стартера; изменением потока возбуждения и введением дополнительного сопротивления в цепь якоря.

В процессе запуска по мере увеличения частоты вращения ротора двигателя снижается крутящий момент электростартера вследствие уменьшения силы тока якоря. Для повышения эффективности электростартера обычно производится повышение напряжения, которое может быть ступенчатым или плавным (рис. 29.2).

Запуск двигателя осуществляется следующим образом. Предварительно запускается турбогенераторная установка, приводящая в действие электрогенератор. Затем нажатием на кнопку включают в работу реле времени, после чего в соответствии с принятой программой выполняются те или иные операции. Первая из них — подача тока на стартер-генератор. В начале прокрутки ротора подается ток в систему зажигания — к пусковым катушкам и свечам. Через некоторый промежуток времени, необходимый для подготовки свечей, открывается клапан подачи пускового топлива. При этом в камерах сгорания создаются факелы пламени.

Начиная с некоторого времени, в процессе прокрутки ротора двигателя открывается клапан подачи рабочего топлива, после чего

турбина вступает в работу, и прокрутка ротора продолжается совместно стартером и турбиной. Затем в соответствии с программой запуска сначала отключаются системы зажигания и пускового топлива, а затем и электростартер. По окончании цикла работы (заданного времени) электродвигателя реле времени выключается. Выход двигателя на режим малого газа обеспечивается за счет турбины.

Воздушными системами запуска двигателей принято называть системы, в которых прокрутка ротора запускаемого двигателя производится энергией сжатого воздуха. В этих системах сжатый воздух либо подается непосредственно на лопатки турбины двигателя, либо используется для прокрутки специальный воздушный стартер, который приводит в действие ротор основного двигателя.

Первый способ подачи сжатого воздуха для запуска двигателей не нашел широкого применения, так как он отличается сравнительно небольшой эффективностью и большим расходом воздуха. Его можно рекомендовать лишь для аэродромных систем запуска, которые могут обеспечить большой расход сжатого воздуха.

В бортовых воздушных системах для запуска двигателей используются воздушные стартеры, имеющие высокооборотные турбины осевого или радиального типа, которые соединяются с роторами запускаемых двигателей через редукторы с передаточными отношениями 1/15... 1/30. На турбины подается подогретый сжатый воздух. Это снижает расход воздуха и предотвращает обледенение турбин, которое может происходить при резком понижении температуры воздуха за счет его расширения.

В качестве источников сжатого воздуха могут применяться специальные бортовые газотурбинные установки, аэродромные компрессорные установки, бортовые и аэродромные баллоны сжатого воздуха, а также компрессор одного из работающих двигателей на ЛА. Для современных ЛА с ГТД широкое распространение получили воздушные системы запуска с бортовыми газотурбинными установками (рис. 29.3). Они обеспечивают требование автономности систем запуска, достаточно просты и надежны в работе, имеют сравнительно хорошие массовые характеристики.

Вспомогательная силовая установка (ВСУ) 1 представляет собой малогабаритный ГТД с центробежным компрессором. Он предназначен для подачи к воздушным стартерам 7 сжатого воздуха, который отбирается от компрессора. Запуск его производится при помощи электростартера.

Основные двигатели 9 от автономной системы запускаются следующим образом. Сначала включается в работу газотурбинная установка и выводится на рабочий режим. При этом вся система от ВСУ до электромагнитных клапанов 6 будет находиться под давлением, определяемым перепускным клапаном 2. Затем нажатием на кнопку запуска открывается клапан электромагнитный 6 запускаемого двигателя. При этом сжатый воздух от компрессора газотурбинной установки будет подаваться на лопатки турбины воздушного стартера 7.

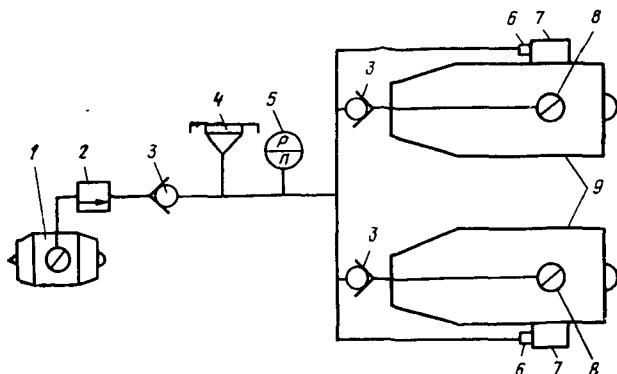


Рис. 29.3. Упрощенная схема воздушной системы запуска:

1 — вспомогательная силовая установка; 2 — перепускной клапан; 3 — обратный клапан; 4 — бортовой штуцер для запуска от аэродромных источников энергии; 5 — манометр; 6 — электромагнитный клапан; 7 — воздушный стартер; 8 — кран отбора воздуха от компрессора двигателя; 9 — двигатель

Турбина стартера, вступая в работу, производит прокрутку ротора запускаемого двигателя до необходимой частоты вращения.

Для экономии ресурса газотурбинной установки один из работающих двигателей может быть использован для запуска другого. Для этого предусмотрены заборные клапаны 8, через которые отбирается часть воздуха от компрессора и подается к воздушному стартеру запускаемого двигателя. Предусматривается также запуск двигателей от аэродромных источников сжатого воздуха через бортовой штуцер 4.

Процесс запуска автоматизирован и осуществляется по заданной программе (рис. 29.4). После нажатия на кнопку запуска 2 ток от бортовой электросети 1 поступает на программирующее устройство (пусковую панель) 3, которое, вступив в работу, подает ток на открытие электромагнитного клапана 10 и контрольную лампу 4. По-

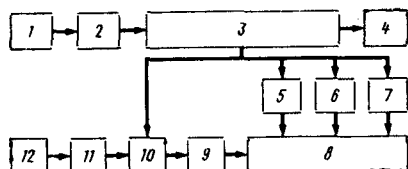


Рис. 29.4. Структурная схема системы запуска:

1 — бортовая электросеть; 2 — кнопка запуска; 3 — пусковая панель; 4 — контрольная лампа; 5 — система зажигания; 6 — клапан пускового топлива; 7 — клапан рабочего топлива; 8 — двигатель; 9 — воздушный стартер; 10 — электромагнитный клапан; 11 — манометр; 12 — вспомогательная силовая установка

следняя, загораясь, сигнализирует об исправной работе программирующего устройства. Открывшийся электромагнитный клапан обеспечивает подачу сжатого воздуха на воздушный стартер 9, который раскручивает ротор двигателя 8. Программирующее устройство в начале работы воздушного стартера включает систему зажигания 5 для подготовки свечей, а затем с некоторым интервалом времени открывает клапан пускового топлива 6. Это обеспечивает образование факела пламени в пусковых устройствах. При достижении определенной

частоты вращения ротора двигателя (интервала времени после нажатия на кнопку) включается клапан подачи рабочего топлива 7 в камеру сгорания. После этого турбина вступает в работу и начинается второй этап запуска. Затем в соответствии с программой сначала отключаются системы зажигания и пускового топлива, а затем и воздушный стартер. Третий этап запуска обеспечивается за счет работы турбины. По окончании цикла запуска программирующее устройство выключается и останавливается в исходном для следующего запуска положении.

Если после нажатия на кнопку контрольная лампа 4 не загорается и воздушный стартер не включается (что определяется по тахометру), то повреждение надо искать сначала в кнопке запуска 2, а затем в программирующем устройстве. Если при этом стартер включается и скорость вращения нарастает, то программирующее устройство исправно, а неисправной является лампочка. В том случае, когда лампочка загорается, а стартер не работает, неисправность следует искать сначала в электромагнитном клапане 10, а затем в воздушном стартере 9.

Если названные выше элементы системы запуска 1...4, 9 и 10 работают исправно и частота вращения ротора двигателя увеличивается до значения холостого хода, а двигатель не запускается, то неисправность следует последовательно искать в элементах 5, 6 и 7. Порядок поиска может быть изменен при наличии статистики о надежности работы элементов системы запуска и трудоемкости определения их работоспособности.

29.3. ЗАПУСК И ОПРОБОВАНИЕ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

В соответствии с требованиями регламента технического обслуживания данного типа ЛА перед каждым запуском двигателей выполняется определенный объем подготовительных работ, обеспечивающих надежный запуск и безопасность работы личного состава. Необходимо обращать внимание на наличие и надежность установки упорных колодок под колеса основных опор шасси и включение стояночных тормозов. Следует проверять наличие и исправность бортовых и аэродромных средств тушения пожара. На местах стоянок ЛА обеспечивается такой порядок, чтобы перед двигателями и в зоне действия газовой струи не находились люди, площадка под самолетом была чистой, аэродромное оборудование убрано. Для связи с работником, запускающим двигатели, и наблюдения за порядком у самолета назначается лицо технического состава.

Процесс опробования турбореактивного двигателя обычно представляется в виде зависимости, по координатным осям которой откладываются режим и время его работы (рис. 29.5). На нем участок 0—1 соответствует запуску двигателя. При этом нужно внимательно следить за ходом запуска и особенно за температурой газа, не допуская ее превышения выше установленного значения для данного типа дви-

гателей. В противном случае запуск должен быть прекращен, для чего рычаг управления переводится в положение «Стоп». Необходимо обращать также внимание на давление масла. Если оно отсутствует в процессе запуска, то двигатель также останавливается.

После запуска двигателя производится выдержка его в течение 2 мин (в зависимости от температуры окружающего воздуха) на режиме малого газа (участок 1—2) для обеспечения постепенного прогрева деталей двигателя. Не допускается переводить двигатель непосредственно после запуска на повышенные режимы работы и тем более на взлетный, так как при этом в элементах горячей части двигателя появляются высокие температурные напряжения, вызванные неравномерным их нагревом. В этих случаях на деталях могут появляться коробления и даже трещины. Поэтому очень важно перед опробованием двигателя на взлетном режиме обеспечить постепенный и равномерный его прогрев на пониженных режимах. С этой целью после предварительного прогрева на малом газе двигатель переводится на повышенный режим работы (участок 3—4), где производится окончательный его прогрев в течение 1 мин. При этом проверяется частота вращения ротора двигателя, при которой закрываются клапаны перепуска воздуха.

После прогрева двигатель выводится на номинальный режим (участок 5—6), а затем на взлетный (7—8). На этих режимах проверяются частота вращения, температура газа, давление масла и топлива, температура масла, отсутствие тряски и перебоев в работе двигателя. Если проверяемые параметры двигателя выходят за пределы, установленные инструкциями по эксплуатации, то ЛА в полет не допускается до выяснения причин и устранения неисправностей. Учитывая, что взлетный режим является напряженным, продолжительность работы двигателя на нем должна быть кратковременной (8... 10 с). Закончив проверку на этом режиме, рычаг управления двига-

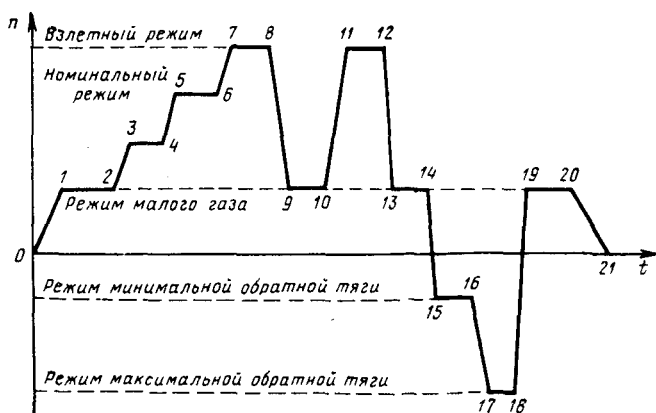


Рис. 29.5. Процесс опробования турбореактивного двигателя

телем плавно переводится в положение малого газа, фиксируя при этом частоту вращения, при которой открываются клапаны перепуска воздуха за компрессором. На режиме малого газа 9—10 проверяется частота вращения и устойчивость работы двигателя. Эта проверка делается лишь на прогретом двигателе. На участке 1—2 проверять частоту вращения малого газа $n_{\text{мг}}$ не рекомендуется, так как холодный двигатель работает недостаточно устойчиво. После этого проверяется приемистость двигателя, т. е. его работа на переходных режимах, для чего в течение 1...1,5 с рычаг управления двигателем перемещается из положения малого газа в положение взлетного режима (участок 10—11). Двигатель при этом должен выйти на взлетный режим за время, установленное инструкцией по технической эксплуатации, без помпажа и перебоев. Допускается кратковременный заброс температуры газа и частоты вращения с последующим восстановлением их до значений, соответствующих установившемуся взлетному режиму.

На участке 12—13 рычаг управления двигателем резко переводится (за 1...1,5 с) из положения взлетного режима до малого газа. Двигатель при этом не должен глохнуть или давать перебои в работе.

После небольшого охлаждения двигателя на режиме малого газа (13—14) производится его проверка на режиме отрицательной тяги. Для этого рычаг реверса переводится из положения «Малый газ» в положение минимальной отрицательной тяги (участок 15—16), а затем после некоторой выдержки за установленное инструкцией время нужно перевести рычаг до упора (участок 17—18). Через 8...10 с следует перевести рычаг из положения максимальной отрицательной тяги на режим малого газа. Включение и выключение реверсивного устройства обычно контролируется сигнальными лампами, а перевод с режима минимальной на режим максимальной отрицательной тяги определяется продолжительностью переходного процесса и значением частоты вращения двигателя на участке 17—18.

На этом проверка работы двигателя заканчивается. Перед остановом его необходимо охладить в течение 2 мин на режиме малого газа (участок 19—20).

Не рекомендуется выключать двигатель без предварительного охлаждения, так как при этом в элементах горячей части двигателя возникают большие внутренние напряжения, вызываемые резким охлаждением. При этом не исключаются коробления, трещины отдельных деталей, особенно при низких температурах окружающего воздуха. Охлажденный двигатель выключается прекращением подачи топлива (участок 20—21). На этапе останова двигателя необходимо проверить продолжительность свободного вращения ротора (выбега) и убедиться в отсутствии посторонних шумов. Во избежание попадания воздуха в топливную систему насосы подкачки выключаются, а пожарный кран закрывается после полного останова двигателя.

29.4. ЗАПУСК И ОПРОБОВАНИЕ ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Для запуска поршневого двигателя требуется три условия: прокрутка коленчатого вала, подача в цилиндры двигателя хорошо подготовленной топливовоздушной смеси и обеспечение надежного ее зажигания.

Прокрутка коленчатого вала необходима для создания условий, при которых в цилиндрах происходит воспламенение топливовоздушной смеси. Для запуска исправного двигателя обычно требуется сделать не более 2—3 оборотов коленчатого вала с частотой вращения, соответствующей 30...60 мин.⁻¹ При этом появляются отдельные вспышки, мощность которых достаточна для сообщения коленчатому валу необходимого ускорения и вывода его на режим, при котором вступают в работу основные системы питания топливом и зажигания. Начав самостоятельную работу, поршневой двигатель легко (в течение 1...2 с) выходит на режим малого газа, что объясняется большим избытком располагаемой мощности над потребной для преодоления момента сопротивления вращению.

Для прокрутки коленчатого вала обычно применяются различные типы электростартеров.

Пусковой крутящий момент для запуска поршневых двигателей значительно больше, чем у ТРД, но продолжительность прокрутки невелика.

Пусковой момент

$$M_{\text{пуск}} = M_{\text{тр}} + M_{\text{ин}} + M_{\text{сж}},$$

где $M_{\text{тр}}$ и $M_{\text{ин}}$ — моменты сил трения и инерции; $M_{\text{сж}}$ — момент, потребный для сжатия смеси.

Момент сил инерции зависит от массы кривошипно-шатунного механизма и остальных подвижных деталей двигателя. Значение его определяют обычными методами динамического расчета.

Момент сил трения учитывает трение поршней о стенки цилиндра, трение в подшипниках и всех трущихся парах, а также потери в насосах. Таким образом, значение этого момента в значительной мере определяется конструктивными параметрами данного двигателя (тип и число подшипников, число и размер цилиндров, величина зазоров и т. п.). На значение момента трения большое влияние оказывает вязкость масла, которая в свою очередь зависит от температуры и сорта масла.

На пусковой момент влияет и момент от сил трения. Он является наибольшим по величине, и оказываемое им действие распространяется на весь процесс запуска.

Момент, потребный для сжатия смеси, в основном определяется конструктивными параметрами двигателя (числом и объемом цилиндров, степенью сжатия, компрессией в цилиндрах). Максимального

значения момент сжатия достигает лишь при вращении коленчатого вала в пределах первых $100...180^\circ$. После этого наряду с процессами сжатия в некоторых цилиндрах происходят процессы расширения сжатой, но еще не подожженной смеси. Это уменьшает требуемую мощность стартера.

Перед запуском двигателя подготовка топливовоздушной смеси в цилиндрах производится путем подачи топлива через форсунки, которые обеспечивают его механический распыл.

Важную роль в подготовке топливовоздушной смеси в цилиндрах играет интенсивность испарения топлива. Последняя в значительной мере зависит от температуры в цилиндрах и сорта пускового топлива.

Качество подготовки смеси имеет важное значение для запуска двигателей. Она загорается и эффективно сгорает лишь при условиях, когда коэффициент избытка воздуха топливовоздушной смеси находится в пределах горючести и обеспечено высокое качество распыла. Чем лучше перемешаны частицы топлива с воздухом, тем скорее сгорает смесь и тем больше энергия одной вспышки.

Для улучшения процесса смесеобразования рекомендуется подогреть цилиндры при низких температурах окружающего воздуха, применять более легкие сорта пускового топлива. Испарение топлива также улучшается за счет вращения вала двигателя, так как при этом происходит механическое перемешивание смеси и подогрев ее по мере приближения поршня к верхней мертвой точке (за счет повышения давления).

При запуске топливовоздушная смесь поджигается преимущественно индукционными катушками, обеспечивающими напряжение $12\ 000...14\ 000\ В$ на электродах свечей. На загорание подготовленной в цилиндрах смеси оказывает влияние количество тепла, выделяемое в разрядном промежутке свечей, которое зависит от мощности и длительности действия искры. В холодном двигателе воспламенение смеси значительно затрудняется вследствие большого отвода тепла от электродов свечей.

Для лучшего воспламенения топливовоздушной смеси искрообразование начинается при приближении поршня к верхней мертвой точке, когда температура смеси наиболее высокая.

Переход двигателя на самостоятельную работу определяется вступлением в работу карбюратора (агрегата непосредственного впрыска) и магнето. Последнее начинает работать при достижении частоты вращения $100...150\ \text{мин}^{-1}$. Для этого достаточно, чтобы при запуске в $3...5$ цилиндрах по порядку их работы появились вспышки.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СЛОЖНЫХ ПРИРОДНО- КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

30.1. ХАРАКТЕРИСТИКА УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Большая протяженность внутренних и международных линий гражданской авиации СССР приводит к тому, что самолеты гражданской авиации летают в любое время суток, практически при любых погодных условиях. Они базируются на аэродромах с различными климатическими условиями, расположенными на высотах 3...4 тыс. м. Состояние атмосферы — температура, давление, влажность, запыленность, солнечная радиация, интенсивность горизонтальных и вертикальных воздушных потоков влияют на надежность работы АТ и на процессы ее ТО.

Температура воздуха значительно меняется на земле по времени года (в среднем от $+60$ до -60 °С) и по высоте полетов (рис. 30.1). Атмосферное давление у земной поверхности изменяется незначительно. Годовое колебание в умеренных и северных широтах составляет 97...104 Па. Распределение водяных паров по высоте и по поверхности земли зависит от температурных условий, интенсивности восходящих и нисходящих потоков воздуха, а также от происходящих в атмосфере процессов тепло- и массопереноса, конденсации, выпадения осадков.

Выполнение работ по ТО АТ на открытом воздухе при неблагоприятных метеорологических условиях крайне затруднено, что приводит к снижению производительности труда ИТС, снижает в ряде случаев качество выполняемых работ, что в свою очередь непосредственно

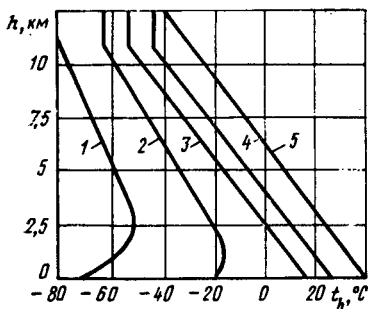


Рис. 30.1. Распределение температуры воздуха в атмосфере для различных климатических районов:

1 — зарегистрированный минимум; 2 — арктическая зима; 3 — СА; 4 — умеренное лето; 5 — тропическое лето

влияет на безопасность полетов. Поэтому периодическое ТО и контрольно-восстановительные работы на АТ предпочтительно проводить в ангарах, доках из легких металлических конструкций, надувных тепляках и т. п. Если на конкретной АТБ отсутствуют такие сооружения, то для обеспечения нормальных условий труда и высокого качества выполняемых работ следует шире распространять кооперированные методы ТО ЛА.

В практике работы гражданской авиации четко определены осенне-зимний и весенне-летний периоды ее работы. Подготовка самолетов к

осенне-зимней навигации должна заканчиваться до 30 октября, а к весенне-летней — до 30 апреля. Подготовка АТ заключается в проведении повышенного периодического регламента (не ниже Ф-1) с выполнением перечня дополнительных работ, отражающих особенности работы АТ в соответствующий период, и доработок по бюллетеням промышленности и указаниям МГА. Выполненные работы принимает специально создаваемая комиссия, которая делает соответствующие записи в формуляры ЛА и их двигателей.

АТБ считается подготовленной к навигации в том случае, когда 90 % приписного парка ЛА осмотрено и принято комиссией авиаподразделения, личный состав прошел подготовку и сдал зачеты по эксплуатации АТ, проведены профилактическое обслуживание и ремонт наземного оборудования, средств механизации, диагностирования, контрольно-поверочной аппаратуры.

30.2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА И ШАССИ

Влияние климатических условий на работоспособность АТ отражается на изменении свойств конструкционных и других материалов, ГСМ и спецжидкостей, а также функционировании отдельных агрегатов и узлов ЛА.

Элементы планера подвержены влиянию климатических факторов при высоких и низких температурах наружного воздуха. Осенью и зимой наблюдается интенсивное развитие коррозии на элементах конструкции. Это обусловлено тем, что влага, находящаяся в воздухе, и вода, попадающая на детали конструкции с земли, содержит соли, кислоты и щелочи. Попадая в узлы конструкций и на участки с поврежденным антикоррозионным покрытием, образовавшиеся за счет этого электролиты приводят к интенсивному развитию электрохимической коррозии. Особенно интенсивно этот процесс протекает во влажном тропическом климате, где часты морские туманы, а также в зонах пустынь и полупустынь, где ночью выпадают обильные росы. Процесс коррозии может развиваться настолько интенсивно, что даже в течение межрегламентного периода возникают коррозионные повреждения, существенно снижающие прочность силовых элементов.

Особое внимание следует обращать на образование коррозии под слоем теплоизоляции гермокабин (в нижней части фюзеляжа). Она развивается в этих зонах вследствие конденсации влаги, содержащейся в объеме гермокабины, на холодных панелях фюзеляжа. Влага, впитываясь в теплоизоляционный материал, оказывает на материал панелей постоянное коррозионное влияние. Поэтому при проведении регламентных работ теплоизоляция должна быть высушена, а элементы конструкции, соприкасающиеся с ней, тщательно подвергнуты дефектации. При базировании самолетов и вертолетов на аэродромах с естественным покрытием возникновению повреждений планера

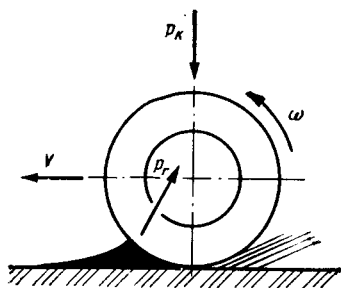


Рис. 30.2. Силы, действующие на колесо при глиссировании

способствуют песок и мелкая галька, попадающие на элементы конструкции при взлете, посадке и рулении.

После пыльных бурь необходимо очищать поверхности планера, заменять смазку в узлах и соединениях элементов управления и механизации крыла. В осенне-зимний период весьма часто наблюдается обледенение поверхностей ЛА при стоянке на земле. Оно может проявляться в форме ледяной корки или инея. Иней может быть удален волосяными щетками, а корка льда — опрыскиванием поверхности самолета подогретыми специальными жидкостями типа «Арктика-200» или их водными растворами в зависимости от температуры наружного воздуха. После обработки поверхности ЛА спецжидкостями ее обдувают теплым воздухом с помощью ветровых машин.

Повышенному абразивному износу на грунтовых аэродромах подвергаются лакокрасочные покрытия носовой части фюзеляжа, передней кромки крыла и остекление. Органические стекла подвергаются растрескиванию под воздействием солнечной радиации.

При высоких и низких температурах повышенному износу подвергаются резиновые уплотнения остекления дверей, люков и др. Летом за счет повышенных температур происходит так называемая «сшивка» молекул резины, в результате которой последняя теряет эластичность, растрескивается. В зимнее время эластичность резины снижается под воздействием отрицательных температур, а при открытии дверей и люков происходит отрыв уплотнения от элементов конструкции за счет попадания влаги и примерзания уплотнителя.

Агрегаты шасси, высоконагруженные в энергетическом отношении, подвержены наибольшему влиянию факторов внешней среды. Это проявляется в том, что в процессе разбега и пробега, помимо больших динамических нагрузок, действующих на амортизационную стойку, узлы крепления и пневматик, значительных тепловых нагрузок от тормозного устройства, на шасси воздействуют вода, слякоть, пыль, мелкие камни, имеющиеся даже на искусственных ВПП.

При движении самолета по ВПП, покрытой слоем воды или талого снега, перед его колесами создается волна с повышенным в ней давлением. Значение и направление гидродинамической силы p_r (рис. 30.2) зависят от скорости движения, толщины слоя воды или талого снега, типа пневматика и рисунка протектора. По мере увеличения скорости движения возникает гидродинамическая сила и при некотором значении скорости полностью уравнивает нагрузку колеса. Колесо при этом поднимается над полосой и начинает скользить по водяному слою. Момент от гидродинамической силы относительно оси притормаживает вращение колеса вплоть до его полной остановки — коле-

со глissирует. Критическая скорость глissирования зависит от давления в пневматике, формы пневматика и рисунка его протектора, от толщины слоя и плотности жидкой массы. Для гладкого пневматика

$$V_{\text{гл}} \cong 20 \sqrt{p_0},$$

где p_0 — давление в пневматике, МПа.

При глissировании нарушается путевая устойчивость самолета, он становится неуправляемым, торможение за счет тормозных устройств колес становится невозможным. Эффект глissирования зависит от состояния протектора — его износа и формы рисунка. Профильные канавки на протекторе играют роль дренажных отверстий, уменьшая $p_{\text{гл}}$. Очевидно, если рисунок протектора стерт, то дренирующие свойства колеса будут плохими и глissирование начнет проявляться на меньших скоростях. Поэтому в осенне-зимний период необходимо, чтобы на многоколесной тележке шасси не менее 50 % колес имели не изношенный рисунок протектора. Вода и талый снег с ВПП, фонтанируя из-под колес, набегаящим потоком отбрасываются в ниши шасси, где расположены шарнирные узлы, замки и концевые выключатели. После уборки шасси слякоть в этих местах замерзает, что может привести к невыпуску шасси. Для исключения таких случаев за колесами устанавливают отражатели, закрывают замки и концевые выключатели специальными чехлами и створками. В эксплуатации этим устройствам, состоянию шарнирных узлов, замков и концевых выключателей должно уделяться особое внимание. При температурах ниже -30°C рекомендуется прогревать ниши шасси в течение примерно 20 мин. При низких температурах наружного воздуха за счет повышения вязкости амортизационной жидкости происходит увеличение жесткости амортизаторов, что повышает нагрузки на узлы опор шасси и способствует их износу. Следует иметь в виду, что при низких температурах за счет повышенной вязкости смазок в шарнирах и рабочей жидкости гидросистемы время уборки и выпуска шасси увеличивается против установленного нормативными документами.

За счет потери эластичности резиновых и сальниковых уплотнений амортизаторов в зимнее время при температурах ниже -50°C учащаются течи амортизационной жидкости по штоку амортизатора. Эта неисправность устраняется подтяжкой уплотнений или их заменой с последующей проверкой на герметичность.

В зимнее время наиболее часто происходят отказы золотниковых распределительных устройств систем управления поворотом передней опоры шасси, что в большинстве случаев вызывается различными коэффициентами линейного расширения материала золотников и корпусов агрегатов.

В зимнее время отмечаются случаи проворачивания пневматиков шасси относительно барабанов колес, что предупреждается зарядкой их воздухом по верхнему пределу допуска. Следует также иметь в виду, что вследствие потери эластичности резины пневматика последний после стоянки при низких температурах может за счет стояноч-

ного обжатия терять круговую форму. Особенно это проявляется на пневматиках большого диаметра.

На вертолетах, двухкамерные амортизаторы которых служат для устранения явления земного резонанса, из-за повышения вязкости амортизационной жидкости нарушается их работоспособность. Для устранения этого амортизаторы рекомендуется прогревать теплым воздухом.

В жаркое время года, особенно в южных районах, и при тренировочных полетах значительно повышается теплонапряженность тормозных устройств шасси, что может привести к разрушению пневматиков. Для исключения этого необходимо следить за состоянием термодатчиков, а также обливать тормозные устройства водой после посадки.

Следует также внимательно относиться к очистке шарниров и замков шасси, так как в этот период много пыли и песка. Смазка в шарнирах, узлах и замках шасси в летнее время может вытекать, поэтому требуется ее своевременно пополнять.

Повышенному износу и старению под действием солнечной радиации подвержены в этих условиях пневматики. Давление воздуха в них в этом случае устанавливается по нижнему допуску. При этом необходимо иметь в виду, что повышение температуры на 15 °C повышает давление в пневматиках на 12...13 %. Пневматики следует предохранять от воздействия прямых солнечных лучей, для чего при длительных стоянках их зачехляют.

30.3. ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Работа гидросистемы в зимний и летний периоды имеет свои особенности. В зимний период они связаны главным образом с повышенной вязкостью рабочей жидкости и потерей эффективности резиновых уплотнений, а в летний — с пониженной вязкостью (повышенной текучестью) рабочей жидкости за счет ее перегрева в совокупности с потерей эластичности резиновых уплотнений под воздействием высоких температур и абразивным влиянием пыли и песка на штоках силовых цилиндров и гидроусилителей, винтовых парах гидромоторов и т. п. На пыльных аэродромах наблюдается повышенный износ агрегатов гидросистем вследствие попадания пыли при заправке гидросистемы и техническом обслуживании. Особое значение это имеет для вертолетов, техническое обслуживание которых производится на грунтовых аэродромах. Заправку и техническое обслуживание гидросистемы желательно проводить в безветренную погоду с использованием пылезащитных приспособлений (фильтров, заглушек и т. п.).

Воздушные системы (пневмосистемы) самолетов наиболее часто подвержены отказам при низких температурах. Отказы вызваны закупоркой трубопроводов скопившимся конденсатом (ледяными проб-

ками) в системах запуска, высотных системах, системах замера статического и динамического давлений, воздушных тормозных системах. Для устранения подобных неисправностей и предупреждения отказов систем предусматривают проводить заправку воздухом через фильтры-водоотделители, дополнительные работы по подогреву трубопроводов воздушных систем, продувку и слив конденсата из влагоотстойников и некоторых других точек системы.

Системы кондиционирования воздуха работают в условиях перепада температур от -60 до $+60$ °C на земле и в воздухе, поэтому регламентом их технического обслуживания предусмотрены работы, предотвращающие проявление отказов и неисправностей в этом диапазоне температур. Следует лишь иметь в виду, что при низких и высоких температурах увеличивается число запусков ВСУ для обогрева или охлаждения кабин. В осенне-зимний период необходимо немедленно после заруливания ЛА на стоянку устанавливать заглушки воздухо-воздушных радиаторов во избежание забивания их снегом и льдом, что может привести к разрушению сот.

