

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕ-
ЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЕВА»
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

В.Н. Писаренко

**Управление системами и процессами эксплуатации авиационных
электрических систем и пилотажно-навигационных комплексов**

Электронное учебное пособие
Часть 1

Самара 2012

УДК СГАУ:629.7(075)

БКК 68.53

П 341

Рецензенты: доктор технических наук, профессор Г . И . Л е о н о в и ч
заместитель руководителя Приволжского МТУ ВТ
Росавиации А . М . Н е т р е б а

П 341 Писаренко В.Н.

**Управление системами и процессами эксплуатации
авиационных электрических систем и пилотажно-
навигационных комплексов: учебное пособие /**

В.Н.Писаренко – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та:
2011. 83с.

Представлены характеристики системы технической эксплуатации, программы технического обслуживания и ремонта, структуры процессов технической эксплуатации, методы анализа эффективности и оптимизации процесса технической эксплуатации, методы и стратегии управления процессами технической эксплуатации авиационных электрических систем и пилотажно-навигационных комплексов.

Пособие предназначено для подготовки магистров по направлению 162500 Техническая эксплуатация авиационных электрических систем и пилотажно-навигационных комплексов.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета имени академика С.П. Королева.

УДК СГАУ:629.7(075)

БКК 68.53

© В.Н. Писаренко, 2012
© Самарский государственный
аэрокосмический университет

Оглавление

Введение	5
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ.....	7
1.1.Авиационные электрические системы и пилотажно-навигационный комплекс	7
1.2. Объекты и средства АЭС и ПНК	8
1.3. Проблемы ТОиР.....	8
2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС И ПНК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	10
2.1. Цели и задачи системы ТОиР	10
2.2. Структура ТОиР.....	12
2.3. Особенности обеспечения безопасности полетов в условия полета с неисправными компонентами	13
2.4. Основная задача MEL и CDL, порядок формирования MEL и CDL	15
2.5. Программа технического обслуживания и ремонта АЭС и ПНК	19
2.5.1. Формирование программы ТОиР	19
2.5.2. Концепция безопасных отказов	21
2.5.3. Комплексная программа ТОиР	24
2.5.4. Программа и руководство процедур допуска воздушных судов к полетам в условиях неисправности компонентов	25
2.6. Процесс эксплуатации ВС	32
2.7. Особенности поступления эксплуатационных бюллетеней	38
2.8. Особенности обеспечения полетов по категории II/III	38
2.9. Особенности обеспечения полетов в условиях RNP и RVSM.....	40
2.10. Особенности обеспечения полетов в условиях будущих аэронавигационных систем (FANS)	42
2.11. Особенности обеспечения полетов увеличенной дальности ВС с двумя двигателями (ETOPS).....	42
2.12. Особенности обеспечения полетов ВС в условиях использования перечня отклонений от конфигурации (CDL)	43
2.13. Эксплуатационные процедуры и правила техобслуживания	45
2.13.1. Документация по техническому обслуживанию иностранных воздушных судов	45
2.13.2. Эксплуатационная документация при отклонении от порядка выполнения работ с воздушными судами Boeing	45
2.13.3. Документация, используемая при технической эксплуатации самолетов Boeing	46

2.13.4. Требования к отчетности по техническому обслуживанию воздушных судов Boeing.....	46
2.13.5. Документация необходимая для повышения эффективности эксплуатационной деятельности авиакомпаний	47
2.13.6. Нормативная эксплуатационная документация Межгосударственного авиационного комитета (МАК), Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (ФСНСТ), Федеральной авиационной администрации США (FAA) и Boeing.....	48
2.13.7. Выборочные требования правил ФАА США	48
2.14. Структура MEL	49
2.15. Рекомендованные процедуры технического обслуживания.....	49
2.16. Функции Центра технического обслуживания ВС	51
3. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ И ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС и ПНК	54
3.1. Основы управления системами и процессам ТЭ АЭС и ПНК.....	54
3.2. Цели управления обслуживанием, критические принципы управления обслуживанием, регламент технического обслуживания	57
3.3. Элементы эффективного управления обслуживанием.....	60
3.4. Методы и стратегии управления процессами ТЭ АЭС и ПНК	65
3.5. Анализ эффективности процесса ТЭ АЭС и ПНК.....	70
3.6. Анализ задержек рейсов	73
3.7. Анализ структур процесса технической эксплуатации АЭС и ПНК	74
3.8. Время, необходимое для устранения отказа.....	78
3.9. Продление времени устранения неисправностей	78
3.10. Классификация степени влияния неисправностей на условия допуска ВС к производству полетов	79
3.11. Качественный анализ неисправности.....	80
3.12. Качественный анализ последствий отказа.....	80
3.13. Качественный анализ последствий критического отказа.....	81
3.14. Резюме процесса анализа.....	81
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	82

Введение



В связи с появлением на авиалиниях новых дорогостоящих самолетов, оснащенных сложными системами бортового оборудования и более мощными силовыми установками, значительно возросли затраты на их обслуживание и ремонт, которые, по оценке зарубежных специалистов, составляют 25 – 30 % прямых эксплуатационных расходов. [6] Каждый год затраты предприятий США в секторе технического обслуживания составляют более чем \$300 миллиардов. Высокие цены современных самолетов (Ту-204 в ценах 2007 года стоит \$35 млн., Airbus A321 в ценах 2008 года – \$87÷92,8 млн., B757-200 в ценах 2002 года – \$80 млн., стоимость Boeing 787 составляет \$194÷205,5 млн.) привели к повышению стоимости каждого часа простоя самолетов (час планового простоя самолета Ту-204 оценивается в \$1662).

Все это заставляет авиакомпании разрабатывать и внедрять мероприятия по повышению эффективности и рентабельности использования самолетного парка, включающие совершенствование методов, форм и организации технического обслуживания и ремонта для обеспечения приемлемого уровня безопасности полетов, сокращения трудозатрат и простоев самолетов на техническом обслуживании и ремонте. Так, например, авиакомпания Transaero впервые в России внедрила использование Minimum Equipment List (MEL) на отечественных самолетах Tupolev-214.

Техническое обслуживание авиатехники в авиакомпаниях является составной частью эксплуатации воздушных судов (ВС) и включает в себя организацию и выполнение работ, определенных программой технической эксплуатации, а также по устранению отказов и неисправностей, выявленных в полете и в процессе обслуживания авиатехники, проведение доработок, выполнение разовых осмотров, текущего ремонта, замены компонентов и т.д.

По мере развития гражданской авиации все более актуальными становятся задачи повышения эффективности использования ВС. Это возможно лишь на основе внедрения новой авиационной техники, отвечающей современным требованиям, а также прогрессивных технологий ее технической эксплуатации.

Известно, что один и тот же тип ВС при разных системах его технического обслуживания и ремонта (ТОиР) будет по-разному обеспечивать рентабельность эксплуатации и безопасность полетов. Следовательно, необходимо учитывать назначение и особенности эксплуатации рассматриваемого типа ВС, характеристики его надежности, выбранную систему ТОиР и возможности обеспечения безопасности полетов и рентабельности коммерческой эксплуатации ВС.

В соответствии с принятым президентом России решением о переоснащении парка ВС лучшими самолетами иностранного производства, наиболее актуальной задачей является системное изучение зарубежного передового опыта управления системами и процессами эксплуатации авиационной техники на примере самолетостроительных фирм Airbus и Boeing и ведущих авиакомпаний США «Америкэн Эйрлайнз», «Юнайтед Эйрлайнз», «Транс Уорлд Эйрлайнз» и др. с целью его применения при управлении процессами и системами эксплуатации в отечественных авиакомпаниях.

Эти направления и определили цели и задачи настоящего учебного пособия – дать магистрам современные профессиональные знания по эффективному управлению техническим состоянием и процессами технической эксплуатации АЭС и ПНК при разработке стратегических целей и планов развития производственной базы авиакомпаний и выработки рекомендаций по повышению уровня эксплуатационно-технических характеристик ВС на примере работы отечественных и зарубежных авиакомпаний и передовым научным разработкам, а также с учетом опыта эксплуатации средств АЭС и ПНК в российских и зарубежных авиакомпаниях.

Настоящее учебное пособие разработано в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования по направлению подготовки 162500 Техническая эксплуатация авиационных электрических систем и пилотажно-навигационных комплексов по квалификации (степени) магистр.

На основе обобщения материалов исследований, выполненных в различных научно-исследовательских организациях, эксплуатационных и ремонтных предприятиях гражданской авиации России и за рубежом, в учебном пособии системно изложены современные методы управления системами и процессами эксплуатации АЭС и ПНК.

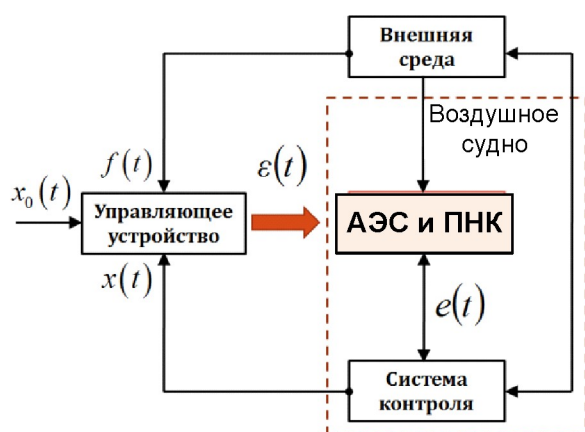
1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ



Безопасность полетов ВС образуется в процессе полета и вне его, определяется надежностью функционирования ВС и его систем, организацией ее эксплуатации, уровнем подготовки персонала, качеством выполнения работ, эффективностью управления процессом эксплуатации авиационной техники и обеспечивается людьми.

1.1.Авиационные электрические системы и пилотажно-навигационный комплекс

Авиационные электрические системы и пилотажно-навигационные комплексы являются совокупностью организационных и технических мероприятий, выполняемых соответствующими службами эксплуатанта, государственных организаций и других юридических лиц, и направлены на обеспечение безопасности полетов ВС. АЭС и ПНК представляет собой единый взаимосвязанный комплекс (рис. 1.1), предназначенный для управления полетом ВС, контроля его положения в пространстве и обеспечения жизнедеятельности пассажиров и членов экипажа.



где
 X – множество состояний АЭС и ПНК;
 $\varepsilon(t)$ - управляющее воздействие;
 $x_0(t)$ - цели управления;
 $e(t)$ - процесс оценки технического состояния АЭС и ПНК;
 $f(t)$ - влияние внешних условий.

Рисунок 1.1. Структурная схема системы управления ВС

1.2. Объекты и средства АЭС и ПНК

Требования к объектам и средствам АЭС и ПНК приведены в Федеральных авиационных правилах России ФАП-141 «Организации по техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники», ФАП-11 «Сертификационные требования к эксплуатантам гражданской авиации» и ФАП-128 «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации».

Средства АЭС и ПНК должны использоваться строго в соответствии с эксплуатационной документацией (ЭД). В процессе эксплуатации ВС технические характеристики средств АЭС и ПНК должны соответствовать значениям, приведенным в ЭД и поддерживаться в заданных пределах.

1.3. Проблемы ТОиР

В настоящее время организации по ТОиР располагают сложнейшими наземными техническими комплексами, эксплуатационно-технической и нормативной документацией, квалифицированными кадрами авиационных специалистов инженерно-авиационных служб, которые своим профессионализмом и трудом обеспечивают бесперебойное функционирование отрасли ГА при приемлемом уровне безопасности полётов.

Характер изменения по годам эксплуатации летно-технических характеристик зарубежных самолетов, степень сложности их конструкций и уровень способностей обслуживающего персонала приведены на рис. 1.2.

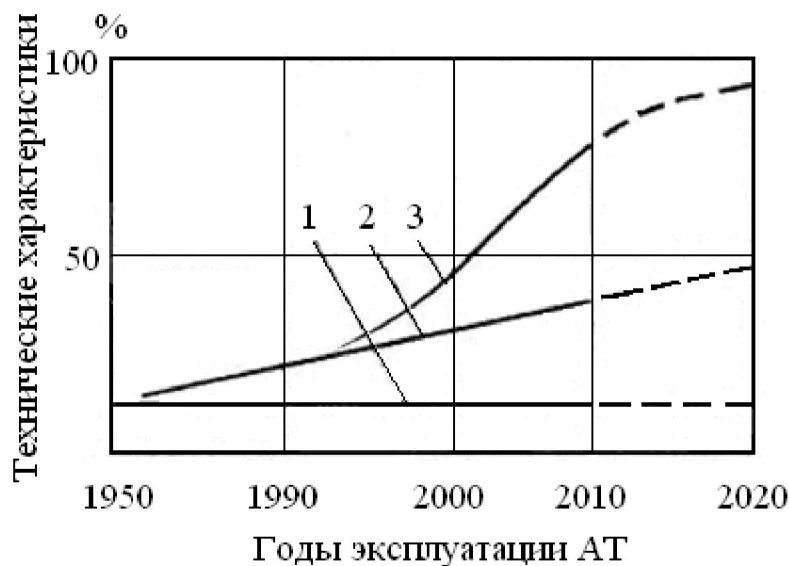


Рисунок 1.2. Изменение способностей обслуживающего персонала (1), технических характеристик самолетов (2), сложности их конструкций (3) по годам эксплуатации

Из рис. 1.2 следует, что способности обслуживающего персонала (1) практически мало изменились со времени появления первых самолетов гражданской авиации. Человек выполняет операции, которым он обучен, с той лишь разницей, что в середине прошлого столетия один человек совмещал широкий диапазон профессий, и это позволяло ему обслуживать весь самолет, тогда как в настоящее время один человек выполняет работу в ограниченной области, но от него требуются более глубокие знания. За последние тридцать лет заметно возросла надежность механических и электронных элементов.

Воздушные суда стали более автоматизированными и более сложными. Люди же остались прежними. Самолеты нынешнего поколения типа "Боинг-747-400" и "Эрбас-А340" имеют дважды или трижды резервированные системы управления полетом. Это, возможно, уменьшает нагрузку на летный экипаж, но повышает требования к техническим специалистам, обслуживающим воздушные суда, многие из которых получили основную подготовку в области механических, а не современных систем управления, основанных на использовании вычислительной техники, в том числе и в знании английского языка. [12, 13]

Поэтому ФАП-147 требует, что обладатель свидетельства специалиста по техническому обслуживанию и ремонту воздушных судов должен демонстрировать умение читать с приемлемым уровнем понимания на языке, на котором изложена эксплуатационная и иная документация, определяющая порядок технического обслуживания и ремонта.

Изменение летно-технических характеристик самолетов (2) предполагает увеличение скорости, высоты полета при одновременном росте массы, коммерческой загрузки и др. Усложнение конструкций самолетов (3) выражается в увеличении числа агрегатов, блоков, изделий функциональных систем и установке на самолеты принципиально новых изделий, блоков и систем.

Образующийся разрыв между значениями технических характеристик (1) и (3) может быть преодолен за счет повышения безотказности работы компонентов ВС и разработки более эффективных стратегий и программ ТОиР.

2. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС И ПНК ВОЗДУШНЫХ СУДОВ



2.1. Цели и задачи системы ТОиР

Обслуживание является функцией, которая должна быть обычно выполнена при неблагоприятных обстоятельствах и напряжении личного состава, его главная цель - быстро восстановить оборудование к его эксплуатационной готовности использования доступных ресурсов при минимальной стоимости.^[7]

Тем не менее, способствующие достижению цели, разработка обслуживания включает: улучшение процесса обслуживания, сокращение количества и частоты обслуживания, сокращение эффекта сложности, требуемого мастерства, сокращение поддержки поставки и установление оптимальной периодичности обслуживания.

Ожидается, что оборудование 21-ого столетия будет больше компьютеризировано, более надежным и значительно более сложным. Дальнейшая компьютеризация оборудования значительно увеличит важность обслуживания программного обеспечения, приближения его к уровню или равному обслуживанию аппаратных средств ЭВМ. Это столетие будет также направлено на увеличение акцента при обслуживании относительно таких областей как человеческий фактор, качество, безопасность, стоимость и эффективность. Будет востребовано новое мышление и новые стратегии, чтобы реализовать потенциальные выгоды обслуживания и повернуть их в направление рента-

бельности. В целом, выгодные действия будут те, которые направлены на развитие стратегии управления эксплуатацией оборудования, на использование эффективных преимуществ новой информации, технологии и методов.^[11]

Воздушные суда гражданской авиации относятся к классу так называемых восстанавливаемых технических устройств. Уже на этапе создания ВС предполагается, что при эксплуатации ВС поддержание их в состоянии требуемого уровня летной годности, заданного уровня надежности и работоспособности будет достигаться проведением комплекса мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту ВС и их компонентов.

Под системой технического обслуживания и ремонта понимается совокупность взаимодействующих объектов и средств ТОиР, исполнителей, соответствующих программ и эксплуатационно-технической документации.^[4, 7, 8]

При ТОиР необходимо учитывать назначение и особенности эксплуатации ВС рассматриваемого типа, их характеристики надежности и выбранную систему технического обслуживания и ремонта.

Процесс ТОиР гражданских ВС носит строго регламентированный характер, обеспечивается созданием и существованием единой инженерно-авиационной службы отрасли гражданской авиации России от центрального аппарата гражданской авиации, его территориальных управлений до эксплуатационных предприятий.

Установлено ^[6], что “обслуживание” должно быть неотъемлемой частью стратегии производства и для полного успеха организации на этом должна строиться эффективность деятельности обслуживания.

Процесс технической эксплуатации АЭС и ПНК, как составляющая часть единого процесса технического обслуживания и ремонта гражданских воздушных судов, обеспечивает поддержание ВС и его компонентов в состоянии требуемого уровня летной годности.

Процесс эксплуатации ВС сопровождается непрерывным изменением его технического состояния. Необратимые процессы, происходящие в материалах, изменяют свойства компонентов и условия их работы.

Целью системы ТОиР является обеспечение в течение всего срока службы АТ заданного уровня готовности ВС к выполнению рейсов и работоспособности компонентов в процессе эксплуатации при наименьших затратах времени, труда и средств на выполнение ТОиР.

2.2. Структура ТОиР

Составной частью системы технической эксплуатации АТ является система ТОиР. [7, 10, 16] При этом под техническим обслуживанием понимается комплекс операций по поддержанию в заданных пределах исправности и работоспособности компонентов ВС и обеспечению своевременной готовности их к полетам. Под ремонтом понимается комплекс операций по восстановлению исправности и работоспособности изделий функциональных систем и узлов ВС или отдельных его компонентов.

Система ТОиР представляет собой совокупность взаимодействующих объектов и средств ТОиР, инженерно-технического персонала, соответствующих программ ТОиР и эксплуатационно-технической документации эксплуатанта (рис. 2.1).

Объектами ТОиР являются компоненты ВС и их совокупность, характеризующиеся потребностью в определенных работах по поддержанию исправности или работоспособности в том или ином состоянии технической эксплуатации и приспособленностью к выполнению данных работ. Исходя из определения, объект ТОиР должен обладать определенной совокупностью эксплуатационно-технических характеристик. Так, потребность в ТОиР определяется характеристиками безотказности, долговечности, живучести.



Рисунок 2.1. Структура системы технического обслуживания и ремонта

Средства ТОиР включают комплекс наземных сооружений, средств технологического оснащения, технической диагностики и неразрушающего контроля, необходимые для поддержания исправности и работоспособности объекта ТОиР.

Программа ТОиР, являясь важным звеном системы ТОиР, придает четкую направленность и конкретность действий на длительный период экс-

плуатации ВС. Программа ТОиР определяет стратегию (концепцию) ТОиР, объединяющую для достижения поставленной цели объект, средства, персонал и документацию.

Эксплуатационно-техническая документация является принципиально важным моментом. В состав документации входит перечень минимального оборудования MEL, с которым разрешается эксплуатация ВС даже при наличии неисправных компонентов.

2.3. Особенности обеспечения безопасности полетов в условия полета с неисправными компонентами

Полет с наличием неисправных компонентов на ВС является риском и должен выполняться с учетом теории риска.^[9, 14, 17] Понятие «риск» характеризует возможность отклонения от намеченной цели. Анализ рисков предполагает подход к риску не как к статическому, неизменному, а как к управляемому параметру, на уровень которого возможно и нужно оказывать воздействие. Отсюда следует вывод о необходимости влияния на выявленные риски с целью их минимизации или компенсации. На изучение этих возможностей и связанной с этим методологии направлена так называемая «концепция приемлемого риска».

В основе «концепции приемлемого риска» лежит утверждение о невозможности полного устранения потенциальных причин, которые могут привести к нежелательному развитию событий и в результате - к отклонению от выбранной цели. Однако процесс достижения выбранной цели может происходить на базе принятия таких решений, которые обеспечивают некоторый компромиссный уровень риска, называемый приемлемым. Этот уровень соответствует определенному балансу между ожидаемой выгодой и угрозой потерь и основан на серьезной аналитической работе, включая и специальные расчеты.

Полет в условиях риска базируется на реализации принимаемых решений и должен осуществляться по заранее намеченному пути, определенному четко сформулированными планами. Однако в процессе реализации полета могут встретиться неустранимые неопределенности, оказывающие возмущающее действие и изменяющие время наступления, их содержание, что может привести к нежелательному развитию событий и повлиять на конечный результат.

Процесс управления полетом в условиях риска базируется на анализе самих рисков, является непрерывным и осуществляется на всех этапах: подготовки к полету, выполнении полета, с помощью мониторинга, контроля и необходимых корректирующих воздействий.

На практике в настоящее время используются различные способы снижения финального уровня рисков, многообразие которых можно классифицировать следующим образом:

- методы уклонения от риска;
- методы локализации риска;
- методы диссипации риска;
- методы компенсации риска.

В теории риска различают понятия причины, факторы, уровни и показатели уровня риска.

Под причинами риска понимают такие незапланированные события, которые могут потенциально осуществиться и оказать отклоняющее воздействие на намеченный ход реализации проекта. При этом некоторые из указанных событий можно было предвидеть, а другие не представлялось возможным предугадать.

Под факторами риска понимают условия, ведущие к проявлению причин данного вида риска в конкретном проекте.

Реализация концепции приемлемого риска подходит через интеграцию комплекса процедур - оценки рисков и управления рисками. Под оценкой рисков, как уже указывалось, понимается совокупность регулярных процедур контроля факторов риска, их анализа, идентификации источников возникновения, допустимость факторов риска для безопасности полетов, определения возможных масштабов последствий проявления рисков факторов и процедур минимизации или компенсации выявленных рисков.

Оценка рисков строится на всестороннем, многоаспектном исследовании: - экспертизе, изучении взаимосвязей и внешней среды, что осуществляется с целью выявления источников рисков; - анализе внешних и внутренних факторов риска, построение и анализ гипотетических цепочек развития событий при действии тех или иных факторов риска; - определении показателей оценки уровня риска; - установлении механизмов и формирования моделей взаимосвязи показателей и факторов риска.

Существуют два основных направления использования полученных оценок уровня риска. Первое связано с предварительным упорядочением (ранжированием) по критерию уровня риска / вариантов развития отказа и выбо-

ром на этой основе «стартового» варианта, а второе использует эти стартовые оценки для управления рисками при разработке мероприятий по уменьшению их негативных последствий.

Таким образом, можно сказать, что управление рисками включает разработку и реализацию обоснованных рекомендаций и мероприятий, направленных на уменьшение исходного уровня риска до приемлемого финального уровня (основанного на проведении необходимых исследований рисков и разработке нейтрализующих мероприятий).

Руководство по обеспечению безопасностью полетов ИКАО ^[13] требует каждому государству установить приемлемый уровень безопасности полетов. По определению ИКАО: приемлемый уровень безопасности - это минимальная степень безопасности полетов гражданской авиации, которая должна быть в реальных производственных условиях обеспечена с помощью государственной программы по безопасности полетов – управленческая система государства для управления безопасностью полетов. ^[13]

В ФАП-128 указывается, что при определении возможности обеспечения приемлемого уровня безопасности эксплуатант должен учитывать вероятность дополнительных отказов приборов, оборудования или систем воздушного судна при продолжении эксплуатации с неработающими системами или оборудованием.

2.4. Основная задача MEL и CDL, порядок формирования MEL и CDL

Корпорация Airbus конкретизирует понятие риска при эксплуатации воздушного судна с неисправным оборудованием, как приемлемый уровень безопасности полетов при выполнении полетов, который обеспечивает баланс между рентабельностью авиационных перевозок и уровнем безопасности полетов. Рентабельность эксплуатации ВС обеспечивается путем предотвращения ситуаций, связанных с простоем воздушного судна.



Рисунок 2.2. Основная задача MEL

Поэтому основной задачей Master Minimum Equipment List (MMEL) - Основной перечень минимального оборудования и Minimum Equipment List (MEL) - Перечень минимального оборудования является установления баланса между приемлемым уровнем безопасности полетов и рентабельностью при эксплуатации воздушного судна с неисправным оборудованием (рис. 2.2).

Конструкция воздушных судов предусматривает наличие высоконадежного оборудования и системного резервирования. Сертификат Типа воздушного судна удостоверяет, что воздушное судно со всем своим оборудованием находится в исправном состоянии и обеспечивает безопасность полетов. Несмотря на это могут возникать неполадки, а задержки или отмены рейсов влекут за собой высокие эксплуатационные расходы.

MMEL является документом составляемым организацией, ответственной за типовую конструкцию, для конкретного типа ВС, утверждаемым государством разработчика (департаментом по обеспечению и обслуживанию полетов корпораций Airbus и Boeing) и определяющим компоненты оборудования, неисправность одного или нескольких из которых не препятствуют началу полета. В MMEL могут оговариваться особые эксплуатационные условия, ограничения или правила.

Эксплуатанты используют MMEL в качестве руководства для создания своего собственного MEL - Перечень минимального оборудования авиакомпании (Airline MEL) для своих летных экипажей, персонала технического обслуживания, и персонала, занимающегося обеспечением полетов для конкретных номеров ВС. Важно отметить, что MEL эксплуатанта не может быть менее строгим, чем MMEL.

Эксплуатантам рекомендуется готовить сводный документ, который учитывает условия допуска ВС к эксплуатации, совмещая MEL и Configuration Deviation List (CDL) - Перечень отклонений от конфигурации. Это обеспечит более высокую надежность за счет повышения эффективности и оперативности в отношении допуска ВС к эксплуатации (выполнению полетов).

MEL - это документ авиакомпании, в котором перечислено оборудование или функции, которые могут оставаться неисправными в течение ограниченного времени, при определенных условиях, в соответствии с:

- требованиями летной годности (безопасность полетов, сертификация, загрузка экипажа);

- эксплуатационными требованиями, связанными с особенностями воздушного судна (эксплуатационные характеристики и ограничения, процедуры и особенности систем).



Рисунок 2.3. Схема формирования MEL

Таким образом, MEL представляет собой технический документ, учитывающий конструктивные особенности воздушного судна с целью обеспечения его безопасного допуска к эксплуатации с неисправностями.

Однако MEL не содержит какой-либо специальной информации и ограничений эксплуатационного характера в отношении использования воздушного судна (например, специальные полеты или же специальной информации и ограничений эксплуатационного характера, необходимых для местных полномочных органов эксплуатанта, например, дополнительные правила).

Таким образом, MMEL не может конкретизировать условия допуска ВС к полетам или времени устранения неисправностей в отношении таких пунктов, поскольку они зависят от национальных правил. Национальные правила либо разрешают, либо запрещают вылет воздушных судов. Airbus рекомендует эксплуатантам следовать документу, определяющему политику MEL, JAR-TGL 26. TGL 26 базируется на правилах JAR и предлагает эксплуатантам применимые условия допуска ВС к эксплуатации в отношении компонентов, обозначенных “Согласно правилам”.

MEL, в соответствии с ФАП-128, должен предусматривать выполнение полетов на воздушных судах, часть приборов и оборудования которого находится в нерабочем состоянии, при этом, доступная пилоту документация на борту воздушного судна содержит информацию о приборах и оборудовании,

находящихся в нерабочем состоянии. Воздушное судно эксплуатируется с соблюдением всех соответствующих условий и ограничений, содержащихся в MEL.^[74]

Запрещается включать в MEL следующие приборы и оборудование:

- приборы и оборудование, являющиеся обязательными согласно требованиям летной годности, в соответствии с которыми данный тип воздушного судна был сертифицирован, и которые являются обязательными для безопасной эксплуатации при всех условиях выполнения полетов;
- приборы и оборудование, рабочее состояние которых обязательно согласно РЛЭ;
- приборы и оборудование, обязательные для конкретных условий полета.

Разрешается производить взлет с приборами и оборудованием, находящимися в нерабочем состоянии, без наличия утвержденного MEL на вертолете, самолете с поршневыми двигателями, планере или аэростатическом летательном аппарате, для которого производителем воздушного судна не был разработан основной перечень минимального исправного оборудования (MMEL), или легком воздушном судне с поршневыми двигателями, планере или аэростатическом летательном аппарате, для которого производителем разработан MMEL, если при этом соблюдаются следующие условия:

- приборы и оборудование, находящиеся в нерабочем состоянии не являются приборами и оборудованием, указанными в качестве обязательных для выполнения полетов по ПВП в дневное время и не являются обязательными для данного конкретного вида полета;
- находящиеся в нерабочем состоянии приборы и оборудование сняты с воздушного судна или отключены, о чем указывается на прикрепленной в кабине экипажа воздушного судна табличке и в бортовом журнале, и помечены табличкой "Неисправен".

Эксплуатант воздушного судна обеспечивает: поддержание воздушного судна в пригодном для выполнения полетов состоянии; исправность воздушного судна, его компонентов и аварийного оборудования необходимого для планируемого полета; наличие действительного сертификата летной годности (удостоверения о годности к полетам). Техническое обслуживание воздушного судна, осуществляется в соответствии с эксплуатационной документацией, приемлемой для государства регистрации воздушного судна.

2.5. Программа технического обслуживания и ремонта АЭС и ПНК

2.5 1. Формирование программы ТОиР

Программа ТОиР является неотъемлемой составной частью системы ТОиР АТ. Она представляет собой документ, устанавливающий выбранные стратегии, количественные и качественные характеристики режимов ТОиР, допустимые уровни повреждений и неисправностей, средства диагностирования и контроля, а также порядок их корректировки в процессе эксплуатации. Программа ТОиР разрабатывается в соответствии с общими требованиями для конкретного типа ВС и является исходным нормативным документом для формирования и совершенствования системы ТОиР и эксплуатационно-ремонтной документации. ^[8]

При формировании программы ТОиР конкретного типа ВС 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 ВС, регулярность их полетов при одновременном существенном сокращении расходов на эксплуатацию авиатехники.

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, 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.

До 1970 г. основой для разработки программы ТО самолетов в зарубежных авиакомпаниях служил «Совместный документ самолетостроительных

фирм и авиационных компаний по вопросам планирования ТО (Airline / Manufacturer Maintenance Program Plan Doc. — MSG-1), разработанный и опубликованный в 1968 г. Координационным комитетом Федерального авиационного управления США (ФАА США), состоящим из представителей авиакомпаний, фирм-изготовителей планера и силовой установки и ФАА США. [5]

С внедрением на авиалиниях самолетов большой пассажироместности В-747, DC-10, L-1011 и др. прогресс в области ТО, определяемый объемом информации, поступающей от обеспечивающих служб и содержащейся в отчетах по надежности и в служебных сводках различных авиакомпаний, а также опыт по составлению программ ТО, были обобщены и использованы для разработки нового документа MSG-2, который стал основой для подготовки программ ТО новых типов ВС.

Документ MSG-2 предусматривает разработку программы ТО самолетов большой пассажироместности с учетом следующих основных принципов:

- максимальное обеспечение безопасности полетов;
- постоянное совершенствование конструкции самолета с целью достижения высокой степени надежности;
- включение в программу ТО только тех работ, которые имеют непосредственное отношение к безопасности полетов. Все другие работы должны включаться в программу только при наличии гарантии их экономической эффективности;
- использование в ТО информационной системы сбора и анализа данных о результатах эксплуатации агрегатов и узлов, позволяющей своевременно обнаруживать неисправности и недостатки конструкции и принимать эффективные меры по их устранению.

Координационный комитет ФАА США на основе принципов, изложенных в документе MSG-2, руководит деятельностью рабочих групп по составлению программ ТО новых типов самолетов, определяет основные направления работы и разрабатывает окончательные рекомендации по формированию программ ТО. В составе координационного комитета создано девять рабочих групп по разным профилям ТО – планер, силовая установка, гидравлическая система, система управления самолетом, АиРЭО, шасси, пневматическая система, электрооборудование и оборудование пассажирского салона. Каждая рабочая группа представляет в координационный комитет в письменном виде техническую информацию, подтверждающую ее рекомендации. После

утверждения координационным комитетом технической информации эти анализы и рекомендации включаются в окончательный отчет.

Программа ТО самолета состоит из двух частей:

1) группы плановых работ, выполняемых через определенные интервалы с целью предотвратить возможность снижения расчетного уровня надежности самолета;

2) группы внеплановых работ, выявляемых в результате выполнения плановых работ, составления донесений о неисправностях и контроля авиатехники. Цель этих внеплановых работ – восстановить уровень надежности до заданного.

Основой программы ТО самолетов большой пассажироместимости является автоматический контроль технического состояния их конструкции и систем. Использование средств автоматического контроля обеспечивает эксплуатационную надежность самолета даже при наличии многих неисправностей. При разработке программы ТО впервые нашли применение так называемые логические схемы принятия решений, служащие основанием для подробного анализа характеристик всех элементов самолета. С помощью этих схем выявляется возможность воздействия неисправностей отдельных элементов конструкции на надежность и безопасность полетов самолетов. Сущность этой схемы заключается в составлении полных перечней возможных отказов по каждому агрегату и в последующем их анализе.

2.5.2. Концепция безопасных отказов

За последние годы при формировании программ ТОиР самолетов В-757, В-767, В-777, А-310, А-320, А-340-200, А-340-300 использовалась система MSG-3 (Maintenance Planning System – Система планирования обслуживания).^[6] MSG-3 заменяет традиционный метод использования твердых интервалов времени как предписано MPD, приспособляя намеченные МХ циклы к фактическому использованию самолета. Первый самолет, построенный полностью вокруг концепции MSG-3, был В-777.

Система MSG-3 основана на концепции безопасных отказов, безопасной повреждаемости и развивающейся надежности. По MSG-3 работы по обслуживанию / замен компонентов выполняются постоянно в различных стадиях их жизненных циклов. Это уменьшает количество многоповторных задач и обеспечивает снижение простоя самолетов на ТОиР и затрат для авиакомпаний.

Концепция безопасных отказов основана на принципе системного резервирования и обеспечения безотказности систем при возникновении неисправностей отдельных компонентов ВС.

Принцип безопасной повреждаемости характеризуется тем, конструкция ВС допускает появление отдельных неисправностей и повреждений без ущерба для безопасности полетов. Одним из условий реализации принципа безопасной повреждаемости является встроенный контроль систем самолета и программа контроля всех механических узлов с помощью эффективных методов и средств неразрушающего контроля для обнаружения и замены дефектных элементов конструкции ВС на ранних стадиях развития неисправностей. Выбор того или иного метода контроля базируется на рекомендациях изготовителя. Так, например, фирма «General Electric» для двигателей CFM56-3 самолетов B737-300/-400/-500 предлагает ультразвуковой и эндоскопический контроль лопаток компрессора. Фирма «Rolls-Royce» на двигателях RB211 реализовала модульное исполнение двигателя, позволяющее при эксплуатации производить замену отдельных элементов конструкции двигателя без съема двигателя. При техническом обслуживании самолетов Boeing и Airbus инженерно-технический персонал осуществляет процедуры диагностирования систем и реализацию процедур устранения возникших проблем на ВС с использованием ноутбука.

Рабочая часть MSG-3 состоит из двух независимых разделов: методики анализа функциональных систем и силовой установки и методики анализа элементов конструкции планера. В каждом разделе содержатся свой пояснительный материал и логические схемы поэтапного анализа и принятия решений, которые позволяют выбрать вид ТОиР, исходя из степени влияния конкретного отказа на безопасность и экономику. Концепция последовательных отказов используется для оценки функциональных отказов самолетных систем и силовой установки, а концепция множественных отказов рассматривается применительно к элементам конструкции планера.

Анализ возможных отказов изделий функциональных систем и силовой установки, влияющих на безопасность полетов, проводят по всей логической схеме в расчете на то, что будет выбран наиболее эффективный вид обслуживания и ремонта. Если этого сделать не удастся, то рекомендуется в обязательном порядке выполнить доработку комплектующего изделия.

При анализе конструкции планера рассматриваются такие причины возникновения повреждения, как усталость конструкции, коррозия, изна-

шивание, случайные повреждения посторонними предметами. Наибольшее внимание в MSG-3 уделяется анализу усталостных повреждений, в частности, проводится метод расчета и оценки допустимых уровней повреждений с точки зрения вероятности их обнаружения на уровнях отдельного элемента конструкции, самолета и всего парка. Анализ позволяет выбрать наиболее эффективные виды работ, из которых и формируется программа ТОиР планера самолета и компонентов ВС.

Конструкция планера самолетов Ил-96-300, Ту-204, Ту-214 выполнена также в соответствии с принципом безопасной повреждаемости. Эксплуатация этих самолетов выполняется без капитального ремонта. В документации оговорен перечень безопасных повреждений для отдельных зон планера (фюзеляжа, крыла и др.) с которыми можно продолжать эксплуатацию с сохранением приемлемого уровня безопасности полетов.

В Настоящее время разработано программное обеспечение – **Ошибка! Недопустимый объект гиперссылки.** – Инструмент программного обеспечения создания регламента технического обслуживания) –автоматизированная разработка регламента технического обслуживания от инициирования анализа к автоматизированному созданию заключительных документов, от идентификации наиболее важных технологических операций при техническом обслуживании (MSIs) через анализ функций, отказов и неисправностей и их причин к задачам технического обслуживания и создания заключительного документа. Программное обеспечение MPC 3 содержит интерфейс, который делает легким определение и управление системами, подсистемами и их частями, которые включены в анализ.

MPC 3 предназначен для оказания помощи инженерно-техническому персоналу точно и эффективно закончить обслуживание систем самолета к назначенному времени, позволяет определять и изменять связанные функции систем, отказы и их причины, включает регистрацию окончания обслуживания и возможности создания заключительного документа. Эта информация также показана в интуитивной иерархии, которая является легкой и позволяет управлять процессом ТО. Обеспечивает связь конструкторского бюро и эксплуатации.

MPC 3 включает встроенную логику для определения категории эффекта отказа и выбора соответствующих задач обслуживания, принципы через шаги, чтобы выбрать и назначить вид работ: смазку/обслуживание, инспекционную/функциональную проверку, и необходимые действия: визуальный осмотр, восстановление, брак или другие задачи обслуживания.^[6] Наряду с

программой ТОиР разрабатывается программа организационного обеспечения ТОиР. Объединяясь, эти две программы технического и организационного обеспечения образуют так называемую комплексную программу ТОиР.

2.5.3. Комплексная программа ТОиР

Под комплексной программой ТОиР понимается нормативный документ, содержащий развернутое изложение принятых стратегий и соответствующих им режимов, технологий, методов, форм организации обслуживания и ремонта АТ в целом, его функциональных систем и оборудования, реализованных в конструкции и эксплуатационно-технической документации с учетом заданных условий эксплуатации.

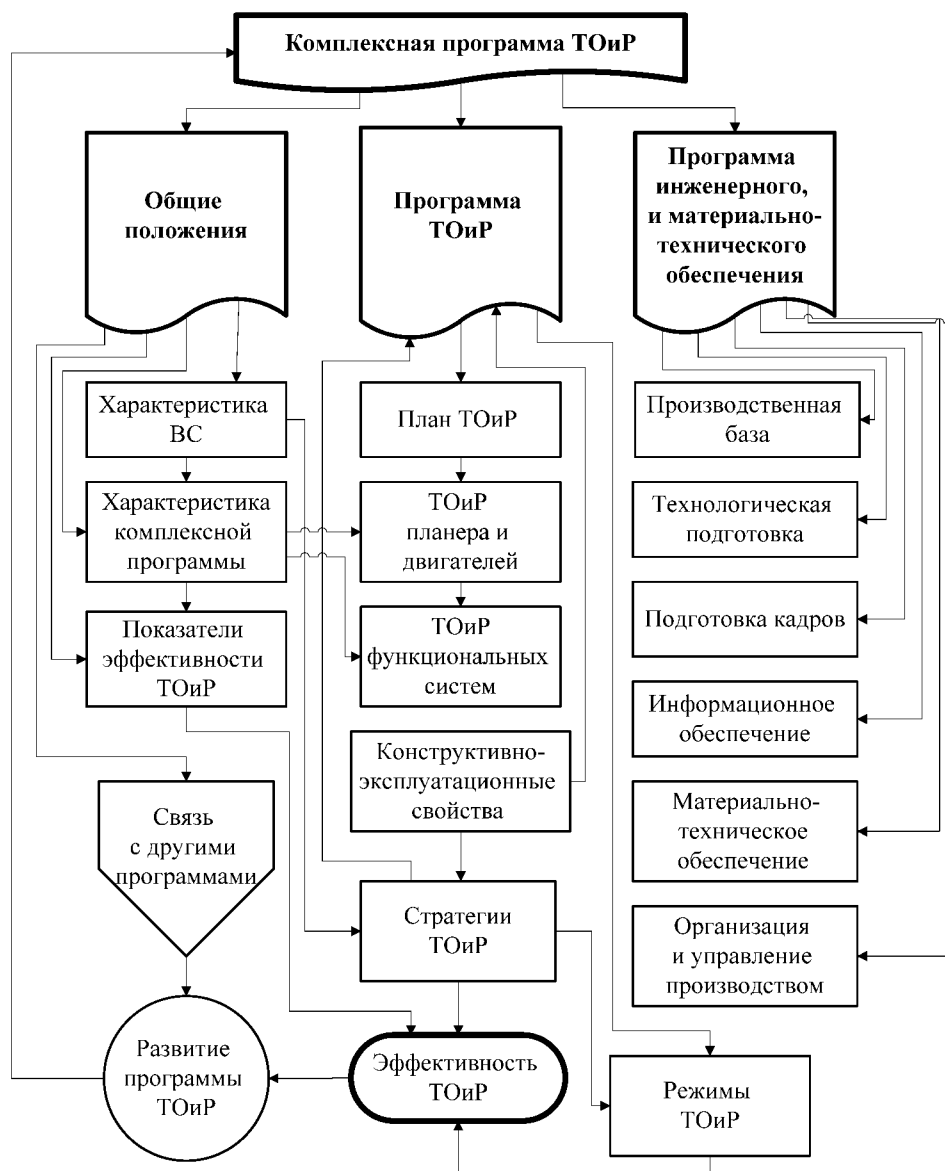


Рисунок 2.4. Структура комплексной программы ТОиР

Комплексный характер программы определяется прежде всего рациональным сочетанием различных стратегий ТОиР компонентов ВС (по наработке, с контролем параметров и уровня надежности), а также включением широкого круга вопросов организационно-технического обеспечения разработки и внедрения программы применительно к этапам создания, эксплуатации и ремонта ВС.

Структура комплексной программы показана на рис. 2.4.

Из изложенного видно, что разработчики и заказчики авиационной техники крупнейших зарубежных фирм и авиакомпаний, а также отечественных конструкторских бюро самолетов, двигателей и систем, объединенными усилиями развивают и совершенствуют методы построения программ обслуживания и ремонта самолетов.

2.5.4. Программа и руководство процедур допуска воздушных судов к полетам в условиях неисправности компонентов

Как Основной Перечень Минимального Оборудования (MMEL), так и Перечень Минимального Оборудования (MEL) разработаны с целью сохранения приемлемого уровня безопасности полетов в случаях, когда воздушное судно допускается к полетам с неисправным (не задействованным) оборудованием. ^[18]

MEL позволяет эксплуатантам быстро организовать эксплуатацию (полеты) воздушного судна и избежать излишних задержек или отмены рейсов, не ставя под угрозу безопасность полетов.

MEL, предназначенный для определения возможности эксплуатации воздушного судна с неработающими приборами, оборудованием или системами в рамках контролируемой и обоснованной программы проведения ремонтных работ и замены оборудования, составляется эксплуатантом для каждого воздушного судна на основании MMEL или для воздушных судов, разработанных или ранее эксплуатировавшихся в СССР, на требованиях РЛЭ ВС.

MMEL, применяемый для разработки перечня минимального оборудования эксплуатанта, издается держателем сертификата типа воздушного судна и утверждается уполномоченным органом государства разработчика воздушного судна.