Топливная система ЛА наиболее подвержена влиянию аэроклиматических факторов вследствие того, что авиационные топлива обладают свойством обратимой гигроскопичности, заключающимся в том, что при высоких температурах и влажности топливо насыщается водой из воздуха, а при низких — влага выделяется из топлива в виде микрокапель, замерзающих в топливе, и в виде инея, оседающего на стенках не залитых топливом баков, агрегатах топливной системы, топливомерах и др. Концентрация растворенной в топливе воды подчиняется закону Генри:

$$C_T = H_p p,$$

где p — парциальное давление растворенной воды.

Коэффициент растворимости (коэффициент Генри)

$$H_p = C_{\text{нас}} / p_{\text{нас}},$$

где $C_{\text{нас}}$ — максимальная концентрация воды в топливе, соответствующая его насыщению водой при данной температуре; $p_{\text{нас}}$ — парциальное давление воды при насыщении ею топлива при данной температуре.

При этом

$$H_p = 0,0377 - 0,004t_T,$$

где t_T — температура топлива.

В полете температура топлива в баках ЛА устанавливается в зависимости от типа ЛА на $5...25$ °C выше температуры окружающего воздуха. Анализ большого числа измерений температуры топлива в полете (рис. 30.3) позволяет сделать вывод, что минимальная температура топлива в баках не бывает ниже -50 °C. В подавляющем же большинстве случаев она не ниже -45 °C. Вследствие понижения в полете температуры топлива и давления в надтопливном пространстве растворимость воды резко уменьшается. При охлаждении топлива от 20 до 0 °C из

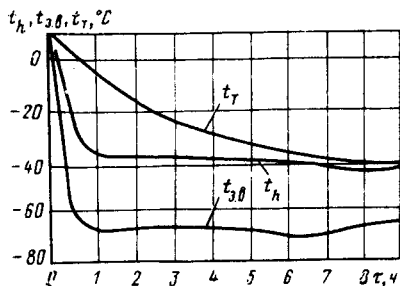


Рис. 30.3. Изменение температуры окружающего воздуха t_h , температуры заторможенного воздуха пограничного слоя $t_{з.в}$ и температуры топлива в баке t_t при полете ДМС

иней может привести к забивке дренажа и смятию топливных баков при снижении самолета.

Наиболее распространенный метод борьбы с кристаллообразованием — применение специальных противодоокристаллизирующих присадок (ПВК), понижающих температуру кристаллизации воды в топливе ниже эксплуатационных пределов, и устройств подогрева топлива в системе. Наиболее распространенными ПВК присадками являются тетрагидрофуруриловый спирт (ТГФ) и его смесь с метанолом (ТГФ-М). Подогрев топлива на самолетах отечественного производства осуществляется в топливомасляных радиаторах (ТМР). Для борьбы с отрицательными проявлениями отстойной воды используют систематический слив отстоя из нижних точек топливных баков до и после заправки.

Основные правила технической эксплуатации топливных систем при отрицательных температурах сводятся к следующему. Во избежание образования иней не рекомендуется оставлять ЛА с незаполненными баками. Отстой необходимо сливать непосредственно после прилета и после заправки. Необходимо строго придерживаться инструкции по применению ПВК присадок. В случае срабатывания светосигнальных табло, свидетельствующих о забивке фильтров любого двигателя, необходимо снять и осмотреть фильтры всех двигателей. Перед вылетом ЛА рекомендуется осмотреть заборники воздуха дренажных систем и убедиться в отсутствии их обмерзания.

30.4. ОСОБЕННОСТИ ЗАПУСКА ДВИГАТЕЛЕЙ

Пусковые характеристики двигателей в первую очередь зависят от сорта топлива, вязкости масла и топлива. Влияние температуры сказывается на вязкости топлива и его испаряемости. Применяемые в настоящее время топлива ТС-1 и РТ имеют вязкость $1,25 \text{ мм}^2/\text{с}$ при

каждой тонны топлива может выделиться в виде эмульсии около 90 г воды. Для ДМС объем выделившийся воды может достигать 6...7 л.

Отстойная вода, попадая в зазоры и трещины герметизирующего слоя баков-кессонов, при изменении температуры от положительной у земли до отрицательной на высоте, расклинивает швы и трещины и отрывает покрытие от стенки бака, что в конечном итоге приводит к течи топлива. Образующийся на стенках топливных баков и дренажных трубопроводов

температуре $+20^{\circ}\text{C}$. При температуре же -40°C топливо ТС-1 имеет вязкость $8\text{ мм}^2/\text{с}$, а РТ $16\text{ мм}^2/\text{с}$, что свидетельствует о более благоприятных пусковых характеристиках топлива ТС-1. С понижением температуры ухудшается испаряемость топлив, а следовательно, и их воспламенение.

К числу факторов, усложняющих процесс запуска двигателя при отрицательных температурах, следует отнести также повышенный момент сопротивления трения при проворачивании вала двигателя за счет увеличения вязкости смазочных масел и уменьшения зазора в подшипниках качения и скольжения. Особенно сильно это сказывается при запуске поршневого двигателя, работающего на высоковязких маслах (МК-22, МС-20) и имеющего большое число трущихся пар.

Для устранения факторов, затрудняющих запуск двигателя при отрицательных температурах, двигатель вместе с маслобаками и маслорадиаторами подогревают горячим воздухом при помощи наземных подогревателей типов МПМ-85К, АП-5, УВП-1 или УМП-350. Учитывая конструктивные особенности каждого типа двигателей, регламентированы предельные температуры наружного воздуха, по достижении которых двигатель перед запуском необходимо подогревать. Так, для поршневых двигателей предельной температурой является $+5^{\circ}\text{C}$, для ТВД -15°C , для ТРД -25°C . Двигатель подогревают до температуры входящего масла, равной $20\ldots 40^{\circ}\text{C}$. Подогреваются главным образом те зоны, где располагается масло (лобовой картер, маслобак, маслорадиатор, коробка приводов) и топливо (агрегаты запуска). Температура агрегатов, расположенных внутри двигателя, не контролируется и, как показали исследования, может быть значительно ниже — вплоть до отрицательной.

Подогретый двигатель, закрытый зимним чехлом, в зависимости от атмосферных условий сохраняет тепло в течение $1\ldots 1,5$ ч. Запуск его можно производить, если температура масла не ниже $+15^{\circ}\text{C}$.

При особо низких температурах наружного воздуха масло после прилета самолета (с поршневым двигателем) сливают, а после подогрева двигателя перед запуском заливают горячим из маслозаправщика. Существуют системы разжижения масла бензином перед остановкой двигателя, однако из-за пожароопасности большого распространения они не получили.

Следует иметь в виду, что даже на прогретом турбовинтовом двигателе при опробовании его при температурах наружного воздуха ниже -45°C клапан системы флюгирования винтов и датчики автоматического флюгирования срабатывают с запаздыванием на $5\text{—}7$ с. Датчики выключения турбореактивных двигателей по предельной частоте вращения при таких температурах выключают двигатели при меньших значениях частоты.

Причиной многих отказов силовой установки являются попадание снега и образование льда в узлах крепления, органах управления, воздухозаборниках, туннелях маслорадиаторов и др. Для их предупреждения в туннели воздухозаборников, маслорадиаторов, реактив-

ных сопел немедленно после прилета устанавливают заглушки. Перед запуском нужно обязательно проворачивать вал двигателя для того, чтобы убедиться в отсутствии примерзания элементов ротора двигателя.

Заснеженность и обледенение ВПП, мест стоянок и рулежных дорожек вызывают попадание осколков льда в воздухозаборники двигателей, особенно при включении реверса и снятии винтов с упоров на пробеге. Длительная эксплуатация двигателей на пыльных аэродромах зимой и летом приводит к повышенному износу и загрязнению элементов проточной части, лопаток компрессора и турбин, что в конечном итоге снижает КПД и вызывает повышение температуры газа перед турбиной. Особенно актуален этот вопрос для двигателей вертолетов, работающих внутри пылевого облака, образуемого несущим винтом. Поэтому при работе в таких условиях на периодических регламентах производится измерение степени абразивного износа лопаток и промывка газозаборного тракта двигателя на специальных установках без снятия двигателя с самолета.

Контрольные вопросы к разделу 5

1. Дайте характеристику внешних факторов, влияющих на техническое состояние элементов конструкции планера ЛА при его эксплуатации.
2. Какие критерии применяются для оценки технического состояния элементов планера при его ТО?
3. Перечислите типовые повреждения элементов планера и охарактеризуйте степень их влияния на безопасность полетов.
4. Как предупредить коррозионное поражение элементов планера?
5. Изложите физическую сущность новых методов и содержание программ диагностирования и прогнозирования технического состояния конструкции планера.
6. Назовите типовые технологические операции по ТО элементов планера ЛА.
7. Какие нагрузки действуют на элементы шасси и систем управления при эксплуатации ЛА?
8. Приведите типовые отказы и повреждения шасси и систем управления и назовите причины их появления.
9. Какие характерные виды регулировочных работ выполняются при ТО по шасси и системам управления ЛА?
10. От каких основных факторов зависит работоспособность гидрогазовых систем и систем жизнеобеспечения ЛА?
11. Назовите типовые отказы и повреждения гидрогазовых систем и систем жизнеобеспечения, методы их поиска и устранения.
12. Изложите технологию зарядки азотом и заправки жидкостью амортизационной стойки шасси.
13. В чем состоит контроль работоспособности систем жизнеобеспечения ЛА?
14. Перечислите основные требования техники безопасности, противопожарные правила при ТО шасси, гидрогазовых систем и систем управления ЛА.
15. Какие эксплуатационные факторы обуславливают уровень надежности силовых установок?
16. Приведите примеры характерных отказов и повреждений двигателей, топливных и масляных систем.
17. Какие методы и средства диагностирования и неразрушающего контроля применяются при оценке технического состояния силовых установок?

18. Каковы принципы регулирования агрегатов силовых установок?
19. Дайте характеристику особенностей ТО двигателей модульной конструкции.
20. Какие виды работ выполняются по силовым установкам в процессе эксплуатации и какие правила техники безопасности и охраны окружающей среды при этом должны соблюдаться?
21. Дайте характеристику применяемых систем запуска двигателей и предъявляемых к ним требований.
22. Дайте характеристику основных этапов запуска ГТД.
23. Каковы особенности процесса и систем запуска ПД?
24. Назовите внешние факторы, влияющие на процесс запуска ГТД и ПД. Какие регулировочные операции при этом выполняются?
25. Каковы назначение и основные этапы опробования двигателей?
26. Назовите основные требования техники безопасности и охраны окружающей среды при запуске двигателей.
27. В чем заключается влияние природно-климатических условий на надежность и работоспособность силовых установок и функциональных систем ЛА?
28. Каковы особенности технической эксплуатации и ТО АТ в условиях низких температур?
29. Назовите особенности технической эксплуатации силовых установок и систем ЛА в условиях высоких температур, повышенной запыленности и влажности, базирования в приморских зонах.
31. При соблюдении каких условий ЛА считается подготовленным к эксплуатации в осенне-зимний и весенне-летний периоды года?

ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Глава 31

ОРГАНИЗАЦИЯ, ПЛАНИРОВАНИЕ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ

31.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Имеется ряд руководящих и директивных документов, устанавливающих порядок использования воздушного пространства для полетов, деятельности авиации для охраны интересов государства, обеспечения безопасности полетов, удовлетворения потребностей народного хозяйства нашей страны и граждан. К основным из них в нашей стране относятся Воздушный кодекс Союза ССР, Положение об использовании воздушного пространства СССР, Основные правила полетов в воздушном пространстве СССР. Нормативным документом МГА, регламентирующим правила, организацию, обеспечение и выполнение полетов, а также управление воздушным движением, является Наставление по производству полетов в гражданской авиации СССР, которое разработано в соответствии с требованиями перечисленных выше документов.

Действия указанных документов распространяются на авиацию, находящуюся в ведении МГА, и на авиацию других министерств и ведомств при полетах над воздушным пространством СССР, а также на все типы ЛА СССР во время их нахождения за пределами страны. Требования документов являются обязательными для всего руководящего, летного состава, работников службы движения и других служб, обеспечивающих полеты.

Все полеты в гражданской авиации происходят по расписанию, утвержденному МГА, или заявкам руководителей эксплуатационных предприятий (тренировочные, служебно-вспомогательные, полеты по обеспечению аварийно-спасательных работ или оказанию медицинской помощи). Все воздушное пространство нашей страны делится в плане и по вертикали на отдельные объемы, совокупность которых образует его структуру. Такое деление воздушного пространства необходимо для рационального его использования, создания условий для планирования, координации, обеспечения и выполнения полетов авиации всех ведомств, а также оперативного управления воздушным движением.

Полеты транспортных самолетов осуществляются по воздушным трассам, местным воздушным линиям (МВЛ) и установленным маршрутам. Они представляют собой коридор в воздушном пространстве, ограниченный по высоте и ширине, предназначенный для выполнения

полетов ЛА всех ведомств, обеспеченный трассовыми аэродромами и оборудованный средствами радионавигации, контроля и управления воздушным движением. Ширина воздушной трассы обычно устанавливается 10 км, в отдельных случаях может быть увеличена до 20 км, а для МВЛ уменьшена до 4 км.

Международные полеты иностранных ЛА в воздушном пространстве СССР осуществляются по установленным международным воздушным трассам на основании международных договоров и специальных разрешений на совершение разовых полетов. Международные полеты гражданских ЛА СССР совершаются под Государственным флагом СССР. Пересечение государственных границ при выполнении международных полетов производится по установленным воздушным коридорам перелета границы. На ЛА, их экипажи и пассажиров, а также на их имущество, ввозимое или вывозимое на ЛА, распространяются действия паспортных, таможенных, валютных, санитарных, карантинных и других правил.

Экипажи, выполняющие международные полеты, проходят соответствующую подготовку. Техническое обслуживание ЛА в иностранных аэропортах осуществляет инженер представительства Аэрофлота, а где его нет — бортинженер ЛА. Расчет заправки авиатопливом, коммерческой загрузки и центровки ЛА выполняет экипаж, а обеспечение экипажа метеорологической информацией, полетной документацией и организация погрузочно-разгрузочных работ возлагаются на представителей Аэрофлота. Они же осуществляют планирование и обеспечение полетов ЛА через Центральное управление международных воздушных сообщений (ЦУМВС).

Для обеспечения летной деятельности гражданской авиации, связанной с обслуживанием ЛА, перевозкой пассажиров, багажа и почты, создаются аэропорты, имеющие аэродром, аэровокзал, другие наземные сооружения и необходимое оборудование.

Аэропорт — комплекс сооружений, предназначенный для приема и отправки ЛА и обслуживания воздушных перевозок, имеющий для этих целей аэродром, аэровокзал и другие наземные сооружения и необходимое оборудование. По назначению аэропорты подразделяются на аэропорты союзного значения, МВЛ и международные. В зависимости от интенсивности движения ЛА объема авиaperевозок аэропорты подразделяются на классы.

Аэродром — земельный или водный участок, специально оборудованный для взлета, посадки, руления, стоянки и обслуживания ЛА. Каждый аэродром имеет одну или несколько взлетно-посадочных полос (ВПП), боковые и концевые полосы безопасности. В зависимости от длины ВПП и несущей способности покрытий аэродромы подразделяются на шесть классов. Аэродромы могут быть: дневного и круглосуточного использования; базовые, промежуточные и запасные; трассовые, заводские, учебные и аэродромы применения авиации в народном хозяйстве; горные и равнинные; с искусственным покрытием, грунтовые, ледовые и гидроаэродромы.

Полеты гражданских ЛА классифицируются:

по назначению — транспортные, по применению авиации в народном хозяйстве (ПАНХ), учебные, тренировочные, испытательные, исследовательские, методические, перегоночные, демонстрационные, поисковые и аварийно-спасательные;

по условиям пилотирования и самолетовождения — на визуальные, полеты по приборам;

по району их выполнения — на аэродромные, трассовые, маршрутные, площадные;

по высоте — полеты на предельно малых высотах — до 200 м, малых высотах — 200...1000 м, средних высотах — 1000...4000 м, больших высотах — 4000...12 000 м, в стратосфере — выше 12 000 м;

по физико-географическим условиям — полеты над равнинной и холмистой местностью, горной, пустынной местностью, водным пространством, в полярных районах Северного и Южного полушарий;

по времени суток — на дневные, ночные и смешанные.

В целях организации определенного порядка выполнения полетов и обеспечения безопасности движения ЛА воздушное пространство делится на нижнее до высоты 6100 м и верхнее воздушное пространство с высоты 6100 м и более.

Для удобства работы все воздушное пространство СССР делится на зоны управления воздушным движением (УВД). Зона УВД может состоять из одного или нескольких районов УВД и входящих в их состав районов аэродромов и аэроузлов, воздушных трасс СССР, местных воздушных линий и специальных зон и коридоров (рис. 31.1). Размеры зон и районов УВД выбирают исходя из интенсивности воздушного движения, структуры воздушных трасс, числа и взаимного расположения аэродромов, характеристик технических средств УВД, навигации и связи, а также из физико-географических, метеорологических и других особенностей района. Границы районов УВД лежат в пределах 150...400 км от центра управления.

Руководство полетами ЛА по всем трассам осуществляет служба управления воздушным движением (УВД), которая имеется в каждом аэропорту. Основными задачами службы УВД являются: управление движением ЛА от начала буксировки, руления и до заруливания на стоянку, предотвращение столкновений летательных аппаратов на земле и в полете, принятие своевременных мер по оказанию помощи экипажам ЛА, терпящим бедствие, доведение до экипажей ЛА режима полетов и контроль за его соблюдением.

Организацию полетов на воздушных трассах, МВЛ и маршрутах осуществляют: в районах УВД — районные центры Единой системы УВД (РЦЕС УВД), в зонах УВД — зональные центры ЕС УВД, в воздушном пространстве страны — Главный центр ЕС УВД. Зональный центр ЕС УВД осуществляет тесное взаимодействие с производственной диспетчерской службой управления гражданской авиации, а

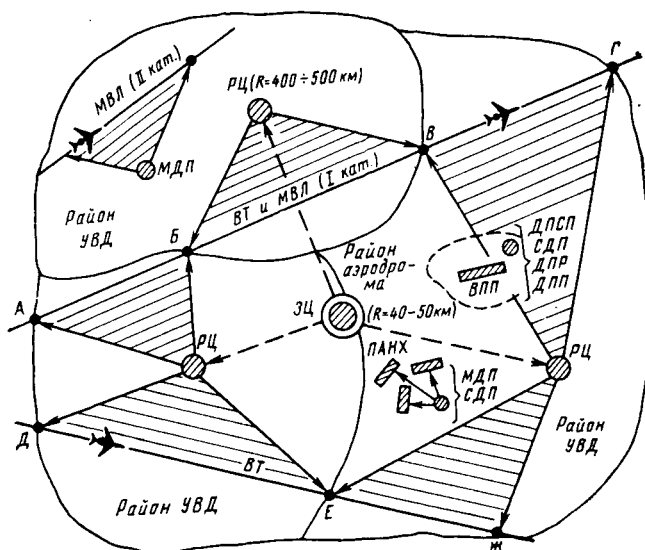


Рис. 31.1. Схема управления воздушным движением в зоне:

ЗЦ — зональный центр УВД; РЦ — районный центр УВД; ВТ — воздушная трасса; МВЛ — местная воздушная линия; А, Б, В, Г, Д, Е, Ж — рубежи передачи УВД; ДПП — диспетчерский пункт подхода; ДПС — диспетчерский пункт системы посадки; СДП — стартовый диспетчерский пункт руления; МДП — местный диспетчерский пункт

Главный центр ЕС УВД — с Центральным производственно-диспетчерским управлением (ЦПДУ) Министерства гражданской авиации.

Непосредственное управление воздушным движением осуществляется диспетчерами службы движения соответствующего диспетчерского пункта на основании планов полетов под руководством руководителя полетов. Указания диспетчера службы движения являются обязательными для экипажей ЛА и должны беспрекословно ими выполняться. В случае явной угрозы безопасности полета командир ЛА при соответствующих обстоятельствах имеет право принимать самостоятельное решение с обязательным докладом диспетчеру. В этом случае командир несет ответственность за принятое решение и безопасность полета.

Планирование потоков воздушного движения подразделяется на перспективное, суточное и текущее. Цель планирования полетов — обеспечение ритмичного выполнения поставленных предприятию производственных задач при наименьших затратах сил и средств, без авиационных происшествий и инцидентов.

Перспективное планирование производится в период составления расписания движения ЛА и их корректирования с соблюдением нормативов и осуществляется органами министерства и УГА.

Суточное планирование производится накануне дня полетов и заключается в составлении суточного плана полетов ЛА. Составляются

планы полетов штабами летных подразделений в соответствии с расписанием движения ЛА, заявками на полеты, а также планами полетов и вылетов, поступающими из других аэропортов, и передаются в аэродромно-диспетчерский пункт для составления сводного плана полетов. Суточные планы полетов аэропорта утверждаются командирами авиапредприятий, а обеспечение и контроль их выполнения осуществляется производственно-диспетчерской службой предприятия (ПДСП). Суточные планы полетов аэропортов передаются в диспетчерскую службу управления (ДСУ), которая составляет сводные суточные планы полетов всех ЛА, выполняющих рейсы из аэропортов управления. Текущее планирование производится органами управления воздушным движением в процессе выполнения полетов для корректирования суточного плана движения ЛА в районах и зонах управления воздушным движением.

Планы полетов на выполнение международных рейсов составляются производственно-диспетчерской службой УГА на основании расписаний движения самолетов авиапредприятий, ЛА которых выполняют полеты. ЦПДУ ГА ежедневно составляет суточный план международных полетов самолетов Аэрофлота и иностранных авиакомпаний на основании расписаний движения и планов, поступающих от ПДС УГА и служб, планирующих полеты иностранных ЛА.

31.3. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ НАЗЕМНЫМИ СЛУЖБАМИ

Обеспечение полетов организуется и осуществляется в целях безопасного, регулярного и эффективного выполнения полетов. В соответствии с Воздушным кодексом Союза ССР полету должны предшествовать специальная подготовка ЛА и его экипажа, проверка готовности наземных служб аэродрома взлета и посадки к обеспечению полета, изучение состояния метеорологических условий на всем протяжении полета и т. д.

ЛА допускается к полету лишь при наличии на нем: экипажа, подготовленного и допущенного к полету на ЛА данного типа в соответствующих условиях полета; необходимой массы топлива; задания на полет и судовых документов на борту ЛА (свидетельства о регистрации; удостоверения о годности к полетам, бортовых журналов, разрешения на бортовые радиостанции, руководства по летной эксплуатации). Основная роль в обеспечении полетов принадлежит инженерно-авиационной службе предприятия.

Инженерно-авиационное обеспечение безопасности и регулярности полетов осуществляется в соответствии с НТЭРАТ ГА и включает в себя: содержание ЛА в исправном состоянии путем своевременного и качественного их технического обслуживания; анализ причин отказов и неисправностей АТ и внедрение мероприятий по их предупреждению; совершенствование технических знаний летного и инженерно-технического состава и практических навыков по вопросам

технической эксплуатации АТ; внедрение в эксплуатацию прогрессивных методов и совершенных средств контроля состояния АТ; планирование использования ЛА, их технического обслуживания, ремонта, специальных осмотров и конструктивных доработок АТ; выделение в резерв заданного количества ЛА и поддержание их в готовности для замены неподготовленных к полету или задержавшихся в рейсе ЛА.

Аэродромной службе отводится важное место в обеспечении полетов. Она должна поддерживать ВПП, рулежные дорожки, места стоянок ЛА и перронов в постоянной эксплуатационной готовности для взлета, посадки, руления и стоянки ЛА. Для обеспечения безопасности полетов весь спецтранспорт и механизмы, работающие на ВПП и рулежных дорожках (РД), должны быть оборудованы габаритными и проблесковыми огнями, которые включаются независимо от времени суток. Состояние ВПП должно обеспечивать условия для взлета и посадки ЛА. Взлет и посадка самолетов на ВПП допускается при значении коэффициента сцепления не менее 0,3, наличии на поверхности сухого свежевыпавшего снега толщиной не более 50 мм, слякоти — 12 мм и воды — 10 мм.

Безопасность полетов зависит от кондиционности ГСМ и спецжидкостей, выдаваемых для заправки ЛА. Выполнение этой задачи возлагается на *службу ГСМ* авиапредприятия, которая обеспечивает и своевременную заправку подготавливаемых к полету ЛА горюче-смазочными материалами.

Подготовка к полетам включает в себя также *штурманское обеспечение* на всех этапах полетов (организация своевременного доведения до экипажей аэронавигационной информации, необходимой для выполнения полетов по всему маршруту полета от аэродрома вылета до аэродрома назначения с учетом запасных аэродромов), радиотехническое обеспечение (обеспечение органов УВД необходимыми радиотехническими средствами, средствами связи и контроля за движением ЛА), электросветотехническое, медицинское, метеорологическое обеспечение и др.

Режимно-охранное обеспечение полетов включает в себя мероприятия, направленные на сохранение безопасности пассажиров и экипажей ЛА. Основными мероприятиями по предупреждению актов незаконного вмешательства в деятельность ГА являются: досмотр пассажиров, их ручной клади и багажа; специальный осмотр ЛА, который осуществляется в соответствии с перечнем мест осмотра, определенных для каждого типа ЛА; ограждение аэродромов и объектов авиапредприятий, исключающее возможность бесконтрольного проникновения на служебную территорию посторонних лиц и транспорта; охрана авиационной техники и объектов.

К выполнению полетов допускаются ЛА, находившиеся под постоянной охраной: экипажа (пилота) — при использовании ЛА по назначению; инженерно-технического состава АТБ — во время технического обслуживания; службы военизированной охраны авиапредприятия — при стоянке ЛА, когда на них не выполняют работы по

техническому обслуживанию, на временных аэродромах и посадочных площадках — под охраной заказчика, а при техническом обслуживании — авиатехника.

Ответственность за сохранность ЛА во время стоянки на аэродроме несет то должностное лицо (дежурный по стоянке, член экипажа, представитель военизированной охраны), подпись которого в бортовом журнале и журнале приема-передачи ЛА под охрану или обслуживание является последней. Если ЛА не находился под охраной, представители АТБ обязаны осмотреть его в полном объеме, установленном регламентом, а члены экипажа — в соответствии с разделом карты-наряда «Работы по досмотру самолета» и сделать соответствующие записи о результатах осмотра в бортовом журнале и карте-наряде.

31.4. ВЫПОЛНЕНИЕ И ЭШЕЛОНИРОВАНИЕ ПОЛЕТОВ

Полет в воздушном пространстве СССР производится только при наличии диспетчерского разрешения на вылет, которое выдается на основании задания на полет и принятого командиром ЛА решения на вылет. Командир, принимая решение на вылет в соответствии с заданием, учитывает целый ряд факторов: готовность ЛА и экипажа к выполнению полета, фактическую и прогнозируемую погоду в районе полета, данные о состоянии аэродромов назначения и запасных, данные о работе светотехнических средств и т. д. На нем лежит ответственность за безопасность полета ЛА, и поэтому закон предоставляет ему право принимать окончательное решение на вылет.

Запуск двигателей экипаж проводит с разрешения диспетчера службы движения, а выруливание с места стоянки — по сигналу лица инженерно-авиационной службы, обеспечивающего выпуск ЛА. При рулении ЛА, скорость которого выбирает командир ЛА, члены экипажа следят за окружающей обстановкой и предупреждают командира о препятствиях. До занятия исполнительного старта экипаж должен получить от диспетчера службы движения информацию об условиях взлета и выхода из района аэродрома. После доклада о готовности экипажа к взлету и получения разрешения диспетчера производится взлет ЛА. С момента начала разбега ЛА и до набора высоты 200 м диспетчеру запрещается вызывать экипаж по радиосвязи, но по достижении указанной высоты экипаж докладывает ему о выполнении взлета. Набор заданного эшелона (высоты) полета производится по указанию диспетчера в соответствии с маршрутом полета. Выполнение полета по маршруту осуществляется в пределах установленной ширины воздушной трассы с выдерживанием заданного эшелона полета. Экипаж должен постоянно знать местонахождение своего ЛА.

Для рационального использования воздушного пространства его делят таким образом, чтобы достичь наибольшей пропускной способности и упорядочить потоки ЛА, с одной стороны, и обеспечить без-

опасность полетов — с другой. При этом в каждом из районов воздушного пространства устанавливаются свои значения допустимых интервалов между ЛА, образующими систему эшелонирования полетов.

В нашей стране введена единая система эшелонирования ЛА, включающая нормы вертикального и горизонтального (продольного и бокового) эшелонирования.

Минимальные интервалы вертикального эшелонирования (расстояния по вертикали между ЛА) устанавливаются от высоты нижнего эшелона 900 м до 8100 м — через 300 м, от эшелона 8100 м до 12 100 м — через 500 м, от эшелона 12 100 м и выше — через 1000 м. Вертикальное эшелонирование осуществляется по полукруговой системе в зависимости от истинных путевых углов направления воздушных трасс (рис. 31.2).

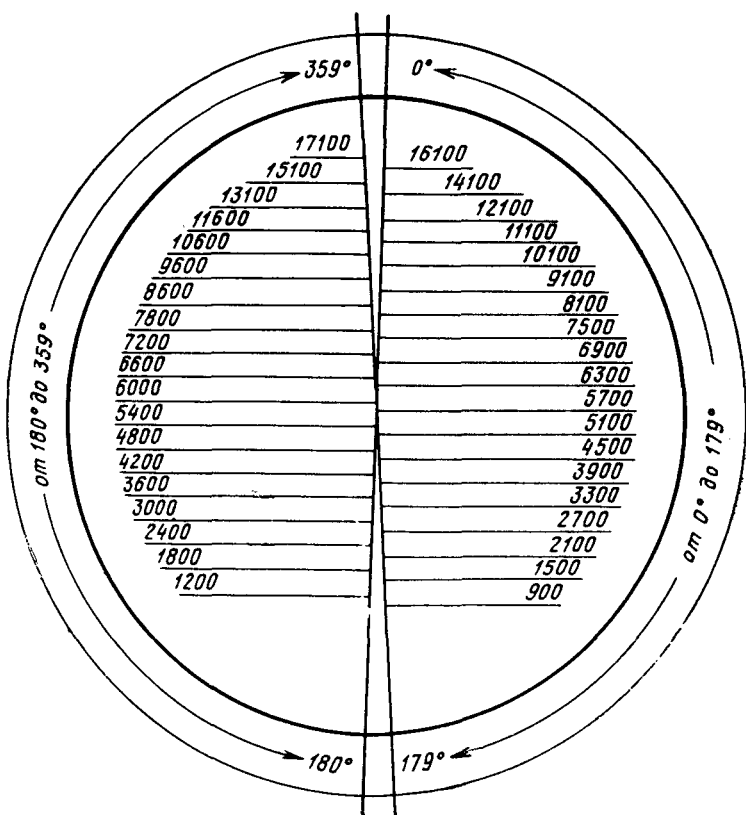


Рис. 31.2. Схема вертикального эшелонирования полетов в воздушном пространстве СССР

Минимальные интервалы продольного эшелонирования ЛА для визуальных полетов устанавливаются: при полете по одному маршруту на одной высоте — не менее 2 км; при полетах по приборам и наличии непрерывного радиолокационного контроля — не менее 30 км. Эшелонирование по времени достигается выпуском летящих один за другим ЛА с определенным временным интервалом. В течение всего полета ЛА по маршруту его эшелон не должен заниматься другими ЛА на расстоянии менее 10 мин полета.

Минимальные интервалы бокового эшелонирования при полете на одной высоте при визуальных полетах должны быть: не менее 500 м при обгоне впереди летящего ЛА; 5 км для разведенных маршрутов. При полетах по приборам и непрерывном радиолокационном контроле устанавливается расстояние между осями параллельных воздушных трасс 50 км.

Минимальные интервалы между осями параллельных воздушных трасс при отсутствии радиолокационного контроля устанавливаются не менее 100 км.

Перед началом снижения с эшелона полета экипаж проводит предпосадочную подготовку и по разрешению диспетчера начинает снижение, которое проводится по установленной схеме подхода к аэродрому посадки. При входе в районе аэродрома командир ЛА сообщает диспетчеру службы движения свое местонахождение, высоту полета и должен получить от него условия снижения для входа в зону взлета и посадки. При подходе к дальней приводной радиостанции с маркером экипаж должен доложить диспетчеру о готовности к посадке и на удалении не менее 1000 м от начала ВПП получить разрешение на посадку. В процессе посадки информация диспетчера службы движения от точки входа в глиссаду до посадки по выдерживанию заданной траектории может приниматься экипажем без подтверждения. После посадки диспетчер должен убедиться в освобождении ЛА взлетно-посадочной полосы. После полета и заруливания на стоянку члены экипажа обязаны осмотреть ЛА в соответствии с Руководством по летной эксплуатации.

Данные о выявленных в полете и при осмотре отказах и повреждениях записываются в бортовой журнал.

31.5. ПОЛЕТЫ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ АВИАЦИОННЫХ РАБОТ В НАРОДНОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Выполнение авиационных работ в отраслях народного хозяйства осуществляется предприятиями ГА по договорам с заинтересованными организациями. Полеты для выполнения авиационных работ в зависимости от их цели, правил выполнения и технологии подразделяются на следующие: авиационно-химические; воздушные съемки; лесоавиационные работы; строительно-монтажные и погрузочно-разгрузочные работы; транспортно-связные работы; полеты в Арктике, Антарктике,

на островах открытых морей и океанов; с морских судов и морских буровых установок, для оказания медицинской помощи населению и проведения санитарных мероприятий; для проведения экспериментальных и научно-исследовательских работ.

С целью обеспечения высокой производительности полетов и их безопасности летный состав и другие специалисты, направляемые для выполнения авиационных работ, должны обладать высокими моральными и деловыми качествами, иметь соответствующую подготовку. Кроме этого, вводятся строгие требования по регламентации полетов при обслуживании народного хозяйства. Так, выполнять полеты без прогноза погоды запрещено.

Командир ЛА при выполнении авиационных работ обязан поддерживать связь с диспетчером не реже чем через 1 ч, на каждый аэродром должны составляться кроки и инструкции по производству полетов и т. д.

Полеты по выполнению авиационно-химических работ (АХР) являются наиболее распространенными, и правила по их выполнению также строго регламентированы. АХР разрешается выполнять при видимости не менее 3000 м (вертолеты — 2000 м) и высоте нижней границы облаков не ниже 150 м в равнинной и холмистой местности; в предгорьях и горных долинах удаление от гор должно составлять не менее 5 км. В горной местности видимость должна быть не менее 5 км и высота облаков не ниже 300 м. Полеты по обработке участков должны производиться на высотах: не ниже 5 м — над полем, виноградником; 10 м — над лесом, не ниже 50 м — над препятствиями. Развороты при обработке участков выполняются на высоте не менее 50 м (30 м для вертолетов).

Полеты по охране и обследованию лесов выполняются по правилам визуальных полетов. Снижение над низовыми пожарами разрешается проводить по кромке пожара до высоты 200 м над верхушками деревьев для самолетов и 100 м для вертолетов. Полеты на строительно-монтажных и погрузочно-разгрузочных работах выполняются визуально при высоте облаков не менее 150 м и видимости не менее 2000 м. При транспортировке груза на внешней подвеске в случаях угрозы безопасности полета он должен быть сброшен. При полетах с морских судов видимость должна быть не менее 2000 м и нижняя граница облаков не менее 450 м.

Командно-руководящий состав и специалисты служб предприятия, организующие полеты по авиационным работам в отрыве от базы, должны обеспечить систематический контроль за работой экипажей, их отдыхом и бытовыми условиями. Это обеспечит своевременное устранение недостатков в проведении авиационных работ, соблюдение требований инструкций и технологий по их выполнению, а следовательно, и безопасность полетов.

32.1. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

Для обеспечения безопасности полетов и наибольшей эффективности использования летно-технических возможностей ЛА перед каждым полетом экипаж производит расчет полета. При этом определяются: потребная масса и аэронавигационный запас топлива, взлетная и посадочная масса ЛА, длины разбега и пробега при данных условиях взлета и посадки, наиболее рациональный профиль и режим полета, составляется план выполнения полета по участкам маршрута, производится расчет центровки ЛА.

Для расчета полета необходимо знать расстояние по маршруту полета, время по расписанию, прогноз погоды, состояние ВПП, коммерческую загрузку ЛА, допустимые взлетную и посадочную массы ЛА, расстояние от аэродрома назначения до запасного аэродрома, длину ВПП аэродромов назначения и запасного. Перед началом расчета полета экипаж получает у диспетчера службы движения эшелон (высоту) полета.

Имея задание на полет, штурман наносит на карту маршрут полета (рис. 32.1), а получив прогноз погоды, определяет с помощью таблицы, имеющейся в Руководстве по летной эксплуатации, составляющую скорости ветра на направление полета $W_{\text{эРВ}}$.

Для выбора наивыгоднейшего режима полета и определения необходимого количества топлива в РЛЭ имеются крейсерские таблицы или графики удельной дальности.

Удельной дальностью $\bar{L}$ называют величину, обратную километровому расходу топлива: $1/C_h$, а удельной продолжительностью $\bar{t}$ — величину, обратную часовому расходу топлива: $1/C_h$.

Величины $\bar{L}$ и $\bar{t}$ определяют расстояние и продолжительность полета при выгорании 1 кг топлива. Такие графики строят для различных высот и полетных масс ЛА (рис. 32.2). На них указывают также режимы работы двигателей (частота вращения или положение РУД). Для обеспечения безопасности полетов высоту полета (эшелон) экипаж не определяет, а ее задает диспетчер службы движения с учетом типа ЛА и длины маршрута.

Зная маршрут полета и заданный эшелон, экипаж строит профиль полета (рис. 32.3), который состоит из трех основных этапов: взлета и набора высоты, горизонтального полета, снижения и по-

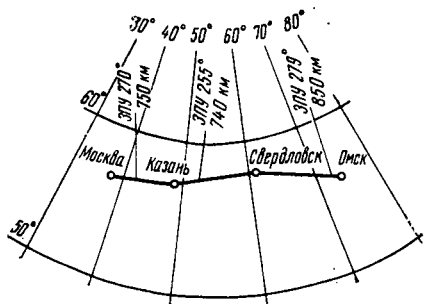
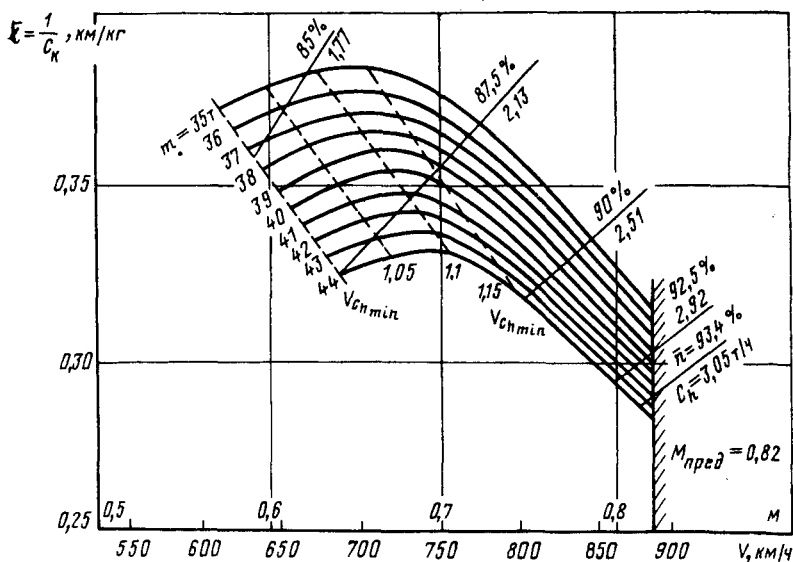


Рис. 32.1. Маршрут полета



ный расход топлива (на взлет, набор высоты, горизонтальный полет, снижение и маневр при посадке) в зависимости от длины маршрута l и высоты полета h . Величина $m_{т.зем}$ включает расход топлива на запуск, опробование и работу двигателей при рулении на старт и после посадки до места стоянки ЛА.

Аэронавигационный запас топлива $m_{т.анз}$ берется сверх потребного для данного полета на случай изменения плана полета, вызванного непредвиденными обстоятельствами (усилением встречного ветра, вынужденными отклонениями от установленного маршрута, направлением на запасный аэродром и др.). Он должен обеспечить полет от аэродрома посадки до запасного. Аэронавигационный запас топлива определяют по таблицам, имеющимся в РЛЭ, в зависимости от расстояния до запасных аэродромов. Во всех случаях навигационный запас топлива должен быть не менее чем на 1 ч полета для самолетов 1, 2 и 3-го класса, на 45 мин для самолетов 4-го класса, на 30 мин полета для вертолетов. Для самолетов, выполняющих авиаразведку и полеты в глубь полярных бассейнов, навигационный запас топлива должен быть не менее чем на 2 ч полета.

Для определения взлетной и посадочной массы ЛА предварительно определяют неизменную и эксплуатационную массу. Неизменная масса складывается из массы снаряженного ЛА $m_{снар}$, экипажа $m_{эк}$, бортпроводников $m_{бп}$, продуктов питания $m_{пит}$:

$$m_{неизм} = m_{снар} + m_{эк} + m_{бп} + m_{пит}.$$

В массу снаряженного ЛА включается масса пустого ЛА и эксплуатационного оборудования. Последнее включает оборудование буфета, жидкость в санузлах и в увлажнительной системе, бытовое и съемное кислородное, служебное и вспомогательное оборудование.

Эксплуатационная масса ЛА

$$m_{эксп} = m_{неизм} + m_{т.зап},$$

где $m_{т.зап}$ — масса заправляемого топлива.

Зная коммерческую нагрузку $m_{ком}$, можно определить массу ЛА перед запуском двигателей (у перрона вокзала):

$$m'_{взл} = m_{эксп} + m_{ком}.$$

Взлетная масса ЛА на исполнительном старте

$$m_{взл} = m'_{взл} - m_{т.земн1}.$$

где $m_{т.земн1}$ — расход топлива на земле перед взлетом.

Полученное значение взлетной массы сравнивают с максимально допустимой для данного типа ЛА, определяемой по графикам РЛЭ для конкретных условий взлета.

Посадочная масса

$$m_{пос} = m_{взл} - m_{т.пол},$$

где $m_{взл}$ — взлетная масса; $m_{т.пол}$ — расход топлива в полете.

Значение посадочной массы также сравнивают с максимально допустимым ее значением для данного типа ЛА и конкретных условий посадки.

Конечная масса меньше посадочной $m_{\text{пос}}$ на значение расхода топлива на руление после приземления $m_{\text{т.земн 2}}$:

$$m_{\text{кон}} = m_{\text{пос}} - m_{\text{т.земн 2}}.$$

Этот расчет является приближенным, так как масса топлива взята без учета конкретных условий полета (скорости и направления ветра, температуры окружающего воздуха, режима работы двигателей). Поэтому для уточнения расхода топлива в полете необходимо воспользоваться крейсерскими таблицами или графиками удельной дальности, позволяющими выбрать режим работы двигателей и определить расход топлива на участке горизонтального полета. Для этого, кроме массы ЛА и высоты полета, необходимо знать и воздушную скорость. Последняя определяется расписанием полетов. Для того чтобы прибыть в аэропорт назначения по расписанию, надо лететь со скоростью

$$V = V_{\text{п}} \pm W_{\text{экв}} = \frac{l - l_{\text{наб}} + l_{\text{сн}}}{t_{\text{расп}} - t_{\text{наб}} - t_{\text{сн}} - t_{\text{пос}}} \pm W_{\text{экв}},$$

где l — длина маршрута; $l_{\text{наб}}$ и $t_{\text{наб}}$ — путь и время при наборе высоты; $l_{\text{сн}}$ — и $t_{\text{сн}}$ — путь и время при снижении; $t_{\text{расп}}$ — продолжительность полета по расписанию; $t_{\text{пос}}$ — время, необходимое для выполнения маневра при заходе на посадку; $W_{\text{экв}}$ — эквивалентная скорость ветра (берется со знаком «+» при попутном ветре и со знаком «—» при встречном ветре).

Дальность и продолжительность полета при наборе и снижении $l_{\text{наб}}$, $t_{\text{наб}}$, $l_{\text{сн}}$ и $t_{\text{сн}}$, а также расход топлива на этих этапах полета берутся из таблиц или графиков в РЛЭ данного типа ЛА в зависимости от высоты полета.

Для определения расхода топлива в горизонтальном полете расчет начинается с определения конечной массы ЛА:

$$m_{\text{кон}} = m_{\text{сн}} + m_{\text{эк}} + m_{\text{бп}} + m_{\text{пит}} + m_{\text{ком}} + m_{\text{т.анз}}.$$

Затем к конечной массе прибавляются расходы топлива по участкам барограммы полета (см. рис. 32.3), начиная с ее конца. Прибавив массу $m_{\text{земн 2}}$ к конечной массе, получим массу ЛА в момент приземления (точка 7). Далее последовательно прибавляем расходы топлива при полете по кругу перед посадкой и на снижении, в итоге получим массу ЛА в конце этапа горизонтального полета (точка 5).

Определение потребной массы топлива для горизонтального полета является наиболее сложным. В горизонтальном полете значения C_h и C_k не постоянны, а уменьшаются по мере уменьшения массы ЛА. Для упрощения расчета при полетах на небольшие расстояния принимают C_h и C_k постоянными. Чтобы определить расход топлива на горизонтальном участке полета, нужно знать среднюю массу ЛА. Нам известна масса ЛА в начале горизонтального полета m_2 и в конце m_5 . Средняя масса ЛА $m_{\text{ср}} = (m_2 + m_5)/2$. Для этой средней массы определяем удельную дальность, а затем километровый расход топлива C_k .

Зная длину горизонтального участка, можно определить для него расход топлива: $m_T = IC_k$. Для определения потребной массы топлива необходимо просуммировать расходы топлива по всем участкам:

$$m_{T, \text{зап}} = \sum m_{Ti} + m_{T, \text{анз}}.$$

После этого опять проверяются взлетная и посадочная массы и сравниваются с допустимыми для данных условий взлета и посадки.

При полетах на большие расстояния, когда масса ЛА существенно уменьшается за счет выгорания топлива, для более точного расчета расхода топлива все расстояние горизонтального полета разбивается на несколько более мелких участков и для каждого из них определяют расход топлива.

32.3. РАСЧЕТ ДЛИНЫ РАЗБЕГА

На длину разбега оказывают влияние такие эксплуатационные факторы, как взлетная масса, тяга двигателей, температура и давление атмосферного воздуха, скорость и направление ветра, состояние и уклон ВПП.

Длина разбега определяется как путь, пройденный самолетом при прямолинейном ускоренном движении:

$$L_p = V_{\text{отр}}^2 / (2j_{p, \text{ср}}), \quad (32.1)$$

где $V_{\text{отр}}$ — скорость отрыва самолета; $j_{p, \text{ср}}$ — среднее ускорение при разбеге.

Зависимость скорости отрыва от различных факторов выражается как

$$V_{\text{отр}} = \sqrt{2mg / (\rho S C_{y \text{ отр}})}. \quad (32.2)$$

Учитывая, что $\rho = p/RT$,

$$V_{\text{отр}} = \sqrt{2mgRT / (\rho S C_{y \text{ отр}})}, \quad (32.3)$$

где m — взлетная масса самолета; g — ускорение свободного падения; ρ — плотность воздуха; S — площадь крыла; $C_{y \text{ отр}}$ — коэффициент подъемной силы крыла при отрыве; p — атмосферное давление; R — газовая постоянная; T — абсолютная температура воздуха.

Таким образом, скорость отрыва зависит от взлетной массы самолета, температуры и давления воздуха, площади крыла и коэффициента подъемной силы крыла при отрыве. Значение ускорения j_p зависит от сил, действующих на самолет при разбеге. Согласно второму закону Ньютона

$$P - (X + F) = m j_p, \quad (32.4)$$

где P — сила тяги; X — сила лобового сопротивления; F — сила трения качения.

Силу трения F можно выразить через массу самолета m , подъемную силу Y и коэффициент трения качения f :

$$F = f (mg - Y). \quad (32.5)$$

Подставляя значение силы трения F в уравнение (32.4), можно записать:

$$P - [X + f(mg - Y)] = m j_p. \quad (32.6)$$

Отсюда ускорение при разбеге

$$j_p = g \left\{ \frac{P}{mg} - \left[\frac{X}{mg} + f \left(1 - \frac{Y}{mg} \right) \right] \right\}. \quad (32.7)$$

Члены уравнения (32.7), заключенные в квадратные скобки, представляют собой суммарное сопротивление при разбеге самолета. Это выражение называют приведенным коэффициентом трения:

$$f' = \frac{X}{mg} + f \left(1 - \frac{Y}{mg} \right). \quad (32.8)$$

В процессе разбега силы, действующие на самолет, изменяются, вследствие чего изменяется и ускорение. Поэтому для упрощения расчета длины разбега пользуются средними значениями ускорения $j_{p, \text{ср}}$. Так, в процессе разбега необходимо принимать среднее значение силы тяги $P_{\text{ср}}$, которое подсчитывают путем введения поправочного коэффициента:

$$P_{\text{ср}} = K_{\text{ср}} P_{\text{ст}}. \quad (32.9)$$

Значения $K_{\text{ср}}$ для двигателей различных типов изменяются в пределах 0,95...0,75.

Сила лобового сопротивления $X = C_X S \rho V_{\text{отр}}^2 / 2$ изменяется от нуля до максимума при $V_{\text{отр}}$. В этом случае среднее значение

$$X_{\text{ср}} = C_{X \text{ отр}} S \rho V_{\text{отр}}^2 / 4.$$

Аналогичным образом определяют и значение подъемной силы:

$$Y_{\text{ср}} = C_{Y \text{ отр}} S \rho V_{\text{отр}}^2 / 4.$$

Тогда среднее ускорение при разбеге

$$j_{p, \text{ср}} = g \{ P_{\text{ср}} / mg - [X_{\text{ср}} / mg + f (1 - Y_{\text{ср}} / mg)] \}. \quad (32.10)$$

Из формулы (32.10) следует, что среднее значение приведенного коэффициента трения

$$f'_{\text{ср}} = X_{\text{ср}} / (mg) + f (1 - Y_{\text{ср}} / mg). \quad (32.11)$$

Физическая сущность среднего значения приведенного коэффициента трения видна из рассмотрения двух граничных условий разбега $V = 0$ и $V = V_{\text{отр}}$. В начале разбега $V = 0$, $Y = 0$ и $X = 0$. Тогда из уравнения (32.11) можно записать: $f' = f$. В конце разбега $V = V_{\text{отр}}$; $Y_{\text{отр}} = mg$ и $X = X_{\text{отр}}$. В этом случае

$$f' = X_{\text{отр}} / (mg) = X_{\text{отр}} / Y_{\text{отр}} = 1 / K_{\text{отр}}.$$

Таким образом, среднее значение приведенного коэффициента трения

$$f'_{\text{ср}} = 0,5 (f + 1 / K_{\text{отр}}). \quad (32.12)$$

Обозначив среднюю тяговооруженность $\mu_{cp} = P_{cp}/mg$, формулу (32.10) запишем в виде

$$j_{p,cp} = g (\mu_{cp} - f'_{cp}). \quad (32.13)$$

Наличие уклона ВПП эквивалентно изменению тяговооруженности, так как при этом к силе тяги добавляется или из нее вычитается проекция массы на траекторию разбега. Уклон принято характеризовать значением угла наклона ВПП θ по отношению к горизонту или отношением

$$i = (h_1 - h_2) / L_{ВПП},$$

где h_1, h_2 — нивелирные отметки начала и конца ВПП.

Следовательно, с учетом уклона среднее ускорение на разбеге

$$j_{p,cp} = g (\mu_{cp} - f' \pm i). \quad (32.14)$$

Знак «+» относится к разбегу под уклон, а знак «—» — к разбегу на уклон.

Используя формулы (32.1) и (32.14), длину разбега можно выразить как

$$L_p = \frac{\sqrt{2mgRT(pSC_{y_{отр}} \pm W_{эkv})^2}}{2g(\mu_{cp} - f'_{cp} \pm i)}, \quad (32.15)$$

где $W_{эkv}$ — проекция скорости ветра на направление взлета.

Этой формулой удобно пользоваться для оценки влияния эксплуатационных факторов на длину разбега. Из нее видно, что длина разбега значительно увеличивается при увеличении взлетной массы m (при изменении массы на 1 % длина разбега меняется на 2,5...2,7 %), так как возрастает скорость отрыва $V_{отр}$ и уменьшается тяговооруженность μ_{cp} . Колебания температуры T и давления p окружающего воздуха приводят к изменению его плотности, от которой зависят скорость отрыва и ускорение. В среднем при возрастании температуры на 1 °С длина разбега увеличивается на 20 м, а при уменьшении давления на 0,133 кПа — на 3 м.

Состояние ВПП, характеризующееся коэффициентом трения качения, влияет на длину разбега. Коэффициенты трения качения в зависимости от состояния ВПП имеют следующие значения:

Бетон сухой	0,02—0,03	ВПП с высоким травя-	
Бетон мокрый	0,04...0,06	ным покровом	0,14...0,15
Твердый грунт	0,04...0,05	Мягкий песчаный грунт	0,12...0,30
ВПП с низким травяным		Сырой вязкий грунт . .	0,25...0,35
покровом	0,06...0,065		

Тяга двигателя P влияет на длину разбега. Уменьшение тяги на 10 % увеличивает длину разбега на 9...10 %. Уклон ВПП также влияет на длину разбега. При взлете под уклон горизонтальная составляющая массы дополнительно ускоряет движение самолета, и наборот.

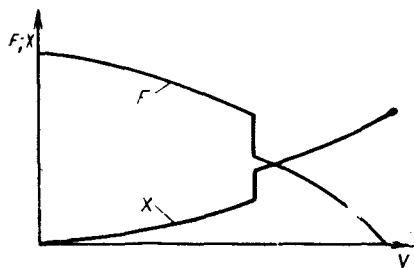


Рис. 32.5. Изменение сил лобового сопротивления X и трения F в зависимости от скорости при пробеге

Ускорение торможения зависит в основном от двух сил, действующих на самолет при пробеге: лобового сопротивления X и трения колес F , которые в процессе пробега изменяются (рис. 32.5). При уменьшении скорости движения самолета X уменьшается пропорционально квадрату скорости движения самолета по ВПП. Причем для самолетов с передней опорой имеет место скачкообразное уменьшение аэродинамического сопротивления в момент опускания опоры. Сила

трения F , наоборот, скачкообразно увеличивается, так как при этом включаются тормоза. Она также зависит от коэффициента трения (сцепления) колес о поверхность ВПП и от силы нормального давления самолета на ВПП, которая в свою очередь определяется посадочной массой и подъемной силой самолета:

$$F = f (mg - Y).$$

Сила F с уменьшением скорости непрерывно увеличивается вследствие уменьшения подъемной силы.

Среднее значение тормозящей силы $R_{ср}$ в процессе пробега может быть определено как среднее арифметическое начального и конечного значений сил X и F :

$$R_{ср} = \frac{1}{2} (X + F) = \frac{1}{2} \left[C_X \frac{\rho V_{пос}^2}{2} S + f (mg - Y) \right].$$

Тогда среднее значение ускорения торможения

$$j_{тор,ср} = R_{ср} / m.$$

Рассмотренные здесь тормозящие силы действуют на всей длине пробега. На современных ЛА для торможения широко используют реверсивные устройства. Этот способ торможения весьма эффективен и не зависит от состояния ВПП, однако он используется лишь до определенной скорости пробега, указанной в РЛЭ. Это ограничение применения реверсивных устройств по скорости пробега вызвано необходимостью защиты силовых установок от попадания посторонних предметов. В связи с этим при расчете длины пробега следует брать не все значение отрицательной тяги $P_{рев}$, а ее половину. Посадочная скорость может быть определена как

$$V_{пос} = \sqrt{\frac{2mg}{C_{y\text{ пос}} \rho S}} = \sqrt{\frac{2mgRT}{C_{y\text{ пос}} PS}}.$$

Кроме того, на длину пробега $L_{пр}$ оказывают влияние скорость и направление ветра $W_{экр}$, а также уклон ВПП i .

Таким образом, длина пробега зависит от следующих эксплуатационных факторов: массы самолета, состояния ВПП, температуры и давления окружающей среды, скорости и направления ветра, уклона ВПП.

При изменении указанных эксплуатационных факторов длина пробега

$$L_{\text{пр}} = K_m K_T K_p K_f K_W K_i K_{\text{рев}} L_{\text{пр.о}},$$

где $L_{\text{пр.о}}$ — длина пробега при стандартных условиях посадки.

Приведенные здесь коэффициенты учитывают влияние изменения соответствующих эксплуатационных факторов на длину пробега: K_m — посадочной массы ЛА, K_T — температуры воздуха, K_p — давления воздуха, K_f — силы трения, K_W — скорости ветра, K_i — направления ветра, $K_{\text{рев}}$ — силы тяги реверса.

Для расчета длины пробега в РЛЭ имеются номограммы. Однако по ним принято определять не длину пробега, а предельную посадочную массу ЛА для данного аэродрома и конкретных условий посадки, для чего по имеющимся в РЛЭ номограммам разработаны специальные таблицы.

32.5. РАСЧЕТ ЗАГРУЗКИ И ЦЕНТРОВКИ ЛА

Для каждого ЛА установлен определенный порядок его загрузки перед полетом. Соблюдение этого порядка обеспечивает центровку ЛА в заданных пределах, максимальное использование его полезной грузоподъемности и рациональное размещение грузов для сокращения времени погрузки и выгрузки.

Расчет загрузки и центровки ЛА при транспортных полетах производит диспетчер службы перевозок по центровке (ДЦ). Учитывая важность этих расчетов, командир корабля контролирует загрузку и центровку ЛА. Для всех прочих полетов (перегоночных, учебных, тренировочных, испытательных и др.) расчет загрузки и центровки производится вторым пилотом или бортинженером.

Диспетчер по центровке для расчета загрузки и центровки должен располагать сведениями о заправке топливом, коммерческой загрузке, массе пустого ЛА, допустимой взлетной массе, составе экипажа, предельных значениях центровки.

Зная допустимую взлетную массу $m_{\text{взл. доп}}$ ЛА и эксплуатационную $m_{\text{эксп}}$, можно определить предельную коммерческую нагрузку:

$$m_{\text{ком. пред}} = m_{\text{взл. доп}} - m_{\text{эксп}}.$$

Коммерческая нагрузка включает массу пассажиров $m_{\text{пас}}$, багажа $m_{\text{баг}}$ и груза $m_{\text{гр}}$:

$$m_{\text{ком}} = m_{\text{пас}} + m_{\text{баг}} + m_{\text{гр}}.$$

Расчет центровки можно производить как аналитическим, так и графическим способами. Он производится для взлетной и посадочной массы с убраным и выпущенным положениями шасси. Для расчета центровки нужно знать массу и центр тяжести пустого летательного аппарата.

Схему аналитического расчета центровки можно представить следующим образом. На оси X , являющейся строительной горизонталью фюзеляжа, размещают массы экипажа, пассажиров, багажа, грузов, продуктов питания и топлива в соответствующих местах, а также массу пустого ЛА в центре тяжести конструкции. Очевидно, сумма этих масс должна равняться взлетной массе, т. е.

$$\Sigma m_i = m_{\text{взл.}}$$

Второй центровочной осью является ось Y , являющаяся перпендикуляром к плоскости строительной горизонтали фюзеляжа. Сумма моментов указанных выше масс

$$\Sigma M_i = \Sigma (m_i X_i),$$

где X_i — расстояние от грузов m_i до центровочной оси Y .

Расстояние от оси Y до центра тяжести

$$X_0 = \frac{\Sigma M_i}{\Sigma m_i} = \frac{\Sigma (m_i X_i)}{\Sigma m_i}.$$

Тогда центровка в процентах САХ

$$\bar{X}_{\text{цт}} = \frac{X_{\text{цт}}}{b_{\text{САХ}}} 100 = \frac{X_0 - a_0}{b_{\text{САХ}}} 100 = \frac{\Sigma (m_i X_i) / \Sigma m_i - a_0}{b_{\text{САХ}}} 100,$$

где a_0 — расстояние от оси Y до начала средней аэродинамической хорды $b_{\text{САХ}}$.

Однако на практике отдается предпочтение графическим методам расчета центровки, так как аналитический расчет требует больше времени на вычислительные работы. В связи с этим для каждого ЛА разработаны центровочные графики, копии которых помещены в руководствах по летной эксплуатации.

Если центровка выходит за допустимые пределы, то необходимо перераспределить грузы.

В последнее время разработан более совершенный способ определения центровки при помощи автоматической системы, замеряющей давление жидкости в амортизационных стойках шасси. По этим показаниям бортовое счетно-решающее устройство выдает на специальные индикаторы значения взлетной массы и центровки ЛА.

КОМПЛЕКСНАЯ ПОДГОТОВКА ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ К ПОЛЕТАМ

33.1. ПРЕДПОЛЕТНАЯ ПОДГОТОВКА ЛА

При подготовке ЛА к полетам принимают участие специалисты различных служб, обеспечивающих полеты: инженерно-авиационной, аэродромной, штурманской, коммерческой, управления воздушным движением и др., что обуславливает необходимость проведения комплекса работ на ЛА (рис. 33.1). Здесь регламентирующим фактором является расписание полетов и конкретное задание на полет, определяемое экипажу командованием объединенного авиаотряда. Четкая деятельность всех служб обеспечивает соблюдение регулярности полетов и отсутствие задержек по вине служб.

Комплексная подготовка ЛА к полету включает техническую подготовку ЛА и подготовку экипажа. Техническая подготовка осуществляется ИАС, которая несет ответственность за инженерно-авиационные обеспечения полетов и имеет право контроля за деятельностью всех других служб авиапредприятия. Подготовка, осуществляемая ИАС, включает следующие основные работы: выполнение оче-

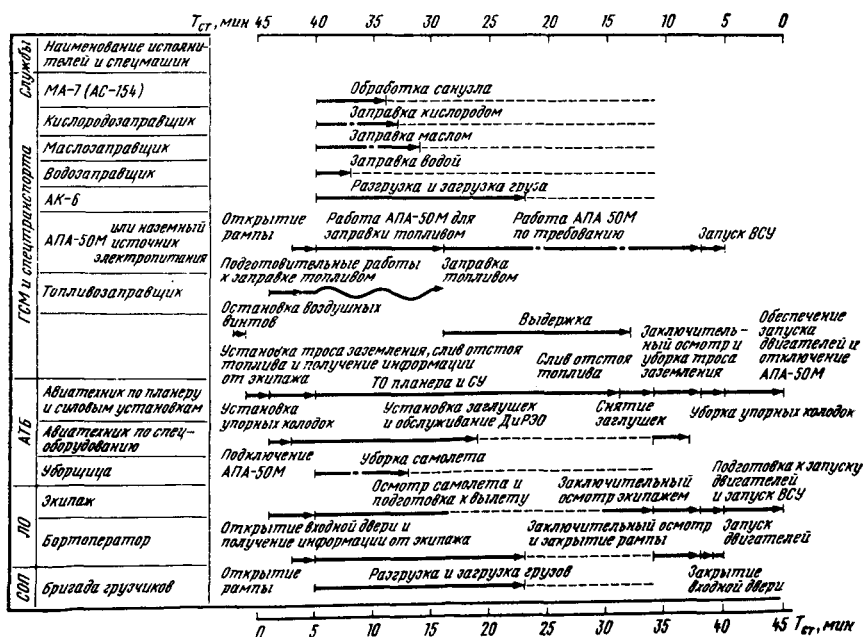


Рис. 33.1. Технологический график подготовки ЛА в базовом аэропорту

редного ТО согласно регламенту; устранение неисправностей и отказов систем, выявленных в предыдущих полетах и при выполнении очередной формы ТО, заправку топливом, жидкостями, газами; мойку; удаление снега и льда (в зимний период); кондиционирование воздуха в кабинах; подогрев двигателя и систем (при необходимости); осмотр и приемку ЛА экипажем; оформление документации.