MEL включается в РПП эксплуатанта и должен содержать:

- предисловие, содержащее правила применения перечня минимального оборудования техническим персоналом и летными экипажами воздушных судов;

- определения и пояснения применяемых терминов;

- перечень являющихся признаками выхода из строя приборов, оборудования и систем, соответствующих предупреждающих и уведомляющих сигналов;

- перечень приборов, оборудования и систем, при выходе из строя которых допускается эксплуатация воздушного судна с указанием для каждого воздушного судна:

- количества установленных приборов на воздушном судне и количества требуемых для выполнения полета;

- допустимого периода восстановления работоспособности вышедшего из строя прибора, оборудования или системы;

- необходимости маркирования прибора, оборудования и системы в кабине экипажа воздушного судна и (или) пассажирской кабине;

- требуемых дополнительных процедур технической подготовки воздушного судна к полетам, если таковые требуются;

- требуемых дополнительных процедур летной эксплуатации воздушного судна, если таковые требуются;

- условий применения настоящего пункта, включая прогнозируемые условия полета, при которых запрещено его начинать с отказавшим устройством.

При утверждении MEL учитывается:

- опыт эксплуатации данного типа воздушного судна;

- опыт эксплуатации данного типа и аналогичных типов воздушного судна эксплуатантом;

- квалификация и подготовка членов летных экипажей воздушного судна эксплуатанта.

При выходе из строя нескольких, указанных в MEL компонентов оборудования, эксплуатация воздушных судов допускается после установления в соответствии с процедурами в РПП, отсутствия взаимосвязей между неработающими компонентами, приводящих к снижению уровня безопасности ниже допустимого предела или к чрезмерному увеличению нагрузки на летный экипаж.

При определении возможности обеспечения приемлемого уровня безопасности эксплуатант должен учитывать вероятность дополнительных отказов приборов, оборудования или систем воздушного судна при продолжении

эксплуатации с неработающими системами или оборудованием.

Для сохранения такого “приемлемого уровня безопасности полетов”, а также для предотвращения ухудшения технического обслуживания, MEL устанавливает ограничения на время, в течение которого воздушное судно может эксплуатироваться при наличии неисправных средств (компонентов).

Таблица 2.1. Установленные MMEL Airbus сроки устранения неисправностей ^[13]

Сроки устранения неисправностей	A	B	C	D
Количество календарных дней (исключая день обнаружения)	Установленного срока нет (см. условия допуска к эксплуатации)	3	10	120

Перечень MEL минимального исправного оборудования (ПМО) самолета Ту-214 позволяет эксплуатировать конкретные номера самолетов с определенными неисправностями его систем при сохранении надлежащего уровня безопасности полетов и без существенного снижения комфорта пассажиров. В ПМО внесены подсистемы и агрегаты, работоспособность которых проверяется при подготовке самолета к полету в базовом и промежуточном (конечном) аэропортах. При этом в ПМО включены как подсистемы и агрегаты, отказы которых в определенных условиях допустимы, так подсистемы и агрегаты, которые должны быть всегда и при всех условиях работоспособны. Дополнительно в ПМО внесены подсистемы и агрегаты, работоспособность которых перед полетом не проверяется, но отказы которых могут быть обнаружены экипажем в полете.

ПМО разработан на основе подраздела 9.3 «Перечень допустимых отказов (неисправностей)» раздела 9 Руководства по летной эксплуатации самолета Ту-214 и содержит те же ограничения.

ПМО реализует заложенное при проектировании самолета многократное резервирование его систем и агрегатов и позволяет повысить регулярность полетов. ПМО распространяется на функциональные системы самолета. Допустимые повреждения силовых элементов конструкции самолета и двигателей указаны в соответствующих разделах Руководства по технической эксплуатации.

Эксплуатант принимает меры к тому, чтобы ремонт вышедших из строя каких-либо приборов, оборудования или систем выполнялся в возможно короткий срок. Повторное применение пункта MEL при выявлении выхода из

строю какого-либо прибора, оборудования или системы в первых четырех полетах после ремонта допускается только для возврата воздушного судна на базовый аэродром или аэродром, имеющий организацию по техническому обслуживанию и ремонту воздушных судов.

Таблица 2.2. Содержание разделов MEL Ту-214

Наименование от-каза (не-исправно-сти)	Внеш-ние про-явления и метод опреде-ления	Общее коли-чество агрега-тов (при-боров)	Допус-тимое количе-ство не-исправ-ных аг-регатов (прибо-ров)	Вылет до аэ-ропор-та на-значе-ния	Полеты до аэро-порта базиро-вания	Полеты до вы-полне-ния ФБ	Приме-чания
--	---	--	--	-----------------------------------	-----------------------------------	---------------------------	-------------

1 2 3 4 5 6 7 8

В примечании указываются условия допуска самолета в рейс и методы контроля параметров в полете с неисправностью.

MEL самолета Ту-214 разрешается использовать только в тех случаях, когда неисправность или отказ не могут быть устранены без задержки вылета или отмены рейса. Перечень не предусматривает возможности продолжать в течение неопределенного срока эксплуатацию самолета с неисправным оборудованием, включенным в MEL. Он дает возможность инженерно-авиационной службе (ИАС) устранить неисправность или отказ во время продолжительной стоянки в соответствующем аэропорту, но не позднее очередного техобслуживания по форме “А - базовая”.

Окончательное решение о вылете самолета с неисправностью, предусмотренной «Перечнем», или задержке рейса принимает командир ВС, руководствуясь анализом фактических или ожидаемых условий полета и других факторов.

Сроки устранения неисправностей для В, С, и D могут быть продлены только один раз.

Для семейств воздушных судов А320 и А330/А340, Система централизованного технического обслуживания и ремонта (CMS) или Централизованная система индикации неисправностей (CFDS) объединяет данные о неисправностях и классифицирует их, исходя из их влияния на безопасность полета и на ситуацию в кабине экипажа. Только неисправности Класа I могут помешать допуску ВС к полетам, и они рассматриваются в MMEL.

MMEL самолетов Airbus и Boeing является документом, разработанным Департаментом по обеспечению и обслуживанию полетов Airbus и Boeing. Эксплуатанты используют MMEL Airbus и Boeing в качестве руководства для создания своего собственного MEL для своих летных экипажей, персонала технического обслуживания, и персонала, занимающегося обеспечением полетов.^[13] Важно отметить, что MEL эксплуатанта не может быть менее строгим, чем MMEL, разработчика воздушного судна.

Процесс разработки MEL может включать в себя следующие этапы:^[13]

- 1) Определение содержания MEL;
- 2) Проверка приемлемости каждого компонента MEL;
- 3) Перечень компонентов, “предусматриваемых FAR”;
- 4) Перечень особых полетов;
- 5) Содержание процедур (o) и (m).

Целью MEL не является поощрение полетов с неисправным оборудованием, поскольку нежелательно, чтобы воздушное судно выполняло полет в таких условиях, что допускается только после проведения тщательного анализа.

Поэтому с MEL необходимо сверяться на земле и только тогда, когда неисправность выявлена и подтверждена.

Как MMEL, так и MEL являются нормативно-правовыми документами.

MEL утверждаются или принимаются в России органом контроля летной годности – Управлением поддержания летной годности гражданских воздушных судов Федерального агентства воздушного транспорта.

MEL состоит из перечней компонентов и систем, которым присваивается статус “Допускается”, “Допускается, если”, или “Не допускается” в зависимости от их влияния на безопасность полета.

Они характеризуются следующим образом:

- Компоненты со статусом “Допускается” или “Допускается, если” могут оставаться в неисправном состоянии в течение ограниченного периода времени.
- Наличие компонентов со статусом “Не допускается” является основанием для запрета полетов.

Соответствующие материалы, которые используются в качестве справочников по созданию MEL, содержатся в документах Объединенного авиационного ведомства европейских стран (JAA) или Федерального Авиационного Управления США (FAA) и Управления поддержания летной годности

гражданских воздушных судов Агентства воздушного транспорта «Росавиация» Минтранса России.

После летного происшествия органы контроля летной годности могут потребовать осуществления специальных мер. Их описания содержатся в директивах летной годности (AD). В случае необходимости директива может предусматривать обновление соответствующих MMEL/MEL, как сказано в параграфе AD “Обязательные меры и сроки их исполнения”. Директивы по летной годности (AD), опубликованные после какого-либо события в полете, имеют приоритет над любыми опубликованными требованиями MMEL/MEL.

В MMEL перечислены все относящихся к безопасности полетов компоненты, с которыми разрешены коммерческие полеты, даже если эти компоненты находятся в нерабочем состоянии при вылете.

В MMEL подробно оговариваются условия допуска ВС к эксплуатации: условия и процедуры, которые необходимо выполнить для того, чтобы обеспечить выполнение коммерческих рейсов при каком-либо неисправном компоненте в течение ограниченного периода.

MMEL служит основой для разработки эксплуатантами собственных MEL.

MEL - это обязательный документ, который должен разрабатываться эксплуатантом для каждого воздушного судна своего парка. Он основан на MMEL и включает в себя конкретные требования национального полномочного органа. Кроме того, MEL должен адаптироваться с учетом особенностей каждого воздушного судна: весовые модификации, дополнительно установленные средства, обновления программного обеспечения, обновления технического обеспечения, статус доработки. Важно отметить, что MEL не может быть менее ограничивающим, чем MMEL.

Условия допуска к эксплуатации (выполнению полетов) – это условия, изложенные в Разделе 01 MMEL, которые должны соблюдаться для допуска ВС к эксплуатации (выполнению полетов) с отдельными неработающими (незадействованными) компонентами.

После принятия решения КВС о вылете с неисправностью инженерно-технический состав обязан:

- (1) Осмотреть неисправное оборудование, выявить неисправность и убедиться в том, что она включена в ПМО(MEL);
- (2) Надежно отсоединить или отключить неисправное оборудование в соответствии с указаниями настоящего перечня;

(3) Сделать запись в бортжурнале об использовании ПМО (MEL), наименовании неисправной подсистемы или агрегата, описании неисправности и принятых мерах;

(4) Установить в кабине экипажа предупредительную табличку “НЕИСПРАВНОСТЬ - ” по отключении неисправного оборудования;

(5) Доложить КВС о проделанных работах и разрешении на вылет;

КВС или один из членов экипажа должны убедиться в том, что неисправное оборудование надежно изолировано или отключено.

Если командиром корабля принято решение о вылете, необходимо произвести записи в бортовом журнале и карте-наряде на техническое обслуживание (за подписями командира корабля и инженера смены) о четком наименовании неисправности или отказа, выполненных работах и принятом решении, и оформить бланк рапорта о применении ПМО (MEL).

MEL не только обеспечивает безопасное выполнение полетов, но и способствует тому, что эксплуатант с максимальной выгодой использует имеющийся парк ВС в рамках текущей деятельности. MEL способствует увеличению прибыли эксплуатанта.

Первый экономический аспект связан с эксплуатацией воздушного судна. MEL позволяет эксплуатировать воздушное судно с одним и более неработающим компонентом оборудования, когда неполадка обнаруживается в полете или при наземном обслуживании. Возможность отправить воздушное судно в полет снимает необходимость в незапланированном техническом обслуживании, задержках или отменах рейсов.

Вторым экономическим аспектом MEL является оптимизация «первичного обеспечения» и, таким образом, снижение затрат на хранение.

«Первичное обеспечение» - это каталог, содержащий перечень всего заменяемого оборудования (LRU), количества запасных частей и их стоимости.

Это первичное обеспечение определяется исходя из комплексной математической модели, которая учитывает несколько факторов, включая:

- Количество воздушных судов в парке;
- Общее количество летных часов в год;
- Средняя стоимость запасной части;
- Количество компонентов на одно ВС.

Этот каталог позволяет эксплуатантам заказывать запасные части за несколько месяцев до поставки самого воздушного судна, чтобы предупредить ситуации, связанные с простоем воздушного судна.

Один из факторов, учитываемых в модели, напрямую связан с MEL. Этот фактор известен под названием “Код степени важности” (ЕС) и он соответствует статусу, который присваивается компоненту в MEL:

- ЕС=1: Соответствует компоненту “Не допускается”;
- ЕС=2: Соответствует компоненту “Допускается, если”;
- ЕС=3: Соответствует компоненту “Допускается”.

2.6. Процесс эксплуатации ВС

Взаимосвязь между процессами технической эксплуатации ВС определяется общностью цели – обеспечение высокой эффективности использования ВС и наличием единого объекта производственной деятельности – ВС, которые определяются совокупностью технических характеристик и летных свойств ^[10].

ВС характеризуется состоянием летной эксплуатации и состоянием технической эксплуатации. В процессе эксплуатации осуществляется переход ВС из одного состояния ВС в другое:



Рисунок 2.5. Переход состояний ВС

Воспользуемся теорией образов, развитой для анализа процесса эксплуатации ВС. Образ ВС обозначим символом G и представим набором образующих, их связей и конфигураций.

Образующие g_i – это компоненты ВС, заданные в абстрактном виде, без учета среды в котором они действуют. Образующие представляют собой носители информации, и они имеют значение неких первичных высказываний. Образующие – это простейшие объекты, а в нашем случае это элементарные стандартные блоки систем ВС. Множество образующих, представляющих собой систему ВС, будем обозначать через G_i , символом для отдельного элемента - блока системы будет служить g_i , $g \in G$. Комбинаторная теория образов предусматривает структурное объединение стандартных образующих в конфигурации.

Состав конечной конфигурации c будем определять как

$$\text{состав}(c) = \{g_1, g_2, \dots, g_n\} \quad (2.1)$$

где правая часть представляет собой некоторое множество связей, абсолютно не структурированное.

Образующие g связаны между собой набором связей $\beta_i, \beta \subset B$ и соединены в системы σ_i .

Структура Σ воздушного судна представляет собой набор систем $\sigma_i, \sigma \subset \Sigma$.

Каждый компонент системы (образующая g_i) может быть определен двумя состояниями j : работоспособным $j = 0$, т. е. g_i^0 и неработоспособным $j = 1$, т.е. g_i^1 . То же относится и к связям β_i^1 и β_i^0 .

Процесс изменения состояния образующих и их связей принимаем непрерывными случайно изменяющимся во времени t в виде функции $f(t)$ плотности вероятности распределения непрерывных случаев.

Вероятность возникновения случая Y

$$P(Y) = 1 \quad 0 \leq P(Y) \leq 1$$

где $P(Y)$ - вероятность возникновения случая Y .

Вероятность возникновения и не возникновения случая Y

$$P(Y) + P(\bar{Y}) = 1$$

где

$\bar{Y}$ - отрицание Y и вероятность не возникновения случая Y .

Вероятность выборочного пространства S

$$P(S) = 1 \quad (2.2)$$

Вероятность отрицания выборочного пространства S .

$$P(\bar{S}) = 1 \quad (2.3)$$

Вероятность пересечения независимых событий $Y_1 Y_2 \dots Y_n$

$$P(Y_1 Y_2 \dots Y_n) = P(Y_1) P(Y_2) \dots P(Y_n) \quad (2.4)$$

где

n - общее количество событий;

Y_i - случай, для $i = 1, 2, 3, \dots, n$;

$P(Y_i)$ - вероятность возникновения случая Y_i , для $i = 1, 2, 3, \dots, n$

Взаимоисключающие события выражаются следующим видом

$$P(Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n) = \sum P(Y_i) \quad (2.5)$$

Однако для удобства анализа будем считать, что для компонентов и их связей промежуточных состояний не существует. Они могут находиться только в работоспособном или в неработоспособном состоянии. Переход состояния образующей представлен на рис. 2.6.