Бригадир-авиатехник, ответственный за выполнение работ по обеспечению вылета, в первую очередь несет ответственность за подготовку ЛА к полету. Прежде чем приступить к выполнению работ по обеспечению вылета, бригадир-авиатехник обязан проверить карту-наряд на оперативное ТО, которое к этому времени должно быть полностью закончено, просмотреть бортовой журнал и убедиться лично, что документация на обслуживание ЛА оформлена правильно и подписана должностными лицами, ответственными за выполнение работ. Работы по обеспечению каждого вылета выполняются в строгом соответствии с регламентом технического обслуживания. Если при этом исполнители обнаружат отдельные, не замеченные ранее повреждения или неисправности или какие-либо другие отклонения от технических условий, то бригадир обязан об этом доложить инженеру смены, который определяет порядок устранения замеченных отклонений технического состояния от нормы и время окончания всех работ. Свое решение инженер докладывает начальнику смены.

Зачастую, кроме работ по обеспечению вылета, указанных в регламенте, возникает необходимость выполнить некоторые дополнительные работы, например: дозаправку ГСМ спецжидкостями, водой; дозарядку систем газами; удаление снега, инея, льда с поверхности ЛА; кондиционирование воздуха в кабинах (зимой — подогрев, летом — охлаждение); подогрев двигателей и изделий; буксирование ЛА на перрон или на площадку для запуска и пробы двигателей.

Перечисленные задачи ИАС при эксплуатации современных пассажирских ЛА выливаются в сложные процессы взаимодействия различных специалистов с ЛА и наземной техникой. Поэтому одна из наиболее актуальных проблем в общем комплексе задач, решаемых ИАС, — проблема механизации и автоматизации процессов ТО ЛА. Ее решение позволит не только сократить затраты труда и повысить его производительность, но и снизить простои ЛА при подготовке к полету, повысить интенсивность его использования, регулярность и безопасность полетов.

В соответствии с НТЭРАТ ГА подготовленным к полету считается ЛА, на котором имеется достаточный ресурс для выполнения задания; системы заправлены ГСМ, спецжидкостями и заряжены газами в соответствии с заданием на полет и регламентом; судовая документация находится на борту; бортовое аварийно-спасательное оборудование и снаряжение укомплектованы согласно описям и перечням в бортовом журнале; приведены работы по обеспечению вылета; должностные лица АТБ в карте-наряде подписали заключение о том, что ЛА подготовлено к полету и разрешен вылет. При этом такие работы, как уборка

троса заземления и упорных колодок из-под колес, обеспечение запуска двигателей, отключение наземных источников питания, заключительный осмотр ЛА и обеспечение выруливания, ИТС выполняет в процессе ТО и после сдачи ЛА экипажу. После этого должностные лица АТБ в карте-наряде подписывают заключение о том, что ЛА подготовлен к полету и вылет разрешен. Так, для ЛА 1-го и 2-го классов это решение принимает инженер или начальник смены, для ЛА 3-го и 4-го классов с ГТД, применяемых для воздушных перевозок, — инженер по эксплуатации. В отдельных случаях такое заключение дают старший или главный инженер АТБ и его заместитель по А и РЭО, начальники цехов, отделов, инженеры ОТК и техотдела, имеющие допуск. Для ЛА 4-го класса, используемых для авиационных работ, разрешение на вылет может давать авиатехник, обслуживающий ЛА.

Перед подписанием карты-наряда должностное лицо обязано убедиться в наличии: подписей исполнителей и контролирующих специалистов в карте-наряде, что свидетельствует о выполнении работ по осмотру, обслуживанию и всех других дополнительных работ; подписей инженера или бригадира по А и РЭО; подписи инженера по эксплуатации или техника-бригадира, свидетельствующие об исправности ЛА; подписей исполнителей, ответственных за выполнение работ по обеспечению самого вылета, и контролирующих лиц. Должностное лицо должно также лично проверить, выполнены ли все работы по обеспечению вылета, контроль которых возложен на инженера.

На ряде авиапредприятий и учебных заведений применяется закрепленный метод ТО. В этом случае разрешение на вылет дает инженер или бригадир, а при единичном базировании на временном аэродроме — авиатехник, за которым закреплен ЛА. После выполнения всего объема работ экипаж информирует об этом и ему передаются оформленная карта-наряд на опертивное ТО, бортовой журнал, бланк справки о работе ЛА в рейсе, судовая документация и ключи от ЛА. Дальнейший осмотр ЛА выполняется членами экипажа, а технический состав в это время снимает чехлы, заглушки, струбины, штыри, другие временно устанавливаемые и снимаемые перед вылетом устройства, которые передаются бортинженеру или бортмеханику.

Если члены экипажа в процессе своего осмотра обнаружат какие-либо неисправности, то бригадир, ответственный за обеспечение вылета, срочно принимает меры по их устранению. Руководство по летной эксплуатации конкретных ЛА предусматривает возможность вылета с отдельными неисправностями. Перечень таких неисправностей имеется в РЛЭ. Разрешение на вылет в подобных случаях выдает начальник смены или инженер. При этом производится соответствующая запись в бортжурнале о характере неисправности. Такая же запись делается в карте-наряде на оперативное ТО и об этом информируют командира экипажа.

Возможны случаи, когда на аэродроме вылета нет специалиста инженерно-авиационной службы, допущенного к эксплуатации данного типа ЛА. Решение о вылете с неисправностями и повреждениями в

этом случае принимает командир экипажа по согласованию с главным инженером УГА и делает соответствующую запись в бортовом журнале. Командир экипажа как лицо, ответственное за выполнение полета, имеет право окончательного решения во всех случаях на вылет с неустранимыми неисправностями. Свое решение он принимает с учетом условий предстоящего полета, оборудования аэродромов взлета и посадки и других обстоятельств, влияющих на безопасность полета.

33.2. ПРЕДПОЛЕТНАЯ ПОДГОТОВКА ЭКИПАЖА

Все члены экипажа ЛА обязаны всякий раз в полном объеме и качественно выполнять подготовку к полету независимо от его продолжительности и назначения (рис. 33.2). Предполетная подготовка выполняется в соответствии с требованиями документов, регламентирующих летную работу: НППГА — наставления по производству полетов в гражданской авиации СССР, ОПП — организация и проведение полетов, НШС — наставления по штурманской службе и т. д. Она подразделяется на предварительную и предполетную. Основной вид подготовки к полету — предварительная подготовка, которая выполняется накануне дня вылета в полном составе экипажа под руководством командира летного подразделения и его заместителя.

В процессе предварительной подготовки уясняются задачи предстоящего полета или полетов, подбирается и уточняется документация, необходимая для выполнения полетов, изучаются и уточняются особенности техники пилотирования, эксплуатации ЛА и его функциональных систем, порядок взаимодействия членов экипажа в нормальных условиях полета и особых ситуациях. Порядок проведения и содер-

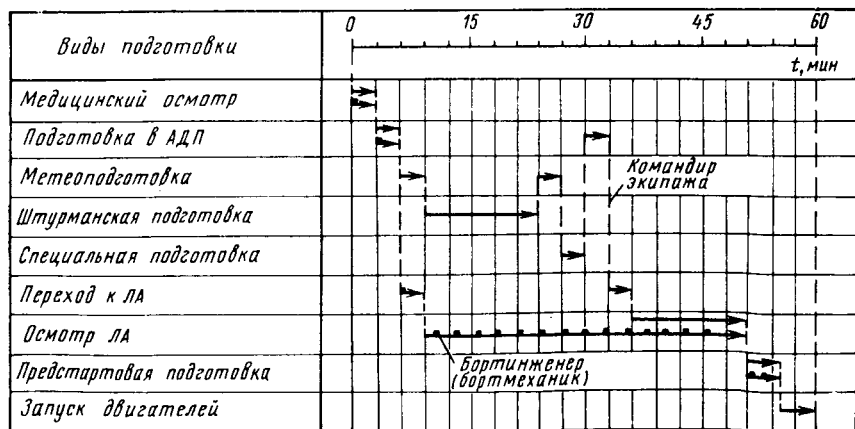


Рис. 33.2. Технологический график подготовки командира и бортинженера к полету

жание предварительной подготовки определены в руководящих документах. Такая подготовка особенно важна перед первым самостоятельным полетом командира на данном типе ЛА, перед первым полетом командира ЛА по данной трассе, маршруту, перед полетом по специальному заданию, перед выполнением нового вида авиационных работ. Если выполняются систематические полеты по данной трассе или однотипные авиационные работы в равнинной или холмистой местности, такая подготовка проводится один раз в 6 мес. В горной местности она проводится не реже 1 раза в 3 мес, если имеются перерывы в полетах продолжительностью более 30 календарных дней.

При систематических полетах по известной трассе или выполнении авиационных работ в уже известном районе в процессе предварительной подготовки изучаются дополнительно особенности выполнения полетов в предстоящий период года, а также изменения в инструкциях по производству полетов и документации аэронавигационной информации. В заключение выполняется контроль готовности экипажа к выполнению полетов.

Предполетную подготовку экипажа организует и проводит командир ЛА перед каждым полетом. Она проводится с учетом конкретной аэронавигационной обстановки и метеоусловий. В соответствии с НПП ГА экипаж должен приступить к предполетной подготовке не позднее чем за 1 ч до намеченного времени вылета, а в промежуточных аэропортах при кратковременной стоянке — с момента явки экипажа в АДП.

Содержание предполетной подготовки всех членов экипажа (командира, второго пилота, штурмана, бортрадиста и бортинженера или бортмеханика) и их обязанности определены НПП ГА и обязательны к исполнению. Командир экипажа обязан: доложить диспетчеру АДП о готовности экипажа к прохождению предполетной подготовки; получить информацию о технической готовности ЛА, о состоянии аэродромов вылета и назначения, а также запасных аэродромов. Кроме того, командир обязан изучить и определить конкретные действия экипажа в случае возникновения аварийной обстановки, в том числе экстренной посадки после взлета. Если все необходимые операции по подготовке выполнены, то командир обязан принять решение о вылете, в том числе и при наличии отдельных неисправностей ЛА, оговоренных в РЛЭ. Это решение принимается лишь после доклада каждого члена экипажа о готовности ЛА к вылету и выполнения работ, предусмотренных РЛЭ перед вылетом.

Второй пилот среди других обязанностей, предусмотренных НПП ГА, обязан: рассчитать максимально допустимую взлетную массу ЛП и взлетные характеристики в зависимости от конкретных условий взлета; осмотреть пассажирский салон, багажные помещения; выполнить работы, предусмотренные РЛЭ перед вылетом; доложить командиру о готовности к полету. В состав экипажа могут включаться и другие специалисты для выполнения конкретного задания на полет. В период предполетной подготовки ЛА они обязаны выполнить все операции, предусмотренные РЛЭ в части, их касающейся.

33.3. ОСОБЕННОСТИ БУКСИРОВКИ И РУЛЕНИЯ

Перемещение ЛА по аэродрому осуществляется рулением и буксированием. Руление могут выполнять командир корабля или по его указанию второй пилот. Буксирование необходимо для перемещения ЛА по аэродрому к перрону, на места стоянок, рубеж запуска двигателей (предварительный старт), в ангар, на специальные стоянки для выполнения периодических форм ТО.

Буксирование ЛА по рулежным дорожкам и ВПП, в том числе пересечение ВПП, осуществляется только с разрешения диспетчера службы движения, поскольку она может создать угрозу безопасности для других ЛА. В этом случае лицо, осуществляющее буксирование, с помощью бортовой радиостанции поддерживает постоянную связь с диспетчером. Само буксирование осуществляется в строгом соответствии с инструкцией по буксированию и схемой движения ЛА и транспорта на данном аэродроме. Решение о буксировании могут принимать инженер или начальник смены, который назначает ответственного авиатехника и подчиненный ему состав бригады, осуществляющий данное буксирование. Эти специалисты должны пройти специальный инструктаж и иметь допуск к такого рода работам. Водитель буксировщика назначается приказом руководителя авиапредприятия.

Буксировать ЛА разрешается по искусственному покрытию и по грунту, пригодному для данного типа ЛА. Потребное тяговое усилие для буксирования зависит от массы ЛА и коэффициента трения колес. Коэффициент трения f_T зависит от вида и состояния покрытий аэродрома и составляет: для сухого бетона $f_T (б) = 0,01$; мокрого $f_T (мб) = 0,012$; для твердого грунта $f_T (тг) = 0,04$. Тяговое усилие буксировщика $P_{бу}$ должно быть не менее потребного $P_{потр}$, т. е. должно соблюдаться условие $P_{бу} \geq P_{потр}$.

Тип тягача для буксирования выбирают в соответствии с типом и массой буксируемого ЛА. Для ЛА массой до 50 т применяют буксировщики с тяговым усилием до 10 т. В этом случае можно использовать обычные грузовые автомобили. Для ЛА с массой более 50 т применяют более мощные тягачи: Урал-375Ф, КрАЗ-255Б и др. Большегрузные ЛА типов Ил-62, Ил-76, Ил-86, «Антей», «Руслан» буксируют тягачами типа БелАЗ-7422.

Анализ авиационных происшествий в гражданской авиации показывает, что значительное их число происходит во время буксирования ЛА по аэродрому. Имеют место повреждения и поломки ЛА, требующие затем восстановительных работ. С учетом этого на многих крупных авиапредприятиях с интенсивным движением в составе смен оперативного обслуживания организуют буксировочные бригады. Специалисты, входящие в них, проходят специальную подготовку, стажировку и только после сдачи зачетов получают допуск к работе. Основной вид буксирования — «носом вперед». В отдельных случаях, например для постановки ЛА в ангар, может допускаться буксирование «хвостом вперед».

Скорость буксирования ЛА устанавливается инструкцией по буксированию данного типа ЛА. Буксирование ЛА на прямых, свободных от препятствий участках аэродрома разрешается со скоростью до 15 км/ч, а при маневрировании на местах стоянок и при поворотах — до 5 км/ч. Если вблизи места буксирования имеются препятствия, то скорость не должна превышать скорости медленно идущего человека. При этом необходимо следить, чтобы удаление любой части ЛА от препятствия было не менее 2 м.

Перед началом буксирования инженер или начальник смены проводит инструктаж технического состава бригады, назначенной для буксирования ЛА. При этом он руководствуется НТЭРАТ ГА, НПП ГА и инструкциями, действующими на данном аэродроме. Указывается на особенности выполнения работ в соответствии с местными условиями и погодой, размещением других ЛА на аэродроме и препятствиями по предлагаемому маршруту буксирования. Проверяется состояние буксировочных средств, готовность членов бригады к работе. Выполняется инструктаж по технике безопасности. Выполнение требований безопасности исключает повреждение людей и авиационной техники при встрече, рулении и буксировании ЛА.

Любое перемещение ЛА и спецтранспорта по аэродрому строго регламентируются рядом нормативных документов, которые обеспечивают технику безопасности. Основные их требования сводятся к следующему: в кабине буксируемого ЛА должен находиться пилот или бортмеханик, допущенный к полетам на данном типе ЛА, либо лицо инженерно-технического состава, допущенное приказом начальника АТБ к проведению буксирования. Связь водителя тягача с кабиной ЛА осуществляется по рации или переговорному устройству ЛА. Ответственный за буксирование ЛА обязан перед началом работы ознакомить всех специалистов с маршрутом, правилами техники безопасности и контролировать их выполнение. В процессе буксирования должны использоваться команды, установленные НТЭРАТ ГА. ЛА должен быть надлежащим образом подготовлен к буксированию. Перед ней обязательно должны быть выполнены следующие работы: отсоединены от ЛА все средства наземного оборудования, не используемые при буксировании, и убраны из зоны движения; проверена исправность средств связи с буксировщиком, диспетчером службы движения; проверена исправность заземляющих устройств; установлены штыри в замках шасси и контррвыки на штырях; проверено давление в тормозной системе — оно должно быть в допустимых пределах. Буксировочное устройство должно находиться в исправном состоянии для обеспечения надежности в течение всей операции. Следует также проверить исправность аэронавигационного освещения. При необходимости его надо включить. В зоне буксирования следует исключить пребывание посторонних лиц.

Все лица, участвующие в буксировании ЛА, должны находиться на своих рабочих местах, определенных ответственным за буксирова-

ние лицом. Запрещается находиться в зоне движения колес шасси, на ЛА вне кабины, стоять в кузове и на подножке тягача и т. п.

Экипажу запрещается рулить, если давление в тормозных системах ниже установленных пределов или имеются признаки неисправности тормозов; не получено разрешение диспетчера службы движения и ответственного лица ИАС, обеспечивающего выпуск или перемещение ЛА по аэродрому; безопасность не обеспечивается из-за наличия препятствий, неудовлетворительного состояния места стоянки и рулевых дорожек.

Скорость руления выбирается командиром ЛА в зависимости от состояния РД, ВПП, грунта, наличия препятствий и условий видимости. Особые требования предъявляются при пересечении, рулении и буксировании по ВПП. Для этого требуется разрешение службы движения и постоянная связь с ней по рации.

33.4. ПРЕПОЛЕТНАЯ ПРОВЕРКА ДВИГАТЕЛЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ЛА БОРТИНЖЕНЕРОМ

При подготовке ЛА к вылету бортинженер (или бортмеханик) производит запуск двигателей. Все операции, которые должен выполнять бортинженер при запуске и опробовании двигателей, изложены в РЛЭ конкретного типа ЛА. В процессе опробования двигателей бортинженер должен убедиться в легкости хода рукояток управления, правильности показаний приборов контроля силовой установки, значения которых должны находиться в установленных РЛЭ пределах.

Затем проверяется топливная система. Прежде всего необходимо проверить исправность системы контроля, что определяется по загоранию сигнальных лампочек автомата расхода и работы топливных насосов. Переключатель «Автомат—ручное» нужно установить в положение «Автомат». В зависимости от наличия топлива в баках может быть два варианта срабатывания автомата расхода: при загорании лампы «Порядок расхода из бака» должны включиться перекачивающие насосы этих баков и гореть лампы сигнализации их работы; при загорании ламп «Порядок расхода одного бака» и «Порядок расхода другого бака» должны включиться перекачивающие насосы обоих этих баков и гореть лампы сигнализации их работы.

Следует проверить исправность топливомеров поочередным нажатием соответствующих кнопок на каждом из указателей и убедиться, что стрелки смещаются в нужном направлении и на нужное значение. По указателям топливомеров проверяют запас топлива и сверяют его с потребным для задания на полет. Бортинженер обязан также проверить работу «Автомата выравнивания», расходомера, перекрывных топливных кранов, работу всех топливных насосов и работу топливного насоса САУ.

Управление масляной системой в основном сводится к контролю показаний давления и температуры масла на входе в двигатель, а так-

же по сигнальным табло: «Масла мало», «Избыток масла», «Давление масла», «Стружка в масле».

Органы управления и сигнализация системы противопожарной защиты размещены на пульте бортинженера. У пилотов, как правило, установлено только табло «Пожар». Перед взлетом необходимо убедиться, что АЗС системы и АЗС огнетушителей включены, и включить выключатель «Питание». При этом лампы-кнопки и желтые лампы гореть не должны. Затем проверяется кнопка «Контроль лампы» пожарной сигнализации, при нажатии которой загораются лампы-кнопки, желтые лампы и табло «Пожар», а затем поочередно все кнопки «Контроль системы», «Дым в багажном помещении».

Бортинженер обязан проверить работу гидросистем перед полетом до запуска двигателей, после запуска ВСУ, после запуска двигателей и осуществлять контроль за работой гидросистем в полете. Перед запуском двигателей необходимо включить стояночный тормоз и убедиться при этом, что давление в системе остается в допустимых пределах. При очередном запуске двигателей давление в гидросистемах проверяется по манометрам. Контроль за работой гидросистем в полете бортинженер осуществляет по манометрам основных систем и аварийной системы торможения, а также сигнальным лампам. Уровень жидкости в баках проверяется по уровнемерам, которые включаются в работу кнопками на пульте. Порядок проверки гидросистем, значения параметров и основные неисправности перечисляются в РЛЭ конкретного типа ЛА.

Перед вылетом следует также проверить исправность противообледенительных устройств ЛА. Поочередно проверяются противообледенительные устройства воздухозаборников двигателей, крыла и хвостового оперения, предкрылков, стекол фонаря кабины пилотов, приемников полного давления, питающих мембранно-анероидные приборы полным воздушным давлением. Бортинженер проверяет также исправность сигнализаторов обледенения двигателей и самого ЛА. Управление противообледенительными устройствами осуществляется выключателями, установленными на электрошитке у бортинженера. При включении в работу противообледенительных устройств загораются соответствующие сигнальные лампочки. Контроль за работой противообледенительных устройств и проверка их работоспособности осуществляется бортинженером или бортмехаником в соответствии с РЛЭ конкретного типа ЛА.

Действия экипажа на предварительном и исполнительном старте определены в НПП ГА, РЛЭ конкретного типа ЛА, аэродромной инструкции и карте контрольной проверки, имеющейся на борту. Карта контрольной проверки составляется для каждого типа ЛА и может иметь различные конструктивные исполнения. Однако во всех случаях она содержит перечень операций, которые экипаж должен выполнить на старте, перед вылетом.

Непосредственно на исполнительном старте проверяются положение стабилизатора, закрылков, включение приборов, действие рулей

и окончательная готовность к взлету. В этой же карте содержится перечень контролируемых операций, выполняемых до посадки перед снижением и в зоне аэродрома на кругу.

Подготовка ЛА к взлету производится при рулении по РД к ВПП и заканчивается непосредственно на линии исполнительного старта. В процессе руления к предварительному и исполнительному старту члены экипажа обязаны следить за окружающей обстановкой и предупреждать командира о возможных препятствиях. До занятия ЛА исполнительного старта экипаж должен получить от диспетчера службы движения информацию об условиях взлета и выхода из района аэродрома. Взлет производится после выполнения указанных выше операций, доклада о готовности экипажа диспетчеру и получения его разрешения на вылет.

33.5. ПОДГОТОВКА ЛА К ПОЛЕТАМ В СЛОЖНЫХ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Современные ЛА проектируются и изготавливаются с учетом возможности их использования в любых ожидаемых условиях эксплуатации. Однако сложные погодно-климатические условия, обусловленные высокими или низкими температурами окружающего воздуха, наличием повышенной влажности, снега, льда, а также другими экстремальными условиями (штормовой ветер, пыльные или снежные бури, гроза, ливень и др.), вызывают необходимость их учета при подготовке ЛА к полету.

Метеорологическая служба аэропорта обеспечивает контроль этих условий и своевременно оповещает все службы для принятия конкретных мер. Так, руководство АТБ при получении соответствующего предупреждения может временно приостановить обслуживание ЛА и принять соответствующие меры предосторожности для безопасности людей и сохранности техники. Если обслуживание не приостанавливается, то исполнители работ обязаны: исключить попадание воды, снега, пыли в открытые полости систем и демонтированных изделий, приемника статического и полного давления, внутрь топливных баков, кабины, отсеков, других мест, где скопление воды, снега, пыли опасно; пришвартовать ЛА или принять другие меры, предусмотренные для данного типа ЛА, исключающие его повреждение при сильном ветре; установить колодки под колеса, застопорить органы управления; правильно разместить и при необходимости закрепить находящиеся поблизости средства наземного обслуживания, изделия, стенды устройства, крышки люков и другие предметы.

Другие дополнительные работы, которые должны выполнить в подобных случаях специалисты инженерно-авиационной службы, оговорены в НТЭРАТ ГА, РЛЭ и аэродромной инструкции. Низкие температуры окружающего воздуха также приводят к усложнению условий технической эксплуатации ЛА. Так, запуск двигателей произво-

дится после их предварительного подогрева в соответствии с требованиями РЛЭ, запрещается проворачивать воздушные винты (роторы) не подогретого двигателя во избежание поломки деталей. Резиновые изделия (шланги, дюриты, уплотнения, амортизаторы, пневматики) требуют повышенного контроля технического состояния. Такого же контроля требуют соединения трубопроводов гидравлических и воздушных систем. Кроме того, низкие температуры требуют применения соответствующих масел, спецжидкостей и расходных материалов, разрешенных специальными инструкциями для конкретных типов ЛА.

Глава 34

ЭКСПЛУАТАЦИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ПОЛЕТЕ

34.1. УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВЗЛЕТЕ И НАБОРЕ ВЫСОТЫ

Взлет — один из наиболее сложных этапов полета. Перед взлетом на исполнительном старте члены экипажа еще раз проверяют исправность работы всех систем и оборудования согласно картам контрольных проверок и докладывают командиру корабля о готовности к взлету. При этом самолет удерживается на тормозах, предкрылки, закрылки и стабилизатор устанавливаются во взлетное положение, а переключатель управления передней опоры — в положение «разбег—пробег».

Получив разрешение на взлет, двигатели переводят на взлетный режим, плавно отпускают тормоза, и самолет начинает разбег. Выдерживание направления достигается рулем направления, а при боковом ветре могут использоваться и тормоза.

При достижении скорости $V_R = (0,6...0,7)V_{отр}$, пилот перемещением штурвала на себя производит отделение передней опоры шасси от ВПП, а при скорости $V_{отр}$ самолет отрывается от взлетной полосы. После этого на высоте не менее 3...5 км по команде командира экипажа производится уборка шасси.

Расстояние по горизонтали, проходимое самолетом с момента начала движения до набора высоты 10 м с одновременным достижением безопасной скорости $V_{без} = 1,15V_S$ (где V_S — скорость сваливания самолета) называется длиной взлетной дистанции $L_{вз.дист}$ (рис. 34.1). Для современных самолетов $L_{вз.дист} = (1,5...2)L_{раз}$.

На высоте не менее 200 м (в соответствии с РЛЭ) производится уборка закрылков и предкрылков, перекладка стабилизатора. После этого двигатели переводятся на номинальный режим работы и начинается набор высоты. На высоте 300...400 м включается система кондиционирования воздуха в салонах и кабине экипажа, которая автоматически поддерживает заданные температуру и давление.

В условиях возможного обледенения (облачность, туман, снегопад, морось, дождь при температуре $+5^\circ\text{C}$ и ниже) перед вылетом

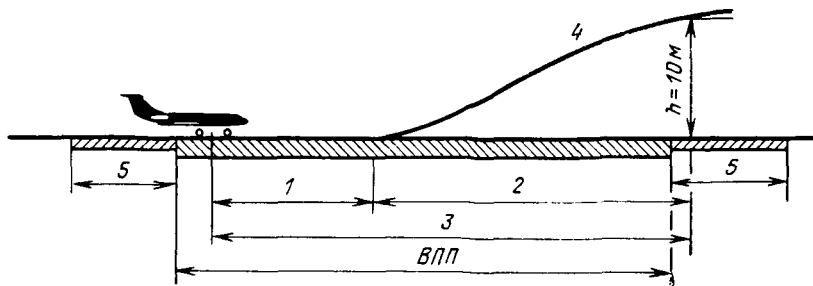


Рис. 34.1. Взлетная дистанция при взлете самолета с ГТД:

1 — длина разбега; 2 — длина воздушного участка; 3 — длина взлетной дистанции; 4 — траектория взлета; 5 — концевая полоса безопасности

включается противообледенительная система двигателей сразу после запуска и вывода их на режим малого газа, а противообледенительная система крыла, оперения и предкрылков — после отрыва от земли.

Основными характеристиками набора высоты являются приборная и вертикальная скорости, пройденное по горизонтали расстояние, время и расход топлива. Применяются два режима набора высоты: максимальной скороподъемности и экономический (скоростной набор). Режим максимальной скороподъемности рекомендуется применять при необходимости быстрого набора высоты в зонах интенсивного воздушного движения, при сильной облачности, болтанке, а также при отказе одного из двигателей. При таком режиме сокращается время набора высоты, уменьшается путь, пройденный по горизонту (рис. 34.2), но увеличиваются общее рейсовое время и расход топлива на рейс.

Экономический (скоростной) режим выполняется на значительно большей приборной скорости. При этом увеличиваются путь и время набора высоты. Его применение обеспечивает наименьшее рейсовое время при меньших затратах топлива на полет. Следовательно, такой режим обеспечивает минимум себестоимости эксплуатации самолета.

Основными показателями взлетных качеств ЛА принято считать длину разбега и проходимость его по грунту. Под проходимостью самолета понимается способность его рулить и совершать взлет и посадку на грунтовом аэродроме, причем глубина колеи, образующаяся от опор шасси при движении самолета, не должна превышать допустимых значений. Приблизительно можно определить допустимое значение глубины колеи как

$$h \leq B/4,$$

где B — ширина пневматика колеса шасси.

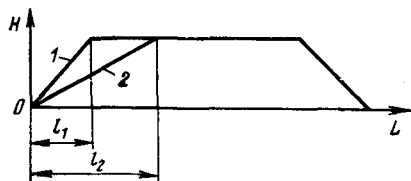


Рис. 34.2. Профиль полета самолета:

1 — при использовании режима максимальной скороподъемности; 2 — при использовании экономического (скоростного) режима набора высоты

Хорошая проходимость обеспечивает возможность взлета самолета с грунтовых аэродромов при пониженной прочности грунта. При взлете с грунтовой ВПП длина разбега зависит от угла атаки на разбеге. При этом минимальная длина разбега достигается на больших углах атаки. Чем меньше прочность грунта или глубже снеговой покров, тем раньше нужно переводить самолет на взлетный угол атаки, чтобы за счет увеличения подъемной силы уменьшить силу трения колес шасси о землю. При взлете с грунтовых полос экипаж должен быть особенно внимателен, так как вследствие неровностей полосы самолет при разбеге может раскачиваться в продольном и поперечном направлении, и определить в этом случае момент отрыва переднего колеса становится затруднительным. Перед взлетом с грунтового аэродрома особо тщательно должны быть проверены расчетом допустимая взлетная масса и длина разбега.

Основная особенность взлета самолета при боковом ветре связана с появлением разворачивающего момента, под действием которого самолет может уклониться от осевой линии ВПП. В этих условиях пилот, пользуясь рулем направления, элеронами, а при необходимости и тормозами, удерживает самолет на осевой линии ВПП. Отрыв самолета в данном случае необходимо производить на скорости, превышающей обычную скорость отрыва на 10...15 км/ч. После отрыва для поддержания направления полета устанавливается угол упреждения.

34.2. УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ДВИГАТЕЛЕЙ В ГОРИЗОНТАЛЬНОМ ПОЛЕТЕ

Режимы горизонтального полета определяются рядом независимых параметров, характеризующих движение ЛА в каждый момент времени и степень напряженности работы силовых установок. Такими параметрами являются высота и скорость полета, курсовой угол, углы траектории, крена и скольжения, а также параметры, характеризующие работу силовых установок (тяга или мощность, частота вращения ротора двигателя, угол УПРТ, величина наддува).