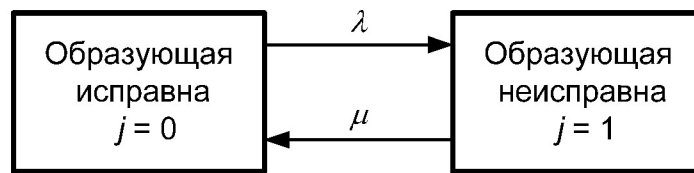


Рисунок 2.6. Модель перехода состояний образующей

где: j – состояние компонентов;

$j = 0$ – образующая функционирует нормально; $j = 1$ – отказ образующей.

При экспоненциальном законе распределения событий функция плотности вероятности распределения событий определяется выражением

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} \quad (2.6)$$

Предположим, что мы имеем

$$f(t) = \lambda e^{-\lambda t} + \mu e^{-\mu t}$$

где λ и μ являются параметрами или константами, а t – временем.

После преобразования Лапласа функция плотности вероятности распределения выборочного пространства определяется следующим выражением

$$f(s) = \lambda / (s + \lambda) + \mu / (s + \mu) = (s + \mu) / (s(s + \lambda) + \mu(s + \mu))$$

Выполним математический анализ состояния образующей при техническом обслуживании используя теорию Марковских процессов и найдем решение набора линейных дифференциальных уравнений, описывающих переход образующей из состояния исправности в неисправное состояние и затем из состояния неисправности в исправное состояние применив преобразование Лапласа.

где

$P_i(t)$ – вероятность, что образующая находится в состоянии i во время t , поскольку $i = 0$ (состоянии исправности), $i = 1$ (состояние неисправности),

λ – интенсивность отказов образующей,

μ – интенсивность восстановления образующей.

Во время $t = 0$, $P_0(0) = 1$ и $P_1(0) = 0$.

Используя преобразование Лапласа и выражение (2.9) и (2.10), определим вероятность перехода образующей из рабочего состояния в состояние неисправности

$$sP_{10}(s) - sP_{10}(0) = -(P_{10}(s) + P_{11}(s)) \quad (2.11)$$

$$sP_{11}(s) - sP_{11}(0) = -(P_{11}(s) + P_{10}(s)) \quad (2.12)$$

где

$P_i(s)$ есть преобразование Лапласа - вероятность того, что образующая находится в состоянии i , поскольку $i = 0, 1$.

Для данных начальных состояний выражения (2.11) и (2.12) примут вид

$$sP_{1,0}(s) - 1 = -(P_{1,0}(s) + P_{1,1}(s)) \quad (2.13)$$

$$sP_{1,1}(s) = -(P_{1,1}(s) + P_{1,0}(s)) \quad (2.14)$$

Преобразуя выражение (1.7), получаем

$$P_1(s) = \frac{P_0(s)}{s + \lambda} \quad (2.15)$$

Преобразуя выражение (2.15) с учетом выражения (2.13), получаем

$$P_0(s) = \frac{s + \lambda}{s(s + \lambda + \mu)} \quad (2.14)$$

Взятие инверсии Лапласа преобразовывает выражение (1.14) к следующему виду

$$P_{1,0}(t) = \lambda e^{-(\lambda + \mu)t} + \lambda e^{-(\lambda + \mu)t} e^{\lambda t} (-(\lambda + \mu)t)$$

Для $f(t) = P_0(t)$, выражения (2.15) и (2.7) идентичны. Это означает, что выражение (2.7) обозначает вероятность нахождения образующей в состоянии отказа и дает скорость ремонта.

Применим метод Маркова к анализу состояния воздушного судна.

В общем случае ВС может находиться во множестве состояний S_j , обусловленных состоянием компонентов s_{ij} ВС. $s_j \in S$. $J = 0, 1, 2 \dots n$. Случайные процессы, протекающие на ВС и описывающие его техническое состояние, характеризуются дискретными состояниями. Для описанной ситуации приведем перечень возможных состояний, характеризующихся вероятностями пребывания в них ВС:

- S_0 — ВС исправно с вероятностью P_0 ;
- S_2 — в режиме готовности произошел отказ компонента ВС (P_2);
- S_3 — контроль работоспособности ВС (P_3);
- S_4 — контроль неисправного ВС (P_4);
- S_5 — техническое обслуживание исправного ВС (P_5);
- S_6 — восстановление неработоспособного компонента ВС (P_6).

Для удобства анализа процесс эксплуатации в описанной ситуации представим в виде модели (рис. 2.7).

Из модели наглядно следует, что переход из состояний S_0 и S_2 в S_3 и S_4 осуществляется с интенсивностью $\nu_K = -1/T_{\text{ИР}}$. Из состояния S_3 в состояние S_5 ВС переходит с интенсивностью $\mu_K P_{0,2} = P_{0,2}/t_{\text{ИР}}$, соответственно из состояния S_3 в состояние S_0 — $\mu_K(1 - P_{0,2})$.

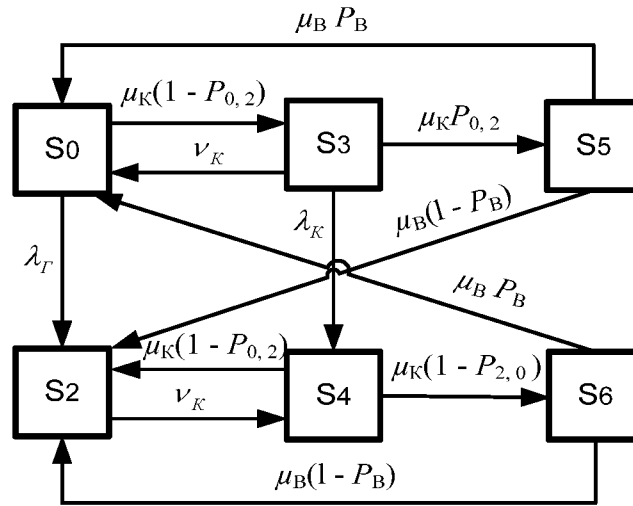


Рисунок 2.7. Модель перехода состояния ВС в процессе эксплуатации

При контроле неисправного ВС оно из состояния S_4 переходит в состояние S_0 с интенсивностью $\mu_K P_{2,0}$ и с интенсивностью $\mu_K(1 - P_{2,0})$ переводится в состояние восстановления S_6 . Наконец, из состояний S_5 и S_6 с интенсивностью восстановления, умноженной на вероятность P_B — $\mu_B P_B$, ВС переводится в состояние S_0 , и с интенсивностью $\mu_B(1 - P_B)$ — в состояние S_2 . Вероятность P_0 в данной ситуации соответствует установившемуся значению показателя $P(t_T)$.

Для того чтобы вероятность P_0 не оказалась завышенной за счет ошибки 2-го рода $P_{2,0}$, предусмотрим ситуацию, в которой из состояния S_4 с интенсивностью $\mu_K P_{2,0}$ ВС переходит в состояние S_2 . Для модели (рис. 2.11) напишем систему обыкновенных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами:

$$\frac{dP_0(t)}{dt} = -(\lambda_T + \nu_K)P_0(t) + (1 - P_{0,2})\mu_K P_3(t) + P_B \mu_B P_5(t) + P_B \mu_B P_6(t)$$

$$(2.16) \frac{dP_2(t)}{dt} = -\nu_K P_2(t) + \lambda_T P_1(t) + P_{2,0} \mu_K P_4(t) + (1 - P_B) \mu_B P_5(t) + (1 - P_B) \mu_B P_6(t)$$

$$(2.17)$$

$$\frac{dP_3(t)}{dt} = -[(1 - P_{0,2})\mu_K + P_{0,2})\mu_K + \lambda_K]P_3(t) + \nu_K P_0(t) \quad (2.18)$$

$$\frac{dP_4(t)}{dt} = -[(1 - P_{2,0})\mu_K + P_{2,0}\mu_K]P_4(t) + \nu_K P_2(t) + \lambda_K P_3(t) \quad (2.19)$$

$$\frac{dP_5(t)}{dt} = -[(1 - P_B)\mu_B + P_B \mu_B]P_5(t) + P_{0,2}\mu_K P_3(t) \quad (2.20)$$

$$\frac{dP_6(t)}{dt} = -[(1 - P_B)\mu_K + P_B \mu_K]P_6(t) + (1 - P_{2,0})\nu_K P_4(t) \quad (2.21)$$

В стационарном режиме работы при достаточной длительности процесса эксплуатации ($t \rightarrow \infty$) система дифференциальных уравнений трансформируется в систему алгебраических уравнений:

$$-(\lambda_{\Gamma} + \nu_{\kappa})P_1 + (1 - P_{0,2})\mu_{\kappa}P_3 + P_B\mu_B P_5 + P_B\mu_B P_6 = 0 \quad (2.22)$$

$$-\nu_{\kappa}P_2 + \lambda_{\Gamma}P_1 + P_{2,0}\mu_{\kappa}P_4 + (1 - P_B)\mu_B P_5 + (1 - P_B)\mu_B P_6 = 0 \quad (2.23)$$

$$-[(1 - P_{0,2})\mu_B + P_{0,2}\mu_{\kappa} + \lambda_{\kappa}]P_3 + \nu_{\kappa}P_0 = 0 \quad (2.24)$$

$$-\mu_{\kappa}P_4 + \nu_{\kappa}P_2 + \lambda_{\kappa}P_3 = 0 \quad (2.25)$$

$$-\mu_B P_5 + P_{0,2}\mu_{\kappa}P_3 = 0 \quad (2.26)$$

$$-\mu_B P_6 + (1 - P_{2,0})\mu_{\kappa}P_4 = 0 \quad (2.27)$$

Условие нормирования системы уравнений $\sum P_i = 1$.

В результате решения этой системы уравнений получим значения вероятностей пребывания ВС в различных состояниях в зависимости от показателей надежности и систему упреждающей стратегии ТЭ ВС:

$$P_0 = \frac{(1 - P_{0,2})P_B T_{\text{ПР}} T_{\text{ОГ}} (T_{\kappa} + T_{\text{ОК}})}{\nu} \quad (2.28)$$

$$P_2 = \frac{T[\nu - (1 - P_{0,2})\beta T_0 T_{\kappa}]}{\nu} \quad (2.29)$$

$$P_3 = \frac{(1 - P_{2,0})P_B T_0 T_{\text{ОК}} T_{\kappa}}{\nu} \quad (2.30)$$

$$P_4 = \frac{\beta T_{\kappa}}{\nu} \quad (2.31)$$

$$P_5 = \frac{P_{0,2}(1 - P_{2,0})P_B T_0 T_{\text{ОК}} T_B}{\nu} \quad (2.32)$$

$$P_6 = \frac{(1 - P_{2,0})\beta T_B}{\nu} \quad (2.33)$$

$$\text{Где } \nu = \beta[T_{\text{ПР}} + T_{\kappa} + (1 - P_{2,0})T_B] + (1 - P_{2,0})P_B T_0 T_{\text{ОК}} (T_{\text{ПР}} + T_{\kappa} + P_{1,2}T_B)$$

$$\beta = (T_{\kappa} + T_{\text{ОК}})(T_{\text{ПР}} + T_0) - (1 - P_{0,2})T_0 T_{\text{ОК}} - P_{0,2}P_B T_0 T_{\text{ОК}}$$

$$T_0 = \frac{1}{\lambda_{\Gamma}}, T_{\text{ОК}} = \frac{1}{\lambda_{\kappa}}, T_{\text{ПР}} = \frac{1}{\nu_{\kappa}}, T_{\kappa} = \frac{1}{\mu_{\kappa}}, T_B = \frac{1}{\mu_B}. \quad (2.34)$$

Приведенные уравнения позволяют при упреждающей стратегии ТО назначать время выполнения работ по обслуживанию ВС в зависимости от показателей надежности и возникших ситуаций, что позволяет значительно сократить продолжительность и стоимость ТО.

Каждый из перечисленных процессов характеризуется определенной структурой, т.е. числом различаемых состояний и распределением по ним ВС.

2.7. Особенности поступления эксплуатационных бюллетеней

Всякий раз, когда выпускается Эксплуатационный бюллетень (SB) на ВС, меняется конфигурация воздушного судна. Выпуск SB может повлиять на условия допуска ВС к эксплуатации согласно MEL.

Поэтому важно, чтобы эксплуатанты сообщали обо всех внедренных SB посредством заполнения специального Бланка Сообщения SB и направляли его в Отдел поддержания летной годности производителя самолетов (Airbus Techpub Department). Это поможет поддерживать актуальность как MMEL, так и эксплуатационной документации.

Своевременное и правильное сообщение о SB обеспечивает:

- максимальный уровень безопасности в процессе допуска ВС к полетам и его эксплуатации;
- оптимальную эксплуатацию парка воздушных судов.

2.8. Особенности обеспечения полетов по категории II/III

В отношении полетов по КАТ.II/КАТ.III, JAA предписывает, чтобы по каждому воздушному судну имелся перечень оборудования в рабочем состоянии, обеспечивающего возможность посадки в неблагоприятных метеоусловиях. Дополнительная информация эксплуатантам содержится в брошюре “Введение в КАТ.II/КАТ.III”, опубликованной “Airbus Customer Services”.

При полетах по КАТ.II/КАТ.III обеспечивается высокий уровень безопасности при посадке в условиях ограниченной видимости. Благодаря этой эффективной системе эксплуатанты могут выдерживать свое расписание полетов в течение всего года без каких-либо отклонений из-за метеоусловий, даже если это влечет за собой значительные затраты.

Необходимые условия для получения допуска к полетам КАТ.II/КАТ.III зависят от:

- воздушного судна,
- аэродрома,
- эксплуатанта,
- летного экипажа.

При определении условий полетов по КАТ.II/КАТ.III полномочные органы государственного регулирования на воздушном транспорте учитывают высоту принятия решения (DH) и дальность видимости на ВПП (RVR), приведенные в таблице.

Таблица 2.3. Нормы ICAO, FAA и JAR полетов по категории II и III ^[75]

		ИКАО	FAA	JAA
КАТ.II	DH	100 фут $\leq$ DH < 200фут		
	RVR	350м $\leq$ RVR 1200фут $\leq$ RVR	350м $\leq$ RVR < 800м 1200фут $\leq$ RVR < 2400фут	300м $\leq$ RVR 1000фут $\leq$ RVR
КАТ.IIIA	DH	DH отсутствует или DH < 100фут		
	RVR	200м $\leq$ RVR 700фут $\leq$ RVR		
КАТ.IIIB	DH	DH отсутствует или DH < 50фут		
	RVR	50м $\leq$ RVR < 200м 150фут $\leq$ RVR < 700фут		75м $\leq$ RVR < 200м 250фут $\leq$ RVR < 700фут
КАТ.IIIC	DH	DH отсутствует		
	RVR	Без ограничений по RVR		

ФАП-128 дает следующие нормы категорий заходов по схеме точного захода на посадку и посадок:

Категория I (кат. I) - заход по схеме точного захода на посадку и посадка по приборам с относительной высотой принятия решения не менее 60 м и либо при видимости не менее 800 м, либо при дальности видимости на ВПП не менее 550 м;

Категория II (кат. II) - заход по схеме точного захода на посадку и посадка по приборам с относительной высотой принятия решения менее 60 м, но не менее 30 м и при дальности видимости на ВПП не менее 300 м;

Категория IIIA (кат. IIIA) - заход по схеме точного захода на посадку и посадка по приборам с относительной высотой принятия решения менее 30 м или без ограничения по относительной высоте принятия решения и при дальности видимости на ВПП не менее 175 м;

Категория IIIB (кат. IIIB) - заход по схеме точного захода на посадку и посадка по приборам с относительной высотой принятия решения менее 15 м или без ограничения по относительной высоте принятия решения и при дальности видимости на ВПП менее 175 м, но не менее 50 м;

Категория IIIC (кат. IIIC) - заход по схеме точного захода на посадку и посадка по приборам без ограничений по относительной высоте принятия решения и дальности видимости на ВПП/

JAA и ICAO дают в своих документах следующие определения высоты принятия решения и дальности видимости.

Высота принятия решения (DH) - высота колес шасси над превышением аэродрома, на которой должен быть начат уход на второй круг в случае, если не установлен необходимый визуальный контакт с наземными ориентирами, а местоположение воздушного судна и траектория захода на посадку не оце-

нены как удовлетворительные для продолжения безопасного захода на посадку и выполнения посадки (JAA).

Дальность видимости на ВПП (RVR) - расстояние, в пределах которого пилот воздушного судна, находящегося на осевой линии ВПП, может видеть маркировочные знаки на поверхности ВПП или огни, ограничивающие ВПП или обозначающие ее осевую линию (ICAO).

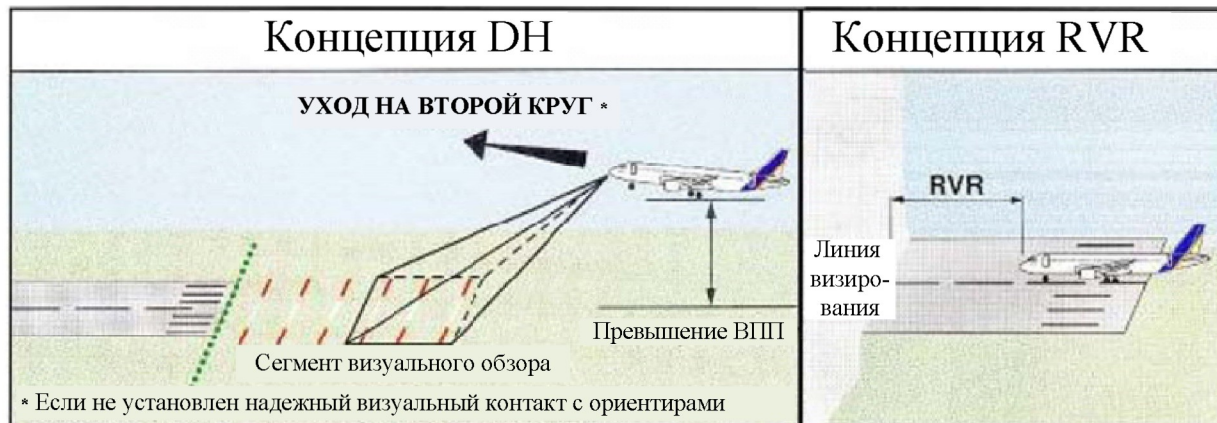


Рисунок 2.8. Концепция DH и RVR

2.9. Особенности обеспечения полетов в условиях RNP и RVSM

- Требуемые навигационные характеристики (RNP) – это перечень навигационных характеристик, необходимых для выполнения полетов в пределах установленного воздушного пространства RNP.

Воздушное пространство RNP – общий термин, относящийся к воздушному пространству, маршрутам и процедурам с установленными требованиями к минимальным навигационным характеристикам. Для производства полетов в таком воздушном пространстве характеристики воздушного судна должны соответствовать этим требованиям или превышать их.

RNP-X – обозначение, используемое для указания минимальных требований к навигационной системе, выполнение которых необходимо для производства полетов в районе, по маршруту или для конкретной процедуры. Этот указатель определяет все требования к навигационной системе, установленные для конкретного типа RNP, и обозначаемые величиной X (в морских милях).

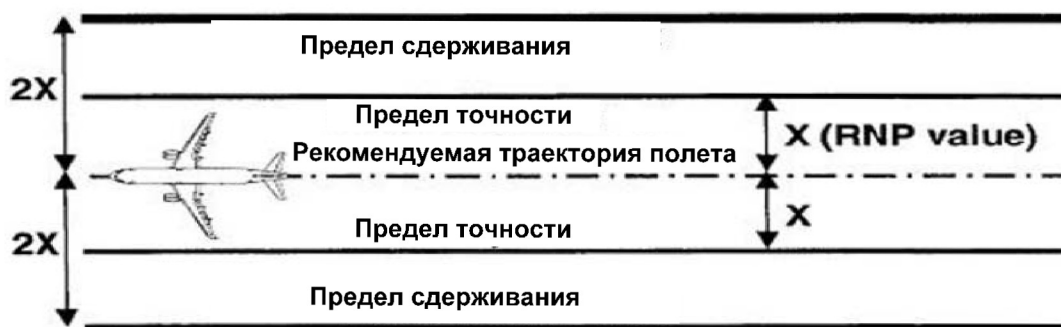


Рисунок 2.9. Требования к характеристикам RNP

- Сокращенный минимум вертикального эшелонирования (RVSM)

Воздушное пространство RVSM определяется как участок воздушного пространства или маршрута, на котором воздушные суда эшелонированы по вертикали с интервалом 1000 футов (вместо 2000 футов) между эшелонами полета FL 290 и FL 410 включительно.

Целью процедуры является увеличение пропускной способности маршрутов в перенасыщенном воздушном пространстве, при этом сохраняя тот же уровень безопасности полетов.

Это достигается путем предъявления новых требований к оборудованию и обучения технического персонала, летных экипажей и диспетчеров УВД.

Минимальным оборудованием, требуемым для полетов в условиях RVSM, является:

- две независимых системы измерения высоты,
- один приемоответчик вторичной обзорной радиолокации,
- одна система сигнализации о заданной высоте,
- одна автоматическая система контроля высоты.

Для получения допуска на производство полетов в воздушном пространстве RVSM эксплуатант должен обеспечить, чтобы:

- каждое воздушное судно было сертифицировано для полетов в условиях RVSM,
- летные экипажи прошли соответствующую подготовку и получили инструктивные указания,
- программа технического обслуживания проверена на готовность к полетам в условиях RVSM,
- в рабочую документацию были внесены последние поправки.

2.10. Особенности обеспечения полетов в условиях будущих аэронавигационных систем (FANS)

FANS - это глобальная концепция, предусматривающая повышение функциональности систем связи, навигации и наблюдения в рамках постоянного повышения интенсивности воздушного движения в мире. ^[13]

Цель состоит в том, чтобы на основе использования бортовых и наземных средств:

- повысить пропускную способность воздушного пространства;
- поднять уровень эксплуатационной эффективности, обеспечивая при этом максимально возможный уровень безопасности.

Чтобы подать заявку на полеты по маршрутам FANS, каждому эксплуатанту следует представить в соответственный полномочный орган свой MEL. В этом MEL следует предусмотреть положения, касающиеся специальных систем, предназначенных для связи по ЛПД при вылете, чтобы учесть возможные последствия их отказа. Позиции MEL, касающиеся связи по ЛПД, могут различаться в зависимости от маршрута (над океаном, над континентальной поверхностью, в отдаленных районах). Однако минимальное количество единиц оборудования должно быть в рабочем состоянии.

2.11. Особенности обеспечения полетов увеличенной дальности ВС с двумя двигателями (ETOPS)

В отличие от других специальных полетов, при полетах ETOPS, именуемых также полетами увеличенной дальности (ER), возникают вопросы безопасности и летной годности. Поэтому ограничения ETOPS внесены в MMEL, и их следует учитывать в MEL.

MMEL отражает требования, связанные со стандартами конфигурации, технического обслуживания и процедур (CMP) при допуске ВС к полетам.

Требования к условиям допуска к полетам ETOPS в перечнях MEL авиакомпании определяются следующим образом:

- “Для полетов ER ...”, или • “За исключением полетов ER ...”.

Ограничения, связанные с ETOPS, определены в соответствии с максимальным сертифицированным временем полета воздушного судна до запасного аэродрома (например, для полетов, длительность которых превышает 120 минут полета до запасного аэродрома, на самолетах A310 и A300-600 требуется наличие действующего APU).

Главными определяющими критериями разработки MMEL для полетов ETOPS являются:

- влияние увеличения среднего времени полета до запасного аэродрома на состояние безопасности;
- наличие определенных функций или оборудования при отказах электрических систем.
- В случае дополнительного отказа в полете:
 - изменение нагрузки на экипаж;
 - влияние на контроль окружающей обстановки в кабине и салоне;
 - вероятность попадания в условия обледенения при полете на запасной аэродром на малой высоте.

Таким образом, формируя собственный MEL, эксплуатант учитывает эти связанные с ETOPS дополнительные ограничения.

Примечание: Эксплуатант может, воспользовавшись правилами полетов ETOPS, снизить требования относительно укороченного времени полета до запасного аэродрома (обычно 75 или 90 минут).

2.12. Особенности обеспечения полетов ВС в условиях использования перечня отклонений от конфигурации (CDL)

Перечень отклонений от конфигурации (CDL) представляет собой справочник, соблюдение положений которого обеспечивает допуск ВС к эксплуатации, даже если отсутствуют некоторые вспомогательные компоненты конструкции или двигателя. ^[5, 6]

Это может быть выявлено в процессе технических проверок или при внешнем предполетном осмотре.

Добавления и дополнения утверждаются полномочными органами по поддержанию летной годности.

Разрешение на допуск ВС к полетам выдается с учетом:

- Эксплуатационных ограничений;
- Ухудшения летных характеристик;
- Выполнения технического обслуживания.

Примечание:- Компонент, не включенный в CDL, считается необходимым для выполнения полета, даже в случае отсутствия требования полномочного органа по поддержанию летной годности.

CDL составляется в соответствии со следующими правилами:

- Если это специально не оговорено, ремонт или замена компонента должны производиться в ближайшем пригодном аэропорту. Данное правило обеспечивает некоторую гибкость условий допуска ВС к эксплуатации. Однако, важно помнить, что производство полетов с действующим CDL является отклонением от нормальной эксплуатации ВС, а продление времени эксплуатации ВС с отсутствующим компонентом может создавать условия для дальнейшего функционального ухудшения вплоть до необходимости снятия ВС с эксплуатации.

- Не допускается отсутствие более чем одного компонента или комбинации компонентов в какой-либо одной системы (т.е. один компонент на АТА, если не указано иное).

- Детали различных систем могут отсутствовать одновременно.

- Потери в связи с ухудшением характеристик накапливаются, если не указано иное.

- Если потери в связи с ухудшением характеристик по причине отсутствия компонента не определены, этим компонентом можно пренебречь. При одновременном отсутствии нескольких компонентов, которыми можно пренебречь, применяется следующее правило:

- Если количество компонентов, которыми можно пренебречь, не более трех, то совокупные потери в связи с ухудшением характеристик незначительны;

- Начиная с четвертого компонента, которым можно пренебречь, вес всех грузов должен быть уменьшен на 50 кг на каждый дополнительный недостающий компонент.

Airbus рекомендует объединять CDL и MEL в одном документе.

2.13. Эксплуатационные процедуры и правила техобслуживания

2.13.1. Документация по техническому обслуживанию иностранных воздушных судов

Нормативная руководящая документация по техническому обслуживанию воздушных судов Boeing и Airbus включает в себя следующие документы: [5, 6]

- Инструкции по продлению летной годности (ICA);
- Руководство по техническому обслуживанию воздушных судов (AMM);
- Отчет Совета по проверке технического обслуживания (MRB);
- Руководство по техническому обслуживанию поставщика комплектующих изделий (СММ) (для данных, не имеющих в Руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов или необходимых по положениям);
- Определение конфигурации воздушных судов (в виде руководства или данных);
- Автоматизированная система поиска справочных технических данных (REDARS) или Сервисный бюллетень или Иллюстрированный каталог деталей (IPC);
- Руководство по выявлению неисправностей (FIM);
- Руководств по составлению монтажной схемы (WDM);
- Руководство по стандартному проведению электропроводки (SWPM);
- Руководство по проверке без нарушения целостности (NDT);
- Карточки с заданиями (TC) (для данных, не имеющих в Руководстве по техническому обслуживанию воздушных судов).

2.13.2. Эксплуатационная документация при отклонении от порядка выполнения работ с воздушными судами Boeing

- Основной перечень минимального оборудования, контролируемый ФАА США;
- Справочник отклонений от порядка выполнения работ (DDG) – Документ Boeing;

- Перечень отклонений от конфигурации (CDL) – Приложение AFM – Утверждено ФАА;
- Процедуры по производству полетов компании / Техническое обслуживание;
- Стандарты политики компании;
- Перечень минимального оборудования авиакомпании (Airline MEL).

2.13.3. Документация, используемая при технической эксплуатации самолетов Boeing

При техническом обслуживании заполняются следующие документы:

- Work Order (WO) – Заказ на производство работ;
- Maintenance Job Summary Sheet (MJSS) – Карта- наряд на ТО;
- Engineering Order (EO) – Техническое решение;
- Maintenance Job Card (MJC) – Пооперационная карта-наряд на выполнение регламентных работ;
- Maintenance Job Order (MJO) – Пооперационная ведомость на выполнение работ, не входящих в регламент;
- Non-Routine Card (NRC) – Карта на дополнительные работы;
- Acceptable Deferred Defect (ADD) – Перечень отложенных дефектов.

2.13.4. Требования к отчетности по техническому обслуживанию воздушных судов Boeing

При технической эксплуатации ВС рекомендуется вести следующие журналы учета, сведения из которых используются при заполнении отчетных документов: [5, 6]

- Журнал учета технического обслуживания воздушных судов;
- Отчет о затруднениях обслуживания;
- Итоговый отчет технического прерывания;
- Отчеты по переоборудованию и ремонту;
- Документация по летной годности или запись в журнале учета ВС;
- Журнал учета несоответствий в салоне ВС;
- Журнал учета отметок об отсроченном техническом обслуживании (DMI);
- AD/CN's (SB's) Register – Журнал регистрации директив летной годности;
- Нестандартные записи.

2.13.5. Документация необходимая для повышения эффективности эксплуатационной деятельности авиакомпаний

Документы, не являющиеся Инструкциями по продлению летной годности, но необходимые для эффективной эксплуатации ВС авиакомпаний. [5, 6, 15]

Примеры некоторых таких документов:

- Руководство по погрузке груза и багажа (BCLM);
- Руководство по техническому обслуживанию комплектующих изделий (CMM);
- Средства технического обслуживания & Планирование оборудования (MFER);
- Данные по планированию технического обслуживания (MPD);
- Руководство по установке силовых установок (PPBU);
- Руководство по стандартным практикам проведения капремонта (SOPM);
- Схематическое руководство по системам (SSM);
- Руководство по весовой балансировке – Weight and Balance Manual (WBM).