При горизонтальном полете ЛА с ТРД основными параметрами, характеризующими режим полета, являются высота и скорость. Они определяют и режим работы силовой установки, т. е. тягу и частоту вращения. Дополнительным параметром является частота вращения ротора двигателя.

Горизонтальный полет ЛА с турбовинтовыми двигателями, у которых программа регулирования осуществляется по закону $n = \text{const}$, также определяется двумя основными параметрами — высотой и скоростью полета. Дополнительным (контрольным) параметром является положение рычага управления подачей топлива (α УПРТ).

Режим горизонтального полета ЛА с поршневыми двигателями и винтами изменяемого шага (ВИШ) характеризуется высотой, скоростью полета и частотой вращения коленчатого вала двигателя. Но так

как последний параметр не характеризует мощность двигателя с ВИШ, то дополнительно контролируется наддув двигателя P_h .

На заданной высоте режим горизонтального полета ЛА однозначно определяется значением скорости полета. В связи с этим принята классификация режимов горизонтального полета по значению скорости. Основными из них являются следующие режимы: максимальной скорости горизонтального полета $V_{\max}$, который имеет место при максимальной тяге (мощности) двигателей; скорости, соответствующей номинальной тяге (мощности) силовых установок, $V_{p_{\text{ном}}}$; максимальной дальности полета, которому соответствует минимальный километровый расход топлива $V_{c_{\text{км}} \min}$; максимальной продолжительности полета, при котором достигается минимальный часовой расход топлива, $V_{c_{\text{h}} \min}$.

Кроме указанных основных режимов полета, в зависимости от конкретных условий и характера выполняемых задач широко используются и другие (промежуточные) режимы.

Современные ЛА на максимальном режиме работы двигателей в горизонтальном полете, а особенно при снижении могут достигать таких значений скорости, при которых заметно ухудшаются их устойчивость и управляемость, появляются большие перегрузки, вибрация и другие нежелательные явления. Поэтому для каждого типа ЛА устанавливаются ограничения по скорости (числу М).

При полете на малых и средних высотах в плотных слоях атмосферы ограничения по скорости обуславливаются прочностью конструкций ЛА при действии скоростного напора $\rho V^2/2$. В некоторых случаях ограничивающим фактором могут служить колебания элементов конструкции типа «флаттер». Поэтому для указанных высот в качестве критериев ограничения скорости устанавливаются значения максимально допустимой приборной скорости $V_{\text{пр. max доп}}$, что равносильно ограничению по скоростному напору.

При полетах на больших высотах в качестве критерия ограничения скорости полета берется число М. Это объясняется тем, что на больших высотах полета различного рода аномальные явления в поведении ЛА обычно связаны с появлением и последующим интенсивным развитием волнового кризиса на крыле, хвостовом оперении и фюзеляже. При этом ухудшается устойчивость и управляемость ЛА, уменьшается эффективность действия рулей и элеронов. Могут также появиться и автоколебания.

В соответствии с требованиями безопасности и экономичности полетов для ЛА гражданской авиации режимы полетов на скоростях $V_{\max}$ и близких к ним используются очень редко и главным образом в аварийных ситуациях, например при экстренном снижении в случае разгерметизации кабины на большой высоте, при выходе из зоны обледенения, для обхода грозового фронта и т. п. Полеты на этих скоростях сопровождаются большими километровыми и часовыми расходами топлива. Продолжительность работы двигателей на мак-

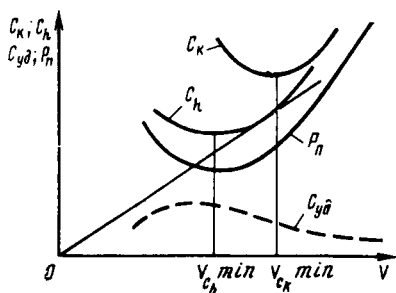


Рис. 34.3. Зависимости C_k , C_h , $C_{уд}$ и P_n от скорости полета V

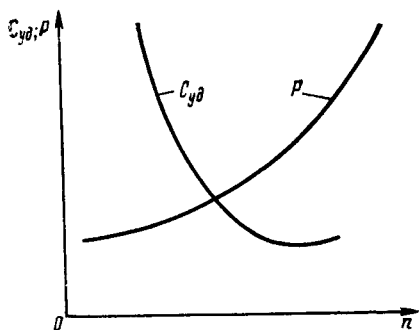


Рис. 34.4. Дроссельные характеристики ТРД

симальных режимах ограничивается по времени, что обуславливается соображениями обеспечения надежности их работы.

Наиболее широко распространены полеты в области крейсерских режимов, особенно на режимах, соответствующих $C_{h \min}$ и близких к ним, когда продолжительность работы двигателей не ограничивается и обеспечивается наиболее высокая безопасность и экономичность полетов.

Влияние скорости полета на часовой и километровый расход топлива выражается зависимостями:

$$C_h = m_T / t; \quad C_k = m_T / l,$$

или

$$C_h = C_{уд} P; \quad C_k = C_h / (3,6V),$$

где m_T — масса топлива, израсходованного в горизонтальном полете, кг; t — время горизонтального полета, ч; l — путь, который пролетает ЛА за время t , км; V — скорость полета, м/с; $C_{уд}$ — удельный расход топлива, кг/Н · ч; P — тяга двигателя, Н.

В установившемся горизонтальном полете тяга двигателя равняется потребной тяге, т. е. $P = P_n$, а следовательно,

$$C_h = C_{уд} P_n; \quad C_k = C_{уд} P_n / (3,6V).$$

Таким образом, часовой расход топлива зависит от потребной тяги и удельного расхода топлива. Зависимость потребной тяги от скорости полета определяется кривой Н. Е. Жуковского (рис. 34.3), штриховой кривой представлена зависимость $C_{уд} = f(V)$.

Удельный расход топлива находится в сложной зависимости от скорости полета. При $n = \text{const}$ с увеличением скорости $C_{уд}$ возрастает, так как уменьшается удельная тяга двигателя. Но для увеличения скорости горизонтального полета приходится увеличивать тягу повышением режима работы, т. е. частоты вращения ротора двигателя. Последнее приводит к уменьшению $C_{уд}$ (рис. 34.4), а в итоге $C_{уд}$ по скорости изменяется мало. В связи с этим зависимость часового расхода

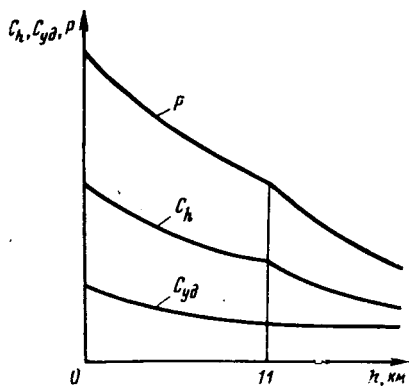


Рис. 34.5. Высотные характеристики ТРД

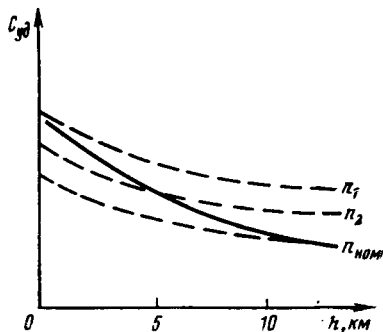


Рис. 34.6. Изменение $C_{уд}$ по высоте полета при различной частоте вращения ротора двигателя ($n_1 < n_2 < n_{ном}$)

$C_h = f(V)$ от скорости полета близка к зависимости потребной тяги от скорости полета. Минимальное значение $C_{h \min}$ соответствует минимальной потребной тяге. Продолжительность полета на этом режиме максимальная.

С увеличением скорости полета увеличивается часовой расход топлива, а следовательно, уменьшается продолжительность полета. При полете на режиме $V_{\max}$ продолжительность полета уменьшается в 2...2,5 раза по сравнению с режимом $V_{C_{h \min}}$.

Минимальный километровый расход топлива $C_{h \min}$, очевидно, соответствует минимуму отношения $C_{уд} P_n / V$, т. е. находится в точке касания прямой, проведенной из начала координат к кривой $C_h = f(V)$. Дальность полета на режиме $V_{C_{h \min}}$ максимальна. При увеличении или уменьшении скорости полета от $V_{C_{h \min}}$ километровый расход топлива увеличивается, а следовательно, дальность полета уменьшается. При полете на режиме $V_{\max}$ дальность полета уменьшается в 1,5...2 раза по сравнению с режимом $V_{C_{h \min}}$.

Высота полета ЛА оказывает существенное влияние на часовой и километровый расход топлива. С подъемом на высоту до 11 км $C_{уд}$ уменьшается (рис. 34.5), т. е. экономичность двигателя повышается. Это объясняется главным образом тем, что с подъемом на высоту температура окружающего воздуха понижается, вызывая повышение степени сжатия воздуха за компрессором, а следовательно, улучшается теплоиспользование вводимого в двигатель топлива. Кроме того, $C_{уд}$ с подъемом на высоту уменьшается еще и потому, что для сохранения заданной приборной скорости (например, $V_{C_{h \min}}$) необходимо поддерживать постоянной потребную тягу двигателя. С подъемом на высоту тяга уменьшается, и для поддержания ее постоянной РУД перемещают вперед, увеличивая тем самым частоту вращения ротора двигателя. При этом $C_{уд}$ уменьшается (рис. 34.6).

Таким образом, с подъемом на высоту $C_{уд}$ уменьшается как за счет температуры окружающего воздуха, так и за счет повышения режима работы двигателя. Уменьшение $C_{уд}$ с подъемом на высоту вызывает уменьшение часового и километрового расхода топлива, а следовательно, увеличение продолжительности и дальности полета. Дальность полета, кроме того, увеличивается с подъемом на высоту вследствие увеличения истинной скорости.

Масса ЛА также оказывает влияние на C_h и C_k . С увеличением полетной массы возрастает и потребная скорость полета:

$$V = \sqrt{2mg / (C_y \rho S)}.$$

Это означает, что увеличивается потребная тяга. С увеличением массы можно летать и на прежней скорости, но при этом необходимо увеличить C_y за счет увеличения угла атаки, что приводит к возрастанию лобового сопротивления, и, следовательно, к росту потребной тяги и расхода топлива. Кроме того, расход топлива увеличивается и потому, что практический потолок более тяжелого ЛА снижается.

Температура и давление окружающего воздуха влияют прежде всего на часовой расход топлива:

$$C_h = C_{hст} \sqrt{T/T_{ст}} P/P_{ст},$$

где $C_{hст}$, $T_{ст}$, $P_{ст}$ — соответственно часовой расход топлива, температура и давление окружающего воздуха при стандартных условиях. При постоянном давлении с понижением температуры окружающего воздуха расход топлива уменьшается, а при повышении температуры увеличивается.

Такая зависимость расхода топлива от температуры окружающего воздуха в основном объясняется изменением давления воздуха за компрессором. Изменение температуры окружающего воздуха не влияет на километровый расход топлива. Это объясняется тем, что значения и числителя, и знаменателя выражения C_h в одинаковой мере зависят от изменения температуры окружающего воздуха. Как известно, истинная скорость полета при постоянном давлении изменяется по такому же закону:

$$V = V_{ст} \sqrt{T/T_{ст}}.$$

Ветер практически не влияет на часовой расход топлива. Это объясняется тем, что часовой расход топлива определяется режимом работы двигателя и не связан с перемещением воздуха относительно земли. Километровый расход топлива зависит от скорости и направления ветра, т. е. от путевой скорости. При попутном ветре километровый расход топлива уменьшается:

$$C_k = \frac{C_h}{3,6 (V + W_{\text{пкв}})},$$

а при встречном ветре увеличивается:

$$C_k = \frac{C_h}{3,6 (V - W_{\text{вкв}})}.$$

Для ЛА с ТРД при установившемся горизонтальном полете имеет место вполне определенная зависимость между скоростью полета и частотой вращения ротора двигателя, определяющей его тягу. Значение частоты вращения (тяги) определяется положением рычага управления двигателем. Для ТРД изменение режима работы, и, следовательно, скорости полета осуществляется за счет изменения положения рычага управления двигателем. Иначе осуществляется управление силовыми установками с винтами изменяемого шага, у которых частота вращения не может характеризовать мощность двигателя и, следовательно, скорость полета.

Для турбовинтовых двигателей зависимость мощности от частоты вращения выражается полем мощностей 1—2—3—4—5 (рис. 34.7). С левой стороны оно ограничено характеристикой 1—5, определяющей значение минимальной частоты вращения, на которой двигатель работает устойчиво. Характеристика 1—2 является предельной по температуре газа. Она ограничивает подачу топлива в зависимости от частоты вращения (расхода воздуха) и является характеристикой автомата приемистости. Характеристика 2—3 получается при максимальном расходе топлива и также ограничивается максимальными значениями температуры газа. Эквидистантно ей изображены аналогичные характеристики для различных расходов топлива m_{T1} , m_{T2} , m_{T3} , m_{T4} и m_{Tmin} . Характеристика 3—4 ограничивает поле мощностей справа. Она ограничивает максимальную частоту вращения для предотвращения раскрутки ротора двигателя. Характеристика 4—5 соответствует минимальному расходу топлива. Дальнейшее уменьшение расхода топлива вызывает срыв пламени в камере сгорания и прекращение работы двигателя. Данная характеристика определяется положением ограничителя минимального расхода топлива.

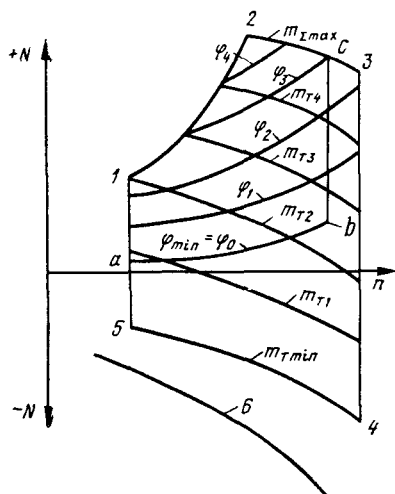


Рис. 34.7. Поле мощностей ТВД

Она лежит в области отрицательных мощностей. Для работы двигателя при таких расходах топлива требуется подвод мощности извне, что достигается за счет энергии набегающего потока воздуха. Мощности турбины при этом не хватает для вращения компрессора и винта, и, следовательно, силовая установка создает отрицательную тягу. Еще ниже располагается кривая потребной мощности (характеристика б) для холодной прокрутки ротора двигателя. В полете для этого используется энергия набе-

гающего воздушного потока, а на земле — мощность пускового устройства.

Предельные значения (границы) поля мощностей обеспечиваются соответствующей настройкой автоматических устройств топливной аппаратуры и регулятора частоты вращения. Изменяя настройку последнего и положение РУД, можно установить режим работы двигателя в полете, соответствующий любой точке в пределах данного поля мощностей. Однако на большинстве ТВД эти возможности не используются, что объясняется рядом особенностей этого типа двигателей, проявляющихся в плохой приемистости, в возможности помпажа при резком повышении режима работы, недопустимо большого заброса температуры. Характеристики ТВД обычно таковы, что разница в мощностях двигателя и винта вне точки пересечения относительно невелика. Это является причиной плохой приемистости данного типа двигателей. Продолжительность перехода ТВД с режима малого газа на взлетный достигает 15 с и более.

Учитывая вышеизложенное, а также принимая во внимание сравнительную сложность применяемых систем регулирования, предпочтение отдается системам, обеспечивающим постоянную частоту вращения. Характеристика двигателя с такой системой при работе на земле будет соответствовать кривой $a-b-c$ (см. рис. 34.7). Точка a соответствует режиму малого газа, при котором винт имеет наименьший угол установки лопастей $\varphi_{\min}$. При перемещении рычага управления двигателем вперед до заданной частоты вращения происходит разгон двигателя по линии $a-b$. Дальнейшее перемещение рычага управления вперед не будет вызывать увеличения частоты вращения, так как при этом вступает в работу регулятор, который поддерживает заданную частоту вращения постоянной. Мощность двигателя и угол установки лопастей при этом будут увеличиваться. При полном открытии дроссельного крана мощность двигателя возрастает до максимального значения (c).

34.4. УПРАВЛЕНИЕ РАБОТОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ И ДВИГАТЕЛЕЙ САМОЛЕТА ПРИ ПОСАДКЕ

В процессе подготовки к посадке, которая начинается на высоте эшелона, проверяют систему управления самолетом, давление в гидравлических и воздушных системах, распределение топлива по группам баков, посадочную массу самолета и др. Если посадку осуществляют в условиях возможного обледенения, то ее выполняют с включенной противообледенительной системой. При этом противообледенительная система крыла, оперения, предкрылков и приемников воздушного давления выключается после приземления ЛА, на пробеге, а стекол и двигателей — перед остановом последних.

Заход на посадку осуществляется одним из двух способов: полетом по кругу или «с прямой», т. е. без круга над аэродромом. Посадка «с прямой» более экономична, но производится с учетом метеоусловий

и опыта экипажа. Полет по кругу выполняется в соответствии с требованиями диспертчера системы посадки на высотах 400...600 м. При этом выключается система кондиционирования и производится разгерметизация кабины. Перед третьим разворотом выпускают шасси; закрылки выпускаются в два приема: после третьего разворота — во взлетное положение, а после четвертого разворота — в посадочное. Четвертый разворот выполняют с таким расчетом, чтобы самолет после разворота «вышел» в направлении ВПП. Пролет дальнего (удаленного от торца ВПП примерно на 7...8 км) и ближнего (удаленного от торца ВПП примерно на 1 км) приводных радиомаркерных пунктов (ДПРМ и БПРМ) выполняется на высотах примерно 200 и 60 м соответственно.

Важным параметром процесса посадки является посадочная дистанция l_n , т. е. расстояние, проходимое самолетом с момента пролета высоты 15 м (над уровнем ВПП) до момента его полной остановки или начала руления (рис. 34.8).

В траектории движения самолета при посадке можно выделить следующие основные участки: предпосадочное снижение, выравнивание, выдерживание, парашютирование и пробег. Участок предпосадочного снижения с высоты 15 м до высоты выравнивания (6...10 м) представляет прямолинейное движение по наклонной траектории с установившейся скоростью. Выравнивание обычно начинается на высоте 6...10 м. На этом участке полета самолет движется по криволинейной траектории, переходя с планирования на режим горизонтального полета. Выравнивание заканчивается в тот момент, когда расстояние до колес от ВПП не превышает 1 м.

После выравнивания для дальнейшего уменьшения скорости до посадочной и создания самолету посадочного положения предусмотрен этап выдерживания. Последний выполняют на задресселированных двигателях с постоянным уменьшением высоты и скорости и заканчи-

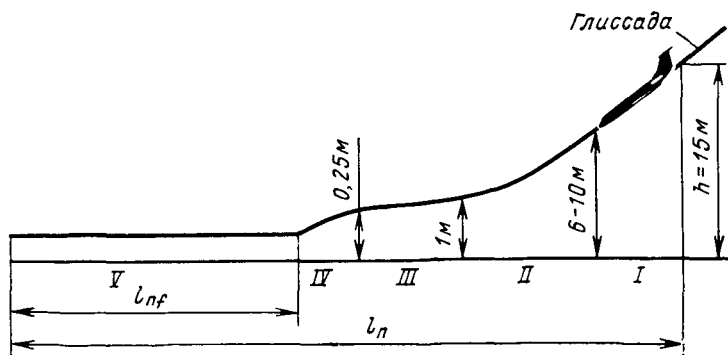


Рис. 34.8. Траектория движения самолета при выполнении посадки:

I — предпосадочное снижение; II — выравнивание; III — выдерживание; IV — парашютирование; V — приземление и пробег

вают при расстоянии от колес до ВПП 0,5...0,25 м. Уменьшение скорости компенсируется непрерывным увеличением угла атаки (движением штурвала на себя), с тем чтобы подъемная сила не намного была меньше силы тяжести самолета. Когда угол атаки будет на 2...3° меньше критического, скорость полета должна уменьшиться настолько, что подъемная сила станет меньше силы тяжести самолета и произойдет парашютирование. При этом самолет, двигаясь по инерции, снижается по криволинейной траектории до момента касания колесами ВПП.

Посадочная дистанция может быть сокращена за счет уменьшения воздушного участка посадочной дистанции и длины пробега, которое может быть достигнуто за счет мастерства экипажа, точности расчета, эффективности использования механизации крыла. От опыта и мастерства экипажа зависит и участок пробега. Здесь важно своевременно и правильно использовать различные средства торможения (тормоза колес и реверс тяги). За счет правильного применения тормозов можно уменьшить длину пробега до 50 %. Тормоза включаются при касании ВПП всех колес шасси самолета. Эффективность тормозов решающим образом зависит от состояния поверхности ВПП, что характеризуется коэффициентом сцепления.

Использование отрицательной тяги ТВД является наиболее эффективным способом уменьшения длины пробега, так как не зависит от состояния ВПП. Уменьшение длины пробега может достигать 50 %.

Как известно, отрицательная тяга возникает, когда угол атаки лопастей винтов становится отрицательным. Это достигается снятием винта с упора при работе двигателя на режиме малого газа. Отрицательная тяга будет тем больше, чем больше скорость самолета на пробеге. Поэтому снимают винт с упора только после опускания передней опоры.

Для ТРД отрицательная тяга достигается изменением направления истечения газов из сопла, т. е. реверсированием тяги. Реверсивная тяга зависит в основном от массы, скорости и угла поворота газа, истекающего в обратном направлении. Отрицательную тягу принято оценивать коэффициентом реверсирования, который представляет собой отношение получаемой отрицательной тяги к статической тяге двигателя:

$$\sigma = P_{\text{рев}} / P_{\text{ст}},$$

где $P_{\text{рев}}$ — отрицательная (реверсивная) тяга; $P_{\text{ст}}$ — статическая тяга двигателя.

Для лучших реверсивных устройств $\sigma = 0,5...0,7$. При торможении за счет реверсирования тяги уменьшается износ покрышек. Эффективность торможения не зависит от состояния ВПП. Включение реверсивных устройств должно производиться после приземления самолета.

Более 90 % расхода топлива в гражданской авиации связано с летной эксплуатацией, поэтому большое внимание уделяется вопросам экономии топлива в полете. Преждевременный запуск двигателей, длительное руление и ожидание взлета приводят к бесполезному расходу топлива. Так, буксирование самолета Ту-154 вместо 5 мин руления дает экономию топлива 250 кг. Подсчитано, что при сокращении времени ожидания взлета самолетов Ил-62, Ту-154 и Ту-134 в каждом рейсе всего на 1 мин можно достичь экономии топлива около 30 000 т в год. Таким образом, четкое взаимодействие диспетчерской службы с экипажами и широкое применение буксирования вместо руления на старт — один из путей экономии ГСМ.

После взлета экипаж должен стремиться сократить время работы двигателей на взлетном режиме и продолжительность маневрирования самолета в районе аэродрома за счет более точного выдерживания схемы, установленной для данного аэропорта. Как известно, взлетный режим характеризуется максимальным часовым расходом топлива. Поэтому, например, на парке самолетов Ту-154, где он составляет около 300 кг/мин, сокращение продолжительности работы двигателей на взлетном режиме всего на 1 с обеспечивает экономию топлива 150 т в год.

Часовой и километровый расходы топлива существенно зависят от скорости, высоты полета и полетной массы ЛА. Наивыгоднейшая высота (эшелон) полета зависит от дальности, а наивыгоднейшая скорость примерно соответствует режиму минимального километрового расхода $C_{h\min}$. Всякое отклонение от наивыгоднейших эшелонов и крейсерской скорости влечет за собой перерасход топлива в полете. Так, на самолете Ту-154 увеличение скорости полета от наивыгоднейшей лишь на 10 км/ч приводит к увеличению расхода топлива на 150 кг/ч, а уменьшение высоты полета только на один эшелон — на 420 кг/ч. При полетах на большие расстояния можно значительно уменьшить расход топлива путем ступенчатого повышения высоты полета.

Экономию расхода топлива в полете обеспечивает также оптимальная масса заправляемого на каждый рейс топлива. Так, на самолете Ту-154 провоз 1 т «лишнего» керосина влечет за собой перерасход топлива на 120 кг/ч.

Некоторую экономию топлива может дать внедрение режимов экономического снижения с эшелона полета. Для этого высота и дальность начала снижения выбирается таким образом, чтобы снижение проходило непрерывно с постоянным углом наклона глассады вплоть до конечного этапа захода на посадку. Саму посадку желательно осуществлять без выполнения круга, т. е. «с прямой», учитывая, что полет по кругу длится 5...6 мин, а расход топлива примерно для самолета Ту-154 составляет 110 кг/мин.

Экономия топлива по окончании полета может быть достигнута за счет руления самолетов с ВПП на место стоянки с частью выключенных двигателей. Так, на самолете Ту-154 при рулении на одном двигателе вместо трех экономия достигает 30 кг/мин. Еще большая экономия (50 кг/мин) достигается, если этот самолет буксировать на стоянку тягачом. Не следует забывать и такого резерва экономии топлива, как повышение коммерческой загрузки ЛА. Ее увеличение только на 1 % по всему парку самолетов ГА приведет к экономии 112 000 т топлива в год.

Важным источником экономии топлива является широко проводимая работа по спрямлению воздушных трасс. Только в одном Уральском УГА в результате спрямления трасс было сэкономлено за год 2181 летных часов и 4500 т топлива. Для сокращения расходов топлива исключают промежуточные посадки для дозаправки топливом ЛА, а также сокращают тренировочный налет за счет широкого использования тренажеров при подготовке экипажей к полетам.

Глава 35

ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДВИГАТЕЛЕЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ В ОСОБЫХ СИТУАЦИЯХ ПОЛЕТА

35.1. ПОЛЕТЫ В УСЛОВИЯХ ОБЛЕДЕНЕНИЯ

В атмосфере при отрицательных температурах содержатся переохлажденные частицы влаги. При соударении с элементами конструкции летящего с большой скоростью ЛА они замерзают и с течением времени образуют слой льда. Обледенение происходит главным образом при полете в облаках, тумане, дожде и мокром снеге, где имеется видимая сконцентрированная влага. Наиболее «благоприятные» температурные условия для обледенения ЛА — 0...10 °С, хотя обледенение возможно и в более широком диапазоне температур.

Интенсивность обледенения, определяющаяся скоростью нарастания ледяного покрова в единицу времени, зависит от скорости полета, размеров капель и концентрации сконденсировавшейся влаги в 1 м³ воздуха (водности воздуха). Толщина ледяного покрова зависит от продолжительности полета в зоне обледенения. При полете ЛА на небольших скоростях, при которых обтекаемые поверхности имеют температуру ниже 0 °С, форма ледяного покрова зависит от размера переохлажденных капель. При малом диаметре капель форма льда обычно имеет пикообразный вид (рис. 35.1, а). Если переохлажденные капли крупных размеров, то при соударении с передними кромками обтекаемых поверхностей они сначала растекаются, а потом уже замерзают. В этом случае поверхность обледенения больше, чем при каплях мало-

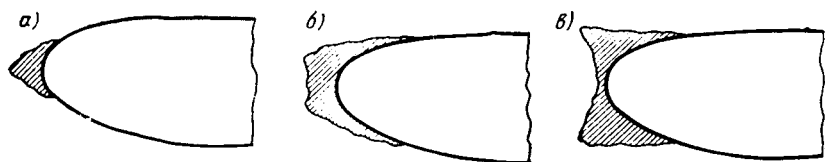


Рис. 35.1. Виды обледенения ЛА

го размера (рис. 35.1, б). Обычно это полупрозрачный ледяной покров, имеющий пологое корытце на носке.

При повышенных скоростях полета, когда передняя кромка профиля вследствие аэродинамического нагрева имеет положительную температуру, обледенение ЛА имеет желобкообразную (роговидную) форму (рис. 35.1, в). Это объясняется тем, что осевшая на передней кромке влага не замерзает, а сдувается воздушным потоком к более холодной части профиля, где и примерзает к обтекаемой поверхности. При сдувании капли сливаются друг с другом, образуя сплошную плену. Поэтому желобковая форма льда не содержит пустот и имеет стекловидную структуру. С дальнейшим увеличением скорости полета, а следовательно, и аэродинамического нагрева, когда обтекаемые поверхности имеют положительные температуры, обледенение ЛА становится невозможным. Аэродинамический нагрев передней кромки приближенно может быть определен как

$$\Delta t = V^2/2000, \quad (35.1)$$

где V — скорость полета, м/с.

Эта формула справедлива для условий адиабатического нагрева. В реальных условиях обледенения вследствие теплоотдачи и испарения влаги с обтекаемой поверхности ЛА нагрев оказывается на 40... 50 % ниже расчетных значений. Если, например, самолет пробивает облака со скоростью 720 км/ч, то средний нагрев передней кромки крыла будет не 20 °С, как это следует из формулы, а всего лишь 10... 12 °С. В этом случае при температуре облаков ниже —12 °С произойдет обледенение самолета, так как температура обтекаемой его поверхности окажется ниже нуля. При температуре облаков выше —12 °С или скорости полета выше 720 км/ч обледенение ЛА исключается.

Наиболее часто подвержены обледенению передние кромки крыла, стабилизатора и киля, лобовые стекла фонаря, воздухозаборники двигателей, элементы силовой установки, расположенные во всасывающем канале (стойки, лопатки направляющего аппарата, защитные сетки), антенны и приемники воздушного давления.

В результате обледенения искажаются формы профилей крыла и хвостового оперения, что может существенно увеличить C_x , массу ЛА, снизить C_y , $\alpha_{кр}$, ухудшить устойчивость и управляемость ЛА. Появление на передней кромке горизонтального оперения даже срав-

нительно небольшого слоя льда может существенно осложнить пилотирование ЛА, особенно на предпосадочном планировании после выпуска закрылков. В этом случае угол атаки стабилизатора может приблизиться к критическому значению. Указанные явления относятся в первую очередь к ЛА, имеющим мощную механизацию крыла.

При обледенении воздухозаборника и элементов силовой установки во всасывающем канале уменьшается расход воздуха, а следовательно, уменьшается и тяга двигателя, повышается его температурный режим. При этом возможны неустойчивая работа (помпаж) и тряска двигателя. Оторвавшиеся куски льда могут попасть в компрессор и вывести его из строя. Учитывая это, при наличии условий обледенения командир экипажа и диспетчер службы движения перед вылетом должны выбрать такой эшелон полета, который дал бы возможность лететь вне зоны обледенения. Если это не удастся сделать и невозможно также обойти зону обледенения по маршруту полета, то экипаж должен привести в действие все бортовые противообледенительные средства. Для повышения надежности работы последних включение их в полете производят заранее, перед входом ЛА в зону обледенения. Если по тем или иным причинам включение противообледенительных средств не дает желаемых результатов и обледенение продолжается, то необходимо потребовать замены эшелона для выхода из зоны обледенения, а при необходимости посадить самолет на ближайшем аэродроме.

Полеты в условиях обледенения могут выполняться только на ЛА, оборудованных противообледенительными системами. На современных ЛА получили распространение воздушно-тепловые, электротепловые и электроимпульсные противообледенительные системы (ПОС). Они обеспечивают защиту от образования льда, а также удаление льда с обогреваемых поверхностей ЛА. От обледенения на ЛА защищаются: предкрылки, носки крыла, стабилизатора и киля, воздухозаборники и входной направляющий аппарат двигателей, лобовые стекла и форточки фонаря кабины экипажа, приемники полного давления, датчики углов атаки, передние кромки лопастей и коки воздушных винтов. Функционирование электротепловых и электроимпульсных ПОС обеспечивается самолетными источниками электропитания, воздушно-тепловых — горячим воздухом, отбираемым от двигателей.

Информацию о начале самолета экипаж получает от сигнализаторов обледенения планера и двигателей. Часть предкрылков, носков крыла и воздухозаборников двигателей может быть осмотрена экипажем в полете через форточки кабины экипажа и окна в пассажирских салонах. Основное управление ПОС осуществляется с пульта бортинженера. Включается ПОС крыла и оперения только в полете до входа в зону обледенения и выключается через 10 мин после выхода из нее.

Обогрев стекол включается с земли на все время полета независимо от климатических условий, а двигателей на земле — независимо от обледенения при температуре наружного воздуха ниже $+5^{\circ}\text{C}$ при наличии тумана, мороси, дождя или снегопада. Опыт эксплуатации

показывает, что воздушно-тепловые системы достаточно эффективны и надежны в работе. Следует иметь в виду, что при полете на пониженных режимах работы двигателя снижаются расход и температура воздуха, отбираемого для противообледенительной системы. При снижении, например, температура воздуха на входе в противообледенительную систему может быть ниже в 2 раза, чем в режиме набора высоты. При этом снижается и эффективность действия системы. Не рекомендуется также включать воздушно-тепловую систему на максимальном режиме работы двигателя, так как с уменьшением подачи воздуха в камеры сгорания может значительно повыситься температура газа и даже появиться помпаж компрессоров.

На некоторых типах ЛА (Ил-86, Ил-96) применяется электроимпульсная ПОС крыла и хвостового оперения. Удаление льда производится созданием импульсной упругой деформации в обшивке защищенных поверхностей. Деформация создается электромагнитными индукторами, размещенными в обогреваемых участках крыла и хвостового оперения.

35.2. ПОЛЕТЫ В УСЛОВИЯХ АТМОСФЕРНОЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ

Причиной атмосферной турбулентности является наличие в атмосфере градиентов температур, давлений и скоростей. На возникновение турбулентности в атмосфере оказывает влияние наличие резких фронтов погоды, струйных течений, рельефа местности.

В установившемся горизонтальном полете сумма вертикальных сил, действующих на ЛА, равна нулю, а перегрузка равна 1:

$$n_Y = Y / (mg) = 1.$$

При действии вертикального порыва на ЛА изменяется угол атаки, а следовательно, и подъемная сила. Это вызывает вертикальные и угловые перемещения ЛА, которые дополнительно влияют на изменение угла атаки. При этом возрастает перегрузка на величину Δn_Y :

$$n_Y = (y + \Delta Y) / (mg) = 1 + \Delta n_Y.$$

Учитывая, что вертикальные потоки (порывы) могут быть восходящими и нисходящими, и приращение перегрузки может быть как положительным, так и отрицательным, т. е. $\Delta n_Y = \pm \Delta Y / (mg)$. Это вызывает дополнительные напряжения в силовых элементах конструкции. При большой турбулентности атмосферы возникающие перегрузки могут вызвать напряжения, превосходящие установленный запас прочности данного ЛА.

Дополнительную перегрузку при полете в турбулентной атмосфере можно определить следующим образом.

Увеличение угла атаки от вертикального порыва ветра (рис. 35.2)

$$\operatorname{tg} \Delta \alpha = W / V,$$

где W — скорость вертикального порыва ветра; $\Delta \alpha$ — приращение угла атаки

Учитывая, что $\Delta\alpha$ мало, можно принять $\Delta\alpha = W/V$.

Увеличение перегрузки вследствие изменения угла атаки

$$\Delta n_Y = \pm \frac{\Delta Y}{mg} = \pm \frac{C_Y^\alpha \rho V^2 S}{2mg} \Delta\alpha =$$

$$= \pm \frac{C_Y^\alpha W \rho V S}{2mg}, \quad (35.2)$$

где C_Y^α — коэффициент подъемной силы; ρ — плотность воздуха.

Из этой формулы видно, что при данном значении скорости вертикального порыва прирост перегрузки пропорционален скорости полета.

При полете в атмосферной турбулентности действующие на ЛА неуравновешенные силы вызывают не только вертикальные, но и боковые перегрузки Δn_z . Однако горизонтальные составляющие порывов ветра обычно меньше влияют на движение ЛА.

При полете в зоне турбулентности интенсивные порывы воздуха, изменяя углы атаки и скольжения, вызывают не только дополнительные перегрузки, продольные и боковые колебания ЛА, но и ухудшают его устойчивость и управляемость. При скорости вертикальных порывов, превышающих 10...12 м/с, ЛА может выйти на режим тряски, вызванной срывами потока на возросших углах атаки. Дальнейшее увеличение вертикальных скоростей, а следовательно, и углов атаки может вызвать сваливание на крыло ЛА.

Пилотирование и выдерживание режима полета в турбулентной атмосфере выполняется в соответствии с требованиями Руководства по летной эксплуатации данного типа ЛА. При большой турбулентности командир экипажа имеет право (с разрешения диспетчера) изменить высоту полета или обойти зоны большой атмосферной турбулентности на безопасном расстоянии, особенно зоны с грозовой деятельностью и пыльной бурей. ЛА достаточно устойчивы и, как правило, сами без помощи пилота стремятся сохранить исходное балансировочное положение. Поэтому пилот не должен реагировать рулями на каждое отклонение ЛА от направления установившегося движения.

35.3. САМОВЫКЛЮЧЕНИЕ И ЗАПУСК ГТД В ПОЛЕТЕ

При полете на больших высотах не исключена возможность самовыключения ГТД, что объясняется сужением диапазона устойчивой работы камер сгорания с подъемом на высоту (рис. 35.3).

При этом непосредственными причинами самовыключения двигателей в полете могут быть: резкое изменение положения РУД, отклю-

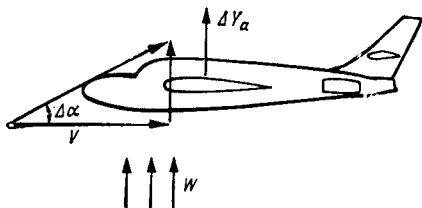


Рис. 35.2. Увеличение угла атаки за счет вертикального порыва ветра

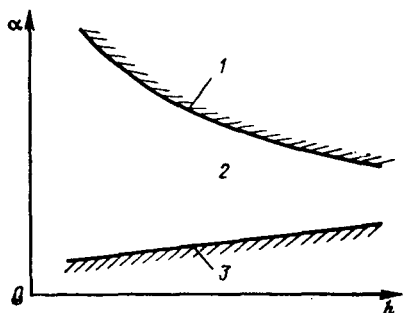


Рис. 35.3. Уменьшение диапазона устойчивой работы камеры сгорания с подъемом на высоту:

1 — граница крайне обедненной смеси; 2 — область устойчивого горения; 3 — граница крайне богатой смеси

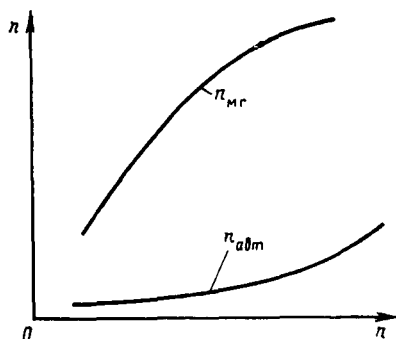


Рис. 35.4. Изменение частоты вращения при работе двигателя на малом газе и авторотации в зависимости от высоты полета

чение или отказ в работе насосов подкачки, резкие эволюции самолета' особенно такие, которые связаны с уменьшением подачи воздуха в камеры сгорания, чрезмерное изменение положения регулирующей иглы воздухозаборника, помпаж компрессора. Во всех этих случаях нарушается соотношение между массой подаваемого в двигатель топлива и воздуха, что вызывает изменение коэффициента избытка воздуха α . В тех случаях, когда α выходит за пределы устойчивой работы камер сгорания, происходит срыв пламени.

Ротор остановившегося двигателя авторотирует под действием энергии набегающего потока. Поэтому под запуском двигателя в полете подразумевается переходный процесс, при котором двигатель с режима авторотации переходит на режим малого газа вследствие возобновления горения в камерах сгорания. На запуск двигателя в полете оказывают влияние давление, температура и скорость воздуха на входе в двигатель, коэффициент избытка воздуха и качество распыла топлива форсунками. При этом чем выше давление и температура воздуха на входе в камеры сгорания на режиме авторотации, тем благоприятнее условия смесеобразования, а следовательно, и запуска двигателя. Низкие температуры и давление, наоборот, ухудшают условия запуска.

На успех запуска двигателя в полете также влияет и соотношение частот вращения ротора двигателя при работе на малом газе и режиме авторотации. При постоянной приборной скорости полета частота вращения ротора двигателя $n_{авт}$ с увеличением высоты возрастает, что объясняется увеличением перепада давления воздуха на последних ступенях компрессора и на турбине. Частота вращения на режиме малого газа $n_{мг}$ многих двигателей с системами регулирования, обеспечивающими постоянный расход топлива, с увеличением высоты увеличивается быстрее, чем $n_{авт}$ (рис. 35.4). С подъемом на высоту разрыв

между $n_{\text{мг}}$ и $n_{\text{авт}}$ увеличивается, а следовательно, увеличивается продолжительность запуска двигателя. При этом возникает опасность перегрева двигателя.

Для запуска двигателей на больших высотах требуется более точная дозировка топлива специальными автоматическими системами. При отсутствии таких систем запуск двигателя на больших высотах, как правило, более медленный. Иногда он сопровождается «зависанием частоты вращения», повышением температуры и в ряде случаев помпажем, что вызывается обогащением топливоздушнoй смеси, уменьшением полноты сгорания, снижением перепадов давления на турбине. В настоящее время максимальная высота надежного запуска серийных двигателей составляет 8...9 км. При наличии специальных устройств она может быть увеличена.

Запускать в полете разрешается только исправный двигатель, когда экипажу известна причина его остановки и когда запуск не угрожает безопасности полета. Если полет производился на больших высотах, то необходимо снизиться и войти в зону высот надежного запуска для данного типа ЛА, установить рекомендуемые в Руководстве по летной эксплуатации скорость полета и частоту вращения авторотации двигателя. Перед запуском следует убедиться, что пожарный кран открыт. После этого нужно нажать кнопку «Запуск в воздухе» и через 3...5 с перевести рычаг управления двигателем из положения «Стоп» в положение «Малый газ». О характере процесса запуска двигателя судят по увеличению частоты вращения и температуры газа.

Если в течение 1 мин с момента нажатия на кнопку «Запуск в воздухе» частота вращения не увеличивается, то запуск двигателя прекращают (отпускается кнопка) и переводят рычаг управления двигателем в положение «Стоп». Перед повторной попыткой запуска необходимо снизиться на меньшую высоту полета, продуть двигатель на режиме авторотации не менее 30 с и затем повторить запуск. Чем ниже высота полета, тем лучше условия для запуска двигателей в полете. Однако по соображениям безопасности полетов на высотах ниже 2 км запускать двигатель не рекомендуется.

При запуске ТВД в полете выполняются в основном те же операции, что и для ТРД. Дополнительно перед включением кнопки «Запуск в воздухе» необходимо вывести винт из флюгерного положения и при достижении необходимой частоты вращения запустить двигатель. Учитывая, что в процессе вывода винта из флюгерного положения и запуска двигателя появляется отрицательная тяга, существенно усложняющая пилотирование самолета, остановившиеся ТВД в полете на самолетах с пассажирами запускать не рекомендуется.

35.4. ОТКАЗ ОДНОГО ИЗ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВЗЛЕТЕ

Взлет — один из наиболее сложных этапов полета. Отказ двигателя при взлете вызывает снижение тяговооруженности, несимметричность тяги, уменьшение скороподъемности, ухудшение управляемос-

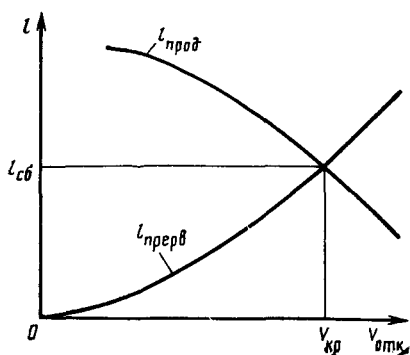


Рис. 35.5. Характеристика прерванного и продолженного взлета

ности, называемой критической скоростью $V_{кр}$. При этой скорости дистанции прерванного и продолженного взлетов одинаковы. Проекция точки пересечения на ось l определяет сбалансированную длину взлетной дистанции $l_{сб} = l_{прер} = l_{прод}$ при $V_{отк} = V_{кр}$. В этом случае возможно как продолжение, так и прекращение взлета. Если $V_{отк} < V_{кр}$, то взлет должен быть прекращен, а при $V_{отк} > V_{кр}$ продолжен. Поэтому скорость $V_{кр}$ называется скоростью принятия решения.

Длина сбалансированной взлетной дистанции является наибольшей из всех возможных случаев отказа двигателя при взлете, когда он еще возможен. В связи с этим размеры ВПП определяются длиной этой дистанции для ЛА каждого типа.

При расчете дистанции прерванного взлета при отказе одного из двигателей на $V = V_{кр}$ (рис. 35.6) в длину участка торможения включается длина, проходимая ЛА за время реакции пилота, перевода работающих двигателей на режим малого газа и приведения в действие всех тормозных устройств. Расстояние, которое пройдет за это время ЛА,

$$\Delta l = V_{отк} t, \quad (35.3)$$

где t — время перехода от разбега к торможению. Оно должно быть не менее 3 с.

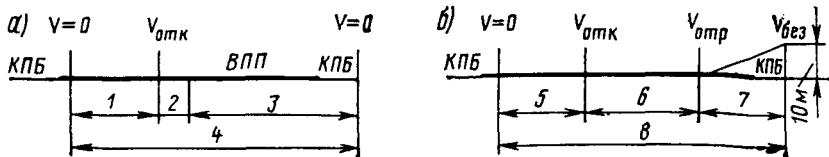


Рис. 35.6. Дистанции прерванного (а) и продолженного (б) взлета:

1, 5 — участки разбега при работе всех двигателей; 2 — участок ВПП, проходимый ЛА за время реакции пилота, при переводе двигателей на режим малого газа и приведении в действие тормозных устройств; 3 — участок торможения; 4 — участок прерванного взлета; 6 — участок разбега с отказавшим двигателем; 7 — воздушный участок; 8 — участок продолженного взлета

Дистанция прерванного взлета

$$l_{\text{прерв}} = l_{\text{раз}} + \Delta l + l_{\text{тор}},$$

где $l_{\text{тор}}$ — длина тормозного пути.

Подставляя их значения, получим

$$l_{\text{прерв}} = V_{\text{отк}}^2 / (2j_{\text{раз}}) + V_{\text{отк}} t + V_{\text{отк}}^2 / (2j_{\text{тор}}),$$

где $j_{\text{раз}}$, $j_{\text{тор}}$ — среднее ускорение на участках разбега от $V = 0$ до $V_{\text{отк}}$ и торможения соответственно.

Дистанция продолженного взлета

$$l_{\text{прод}} = \frac{V_{\text{отк}}^2}{2j_{\text{раз}}} + \frac{V_{\text{отр}}^2 - V_{\text{отк}}^2}{2j_{\text{раз}} z - 1} + \frac{mg}{P_{\text{изб}} z - 1} \left[\frac{(V_{\text{бвз}}^2 - V_{\text{отр}}^2)}{2g} + 10 \right],$$

где $j_{\text{раз}} z - 1$ — среднее ускорение на участке разбега с отказавшим двигателем; $P_{\text{изб}} z - 1$ — среднее значение избыточной тяги ($P - X$) на участке набора высоты 10,0 м и разгона ЛА с отказавшим двигателем.

Экипаж перед каждым полетом должен определять $V_{\text{кр}}$ по специальным номограммам, разработанным для ЛА каждого типа.

35.5. ПОЛЕТ САМОЛЕТА С НЕСИММЕТРИЧНОЙ ТЯГОЙ

Современные ЛА позволяют продолжать полет после выключения одного двигателя, т. е. в условиях несимметричной тяги. Такой полет может выполняться с учебной целью или в тех случаях, когда остановившийся двигатель по тем или иным причинам не запускается или его запускать нельзя.

При выключении двигателя создается разворачивающий и кренящий моменты в сторону остановившегося двигателя. Это особенно ярко проявляется на ЛА с ТВД, где при останове двигателя регулятор частоты вращения перепускает масло в канал малого шага винта. Лопасти при этом поворачиваются в сторону уменьшения установочных углов, переходя таким образом на отрицательные углы атаки. Этот процесс во времени совершается очень быстро и при большой скорости полета также быстро возникает и в дальнейшем нарастает отрицательная тяга винта отказавшего двигателя (рис. 35.7). Таким образом, в короткий промежуток времени нарушается баланс тяг с одной и с другой половин крыла, что является причиной резкого разворота и крена ЛА в сто-

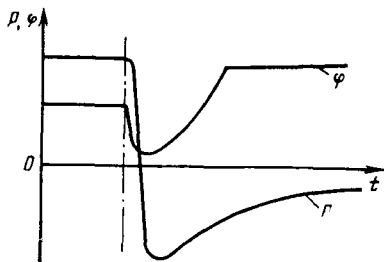


Рис. 35.7. Изменение тяги двигателя P и угла установки φ лопастей при останове двигателя в полете с последующим переводом лопастей во флюгерное положение

рону остановившегося двигателя, а следовательно, и опасной ситуации для полета. В этом случае экипаж ЛА должен немедленно парировать элеронами и рулем поворота стремление ЛА к крену и развороту, а также включить систему флюгирования винта. После этого ЛА балансируют триммерами, переводят РУД остановленного двигателя в положение «Стоп», а также закрывают пожарный кран и заслонку масляного радиатора. Работающим двигателям (двигателю) устанавливается повышенный режим работы для поддержания необходимой скорости полета. Открывают также кран кольцевания и устанавливают контроль равномерности выработки топлива из правой и левой групп баков. Если двигатель отказывает на большой высоте, то ЛА может лететь со снижением до некоторой высоты, после чего перейдет в горизонтальный полет. Эта новая высота горизонтального полета зависит от числа и режима работающих двигателей и массы ЛА.

Посадка ЛА с несимметричной тягой особых трудностей не вызывает. Развороты можно выполнять в обе стороны с креном не более 15° , однако предпочтительнее — в сторону работающих двигателей. Режим работы двигателей при снижении рекомендуется держать выше (согласно РЛЭ), чем при обычной посадке. Требуется соблюдать большую осторожность при пилотировании ЛА, не допуская при этом значительного скольжения. При необходимости возможен уход на второй круг, но решение об этом принимается экипажем раньше, на большей высоте, чем при обычных условиях посадки.

35.6. ВОЗНИКНОВЕНИЕ И ТУШЕНИЕ ПОЖАРА В ПОЛЕТЕ

Пожар на ЛА может быть вызван различными причинами. Основными из них являются прогар и разрушение горячих коммуникаций двигателя, негерметичность топливной, масляной и гидравлической систем, неисправности в электропроводке (искрение, короткое замыкание).

Прогар горячих коммуникаций обычно вызывается ухудшением условий их охлаждения и неисправной работой топливных форсунок, при которой изменяется масса подаваемого в камеры сгорания топлива и ухудшается качество его распыла. Особенно нежелательной является струйная подача топлива, вызывающая чрезмерное местное обогащение топливовоздушной смеси, так как при этом возникают длинные языки пламени, выходящие за пределы зоны нормального горения. Продолжительное воздействие их на стенки камер сгорания или другие элементы горячей части двигателя может привести к прогару и разрушению горячих элементов. Неисправная работа форсунок вызывает также большую неравномерность поля температур и давлений перед турбиной, что является одной из причин обрыва лопаток турбины. Оборвавшаяся лопатка может вызывать разрушение корпуса двигателя, а следовательно, и пожар на ЛА.

Негерметичность топливных, масляных и гидравлических систем особенно опасна в местах, прилегающих к горячим деталям двигателя, или в местах возможного искрения в электропроводке.

Для повышения безопасности полетов уделяется большое внимание разработке более эффективных систем пожаротушения и автоматизации их включения, наиболее рациональному размещению противопожарных перегородок и др. Однако эти мероприятия конструктивного характера должны сочетаться с хорошо организованной системой технического обслуживания, обеспечивающей правильную эксплуатацию силовых установок и их оборудования, постоянную готовность к действию пожарных систем.

При возникновении пожара на двигателе в полете системы сигнализации и тушения должны сработать автоматически. Однако независимо от этого экипаж, заметив пожар, должен привести в действие пожарное оборудование путем нажатия на соответствующие кнопки, остановить двигатель и перекрыть пожарный кран. Одновременно с этим следует перевести ЛА в режим аварийного снижения.

В отдельных случаях для тушения пожара рекомендуется использовать сдувание пламени за счет правильно выбранного маневра ЛА (скольжения, увеличения или уменьшения скорости).

После прекращения пожара на двигателе по соображениям безопасности запускать двигатель в полете запрещается. В этом случае полет продолжается с выключенным двигателем или принимается решение о посадке ЛА.

Если после срабатывания всех баллонов пожар ликвидировать не удастся, то необходимо выполнить вынужденную посадку на ближайший аэродром или любую пригодную площадку. Пожар в кабине или салонах ликвидируют ручными огнетушителями, находящимися на борту ЛА. О случаях возникновения пожара в полете командир экипажа сообщает диспетчеру службы движения.

35.7. ПОСАДКА ЛА С НЕИСПРАВНЫМИ ОРГАНАМИ ПРИЗЕМЛЕНИЯ

При отказе элементов систем управления уборкой и выпуском шасси могут быть случаи невыпуска передней опоры, одной из основных опор, обеих основных опор шасси. Если по тем или иным причинам не выпускается передняя опора шасси, то посадка ЛА производится следующим образом. Перед посадкой ЛА желательно его облегчить путем выработки или слива топлива, а также создать максимально возможную заднюю центровку. Командир экипажа докладывает руководителю полетов о неисправности шасси, получает разрешение на посадку и другие необходимые указания. Экипаж подготавливает переносные (бортовые) огнетушители в передней кабине, пассажиры пристегивают ремни. Заход на посадку, снижение и выравнивание выполняют в обычном порядке. В процессе выравнивания выключают все двигатели и закрывают пожарные краны.

Посадка ЛА производится на основные опоры шасси, и в двухточечном положении он удерживается штурвалом до тех пор, пока позволяет эффективность рулей высоты. В первой половине пробега, когда руль высоты еще достаточно эффективен, следует использовать имеющиеся средства торможения, взяв штурвал полностью на себя. Перед опусканием носа необходимо прекратить торможение. После остановки ЛА экипаж оказывает помощь в эвакуации пассажиров.

Если одна из основных опор шасси не выпускается, то посадка производится на другую (исправную). Всю подготовительную работу в этом случае выполняют так же, как и при посадке с невыпущенной передней опорой. Выравнивание и выдерживание производят с креном в сторону выпущенной опоры, перед приземлением выключают двигатели и автомат тормозов, закрывают пожарные краны. Приземляются на одну опору основного шасси, после чего самолет опускается на переднюю опору, для чего используются имеющиеся средства торможения. ЛА по возможности дольше удерживается элеронами от сваливания на крыло. В процессе пробега непосредственно перед сваливанием самолета на крыло в сторону невыпущенной опоры необходимо включить аварийное торможение колес выпущенной опоры шасси.

В тех случаях, когда шасси полностью не выпускается или выпускается только передняя опора, посадку самолета производят на фюзеляж. При этом переднюю опору, если она выпускается, необходимо убрать или снять с замка выпущенного положения. Подготовку к посадке ведут аналогично предыдущим случаям.

Посадку на фюзеляж производят по указанию руководителя полетов и только на грунт. При расчете посадки следует учесть уменьшенное лобовое сопротивление самолета из-за убранного шасси. Перед приземлением выключают двигатели, закрывают пожарные краны, обесточивают бортовую электрическую сеть, открывают аварийные люки. При возникновении пожара после посадки ЛА или ранения пассажиров экипаж под руководством командира организует тушение пожара и оказывает помощь пострадавшим.

Глава 36

РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ В ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

36.1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И ИНЦИДЕНТОВ ПО ТЕХНИЧЕСКИМ ПРИЧИНАМ

Комплексное свойство авиационно-транспортной системы, заключающееся в ее способности осуществлять воздушные перевозки без угрозы для жизни и здоровья людей, предупреждать возникновение особых ситуаций, составляет понятие безопасности полетов. Это свой-

ство характеризуется уровнем безопасности полета, который определяется вероятностью того, что в полете не возникнет катастрофическая ситуация.

Безопасность полетов является той комплексной характеристикой, по которой можно судить о надежности АТ, качестве управления эффективностью эксплуатации ЛА, квалификации и зрелости кадров, а также о состоянии дисциплины и общего порядка на предприятиях гражданской авиации.

Следствием особых ситуаций, возникающих в процессе эксплуатации, могут быть авиационные происшествия (АП) или инциденты.

Авиационное происшествие — событие, связанное с использованием ЛА, которое имело место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полет, до момента, когда все лица, находившиеся на борту с целью полета, покинули ЛА, и обусловленное нарушением нормального функционирования ЛА, экипажа, служб управления и обеспечения полетов, воздействием внешних условий, в результате которого наступило одно из следующих последствий:

хотя бы одно из находившихся на борту лиц погибло или его здоровью был причинен ущерб, повлекший смерть в течение 30 сут с момента происшествия;

ЛА получил повреждение силовых элементов планера или совершил посадку на местность, эвакуация с которой является технически невозможной или нецелесообразной;

хотя бы одно лицо из находившихся на борту пропало без вести и официальные поиски его прекращены.

АП в зависимости от тяжести наступивших последствий подразделяются на катастрофы, аварии и поломки.

Катастрофа — АП, приведшее к гибели или пропаже без вести какого-либо лица из числа находившихся на борту ЛА. К катастрофам также относятся случаи гибели какого-либо лица из числа находившихся на борту в процессе аварийной эвакуации из ЛА.

Авария — АП, не связанное с гибелью находившихся на борту людей, после которого ЛА подлежит списанию.

Поломка — АП, не связанное с гибелью находившихся на борту людей, приведшее к повреждению силовых элементов планера, после которого ЛА может быть отремонтирован с восстановлением летной годности и допущен к эксплуатации.

Инцидент — событие, связанное с использованием ЛА, которое имело место с момента, когда какое-либо лицо вступило на борт с намерением совершить полет, до момента, когда все лица, находившиеся на борту с целью полета, покинули ЛА, и обусловленное отклонениями от нормального функционирования ЛА, экипажа, служб управления и обеспечения полетов, воздействием внешней среды, могущее оказать влияние на безопасность полета, но не закончившееся авиационным происшествием.

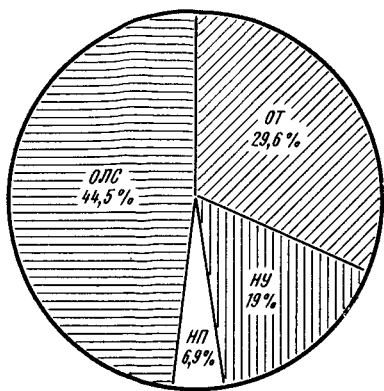


Рис. 36.1. Распределение АП по группам причин:

ОЛС — ошибки личного состава; ОТ — отказы техники; НУ — неблагоприятные условия; НП — неустановленные причины

Серьезный инцидент — инцидент, связанный с возникновением условий, характеризующихся значительным повышением вероятности АП, для предотвращения которого требуется либо выполнение экипажем (службами управления и обеспечения полетов) сложных и экстренных действий, не применяемых в условиях нормального полета, либо благоприятное стечение обстоятельств.

Опыт эксплуатации и анализ причин АП и инцидентов показывает, что безопасность полетов ЛА зависит от различных факторов, к которым можно отнести: конструктивные особенности ЛА, надежность АТ, профессиональную подготовку обслуживающего персонала и его квалификацию, эргономические показатели, а также

внешние условия (метеорологические явления, массовые перелеты птиц, сдвиг ветра, попадание в спутный след и др.).

На безопасность полетов оказывают влияние уровень организации и обеспечения полетов, качество и полнота инструкций и руководств по эксплуатации, регламентов и технологии ТО и ремонта АТ, степень автоматизации и механизации процессов технической эксплуатации и др.

Для оценки влияния на безопасность полетов всех перечисленных факторов их классифицируют на три основные группы: отказы, определяемые надежностью АТ; ошибки личного состава и неблагоприятные внешние условия. Отказы, определяемые надежностью АТ, включают отказы ЛА, его силовой установки и функциональных систем, а также наземных технических устройств, обеспечивающих полеты. К ошибкам личного состава относят не только ошибки летного состава и ИТС, но и специалистов служб обеспечения, организации и управления полетами. Под неблагоприятными внешними условиями понимают условия, не соответствующие установленным минимумам для экипажа, ЛА и аэродрома.

Из распределения АП по основным группам причин за ряд лет по данным ИКАО (рис. 36.1) видно, что АП с катастрофическими последствиями составляют при взлете и наборе высоты 35 %, а при посадке — 45 %.

Отказы АТ, приводящие к АП, и инцидентам, являются для авиационных специалистов объектом особого внимания. Число инцидентов из-за отказов АТ по парку ЛА составило около 60 % общего числа инцидентов, из них: по самолетам с ГТД — 62 %, самолетам с ПД — 20 %, вертолетам — 18 %. Основными техническими причинами инци-

дентов являются: конструктивно-производственные недостатки ЛА — 40 %, некачественное ТО — 20 %, некачественный ремонт — 2 % и другие причины — 38 %. Основным видом ошибок специалистов ИАС при ТО является некачественное выполнение монтажных и регулировочных работ (до 30 % инцидентов).

36.2. ПРЕДУПРЕЖДЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ ПРОИСШЕСТВИЙ И ИНЦИДЕНТОВ

Для предупреждения АП и инцидентов, сохранения заданного уровня безопасности полетов и эффективности использования АТ в гражданской авиации функционирует комплексная система организации ИАС, в соответствии с которой руководители ИАС всех уровней обязаны постоянно решать задачи: сохранения (поддержания) уровня надежности АТ в течение всего периода эксплуатации вплоть до ее списания; предотвращения возникновения в полете опасных отказов при имеющемся уровне надежности, определяемом в основном конструктивным совершенством и качеством производства АТ; поддержания высокой исправности парка ЛА.

ИАС ведет систематическую целенаправленную работу по обеспечению совершенствования АТ промышленностью, сохранению и улучшению ее эксплуатационных и летно-технических характеристик, обеспечению грамотной технической эксплуатации ее в полете летными экипажами. Именно ИАС занимает ведущее место в решении задач сохранения в процессе эксплуатации установленного уровня летной годности ЛА, что фактически составляет основу всей работы по обеспечению безопасности полетов.

Основанную на многолетнем опыте эксплуатации ЛА нескольких поколений комплексную систему обеспечения безопасности полетов в процессе технической эксплуатации АТ условно можно разделить на составные части (рис. 36.2). Ее работа направлена на проведение профилактических мер по предотвращению АП из-за отказов АТ, сбор, учет, обработку и анализ информации, необходимой для оперативного систематического контроля эффективности проводимой профилактической работы, выявления ее недостатков и разработки мероприятий по их устранению; на разработку и внедрение мероприятий по совершенствованию всей профилактической работы, направленной на повышение безопасности полетов.

Между этими частями нет четкой границы. Работа в указанных направлениях ведется параллельно при тесном взаимодействии работников гражданской авиации и других отраслей промышленности.

В свою очередь проведение профилактических мер по предотвращению АП из-за отказов АТ обеспечивается ИАС ГА, которые направлены на оперативное выявление и устранение неисправностей основных жизненно важных систем и агрегатов до того, как они перерастают в опасные отказы, на обеспечение парирования экипажами отказов АТ в случае их возникновения в полете, исключение возмож-



Рис. 36.2. Комплексная система обеспечения безопасности полетов при технической эксплуатации ЛА

ности возникновения неисправностей АТ путем повышения ее надежности. Каждое из этих направлений имеет свои особенности, базируется на определенном комплексе методов и средств, а также организационных формах.