WBM представляет собой справочник по весовым, балансировочным и загрузочным характеристикам.

Этот документ издается компанией Airbus, а эксплуатанты получают его вместе с поставляемым воздушным судном. Он содержит всю информацию, необходимую в качестве инструкций при загрузке ВС или для составления сводно-загрузочной ведомости.

WBM состоит из следующих трех разделов: [15]

- Раздел 0.00: Вступительная часть, где дается описание руководства (содержание, список страниц с действующими поправками, перечень рисунков, реестр постоянных и временных редакций);
 - Раздел 1: Контроль весовых и балансировочных характеристик (W&B), где дается описание W&B, характерных для конкретного воздушного судна;
 - Раздел 2: Отчет о взвешивании воздушного судна, содержащий результаты взвешивания (рабочий вес пустого ВС и положение ЦТ).
-
- Примеры разделов WBM:
 - Типовая схема погрузки.
 - Рабочий пустой вес самолета и регулировка центра тяжести.

- Векторы груза, пассажиров и топлива.
- Компоненты, влияющие на процесс загрузки: Эти компоненты присутствуют в различных главах АТА. Они вводят дополнительные ограничения на количество пассажиров или груза.

-Руководство по весовой центровке:

А. Загрузка переднего грузового отсека (отсек 1). Бортовая фиксирующая система должна быть исправна и использоваться во всех случаях, исключая применение плавающих поддонов.

Б. Вместимость переднего грузового отсека (отсека 1)

2.13.6. Нормативная эксплуатационная документация Межгосударственного авиационного комитета (МАК), Федеральной службы по надзору в сфере транспорта (ФСНСТ), Федеральной авиационной администрации США (FAA) и Boeing

- Выборочные требования российских правил (МАК):
- Российский основной перечень минимального оборудования (MMEL);
- Соотношение с Перечнем минимального оборудования (MEL);
- Соотношение с Перечнем отклонений от конфигурации (CDL) для иностранных судов, сертифицированных в России.

• Соотношение документов ФАА США и документов производителя – MMEL и DDPG

- Выборочные требования правил ФАА США:
- Перечень минимального оборудования (MEL);
- Перечень отклонений от конфигурации (CDL).
- Разработка и утверждение эксплуатантом MEL и CDL;
- Процедуры для эксплуатантов;
- Использование MEL и CDL при производстве полетов авиакомпаниями.

2.13.7. Выборочные требования правил ФАА США

- Утвержденная нормативная документация:
- Руководство по эксплуатации для летных экипажей (FCOM);
- Краткий справочник (QRH).
- Руководству по летной эксплуатации (AFM) для Части 121 Производства полетов авиакомпаниями США;
- Неутвержденные разделы AFM:

- Использование AFM, как Руководства по летной эксплуатации;
- Руководство по летной эксплуатации компании (CFM) – Требования ФАА;
- Требования ICAO и JAR;
- Идентификация, как Руководство по летной эксплуатации;
- Утвержденные разделы CFM;
- Принятые разделы CFM;
- Описание систем воздушных судов;
- Процедуры и ограничения.

2.14. Структура MEL

MEL состоит из четырех или пяти (в зависимости от семейства ВС), разделов:

- Раздел 00: Общая информация о руководстве (организация, лист согласований, основные моменты...).
- Раздел 00E: Перечень предупреждений ЕСАМ и соответствующих разделов MMEL (если возможно), классифицированных в соответствии со структурой АТА.
- Раздел 01: Утвержденная/принятая часть MMEL: Все компоненты, которые могут быть в нерабочем состоянии, сроки исправления неисправностей, их общее количество, количество, необходимое для получения допуска к эксплуатации и соответствующие примечания или исключения.
- Раздел 02: Эксплуатационные процедуры, предусмотренные в Разделе 01. Вследствие того, что содержание этих процедур не утверждено/принято, эксплуатанты могут не следовать процедурам Airbus и разрабатывать свои собственные процедуры.
- Раздел 03: Процедуры технического обслуживания, взятые из Руководства по техническому обслуживанию ВС (АММ) и требуемые Разделом 01. Этот раздел применим только для семейства ВС А300/А310 и А320.

2.15. Рекомендованные процедуры технического обслуживания

В обязанность эксплуатанта входит определение задач персонала технического обслуживания при применении правил технического обслуживания. Эксплуатационные правила и процедуры технического обслуживания разра-

батываются на основе правил и процедур, рекомендованных изготовителем воздушного судна.

Эксплуатанты должны сокращать до минимума длительность эксплуатации воздушного судна с неисправными компонентами.

MEL представляет собой документ, помогающий найти выход из создавшегося положения при необходимости выполнения полета с отказами и неисправностями. Такие полеты допускаются только после тщательного исследования каждого компонента, чтобы обеспечить сохранение приемлемого уровня безопасности полетов. Его цель - не поощрять эксплуатацию воздушных судов с неисправным оборудованием на борту. ^[13]

В MEL следует соблюдать условия допуска ВС к полетам, изложенные в MMEL, а также сопутствующие ограничения/эксплуатационные правила, гарантирующие эффективную и безопасную эксплуатацию воздушного судна.

В соответствующей процедуре необходимо указать, по меньшей мере, следующее:

- способ выполнения процедуры;
- порядок выполнения элементов процедуры;
- необходимые действия для завершения процедуры.

Описание процедуры может:

- помещаться в колонке “Примечания или исключения” MEL;
- даваться как добавление к MEL;
- содержаться в отдельном документе.

В этом случае следует, чтобы в MEL имелась ссылка на место, где можно найти эту процедуру.

Если требуется применить правило эксплуатации или технического обслуживания, эксплуатант должен включить его в MEL. В большинстве случаев правила, опубликованные в MMEL, могут быть включены в MEL эксплуатанта. Тем не менее, эксплуатанты могут по своему усмотрению вырабатывать правила, отвечающие их потребностям. Эти правила вносятся в соответствующие страницы MEL и затем направляются национальным полномочным органам.

Опубликованные в MMEL правила эксплуатации и технического обслуживания не подлежат обязательному утверждению в процессе утверждения/принятия MMEL. Однако отдельные полномочные органы на местах могут потребовать от эксплуатантов представлять эти правила (в готовом виде) в процессе утверждения MEL.

Инженерный центр эксплуатанта также играет свою роль в вопросе получения допуска ВС к полетам, выполняя анализ надежности и выявляя характерные проблемы. Такая количественная обратная связь используется для определения эксплуатационной надежности и усовершенствования эксплуатационных и технологических процедур на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Важно устанавливать и соблюдать процедуры, обеспечивающие размещение адекватных кодов задержек, о которых имеется договоренность между персоналом технического обслуживания и летными экипажами – тогда собранные данные будут точными.

Инженерный центр может также оказывать помощь в техническом обслуживании авиакомпании при возникновении технических трудностей или проблем с их интерпретацией.

Например, инженерный центр может установить альтернативные процедуры технического обслуживания в рамках MEL в связи с такими конкретными проблемами, как нехватка средств наземного обеспечения в некоторых вспомогательных станциях техобслуживания и т.п.

К MEL следует обращаться только в случаях, когда отказ полностью выявлен и подтвержден.

Однако MEL не является ни руководством по выявлению неисправностей, ни контрольной картой предполетной проверки.

Компоненты “НЕ ДОПУСКАЕТСЯ” не должны проверяться перед каждым полетом. По умолчанию, все компоненты воздушного судна считаются исправными, пока не поступит информация об их фактической или потенциальной неисправности.

Окончательное решение о вылете ВС принимает КВС:

2.16. Функции Центра технического обслуживания ВС

Центр технического обслуживания ВС выполняет широкий диапазон функций, включая:

- Плановое и восстановительное обслуживание ВС/средств обслуживания: оборудования и компонентов ВС к приемлемым стандартам/
- Выполнение профилактического обслуживания; в особенности, регулярно развивая и осуществляя работы по намеченной программе с целью поддержания удовлетворительного действия ВС / оборудования и средства

как решение главной проблемы-обеспечения регулярности и безопасности полетов.

- Подготовка реалистических бюджетов, которые детализируют потребности в техническом персонале и потребности в эксплуатационных материалах

- Руководящий инвентарь, чтобы гарантировать, что части / материалы доступны чтобы проводить необходимые задачи обслуживания

- Выполнение отчетов по технической эксплуатации АТ, услугам, и т.д.

- Развитие эффективных подходов, чтобы контролировать действия персонала техобслуживания/

- Развитие эффективных методов управления для рабочего персонала верхнего уровня управления, и других заинтересованных лиц, знающие действия обслуживания/

- Обучение обслуживанию и комплектование персонала и других заинтересованных личностей, чтобы улучшить их мастерство по эффективному исполнению планов/

- Рассмотрение планов использования новых средств ТО, установки нового оборудования, и т.д.

- Осуществление методов улучшения безопасности на рабочих местах и развитие безопасности штата обслуживающего персонала связанных с выполнением программы ТО/

- Развитие спецификации контрактов со сторонними организациями и контроля работы, выполненную подрядчиками (представителями моторостроительных заводов и заводов производителей АТ), чтобы гарантировать выполнение договорных требований/

Много факторов определяют место обслуживания в работе авиакомпаний: ВС, количество, сложность АТ и их компонентов.

Четыре руководящих принципа,^[11] полезные в планировании Организации по техническому обслуживанию: установите разумно ясное разделение полномочий с минимальным перекрытием, оптимизируйте число людей как индивидуумов, приспособьте Организацию к лицам вовлеченным в организацию исполнения и контроля, и держите почти как возможные вертикальные линии власти и ответственности.

Одно из первых соображений в планировании организации обслуживания должно решить выгодно ли иметь централизованную или децентрализованную функцию обслуживания.

Вообще, централизованное обслуживание служит хорошо в маленьком предприятии и предприятии среднего размера, размещенного в одной структуре или зданиях службы, расположенных в непосредственной географической территории.

Некоторые из преимуществ и недостатков централизованного обслуживания следующие:^[11]

Преимущества.

- Более эффективное производство по сравнению с децентрализованным обслуживанием.
- Меньшее количество требуемого технического персонала.
- Более эффективное диспетчерское управление работы авиакомпаний
- Большее использование специального оборудования и специализированных людей обслуживания.
- Разрешает приобретение более современных средств.
- Вообще позволяет более эффективное обучение на рабочем месте.

Недостатки.

- Требуется большего количества времени, попадающего к и от рабочей области или работы.
- Никто из индивидуумов не становится полностью знакомым со сложными аппаратными средствами ЭВМ или оборудованием ВС.
- Более трудное диспетчерское управление из-за отдаленности участка обслуживания от центрального аппарата Организации по ТО.
- Более высокая стоимость транспортировки ВС из-за отдаленного технического обслуживания.

В случае децентрализованного обслуживания, группы обслуживаний назначаются на специфическую область или структурную единицу авиакомпании.

Некоторые важные причины для децентрализованного обслуживания

Уменьшается продолжительность командировок между ЦТО и филиалами, устанавливается дух сотрудничества между ЦТО и филиалами, облегчается диспетчерское управление, и устанавливаются более высокие возможности для технического персонала, чтобы стать знакомыми со сложным оборудованием или их средствами.

Прошлый опыт указывает, что в больших предприятиях комбинация централизованного и децентрализованного обслуживания обычно работает лучше всего. Главная причина - то, что выгоды из обеих систем могут быть достигнуты по сравнению с существующими у них недостатками.

3. УПРАВЛЕНИЕ СИСТЕМАМИ И ПРОЦЕССАМИ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭС и ПНК



3.1. Основы управления системами и процессам ТЭ АЭС и ПНК

Сущность управления системами и процессами технической эксплуатации АЭС и ПНК, как и всего процесса технической эксплуатации ВС, заключается в принятии решений, направленных на достижение принятых целей управления. Правильное решение может быть принято лишь тогда, когда лица, принимающие его, обладают достаточно полной, достоверной и своевременно полученной информацией об управляемом процессе технической эксплуатации. Полнота информации оказывает большое влияние на эффективность принимаемого решения, так как она позволяет найти рациональный вариант решения исходя из анализа конкретной производственной обстановки и накопленного опыта.

Основная управленческая аксиома: нельзя управлять тем, что нельзя измерить, ^[11] - рассматривается во всех разделах настоящего пособия. В любой системе необходимо определить ряд измеряемых показателей результатов деятельности для того, чтобы установить, действительно ли функционирует система, а не просто отвечает нормативным требованиям. Определение ряда измеряемых показателей результатов деятельности также позволяет установить, где и когда возможно потребуются принять меры для приведения эксплуатационной эффективности системы в соответствие с необходимым уровнем.

Главной целью управления системами и процессами технической эксплуатации АЭС и ПНК, является обеспечение поддержания летной годности ВС, безопасности полетов и снижения затрат времени, труда и средств на

техническое обслуживание и ремонт, повышение эффективности использования ВС, регулярности полетов и рентабельности авиакомпаний.

Система АЭС и ПНК, если исходить из современной теории управления, - целенаправленный развивающийся комплекс взаимосвязанных технологических объектов эксплуатации, транспортировки, хранения и применения по назначению. Этот комплекс также включает энергетические, материальные и информационные потоки, объекты машинной обработки и передачи данных. В нем заняты большие коллективы людей для сбора, анализа и обработки информации на различных иерархических и временных уровнях управления, эксплуатации и планирования. Взаимосвязанный комплекс АЭС и ПНК совместно с другими системами ВС может быть представлен в виде единой технологической системы технической эксплуатации.

Системе технической эксплуатации ВС характерна сложная информационно-управленческая надстройка. Для своевременного сбора необходимой, полной и достоверной информации и подготовки управленческого решения в структуре поддержания летной годности ВС создан управленческий аппарат. На основе материала, подготовленного аппаратом, руководители принимают решения, организуют мероприятия по его выполнению и устанавливают контроль выполнения мероприятий.

Постоянное усложнение взаимосвязей между отдельными системами АЭС и ПНК, во многих случаях множественная связь с другими компонентами ВС, жесткая технологическая связь с ВС и многочисленными эксплуатантами, рост комплекса средств регулирования, резервирования и обработки информации привели к формированию системы эксплуатации АТ, которая является ядром сложнейшей авиационно-транспортной системы. [32, 40, 46]

Взаимодействие компонентов ВС, их взаимное резервирование создает гибкость в маневрировании использования потоков информации, повышают надежность комплексов ВС, способствуют максимальному использованию свойств АЭС и ПНК и систем ВС.