Методологическую и техническую основу работ ИАС по выявлению и устранению неисправностей составляют методы и средства диагностирования технического состояния функциональных систем ЛА и неразрушающего контроля узлов и деталей. Организационную основу составляют подразделения АТБ эксплуатационных предприятий, среди которых в последние годы резко возросла роль лабораторий надежности и технической диагностики АТ.

Наиболее существенные качественные изменения наблюдаются в методах и средствах диагностирования и прогнозирования технического состояния авиационных двигателей, которые являются одним из самых ответственных и дорогостоящих изделий ЛА. Например, из-за их отказов в среднем происходит около 30 % инцидентов от общего их числа из-за отказов АТ. На самолетах Ил-62 и Ту-154 доля инцидентов из-за отказов силовых установок в отдельные периоды превышала 50 %, а на самолете Ил-86 число таких инцидентов превышало 40 %.

Прогнозирование технического состояния двигателей позволяет значительно снизить случаи их отказов в полете и сократить затраты на их восстановление.

На предприятиях гражданской авиации активно внедряется комплексная автоматизированная система диагностирования состояния систем самолета Ил-86, получившая название «Анализ-86». Система обеспечивает обработку и анализ информации не только от МСРП-256, но и данных спектрального анализа масла, контроля лопаток компрессора оптическими методами и другими методами и средствами неразрушающего контроля.

Значительные результаты достигнуты в разработке и применении новых перспективных методов диагностирования технического состояния систем кондиционирования, агрегатов гидравлических систем, методов и средств неразрушающего контроля дисков и лопаток турбин, силовых элементов крыла, шасси, трубопроводов и корпусных деталей.

О высокой эффективности методов неразрушающего контроля свидетельствует, например, введение на двигателях НК-8-2У, НК-8-4 и НК-86 оптического метода осмотра лопаток компрессора с помощью эндоскопов, что позволило почти полностью исключить случаи разрушения лопаток компрессора в эксплуатации и так называемых «титановых пожаров».

Одно из важнейших направлений работы ИАС — разработка и внедрение в производство информационно-управляющей системы оперативного поиска и устранения неисправностей АТ в рейсе и при ТО с применением ЭВМ (системы «Поиск»). Для самолетов Ил-62, Ту-154, и Ил-86 разработаны сборники кодов внешних проявлений неисправностей, программы поиска неисправностей, рекомендации экипажам ЛА по действиям при отказах АТ в полете и на земле, рекомендации ИТС цехов АТБ и инженерам представительств Аэрофлота за рубежом по поиску и устранению неисправностей.

Опыт применения системы «Поиск» в значительной мере способствует созданию и совершенствованию системы контроля технического состояния ЛА с ЦВМ, прежде всего самолетов Ту-204 и Ил-96-300

36.3. ОЦЕНКА ОПАСНОСТИ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ

Для оценки опасности и подготовки экипажей по действиям в полете при возникновении отказов функциональных систем предусматриваются: разработка и совершенствование указаний и рекомендаций руководства по летной эксплуатации по действиям в особых случаях; проведение тренировочных полетов с имитацией отказов и отработкой необходимых действий по их парированию; проведение соответствующих тренировок на тренажерах; организация систематического контроля за техникой пилотирования и летной эксплуатацией проверяющими и при помощи анализа полетной информации; оперативная разработка и внедрение на эксплуатационных предприятиях распоряжений, указаний и другой руководящей и информационной документа-

нии по результатам расследования и анализа причин событий, связанных с отказами АТ и угрожающих безопасности полетов.

Важное направление в обеспечении успешного парирования экипажами возникающих в полете отказов — постоянное совершенствование кабиной сигнализации об отказах и опасных режимах полета и правильное ее использование при оценке опасности. Разработка четких и глубоко обоснованных рекомендаций в РЛЭ по действиям экипажей при возникновении в полете различных отказов имеет первостепенное значение в решении проблемы обеспечения безопасности полетов. Внесение изменений и дополнений в эти рекомендации должно проводиться только после всесторонней проработки вопроса с учетом психологии, физических возможностей экипажей и различных обстоятельств, в которых им приходится действовать.

На одном из ЛА в результате выключения при взлете экипажем двух двигателей из четырех работающих произошло АП. Расследование показало, что сложившаяся ситуация ложного срабатывания сигнализации о пожаре двигателей, предположение экипажа о возможности «титанового пожара» и недостаточно четкие рекомендации в РЛЭ были усугублены преждевременными действиями экипажа, который не смог грамотно оценить ложную опасность происшедшего отказа АТ.

Подобные события свидетельствуют о необходимости разработки и внедрения на ЛА автоматизированных систем обработки полетной информации непосредственно в полете с выдачей результатов экипажу или ИТС после посадки ЛА по типу системы «Прогноз-2» на самолете Ил-86. В гражданской авиации поставлена задача обеспечения обработки информации по контролю действий экипажа в полете и оценке работоспособности АТ по всей совокупности выполняемых полетов. С этой целью все магистральные ЛА оборудованы современными системами МСРП, а эксплуатационные предприятия располагают устройствами типа ЛУЧ-74 и ЛУЧ-84 для автоматизированной обработки регистрируемой информации.

В Узбекском УГА создана система «РАПИИ», которая позволяет не только получать достаточно полную информацию о действиях экипажа в единичном полете, но и накапливать статистические данные по каждому подразделению и работающему в нем пилоту, анализировать повторяемость ошибок и нарушений, оценивать влияние различных факторов на протекание полета самолетов Ил-62 и Ту-154.

Современные бортовые регистраторы, например, такие, как МСРП-256, дают возможность получать столько полезной информации о каждом рядовом полете, сколько не удавалось собрать в специальных испытательных полетах. В то же время при расследованиях ряда АП было установлено, что признаки тех недостатков, которые послужили одной из основных причин возникновения особых ситуаций, ранее достаточно отчетливо проявлялись в многочисленных записях МСРП. Если бы эти записи были тщательно проанализированы экипажами, ИТС и учеными, то можно было бы вовремя принять меры и предотвратить тяжелые последствия.

Так, в процессе эксплуатации одного из магистральных ЛА имели место неоднократные случаи грубых посадок и приземлений до ВПП, которые объяснялись ошибочными действиями экипажей. Однако тщательный анализ результатов испытаний и опыта эксплуатации ЛА показал существенные конструктивные недостатки, связанные с ограниченными запасами эффективности руля высоты при максимально допустимых передних центровках. С этой целью был проведен комплекс конструктивных доработок и организационно-методических мероприятий по обеспечению безопасного выполнения посадок в любых ожидаемых условиях эксплуатации данного типа ЛА.

Важное значение для оценки опасности особых ситуаций по техническим причинам имеет расследование АП и инцидентов. Опыт показывает, что в результате всестороннего расследования АП о недостатках и особенностях ЛА можно узнать больше, чем за несколько лет его нормальной эксплуатации. Не менее ценные сведения могут быть получены при расследовании инцидентов.

Так, длительное время не удавалось установить причины многочисленных случаев выкатываний самолета Ту-154 за ВПП при пробеге после посадки. Специальные исследования и летные испытания позволили выявить особенности поведения ЛА при пробеге с использованием режима реверсирования двигателей и исключить случаи выкатываний после разработки комплекса рекомендаций экипажам в части их действий при тенденции бокового отклонения ЛА в процессе пробега.

На вертолете Ми-2 имели место ряд АП и инцидентов из-за самовыключения двигателей. Считалось, что причинами этого являются ошибки экипажей. Проведенные ГосНИИГА специальные исследования позволили выявить ряд существенных конструктивных недостатков топливной системы, которая доработана на всем парке вертолетов Ми-2. Кроме того, были даны также необходимые дополнительные рекомендации ИТС и экипажам.

Существенным недостатком при оценке опасных ситуаций и других событий, представляющих прямую угрозу безопасности полетов, является отсутствие в большинстве случаев анализа влияния низкой эксплуатационной технологичности АТ на ошибки, допускаемые экипажами в процессе ее летной эксплуатации и ИТС при ТО. Например, только после более чем 20 случаев уборки бортехниками на самолетах Ан-24 и Ан-26 шасси при пробеге (после команды о снятии винтов с упора) промышленности были выставлены требования о разнесении в разные места кабины переключателей уборки шасси и постановки винтов на упор, находившихся рядом.

Разработка четких, согласованных с промышленностью и применимых в практике критериев опасности отказов функциональных систем и связанных с ними событий является одной из самых актуальных задач нашей науки и практики технической эксплуатации ЛА. Важность решения этой задачи обуславливается и необходимостью перевода АТ на эксплуатацию по состоянию. В определении того, какие

изделия АТ могут быть переведены на эксплуатацию по техническому состоянию с контролем параметров, а какие с контролем уровня надежности, решающее значение имеет правильная оценка степени влияния отказов этих изделий на безопасность полетов.

36.4. НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТЫ ИАС ПО ПОВЫШЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Проблема повышения безопасности полетов ЛА является комплексной и объединяет усилия всех создающих и эксплуатирующих АТ министерств и ведомств. Координацию их взаимодействия по вопросам обеспечения безопасности полетов осуществляют государственные органы, а контроль соблюдения норм летной годности и других нормативных документов — государственная комиссия по надзору за безопасностью полетов гражданских ЛА.

Целенаправленная деятельность по выявлению, оценке и устранению потенциальных опасностей при функционировании гражданской авиации как АТС — основное содержание системы управления уровнем безопасности полетов. Структура управления в общем виде представляет собой замкнутую систему, включающую сбор информации о состоянии безопасности полетов, ее обработку и разработку управляющих воздействий в виде организационно-технических мероприятий для реализации их на предприятиях гражданской авиации и в промышленности (рис. 36.3).

Комплекс мероприятий по повышению безопасности полетов разрабатывается по теоретическому, техническому, эргономическому и организационно-методическому направлениям.

Теоретическое направление включает в себя: обоснование и разработку теоретических основ обеспечения безопасности полетов, методов и средств ее количественной оценки; определение и нормирование показателей безопасности полетов, влияние на них отдельных функциональных систем и распределение заданных значений этих показателей

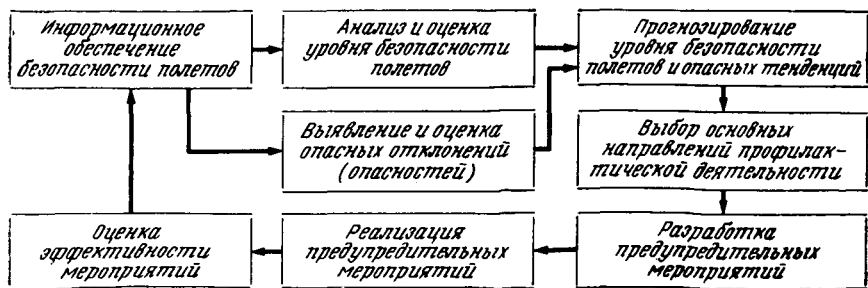


Рис. 36.3. Схема управления уровнем безопасности полетов

между ними; прогнозирование возможных видов нарушений в работе АТ, определение вероятности их проявления; обоснование диагностических параметров для использования полетной информации, функционального контроля и прогнозирования технического состояния ЛА; совершенствование методов анализа ситуаций и причин возникновения, методов предупреждения АП.

Техническое направление включает в себя: повышение надежности функциональных систем, исключаяющих возникновение опасных ситуаций вследствие их отказов (разработка технических устройств с ограниченным последствием отказов, применение принципа безопасного разрушения конструкций, совершенствование технологии производства и т. п.); создание бортовых и наземных автоматизированных систем контроля технического состояния, средств неразрушающего контроля и диагностики систем и агрегатов ЛА; создание перспективных методов и технических средств сбора и анализа полетной информации; разработку и внедрение автоматизированных систем УВД, обладающих возможностями отображения объективной информации о воздушной обстановке и автоматического решения конфликтных ситуаций; создание тренажеров, позволяющих отрабатывать действия экипажа при моделировании отказов и имитации аварийных ситуаций.

Эргономическое направление предусматривает: оптимальное распределение функций между экипажем и автоматическими системами управления, между ИТС и средствами автоматизации процессов технического обслуживания; отбор и обучение летного и инженерного состава в соответствии с требованиями научно-технического прогресса; изучение соответствия характеристик ЛА и их систем психофизиологическим возможностям экипажа; создание оптимальных систем «Экипаж—ЛА».

Организационно-методическое направление включает в себя: разработку и совершенствование эксплуатационно-технической документации (наставление по производству полетов, руководство по летной эксплуатации, регламенты, технологические указания и т. д.); оптимальное планирование подготовки летного и инженерно-технического состава, совершенствование системы профессионального отбора авиационных специалистов, повышение уровня специальной подготовки; систематическое совершенствование организации полетов и УВД; повышение эффективности работы ИАС, обобщение и распространение передового опыта работы, разработку прогрессивных методов организации и управления производственными процессами технического обслуживания; качественный отбор, обработку и анализ полетной информации с целью более полного использования ее для изучения и обмена опытом лучших экипажей, а также профилактики нарушений техники пилотирования; поддержание высокого уровня трудовой дисциплины и совершенствование политико-воспитательной работы.

Инженерно-авиационная служба эксплуатационных предприятий принимает непосредственное участие во всех мероприятиях, предусмотренных указанными направлениями.

Безопасность полетов должна быть обеспечена во всех эксплуатационных условиях и при любых неблагоприятных сочетаниях внешних факторов, включая отказы средств обеспечения и управления полетов, наземных средств, а также отказы отдельных систем на борту летательного аппарата.

Контрольные вопросы к разделу 6

1. По каким признакам выполнена классификация полетов?
2. Перечислите основные обязанности бортинженера ЛА.
3. Изложите основные требования правил выполнения полетов по приборам.
4. Какие знаете виды эшелонирования полетов ЛА?
5. По какой схеме выполнено вертикальное эшелонирование?
6. Какие документы оформляются при подготовке к вылету и перед вылетом ЛА?
7. Назовите основные слагаемые инженерно-авиационного обеспечения полетов.
8. Каковы назначение и основные задачи ПДСП?
9. Назовите исходные данные для выбора эшелона полета.
10. Изложите технологию определения центровки ЛА.
11. Почему при расчете центровки самолета с помощью центровочного графика не учитывается заправка топливом?
12. Приведите и поясните формулу для определения положения центра тяжести ЛА.
13. Перечислите эксплуатационные факторы, влияющие на длину разбега ЛА.
14. Назовите взлетные характеристики ЛА.
15. Какие применяются способы сокращения длины пробега ЛА?
16. Назовите основные участки траектории движения ЛА при посадке.
17. Какие основные требования техники безопасности необходимо соблюдать при буксировке ЛА?
18. Изложите действия экипажа по управлению шасси в наборе высоты и перед посадкой ЛА.
19. Назовите основные режимы набора высоты при нормальной эксплуатации.
20. Перечислите основные зоны планера и силовых установок, обогреваемые в полете. Какие знаете типы противообледенительных систем ЛА?
21. Каковы причины и признаки самовыключения двигателя в полете?
22. Каков порядок запуска в полете отказавшего двигателя?
23. Какая идея положена в основу режима полета «по потолкам»?
24. Дайте классификацию особых ситуаций в полете и авиационных происшествий.
25. Изложите содержание требований НЛГ самолетов к функциональным системам по обеспечению безотказности полетов в особых ситуациях.
26. Опишите физическую сущность обледенения самолета и перечислите меры по его предупреждению.
27. Каковы основные причины возникновения пожара в полете и действия экипажа по его ликвидации?
28. В чем состоят действия экипажа при отказе ТРД на взлете и в полете и каковы особенности действий при отказе ТВД?
29. Как обеспечивается посадка ЛА при неисправных органах приземления?

30. Дайте определения принятым в гражданской авиации видам АП, инцидентам, чрезвычайным происшествиям и повреждениям ЛА на земле.

31. Каковы основные технические причины АП и инцидентов?

32. В чем заключается деятельность ИАС ГА по предупреждению АП и инцидентов?

Глава 37

НАПРАВЛЕНИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО ПРОГРЕССА В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

37.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ДАЛЬНЕЙШЕГО РАЗВИТИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Одно из главных стратегических направлений ускоренного развития гражданской авиации — научно-технический прогресс. Объем и характер задач, выдвигаемых ныне перед гражданской авиацией, требуют не частичных улучшений, а крупных комплексных мер, которые бы определяли дальнейший качественный скачок в ее развитии. Перестройка возможна лишь на основе внедрения современной АТ и прогрессивных технологий ее использования и технической эксплуатации.

Анализ современного состояния технической эксплуатации ЛА дает возможность выделить ряд объективно действующих факторов, вызывающих необходимость ее перестройки. К их числу относятся: непрерывное усложнение конструкций; увеличение цен на самолеты, двигатели, оборудование; усложнение технологии выполнения ТОиР; увеличение всех видов затрат на техническую эксплуатацию; недостаточность ангарной базы для выполнения трудоемких форм регламента и ремонта; сравнительно низкие показатели эффективности технической эксплуатации ЛА.

В настоящее время развернут комплекс работ по созданию и оснащению Аэрофлота новыми самолетами и вертолетами, которые по своим летно-техническим и эксплуатационным характеристикам должны обеспечивать более высокий в сравнении с существующим уровень безопасности, регулярности и интенсивности полетов, экономию авиатоплива, снижение расходов на ТОиР и себестоимости авиаперевозок. Особое место в данном комплексе работ занимают задачи повышения эффективности технической эксплуатации ЛА. Эти задачи на современном этапе развития гражданской авиации требуют поиска новых решений, новых более эффективных направлений исследований и практической деятельности.

Научно-технический прогресс в области технической эксплуатации ЛА предполагает системное решение ряда взаимосвязанных проблем, которые по степени важности и последовательности выполнения можно объединить в следующие группы: разработка теоретических науч-

ных основ технической эксплуатации; оптимизация содержания и объемов ТОиР ЛА в процессе эксплуатации; перестройка организации и управления процессами технической эксплуатации ЛА.

Такая последовательность расположения групп проблем выбрана не случайно. Как показывает опыт, радикальные сдвиги в области технической эксплуатации в настоящее время зависят прежде всего от успехов в разработке современной теории. Она должна стать тем «локомотивом», который потянет за собой в нужном направлении всю цепочку прикладных исследований.

С использованием современной теории технической эксплуатации станет, в частности, возможным выполнить анализ и синтез процессов технической эксплуатации различных видов и классов ЛА, выбрать для них оптимальные стратегии ТОиР, создать недостающие ныне (и так необходимые для работы) межведомственные нормативно-методические и технические документы. Применение их на практике позволит ликвидировать тот большой пробел, который существует в научно-методическом обеспечении разработок по технической эксплуатации, подлежащих обязательному выполнению на этапах проектирования и постройки ЛА. Недоработка на этих этапах оказывается уже невосполнимой на этапах эксплуатации.

Нельзя не признать, что, несмотря на наличие огромного фактического материала, большого числа выполненных научных исследований, стройной современной теории технической эксплуатации ЛА разных классов и назначения пока не создано. Попытки объединить усилия специалистов для выполнения комплексных научных исследований крупных проблем технической эксплуатации наталкивались на ведомственные барьеры и не давали ожидаемых результатов. Недостаточен пока и объем выполняемых работ по стандартизации в области эксплуатации техники.

Еще и в настоящее время можно услышать вопрос — является ли техническая эксплуатация наукой? Еще многие считают, что никакой особой науки здесь нет, что техническая эксплуатация — это просто ремесло. Такая постановка вопроса ошибочна и вредна для ускорения научно-технического прогресса. На самом деле у нас есть практическая эксплуатация и есть эксплуатационная наука, которая развивается по тем же законам, что и наука вообще. В практической эксплуатации все регламентировано различными руководящими документами; она работает в границах изученного, дозволенного. Эксплуатационная наука решает задачи за границами дозволенного. К этим задачам можно отнести: расширение границ ожидаемых условий эксплуатации и норм летной годности ЛА; увеличение назначенных и межремонтных ресурсов; расширение норм на эксплуатационные повреждения; изменение структуры циклов, режимов и технологических процессов ТОиР; расширение норм эффективности использования ЛА. Без решения этих и подобных им задач научно-технический прогресс в области технической эксплуатации авиационной техники немыслим.

37.2. СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКТИВНО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЛА И ПРОГРАММ ИХ ТОиР

Успехи в теории и науке незамедлительно сказываются на решении важных прикладных проблем. Главнейшей из них всегда была и остается проблема формирования и оптимизации содержания и объемов ТОиР, которые в конечном итоге определяют уровень всех видов затрат в процессе технической эксплуатации ЛА. Задача заключается в том, чтобы обеспечить наиболее полное соответствие содержания и объемов ТОиР, определяемых фактическим техническим состоянием ЛА, и содержания и объемов, предусмотренных официально действующей эксплуатационно-ремонтной документацией. Эта задача для большинства видов авиационной техники еще не решена.

При формировании содержания и объемов ТОиР современного ЛА должны учитываться те новые принципы конструирования АТ, которые успешно реализуются в последние годы для повышения безопасности и регулярности полетов, упрощения и удешевления ТОиР. К ним можно отнести обеспечение безопасной повреждаемости конструкций, обеспечение высоких значений показателей долговечности и живучести, применение встроенных и бортовых автоматизированных систем диагностирования функциональных систем и изделий, обеспечение высокой степени резервирования изделий и функциональных систем, обеспечение требуемого уровня эксплуатационной технологичности и контролепригодности создаваемых конструкций.

Содержание и объемы ТОиР современного ЛА необходимо определять не тогда, когда он уже окончательно изготовлен, и не по прототипу, как это зачастую делается. Данная задача должна решаться конструкторами еще на этапах проектирования и начала постройки ЛА одновременно с решением задач обеспечения его конструктивно-эксплуатационных свойств. На этих этапах должна формироваться программа ТОиР на длительный период эксплуатации ЛА, которая служит основой при разработке эксплуатационно-технической документации.

Задача разработки программ ТОиР является сравнительно новой для нашей промышленности и сложной для реализации из-за отсутствия опыта. Однако эта задача порождена потребностями эксплуатации. Успех ее решения во многом зависит от того, как скоро будет разработано методическое обеспечение по формированию программ и созданы необходимые информационные ресурсы. В конечном итоге вопрос ставится так, чтобы одновременно с новым типом ЛА заказчику передавалась и программа его ТОиР на длительный период эксплуатации. В соответствии с данной программой заказчик обязан осуществлять своевременную подготовку потребной производственно-технической базы для эффективной технической эксплуатации ЛА.

Обеспечение потребного уровня конструктивно-эксплуатационных свойств ЛА, наличие к началу их эксплуатации прогрессивных программ ТОиР и соответствующей им эксплуатационно-технической до-

кументации позволят реализовать на практике принципиально новую технологию обслуживания и ремонта, основанную на стратегии по состоянию. Данная стратегия в отличие от действующей многие годы стратегии ТОиР по наработке имеет принципиальные отличия. Основное отличие стратегии по состоянию состоит в том, что содержание и объемы ТОиР здесь определяются не для всей совокупности ЛА того или иного типа, как это делается при стратегии по наработке, а для каждого отдельно взятого экземпляра ЛА в зависимости от его технического состояния на данный момент эксплуатации. Это позволяет ввести в практику гибкие программы ТОиР, для большинства агрегатов и комплектующих изделий упразднить межремонтные ресурсы, для ряда типов ЛА отказаться от проведения весьма трудоемких капитальных ремонтов. В результате можно получить без ущерба для безопасности и регулярности полетов существенное (до 30 %) сокращение расходов на ТОиР, повысить показатели технического использования и исправности ЛА.

37.3. РАЗВИТИЕ ОРГАНИЗАЦИОННОЙ И ПРОИЗВОДСТВЕННО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ ПРЕДПРИЯТИЙ

Научно-технический прогресс в области технической эксплуатации ЛА предполагает также радикальные изменения в развитии производственной и материально-технической базы эксплуатационных и ремонтных предприятий, форм организации и управления процессами ТОиР.

Производственная база предприятий гражданской авиации, занятых ТОиР авиационной техники, и ее материально-техническое оснащение не соответствуют техническому уровню эксплуатируемых ЛА. Это снижает эффективность их использования и вызывает необходимость существенно увеличивать парк ЛА для выполнения запланированных объемов транспортной работы. Для изменения существующего положения требуется строительство новых и реконструкция действующих ангаров, широкое внедрение в практику ТОиР современных средств технической диагностики и неразрушающего контроля, средств механизации и автоматизации производственных процессов. Данные задачи должны решаться с учетом проводимой работы по специализации и кооперированию производства, интеграции имеющейся производственной базы АТБ и ремонтных заводов.

В последнее время введены в действие отраслевые научно-технические программы по разработке и производству средств механизации и сокращению ручного труда. В целях технического перевооружения производственных процессов, внедрения современных средств механизации и автоматизации, создания благоприятных условий для работы и повышения производительности труда на предприятиях отрасли проводится аттестация технического уровня производственных процессов,

введена аттестация продукции по категориям качества, организован пересмотр технических условий на серийную наземную технику.

Министерством гражданской авиации принята концепция новой системы организации ТОиР магистральных самолетов 90-х годов, которая предусматривает: отказ от капитальных ремонтов этих самолетов и упразднение применительно к ним понятий «ресурс до первого ремонта», «межремонтный ресурс»; проведение необходимых ремонтно-восстановительных работ на планере по состоянию на протяжении всего периода эксплуатации самолета с совмещением таких работ с периодическими формами ТО; разработку единого технологического процесса ТОиР; интеграцию информационной и производственной базы, трудовых и материальных ресурсов эксплуатации и ремонта, организации и управления производством.

Реализация данной концепции требует создания предприятий нового типа — центров по эксплуатации и ремонту. Создание таких центров позволит наиболее полно использовать имеющиеся ангарную базу, производственные площади и оборудование, сократить простой ЛА на ТОиР, уменьшить относительные расходы на реновацию, снизить затраты на приобретение средств контроля и диагностирования и на материально-техническое обеспечение.

Подлежит разработке концепция новой системы организации технической эксплуатации и ремонта ЛА местных воздушных линий и ПАНХ. В силу специфических условий эксплуатации ЛА данного класса система их ТОиР будет иметь заметные отличия. Характерными ее чертами станут специализация и кооперирование производства, применение поточных методов ремонта ЛА с круглосуточным циклом работы, использование современных технологических процессов, интеграция производственной базы АТБ и заводов ГА.

Новые концепции технической эксплуатации ЛА требуют решения задачи дальнейшего перспективного развития организационно-штатных структур АТБ и заводов. Должны быть выделены и обозначены промежуточные этапы развития структур и определен их облик на дальнюю перспективу. В перспективных структурах предприятий, занятых технической эксплуатацией ЛА, отчетливо выделяются два взаимосвязанных блока: управления надежностью и техническим состоянием АТ, возглавляемого главным инженером, и производственного, возглавляемого начальником производства. При этом блок управления надежностью и техническим состоянием будет занимать прочное место в основном технологическом процессе ТОиР ЛА. Его подразделения будут проводить всестороннюю проверку летной годности ЛА, давать оценку технического состояния и надежности функциональных систем и формировать задания для подразделений производственного блока на выполнение необходимых ремонтно-восстановительных работ.

Особенно остро стоит вопрос совершенствования информационного обеспечения процессов управления эффективностью ПТЭ и техническим состоянием АТ. Уже в настоящее время производственно-

диспетчерские отделы предприятий своевременно не справляются с переработкой все возрастающих информационных потоков. С внедрением же обслуживания и ремонта по состоянию потоки информации еще более возрастут. Повышаются требования к оперативности ее обработки и анализа с целью обеспечения своевременности принятия решений. Потоки информации о техническом состоянии систем и изделий АТ, о ее надежности и исправности, трудоемкости и стоимости технического обслуживания требуют соответствующего упорядочения по уровням организационной структуры предприятия (бригада, смена, цех, предприятие). При этом для каждого из этих уровней требуется определить, с использованием какой информации и какие конкретные вопросы анализа и оценки технического состояния тех или иных систем и изделий ЛА решаются с целью установления их пригодности к дальнейшей эксплуатации.

Предполагается, что для хранения, обработки и анализа этой обширной информации на авиапредприятиях все в больших масштабах будут использоваться ЭВМ, а также другие технические средства регистрации, обработки и поиска информации. Это позволит создать в недалеком будущем автоматизированные информационно-управляющие системы с единой базой данных и программным обеспечением. Создание таких систем — одно из важных условий широкого применения ТОиР по состоянию. Однако не следует полагать, что информационно-управляющие системы решают все проблемы совершенствования процесса технической эксплуатации ЛА. Требуется уже сейчас, не дожидаясь внедрения средств автоматизированного учета, обработки и передачи информации, проводить исследования по созданию научно-методического обеспечения вопросов анализа, оценки и прогнозирования технического состояния изделий и функциональных систем АТ, формализации алгоритмов принятия решений о периодичности, объемах и технологии выполнения работ по ТОиР. Главным звеном ускорения научно-технического прогресса остаются заказчик и предприятия промышленности. Многое здесь зависит от того, насколько рационально будут перераспределены и использованы ресурсы различных ведомств, необходимые для решения назревших проблем.

Исходя из интересов дела работу по повышению эффективности технической эксплуатации ЛА и авиационных двигателей целесообразно проводить в рамках межведомственных объединений на основе целевых программ, предусматривающих применение прогрессивных технологий и форм организации ТОиР. Их реализация позволит создать стройную современную теорию технической эксплуатации машин разных классов и назначения, а также комплекс необходимых нормативно-методических, технических и экономических документов межведомственного ранга. С помощью такого подхода только и можно, на наш взгляд, добиться радикальных изменений как в обеспечении конструктивно-эксплуатационных свойств создаваемых авиационных конструкций, так и в технологии и организации процесса их технической эксплуатации.

**Перечень и сроки представления выходных документов
информационно-справочной подсистемы самолетно-вертолетного
и двигательного парка (ИСП СВДП — отрасль)**

Наименование документа	Номер формы	Периодичность и срок представления	Кто представляет	Кому представляется	Примечания
Отчет о наличии и ресурсном состоянии самолетов и вертолетов	1СВДП-С	2 раза в год до 1.02 и 1.08	ЦНИИ АСУ ГА	ГУТЭРАТ МГА ГосНИИ ГА	В ГосНИИ ГА данные выдаются только по состоянию на начало года
Количественный состав распределения самолетов (вертолетов) по наработке с начала эксплуатации по состоянию на 1 _____ 19 ____ г.	2СВДП-2	То же	То же	ГУТЭРАТ МГА	
Состав, наличие и дислокация самолетов (вертолетов) по состоянию на 1 _____ 19 ____ г.	3СВДП-С	»	»	То же	—
Отношение наработок самолетов (час/пос.) с начала эксплуатации	16СВДП-С	»	»	ГУТЭРАТ МГА ГлавПЭУ МГА	—
Справка об отработке ресурсов самолетов и вертолетов ГА	—	»	»	ГлавПЭУ МГА ГУТЭРАТ МГА	—
Сведения о наработке самолетов	—	»	»	ГосНИИ ГА	—
Сведения о ресурсном состоянии самолетов (на магнитной ленте)	—	»	»	НИИ экономики (Минавиа-пром)	—
Сведения о средних простоях (в сутках) на ремонте самолетов (вертолетов)	24СВДП-С	По требованию в течение 3 сут	»	ГУТЭРАТ МГА	—
Данные о движении и изменениях в наличии и ресурсном состоянии ВС и АД на магнитной ленте в соответствии с утвержденным макетом	—	Ежеквартально, до 25-го числа месяца, следующего за отчетным кварталом	»	ГУТЭРАТ МГА	—

Наименование документа	Номер формы	Периодичность и срок представления	Кто представляет	Кому представляется	Примечания
Отчет о наличии и ресурсном состоянии АД на 1—19—г.	1СВДП-Д	2 раза в год, до 10-го числа второго месяца полугодия	ЦНИИ АСУ ГА	ГУТЭРАТ МГА	—
Количественное распределение АД по ресурсному состоянию на 1—19—г.	2СВДП-Д	То же	То же	То же	—
Отчет о движении ВС за — месяц 19—г.	17СВДП-С	Ежемесячно, до 25-го числа месяца, следующего за отчетным	»	»	—
Отчет об отправке в ремонт и получении из ремонта ВС за — м-ц	18СВДП-С	То же		»	—
Отчет о списании ВС	19СВДП-С	»	»	»	—
Отчет об исправности самолетов и вертолетов за —19—г.	33СВДП-С	»	»	»	—
Отчет о распределении фонда времени по неисправным состояниям и службам за период (в %)	34СВДП	Ежеквартально, до 25-го числа месяца, следующего за отчетным кварталом	»	»	—
Отчетные данные об исправности (на магнитной ленте)	—	Ежеквартально, до конца первого м-ца квартала	»	»	—
Отчет о движении АД по состоянию на —19—г.	17СВДП-Д	Ежемесячно, до 25-го числа м-ца, следующего за отчетным	»	»	—
Сведения об АД, списанных и переданных в сторонние организации за — месяц	11СВДП-Д	То же	»	»	—
Отчет об отправке в ремонт и получении из ремонта АД за — месяц	18СВДП-Д	»	»	»	—

ТАБЕЛЬ УЧЕТА НЕИСПРАВНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

САМОЛЕТА _____

тип, номер

АТБ _____ УГА за _____ 19 ____ г.

месяц

Состояние эксплуатации		Условные обозначения	Пребывание самолета в различных состояниях эксплуатации по дням месяца, в часах				Итого за месяц
			1	2	...	31	
Всего самолето-часов		Ф					
Всего неисправных самолето-часов		И					
В том числе	Время в рейсе	К					
	Обеспечение рейсов	Е					
	В резерве	Г					
	Простой по метеоусл. и запрет.	М					
	Исправные — неиспользованные	А					
Всего неисправных самолето-часов		Н					
В том числе	Устранение неисправности при оперативном ТО	У					
	Ожидание календарной формы ТО	Об					
	Техобслуживание по календарной форме ТО	Тб					
	Ожидание периодического ТО	Оп					
	форма 1	Тп					
	форма 2						
	форма 3						
	Периодические формы ТО						
	Смена двигателей						
	Ночные и межсменные перерывы в ТО	Ш					
	В ремонте	Р					
	Ожидание ремонта	Ор					
	Восстановл. после происшествий	В					
	Отсутствие запасных частей	З					
	Отсутствие двигателей	Дв					
	Доработки по бюллетеням	Д					
	Рекламации промышленности	Ж					
	Рекламации ремзаводам ГА	Жр					
	Ожидание списания	С					
	Расследование происшествий	Л					

ПРОЦЕНТ ИСПРАВНОСТИ

Итоговые данные за месяц Налет часов _____ Количество посадок _____ Количество вылетов в рейс _____

ВЕДОМОСТЬ ИСПРАВНОСТИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ
САМОЛЕТОВ _____

АТБ _____ УГА _____ за _____ 19____ г.
месяц

Состояние эксплуатации	Услов- ные обо- значения	Пребывание само- лета в различных состояниях экс- плуатации само- летов (по борто- вым номерам), часы	Итого за месяц
Всего самолето-часов	Ф		
Всего исправных самолето-часов	И		
Время в рейсе	К		
Обеспечение рейса	И		
В резерве	Г		
Простой по метеоусловиям и запре- там	М		
Исправные-неиспользованные	А		
Всего исправных самолето-часов	Н		
Устранение неисправности при опе- ративном ТО	У		
Ожидание календарн. ф. ТО	Об		
Техобслуживание по календ. ф. ТО	Тб		
Ожидание периодического ТО	Оп		
форма 1	Тп		
форма 2			
форма 3			
Периодические формы ТО			
Смена двигателей			
Ночные и межсменные перерывы в ТО	Ш		
В ремонте	Р		
Ожидание ремонта	ОР		
Восстановление после происшествий	В		
Отсутствие запасных частей	З		
Отсутствие двигателей	Дв		
Доработки по бюллетеням	Д		
Рекламации промышленности	Ж		
Рекламации ремзаводам ГА	Жр		
Ожидание списания	С		
Расследование происш.	Л		
Процент исправности			
Налет часов			
Количество посадок			
Количество рейсов			

Начальник ПДО _____

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- А н д р о н о в А. М., М а с л о в Н. А. Дискретные модели в управлении производством гражданской авиации. Рига: РКИИГА, 1983. 93 с.
- А н ц е л и о в и ч Л. Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета. М.: Машиностроение, 1985. 296 с.
- Б а р з и л о в и ч Е. Ю., С а в е н к о в М. В. Статистические методы оценки состояния авиационной техники. М.: Транспорт, 1987. 240 с.
- Б и р н д з Л. Д. Технология и обеспечение ресурса самолета. М.: Машиностроение, 1986. 180 с.
- В а с и л е н к о В. Т., Ч е р н е н к о Ж. С. Влияние эксплуатационных факторов на топливную систему самолетов. М.: Машиностроение, 1986. 184 с.
- В о л к о в Л. И. Управление эксплуатацией летательных комплексов. М.: Высшая школа, 1987. 400 с.
- В о л о д к о А. М., Л и т в и н о в А. Л. Основы конструкции и технической эксплуатации одновинтовых вертолетов/Под ред. А. М. Володки. М.: Воениздат, 1986. 200 с.
- Г о л у б е в И. С. Эффективность воздушного транспорта. М.: Транспорт, 1982. 230 с.
- Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования/В. Г. Воробьев, В. В. Глухов, Ю. В. Козлов и др.; Под ред. И. М. Синдеева. М.: Транспорт, 1984. 191 с.
- З у б к о в Б. В. Безопасность полетов. Киев: КИИГА, 1983. 84 с.
- И в а н о в П. А., Д а в ы д о в П. С. Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов. М.: Транспорт, 1985. 223 с.
- Итоги науки и техники/Воздушный транспорт. 1983. Т. II. М.: ВИНТИ. 163 с.
- К у л и к В. А. Организация и планирование деятельности АТБ. Киев: КИИГА, 1983. 84 с.
- Л и г у м Т. И., С к р и п н и ч е н к о С. Ю., Ш и ш м а р е в А. В. Аэродинамика самолета Ту-154Б. М.: Транспорт, 1985. 363 с.
- Л и с и ц ы н В. С., С м и р н о в Н. Н., Ч и н ю ч и н Ю. М. Автоматизация производственных процессов технической эксплуатации летательных аппаратов/Под ред. Н. Н. Смирнова. М.: Транспорт, 1985. 248 с.
- Л о з и ц к и й Л. П., Я н к о А. К., Л а п ш о в В. Ф. Оценка технического состояния авиационных ГТД. М.: Транспорт, 1982. 160 с.
- М и к и н е л о в А. Л., Ч е п и г а В. Е., Ш а х в е р д о в В. Г. Летная эксплуатация воздушных судов. М.: Машиностроение, 1986. 216 с.
- Методические рекомендации по совершенствованию организации работы по экономии авиатоплива в предприятиях гражданской авиации. М.: Воздушный транспорт, 1983. 136 с.
- Моделирование в планировании гражданской авиации/Пинаев Е. Г., Сакач Р. В. и др. М.: Транспорт, 1983. 173 с.

Надежность гидравлических систем воздушных судов/Под ред. Т. М. Башта. М.: Транспорт, 1986. 278 с.

Надежность и эффективность в технике: Справочник: Н17. В 10 т./Ред. совет: В. С. Авдуевский (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986. 600 с.

Нормы летной годности гражданских самолетов СССР (НЛГС-3). М.: ЦАГИ, 1984. 474 с.

Основы летно-технической эксплуатации и безопасности полетов/Н. И. Владимиров, А. И. Пугачев, В. К. Гринник и др.; Под ред. А. И. Пугачева. М.: Транспорт, 1984. 229 с.

Основы авиационной техники и оборудования аэропортов: Учебник для вузов/В. И. Блохин, Е. А. Баканов, В. Т. Богатырь и др.; Под ред. В. И. Блохина. М.: Транспорт, 1985. 225 с.

Практическая диагностика авиационных газотурбинных двигателей/Л. П. Лозицкий, В. П. Степаненко, В. А. Студеникин и др.; Под ред. В. П. Степаненко. М.: Транспорт, 1985. 102 с.

Протоерейский А. С. Безопасность труда при применении горюче-смазочных материалов в гражданской авиации. М.: Транспорт, 1987. 247 с.

Системы оборудования летательных аппаратов/М. Г. Акопов, В. И. Бекасов, А. С. Евсеев и др.; Под ред. А. М. Матвеевко и В. И. Бекасова. М.: Машиностроение, 1986. 368 с.

Смирнов Н. Н., Ицкович А. А. Обслуживание и ремонт авиационной техники по состоянию. М.: Транспорт, 1987. 272 с.

Техническая эксплуатация летательных аппаратов/Под ред. А. И. Пугачева. М.: Транспорт, 1977. 440 с.

Экономика, организация и планирование гражданской авиации/Под ред. Г. С. Дибровы. М.: Транспорт, 1989. 264 с.

Эксплуатационная надежность и режимы технического обслуживания Н. Н. Смирнов, А. М. Андронов, Н. И. Владимиров, Ю. И. Лемин. М.: Транспорт, 1974. 304 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Настоящий указатель построен по алфавитному принципу расположения рубрик. При пользовании предметным указателем следует иметь в виду, что если рубрика представляет собой сочетание прилагательного и существительного, то, как правило, применена инверсия — существительное поставлено на первое место, так как это облегчает розыск объекта, понятия. Однако следует обратить внимание и на подрубрики, которые, дополняя рубрику, позволяют конкретизировать разыскиваемое понятие. В скобках приводятся номера рисунков и таблиц, относящихся к данным рубрикам.

Авария 393

Авиакатастрофы вертолета 268
Альбом основных сочленений и ремонтных допусков 141
Анализ надежности статистический 18—20
— контролепригодности 48—51
— структурный 18
— причин АП и инцидентов 394
— эксплуатационной технологичности АТ 36—41
— эффективности ПТЭ 199—202
Аппарат летательный 5
АТБ, структура и решаемые задачи 155—160
АТС, определение, структура и предъявляемые к ней требования 71—73 (рис. 7.1)
Аэродром 339
Аэропорт 339

Безопасность полетов 71, 338, 392—402

Безотказность АТ 8

Буксировка и руление 364—366

Бюллетень промышленности 141—142

Бюро технолого-конструкторское (техотдел) 155, 159—160

Ведомость запасных частей, инструментов и принадлежностей 141—142

— пооперационная на ТО 146

Вероятность безотказной работы 12

— отказа 12

— устранения отказа 35—36

Вибрация вертолета 267—269

— ГТД 307

Виды ТО 162—163

— простоя ЛА 82—84 (рис. 8.1)

Воздействия управляющие при управлении качеством ТО 211, 212—214 (рис. 19.4)

— — — эффективностью ПТЭ 202—204

Глиссирование колес шасси 330—331

Готовность ЛА к полету 360—361

График диспетчерский 182

— инспекторских осмотров 217—218

— опробования ГТД 323—325

— — поршневого двигателя 326—327

— отхода ЛА на ТО и в ремонт 176—183 (форма 3—5)

— центровочный 357—358

Граф состояний ЛА и ПТЭ 104

Группа диспетчерская 155, 182

— нормативно-исследовательская 155

— обслуживания тормозных парашютов 155

— оперативно-календарного планирования 159

— расшифровки записей режимов полета 155, 160

— учета АТ 159

ГТД, контроль его параметров 397—398

— техническая диагностика 309—311

Двигатель авиационный, характерные отказы и повреждения 306

Диспетчеризация работ в АТБ 182—183

Дистанция взлетная ЛА 352—355

Длина разбега ЛА 352—353

Док для ТО 254

Документация эксплуатационно-техническая 140 (рис. 13.1)

Долговечность 20—22

Доступ к объекту 31, 39

Живучесть ЛА 27—30 (рис. 2.5)

Загрузка и центровка ЛА 357—358

Законы распределения времени безотказной работы 16—18 (рис. 1.3)

— — времени обслуживания 91—92

— — наработки до отказа 16—18

Замена двигателя 315—316

Заправка ЛА ГСМ 240—244, 248 (рис. 23.1)

Затраты трудовые и материальные 93, 97—98
Зона климатическая 328 (рис. 30.1)

Изделия комплектующие:

взаимозаменяемость 32
легкость 32
Износ 10—11
Интенсивность использования 196 (табл. 18.1)
— отказов 12—13
— устранения отказов 37—38
Информация о надежности 62—63
Инцидент 293—394
Исправность 9, 84
Испытания АТ 53 (рис. 5.1)

Карта-наряд 146

— обязательных проверок ЛА экипажем 366—368
Каталог деталей и сборочных единиц 141
Катастрофа 393
Классификация АТБ 154
— авиационных происшествий 393—394
— документации 140 (рис. 13.1)
— затрат на ТО 93—94
— методов замены и ремонта агрегатов 114—116
— средств механизации ТО 248—249 (рис. 23.1)
— стратегий ТОиР 114—116
Кондиционер аэродвигательный 249—250
Консервация АТ 315—316
Контролепригодность 44—45
Контроль автоматизированный 226—228
— техсостояния АТ 217—219 (рис. 20.1)
— качества ТО 212—215
Коррозия 276—277 (табл. 25.1)
Критерии оценки безопасности полетов 397—399
— оптимизации периодичности ТО 168—172
— оптимизации ПТЭ 110—113

Маршрут полета 344, 348

Масса взлетная 357—358
Масло 240—242, 251
Машины, спецавтотранспорт 249 (рис. 23.1)
Метод оценки надежности (безотказности) 18—20
— группировки работ по ТО 173—174
— долговечности (касания) 24—27
— контроля техсостояния АТ 219—224

— поиска причин отказов 231—238
— определения оптимальной периодичности ТО 168—172
— нормирования эксплуатационной технологичности 34—36
— эксплуатационной технологичности 40—41
Модель ПТЭ 102—104

Набор высоты 369—371

Надежность АТ 8—9
Наработка до отказа 12—14
Невосстанавливаемый объект 12—16
Нормы летной годности 141

Обслуживание бездефектное 207—209

— зональное 191
— поэтапное 192—193
— и ремонт по техсостоянию 114—116
— по техническому состоянию 114—116
— — — с контролем уровня надежности 117—121
— — — с контролем параметров 122—125
— техническое 73
Объект восстанавливаемый 12—14
— управления 206, 211
Операция механизированная 255—256
— ручная 255—256
Опробование двигателей 323—327
Оптимизация режимов ТО 168—172
Отдел главного механика 155, 160
— производственно-диспетчерский 155, 159
— технический 155, 159
Отказ АТ 10

Параметр потока отказов 12, 15

Паспорт изделия 143—144 (рис. 13.3)
План перспективного и оперативного использования ЛА 176—183
Планер ЛА, типы повреждений, ТО 275, 277—280
Плотность распределения наработки до отказа 16
Повреждение 10
Подогрев двигателя 334—336
Показатели исправности и использования 84—87
— надежности 12—16
— качества ТО 214—215
— эксплуатационной технологичности 32—33
— эффективности ПТЭ 196—199
Поломка 393
Посадка ЛА 377—379, 391—392
Программа ТОиР 125—127 (рис. 12.1)

Программа обеспечения надежности 53 (рис. 5.1)
ПТЭ, структура, модель 102—104 (рис. 10.1)
Происшествие авиационное 383
Простои ЛА на ремонте 90—92
— при ТО 90—92, 106 (рис. 10.2)
Профиль полета

Работоспособность 10
Расконсервация АТ 315—316
Расчет заправки ЛА топливом 349—352
— внутрихозяйственный в АТБ 96
— полета ЛА 348—349
— потребного количества средств механизации 256—257
— показателей эксплуатационной технологичности 36—41
— показателей эффективности ПТЭ 199—202
Расходы эксплуатационные 93—94
Регламент ТО 141, 163—165
Регулярность полетов 73, 201
Рекламация 183—185
Ресурсы, виды ресурсов 22—23
— топливно-энергетические 99—101
Руководство по летной эксплуатации 141
— по технической эксплуатации 141
— по ремонту 141

Свойства конструктивно-эксплуатационные 31—32
Себестоимость ТО 93—94
Система запуска двигателя 318—323
— обслуживания планово-предупредительная 74—75
— технической эксплуатации 71—73
— ТО, ЛА за рубежом 78—81
— управления эффективностью ПТЭ 204—207
— функциональная 371—373
— централизованной заправки ЛА топливом 242—243
Ситуация аварийная 393
— катастрофическая 393
— особая 393
Служба инженерно-авиационная 150—152
Соконость несущего винта 264—266
Состояние предельное 122—123
— техническое 217
Списание АТ 183—185
Срок службы ЛА 23
Стоимость ТО 94
Стратегия ТОиР 114—116

Структура ИАС 153—154
— фонда времени эксплуатации ЛА 82 (рис. 8.1)
— ПТЭ 105—107

Техническое описание 141
— состояние 217
Технологические указания 141, 165
Технологичность эксплуатационная 30
Трудоемкость ТО 96 (табл. 9.1)

Унификация систем и изделий 32
Управление качеством ТО 212—213
— безопасностью полетов 400—402
— эффективностью ПТЭ 204—207
— системами ЛА 369—375
— силовыми установками 376—379
Уровень надежности 117—121
— безопасности полетов 400
— технической по АТБ 96
— эксплуатационной технологичности 41
— эффективности ПТЭ 203—204
Усталостные повреждения 25 (рис. 2.3) 274—277
Учет АТ 144—145

Факторы, влияющие на безопасность полетов 397—400
— на длину пробега ЛА 355—357 (рис. 32.5)
— на длину разбега ЛА 352—355 (рис. 32.4)
— на надежность АТ 9 (рис. 1.1)
— на качество ТО 212—214 (рис. 19.4)
— на эксплуатационную технологичность 30—32
— на эффективность ПТЭ 202—204 (рис. 18.2)
Фонд времени эксплуатации ЛА 82—84 (табл. 8.1)
Формы образования льда 381—383 (рис. 35.1)
— техобслуживания ЛА 163—167
— эксплуатационной документации 144—145
Формуляр ЛА 142—144 (рис. 13.3)

Экономичность эксплуатации 93
Эксплуатация ЛА в полете 338
Эксплуатационная технологичность 30—32
Эффективность ПТЭ 196
— программ ТОиР 125
— стратегии ТОиР 114
Эшелонирование полетов 344—346 (рис. 31.2)

Предисловие	3
Введение	5
РАЗДЕЛ I	
ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ КАК ОБЪЕКТ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	
Глава 1. Безотказность авиационной техники	8
1.1. Основные термины и определения	8
1.2. Классификация отказов	10
1.3. Показатели безотказности	12
1.4. Модели безотказности	16
1.5. Методы анализа надежности	18
Глава 2. Долговечность и живучесть летательных аппаратов	20
2.1. Факторы долговечности	20
2.2. Показатели долговечности	22
2.3. Методы определения и увеличения ресурса	24
2.4. Живучесть ЛА	27
Глава 3. Эксплуатационная технологичность летательных аппаратов	30
3.1. Факторы эксплуатационной технологичности	30
3.2. Показатели эксплуатационной технологичности	32
3.3. Задание показателей в общих требованиях на ЛА	34
3.4. Определение показателей эксплуатационной технологичности	36
3.5. Требования эксплуатационной технологичности и способы ее обеспечения	42
Глава 4. Контролепригодность летательных аппаратов	44
4.1. Характеристика контролепригодности и ее оценка	44
4.2. Показатели контролепригодности	46
4.3. Анализ контролепригодности АТ	48
4.4. Категории контролепригодности	51
Глава 5. Комплексная программа обеспечения надежности	53
5.1. Комплексные показатели надежности	53
5.2. Обеспечение требований надежности на этапах проектирования и испытаний ЛА	55
5.3. Обеспечение требований надежности при производстве ЛА	57
5.4. Обеспечение надежности в процессе эксплуатации ЛА	59
5.5. Корректировка комплексной программы по опыту эксплуатации	61

Глава 6. Система сбора, обработки и анализа информации о надежности	62
6.1. Задачи системы	62
6.2. Автоматизированные системы сбора и обработки информации	64
6.3. Бортовые системы сбора информации и ее обработка	68

РАЗДЕЛ 2

СИСТЕМА ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Глава 7. Структура и принципы построения системы технической эксплуатации	71
7.1. Система технической эксплуатации как часть авиационной транспортной системы	71
7.2. Система технического обслуживания и ремонта	73
7.3. Виды технического обслуживания и ремонта	75
7.4. Особенности построения системы технического обслуживания и ремонта ЛА за рубежом	78
Глава 8. Обеспечение эффективности использования летательных аппаратов	82
8.1. Основные составляющие годового фонда времени ЛА	82
8.2. Показатели исправности и использования	84
8.3. Определение технически возможного годового налета ЛА	87
8.4. Нормирование показателей исправности и простоев ЛА по техническим причинам	90
Глава 9. Обеспечение экономичности технической эксплуатации	93
9.1. Укрупненная структура общих эксплуатационных расходов	93
9.2. Виды работ и обобщенная оценка объема производства АТБ	95
9.3. Факторы уровня трудовых и материальных затрат	97
9.4. Повышение экономичности технической эксплуатации	98
9.5. Роль инженерно-авиационной службы в экономии топливно-энергетических ресурсов	99
Глава 10. Процесс технической эксплуатации летательных аппаратов	102
10.1. Структура и модель процесса	102
10.2. Характеристика отдельных состояний процесса технической эксплуатации	105
10.3. Взаимосвязь процессов технической эксплуатации и изменения технического состояния объекта	107
10.4. Критерии оптимальности процесса	110
Глава 11. Стратегии технического обслуживания и ремонта авиационной техники	114
11.1. Классификация стратегий	114
11.2. Стратегия технического обслуживания по состоянию с контролем уровня надежности	117
11.3. Стратегия технического обслуживания и ремонта по состоянию с контролем параметров	122
Глава 12. Программы технического обслуживания и ремонта	125
12.1. Структура программы	125
12.2. Механизм формирования комплексной программы	128
12.3. Формирование программы ТОиР функциональной системы	131
12.4. Формирование программы ТОиР планера ЛА	136

Глава 13. Эксплуатационно-техническая документация	140
13.1. Руководящая документация	140
13.2. Пономерная документация	142
13.3. Производственно-техническая документация	144
13.4. Техническая документация, оформляемая при обслуживании АТ	146

РАЗДЕЛ 3

ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ПРОЦЕССАМИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Глава 14. Задачи и организационная структура инженерно-авиационной службы	150
14.1. Основные задачи	150
14.2. Основные этапы развития ИАС ГА	152
14.3. Организационная структура ИАС	153
14.4. Типовая организационная структура АТБ и задачи структурных подразделений	155
14.5. Совершенствование организационных форм обслуживания и ремонта ЛА	160
Глава 15. Формирование режимов технического обслуживания	162
15.1. Виды работ по ТО	162
15.2. Регламенты и технологические указания	163
15.3. Разработка регламента ТО	167
15.4. Определение оптимальной периодичности технического обслуживания	168
15.5. Группировка работ в оптимальные формы регламента	173
Глава 16. Оперативно-производственное планирование работы АТБ	174
16.1. Объем и задачи планирования	174
16.2. Годовое планирование	176
16.3. Квартальное и месячное планирование	178
16.4. Диспетчеризация производственного процесса в АТБ	182
16.5. Восстановление и списание АТ, предъявление рекламаций	183
16.6. Прием и передача АТ	185
Глава 17. Организация процесса технического обслуживания летательных аппаратов	188
17.1. Оперативное техническое обслуживание	188
17.2. Периодическое техническое обслуживание	189
17.3. Методы обслуживания ЛА	191
17.4. Организация производственного процесса при обслуживании АТ по состоянию	195
Глава 18. Управление эффективностью процесса технической эксплуатации	196
18.1. Показатели эффективности	196
18.2. Анализ эффективности процесса технической эксплуатации	199
18.3. Влияние организационных и технических факторов на эффективность	202
18.4. Управление эффективностью	204
Глава 19. Управление качеством технического обслуживания	207
19.1. Условия обеспечения качества труда	207
19.2. Основные принципы формирования комплексной системы управления качеством	209

19.3. Оперативное и систематическое управление качеством	412
19.4. Оценка качества технического обслуживания	414

РАЗДЕЛ 4

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ОБЩЕГО НАЗНАЧЕНИЯ

Глава 20. Контроль технического состояния летательных аппаратов	217
20.1. Организация и виды контроля	217
20.2. Методы и средства контроля	219
20.3. Метрологическое обеспечение	225
20.4. Автоматизированный контроль	226
20.5. Техника безопасности при контроле	228
Глава 21. Поиск неисправных элементов функциональных систем	230
21.1. Характеристика процессов поиска неисправных элементов	230
21.2. Алгоритмы построения программ поиска	231
21.3. Автоматизация процесса поиска отказов	239
Глава 22. Заправка летательных аппаратов горюче-смазочными материалами	240
22.1. Эксплуатационные требования	240
22.2. Заправка ЛА ГСМ, спецжидкостями и газами	241
22.3. Влияние обводнения ГСМ на работоспособность систем ЛА	244
22.4. Правила охраны труда, окружающей среды и пожарной безопасности	246
Глава 23. Средства механизации процессов технического обслуживания летательных аппаратов	248
23.1. Классификация процессов технического обслуживания и средств механизации	248
23.2. Расчет уровня механизации технического обслуживания ЛА	255
23.3. Расчет потребного числа средств механизации	256
23.4. Техника безопасности при применении средств механизации	258
23.5. Основные направления развития	260
Глава 24. Техническая эксплуатация вертолетов	261
24.1. Особенности конструкции и технического обслуживания несущей системы вертолета	261
24.2. Регулировочные работы	264
24.3. Вибрация вертолета и ее предупреждение	267
24.4. Особенности эксплуатации вертолетных силовых установок	269

РАЗДЕЛ 5

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ГРУПП ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Глава 25. Техническое обслуживание планера ЛА	274
25.1. Изменение технического состояния планера	274
25.2. Содержание технического обслуживания планера	277
25.3. Диагностирование и прогнозирование технического состояния элементов планера	280

Глава 26. Техническое обслуживание шасси и систем управления	284
26.1. Факторы работоспособности шасси	284
26.2. Техническое обслуживание шасси	285
26.3. Факторы работоспособности систем управления ЛА	292
26.4. Техническое обслуживание систем управления	294
Глава 27. Техническое обслуживание гидрогазовых систем и систем жизнеобеспечения	298
27.1. Условия эксплуатации и факторы работоспособности	298
27.2. Типовые отказы гидрогазовых систем	300
27.3. Техническое обслуживание систем жизнеобеспечения	302
27.4. Профилактические и регулировочные работы	303
Глава 28. Техническое обслуживание силовых установок	306
28.1. Отказы и неисправности СУ	306
28.2. Контроль, диагностирование и прогнозирование технического состояния СУ	307
28.3. Техническое обслуживание поршневых двигателей	311
28.4. Техническое обслуживание модульных двигателей	313
28.5. Замена и консервация двигателей	315
Глава 29. Запуск и опробование авиационных двигателей	317
29.1. Этапы и контроль запуска газотурбинного двигателя	317
29.2. Системы запуска газотурбинных двигателей	318
29.3. Запуск и опробование газотурбинных двигателей	323
29.4. Запуск и опробование поршневых двигателей	326
Глава 30. Особенности технического обслуживания летательных аппаратов в сложных природно-климатических условиях	328
30.1. Характеристика условий эксплуатации	328
30.2. Техническое обслуживание элементов планера и шасси	329
30.3. Техническое обслуживание гидромеханических систем	332
30.4. Особенности запуска двигателей	334

РАЗДЕЛ 6

ИНЖЕНЕРНЫЕ ОСНОВЫ ЛЕТНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ И БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Глава 31. Организация, планирование и обеспечение полетов	338
31.1. Общие положения	338
31.2. Классификация, организация и планирование полетов	340
31.3. Обеспечение полетов наземными службами	342
31.4. Выполнение и эшелонирование полетов	344
31.5. Полеты по выполнению авиационных работ в народном хозяйстве	346
Глава 32. Расчет полета	348
32.1. Исходные данные	348
32.2. Расчет потребной для полета массы топлива	349
32.3. Расчет длины разбега	352
32.4. Расчет длины пробега	355
32.5. Расчет загрузки и центровки ЛА	357
Глава 33. Комплексная подготовка летательных аппаратов к полетам	359
33.1. Предполетная подготовка ЛА	359
33.2. Предполетная подготовка экипажа	362
33.3. Особенности буксировки и руления	364

33.4.	Предполетная проверка двигателей и функциональных систем ЛА бортинженером	366
33.5.	Подготовка ЛА к полетам в сложных погодноклиматических условиях	368
Глава 34.	Эксплуатация функциональных систем в полете	369
34.1.	Управление работой функциональных систем и двигателей при взлете и наборе высоты	369
34.2.	Управление работой функциональных систем и двигателей в горизонтальном полете	371
34.3.	Управление силовыми установками в полете	376
34.4.	Управление работой функциональных систем и двигателей самолета при посадке	377
34.5.	Экономия топлива в процессе летной эксплуатации	380
Глава 35.	Особенности эксплуатации двигателей и функциональных систем в особых ситуациях полета	381
35.1.	Полеты в условиях обледенения	381
35.2.	Полеты в условиях атмосферной турбулентности	384
35.3.	Самовыключение и запуск ГТД в полете	385
35.4.	Отказ одного из двигателей при взлете	387
35.5.	Полет самолета с несимметричной тягой	389
35.6.	Возникновение и тушение пожара в полете	390
35.7.	Посадка ЛА с неисправными органами приземления	391
Глава 36.	Роль инженерно-авиационной службы в обеспечении безопасности полетов	392
36.1.	Общая характеристика авиационных происшествий и инцидентов по техническим причинам	392
36.2.	Предупреждение авиационных происшествий и инцидентов	395
36.3.	Оценка опасности особых ситуаций	397
36.4.	Направления работы ИАС по повышению безопасности полетов	400
Глава 37.	Направления научно-технического прогресса в области технической эксплуатации летательных аппаратов	403
37.1.	Основные задачи дальнейшего развития технической эксплуатации	403
37.2.	Совершенствование конструктивно-эксплуатационных свойств ЛА и программ их ТОиР	405
37.3.	Развитие организационной и производственно-технической базы предприятий	406
Приложения		409
Список литературы		413
Предметный указатель		415

Учебник

*СМИРНОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ
ВЛАДИМИРОВ НИКОЛАЙ ИВАНОВИЧ
ЧЕРНЕНКО ЖАН СЕРГЕЕВИЧ и др.*

**ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Предметный указатель составил
Ю. М. Чинючин

Технический редактор *Л. Г. Дягилева*
Корректор-вычитчик *Л. В. Ананьева*
Корректор *В. Н. Яговкина*

ИБ № 4136

Сдано в набор 08.06.89. Подписано в печать
16.05.90. Т-00171. Формат 60×88¹/₁₆. Бум. офс. № 2.
Гарнитура литературная. Офсетная печать.
Усл. печ. л. 25,97. Усл. кр.-отт. 25,97.
Уч.-изд. л. 29,0. Тираж 6500 экз. Заказ 2255.
Цена 1 р. 30 к. Изд. № 1-1-1/17-7 № 4779
Ордена «Знак Почета» издательство
«ТРАНСПОРТ», 103064, Москва, Басманный
туп., 6а.

Московская типография № 4
Государственного комитета СССР по печати
129041, Москва, Б. Переяславская, 46.