Основной чертой современных систем АЭС и ПНК является их масштабность. Вторая важная особенность - динамичность, связанная с темпами развития АЭС и ПНК и систематическим повышением удельного веса АЭС и ПНК в компонентах ВС. Третья особенность состоит в последовательной концентрации мощностей. Четвертая особенность - систематическая централизация информации, повышение ее уровня. Вместо отдельных изолированных подсистем ВС возникли единые взаимосвязанные системы АЭС и ПНК. Отличительная черта систем АЭС и ПНК по сравнению с другими системами

ВС - это изменение ее ресурсной части. Перемещение информации из одних компонентов ВС в другие, причем существенно отдаленные от друг от друга, чрезвычайно осложняет эксплуатацию ВС, ухудшает экономические показатели, тормозит освоение ресурсов технической эксплуатации. Однако это - объективная реальность, с которой нельзя не считаться, а при развитии необходимо своевременно предвидеть изменения. Еще одна отличительная черта - значительная замедленность технологических процессов в связи с появлением отказов и неисправностей по их устранению.

Специфика АЭС и ПНК, как больших систем, проявляется в следующем.

1. Процесс эксплуатации ВС при минимуме затрат должен обеспечить возможность перестраивать поведение системы эксплуатации АЭС и ПНК в случае изменения плановых объемов полетов, ограничений по метеоусловиям, ввода новых потребителей информации, изменения в расписании полетов. Кроме того, должны быть предвидены параметрические изменения компонентов системы с учетом возникновения и развития неисправностей, изменение характеристик их элементной базы, температурного влияния на их работу и т.д.

2. Сложность иерархической структуры управления. Организация управления осуществляется на основе сочетания централизованных и децентрализованных принципов. Между технологическими объектами и функциональными подсистемами, а также между развиваемой структурой и плановыми подразделениями имеются многофакторные технологические информационно-управленческие связи, с помощью которых на основе накопленного опыта на различных иерархических уровнях проявляются самоорганизация и адаптация.

3. Системность. Данное свойство больших систем проявляется как между подзадачами различного уровня одной и той же задачи, так и между различными по своему существу задачами. Например, можно обособить задачу оптимального управления эксплуатацией АЭС и ПНК, не теряя основных связей с задачами по эксплуатации ВС, задачу оптимизации ВС и т.д. Задачи оперативного управления, текущего, перспективного и оптимального планирования технической эксплуатации, устранения отказов и повышение надежности АЭС и ПНК находятся во взаимосвязи и зависимости.

4. Размерность. Ввиду чрезвычайно большого числа элементов систем АЭС и ПНК, звеньев, подсистем, их входов и выходов, разнообразия выполняемых функций, многопараметричности и распределенности параметров, особенно при условии более точного их воспроизведения, их размерность достигает очень большой величины.

5. Целостность. Существующие системы АЭС и ПНК обладают целостностью в технологическом смысле, т. е. компоненты объединены в технологические подсистемы связи, навигации и управления ВС, что проявляется и в организационно-управленческой сфере деятельности. Однако наряду с этим имеются достаточно обособленные технологические компоненты. В ближайшем будущем намечен быстрый рост степени целостности, появляются магистральные системы передачи информации, связи и навигации, в том числе и спутниковые, в целом образующие глобальную сеть. Целостность систем ВС и их основной части - системы АЭС и ПНК - не противоречит искусственному делению на автономные подсистемы. Как правило, такое деление облегчает решение проблемы оптимизации, так как позволяет применить принципы построения по уровневых и по объектных решений. Однако нельзя забывать того, что абсолютно обособить подсистемы невозможно. Главной причиной этого является то, что глобальное оптимальное решение по всей системе в целом нельзя получить, суммируя изолированно найденные оптимальные решения по отдельным подсистемам. Это вытекает из того, что системы ВС в целом и отдельные ее подсистемы относятся к открытым большим системам.

6. Изменение планов распределения материально-технических потоков. Из-за возможных некоторых диспропорций в отрасли и параметрических колебаний по направлениям развития, аварийных состояний возможны существенные изменения планов по ресурсам. Кроме того, неточность исходной информации приводит к неопределенности в направлениях развития, возникновению зоны равно экономических решений, что в значительной мере ухудшает условия принятия окончательных решений.

3.2. Цели управления обслуживанием, критические принципы управления обслуживанием, регламент технического обслуживания

Управление техническим обслуживанием может быть описано как функция обеспечения руководства стратегии для действий обслуживания, в дополнение к осуществлению технической эксплуатации и контроля управления относительно регламентов технического обслуживания.

Улучшение программы управления обслуживанием - непрерывный процесс, который требует прогрессивные отношения и активную причастность лиц и их вовлечение в производственный процесс. Подход с девятью шагами для эффективного управления техническим обслуживанием представлен ниже: ^[11]

• *Идентифицируйте существующие неточности.*

Это может быть выполнено через интервью с техническим персоналом и исследования внутренних индикаторов работы.

• *Набор целей обслуживания.*

Эти цели учитывают существующие неточности и подлежат идентификации для усовершенствования.

• *Установите приоритеты.*

Список обслуживания создается в порядке сбережений или качества.

• *Установите параметры измерения работы.*

Разработайте измеримые параметры для каждой работы, например, число законченных заданий в неделю и процент от стоимости ремонта.

• *Установите краткосрочные и перспективные планы.*

План короткого диапазона сосредотачивается на первоочередных целях, обычно в пределах однолетнего периода. Перспективный план является более стратегическим в принципе и идентифицирует важные цели, которые будут достигнуты в пределах трех - пяти лет.

• *Статус сообщения.*

При подготовке краткого сообщения периодически, каждые полгода доводите до всех вовлеченных личностей. Сообщение содержит для каждого цель, идентифицированная в информации плана короткого диапазона относительно фактического или потенциального выполнения графика и связанных причин. Помните, что управление - это искусство общения.

Таблица 3.1. Важные принципы управления обслуживанием

Но мер	Принцип	Краткое описание
1.	Максимальная производительность достигается, когда каждый вовлеченный человек в организации имеет определенную задачу и исполняет ее в существенном направлении и в определенное время.	Этот принцип научного управления, сформулированный Фредериком В. Тейлором в девятнадцатом столетии, остается важным фактором в управлении
2.	Эффективные контрольные точки проблемных вопросов графика.	Контрольные точки графика в интервалах проблемы позволяют завершить вовремя намеченные работы.
3.	Измерение предшествует управлению.	Когда индивидууму дают существенную задачу для выполнения, контроль выполнения

- | | |
|--|---|
| | работы в указанное время позволяет выработать дальнейшие действия, результаты сравниваются и оцениваются с набором целей. |
| 4. Отношения послепродажного обслуживания – основа эффективности организации обслуживания. | Хорошее техническое обслуживание важный фактор в эффективном поддержании средств на ожидаемом уровне.
Подход команды созданной организационной структуры необходимый шаг к последовательному, активному управлению деятельности организации обслуживания |
| 5. Управления заданиями зависит от индивидуальной ответственности каждого исполнителя в пределах их сферы деятельности | Обязанность руководителя центра технического обслуживания – развивать, осуществлять и обеспечить планирование и выполнение поставленных задач. |
| 6. Оптимальный количественный состав людей – минимальное число, которое может эффективно исполнять назначенные задачи. | Большинство задач требует только одного индивидуума. |

• *Исследуйте продвижение (прогресс) ежегодно.*

Обзор продвижения - отношения к заявленным целям в конце каждого года. Разработайте новый план короткого диапазона на следующий год, рассматривая цели, идентифицированные в дальнем плане и урегулированные с предыдущим годовым запланированным графиком, ресурсами, затратами, и т.д. За эти годы были развиты многие принципы управления обслуживанием.

Эти шесть критических принципов управления обслуживанием, если применяются на регулярной основе, могут помочь сделать Организацию по ТОиР производительной и успешной.

3.3. Элементы эффективного управления обслуживанием

Имеются много элементов эффективного управления обслуживанием. Эффективность является ключом к полному успеху деятельности обслуживания. Многие из этих элементов описаны ниже.

Стратегия обслуживания

Стратегия обслуживания - один из наиболее важных элементов эффективного управления обслуживанием. Это необходимо для непрерывности действий и ясного понимания программы управления обслуживанием, независимо от размера организации обслуживания. Обычно, организации обслуживания имеют организационный документ – руководство по техническому обслуживанию, содержащий такие пункты, как: политика, программы, цели, обязанности, полномочия для всех уровней управления, сообщение о требованиях, полезных методах работы и управления, и индексы измерения выполненной работы. Испытывая недостаток в такой документации, то есть, стратегии руководства, документ стратегии обслуживания должен быть развит и содержать всю необходимую информацию.

Управление материальными и складскими запасами

Прошлый опыт указывает, что, в среднем материальные затраты составляют приблизительно от 30 до 40 % полных прямых расходов на техническое обслуживание. ^[11]

Эффективное использование персонала зависит в значительной степени от эффективности в материальной координации. Материальные проблемы могут приводить к ложным запускам, продолжительности движения избытка, задержки, не встретил, не выполнил вовремя и т.д. Шаги типа планирование работы, координирование с покупкой, координирование к складам, координации из выпуска материалов, и рассмотрения законченной работы может помочь уменьшить проблемы отношения к расходным материалам и запчастям.

Решение, держать ли запчасти на складе - одна из наиболее важных проблем управления материально-технического снабжением эксплуатации.

Система заказа на изготовление

Заказ на изготовление разрешает и направляет индивидуум или группу, чтобы исполнить данную задачу. Четкая система заказа на изготовление должна закрыть все задания обслуживания, требуемые и выполненные, или

повторные или одноразовые задания. Система заказа на изготовление полезна для управления затратами и оценкой выполнения работы.

Хотя тип и размер заказа на изготовление могут изменяться от одной организации обслуживания к другой, заказ на изготовление должен, по крайней мере, содержать информацию типа: - требуемые и запланированные даты завершения, - описание работы и его причины, - запланированная начальная дата, - трудовые и материальные затраты, - изделия или их комплектующие на которые нужно воздействовать, - категория работы (профилактика, ремонт, установка и т.д.), и соответствующие подписи одобрения.

Отчеты оборудования

Отчеты оборудования играют критическую роль в эффективности и эффективности обслуживания организации. Обычно, отчеты оборудования сгруппированы согласно четырем категориям: выполнение технического обслуживания, стоимость технического обслуживания, запасных частей и расходных материалов, и файлы.

Категория выполнение технического обслуживания, содержит хронологическую документацию всех ремонтов и профилактики, выполненных в течение срока службы изделия до настоящего времени.

Категория стоимости технического обслуживания содержит сведения о трудовых и материальных затрат.

Обычно, информация относительно запасных частей и расходных материалов формируется складами или отделом бухгалтерского учета. Категория запасных частей и расходных материалов содержит информацию типа номера собственности, размера и типа, стоимости приобретения, дата изготовления / приобретения, изготовитель, и местоположение оборудования / компонента.

Категория Файлы включает действие и инструкции по эксплуатации, гарантии, рисунки, и т.д.

Отчеты оборудования полезны при обеспечении новых компонентов / оборудования, чтобы определить тенденции эксплуатационной характеристики, расследуя поломки, делая замену или решения модификации, исследуя инциденты, опознавая области предприятия, выполнения надежности и изучения ремонтпригодности, стоимость проведения полного эксплуатационного цикла и изучение проекта.

Профилактическое и корректирующее обслуживание

Основная цель выполнения профилактического обслуживания состоит в том, чтобы держать средство / оборудование в удовлетворительном состоянии через осмотр и исправление неточностей молодых. Три принципа факто-

ров формируют требование и возможности усилия профилактического обслуживания: надежность процесса, экономика, и соответствие стандартов.

Главная пропорция усилия организации обслуживания потрачена на корректирующее обслуживание. Таким образом, корректирующее обслуживание - важный фактор в эффективности организации технического обслуживания.

Планирование работы и планирование обслуживания

Планирование работы - необходимый элемент эффективного управления обслуживанием. А часть задач, вероятно, придется выполнить до начала работы, например, приобретение запасных комплектующих изделий, инструментальных средств и материалов, координация поставки запчастей, инструментальных средств и материалов, идентификация методов и последовательности выполнения операций, координация с другими службами авиакомпании, и разрешение службы безопасности и таможни.

Хотя степень планирования требуемого может измениться с вовлеченным ремеслом и используемые методы, прошлый опыт указывает, что в среднем один планировщик требуется на каждые двадцать персоналов рабочей категории. Строго говоря, формальное планирование должно охватить 100 % рабочей нагрузки обслуживания, но чрезвычайные задания и маленькие, работают в менее формальной среде. Таким образом, в большинстве организации обслуживания от 80 до 85 % достижим плановый охват.

Планирование обслуживания столь же важно как планирование полетов. Эффективность графика основана на надежности плановой функции. Для больших заданий, в особенности тех которые требуют координации многих специалистов, серьезное рассмотрение нужно отдать использованию методов типа Оценки Программы и Методики Обзора (Планирование с использованием сетевого графика) и Критического пути.

Метод (Модуль обработки команд) требуется для эффективного полного управления. Подход Модуля обработки команд описан подробно позже в этой главе.

Неудовлетворительное управление и система приоритета

Количество задела в пределах организации обслуживания - один из факторов определения эффективности управления обслуживанием. Идентификация заделов важна, она позволяет сбалансировать требования рабочей нагрузки и личного состава. Кроме того, решения относительно сверхурочного времени, наем, заключение контракта на поставку запчастей и комплектую-

щих изделий, назначения поставщика и т.д., является в значительной степени основанным на неудовлетворительной информации.

Определение приоритета в работе организации обслуживания необходимо и требуется, так как невозможно начать и закончить каждый день новую работу. В назначении работы приоритеты будут брать планирование, важно рассмотреть факторы типа важности изделия или системы, тип обслуживания, требуемых сроков и отрезка времени ожидания работы.

Измерение работы

Успешные организации обслуживания регулярно измеряют выполненную работу через различные средства. Исследования выполнения работы способствуют эффективности организации обслуживания и необходимо для раскрытия времени простоя оборудования, особенности в эксплуатационном поведении заинтересованной организации, планы развивая в течение будущего обслуживания, и так далее. Различные типы индексов выполнения работы для использования в управлении обслуживанием обсуждено позже в этой главе.

Методы управления на стадии разработки проекта обслуживания

Два широко используемых метода управления проектом обслуживания - Оценка Программы и Методика Обзора (Планирование с использованием сетевого графика) и Метод Критического пути (Модуль обработки команд).^[11]

В обслуживании и других проектах три важных фактора предприятия - время, стоимость, и пригодность ресурса. «Модуль обработки команд» и «Планирование с использованием сетевого графика» имеют дело с этими факторами индивидуально и в комбинации.

«Планирование с использованием сетевого графика» и «Модуль обработки команд» подобны. Главное различие между этими двумя - то, что когда завершение времени действия проекта являются сомнительным, «Планирование с использованием сетевого графика», используется и с уверенностью в завершении времени, используется «Модуль обработки команд».

Следующие шаги вовлечены в «Планирование с использованием сетевого графика» и «Модуль обработки команд»:

- Нарушают проект в индивидуальные задания или задачи.
- Упорядочивают эти задания / задачи в логическую сеть.
- Определяют продолжительность каждой работы / задачи.
- Развивают график.
- Идентифицируют задания / задачи, которые управляют завершением проекта.

- Перераспределяют ресурсы или фонды, чтобы улучшить график.

Следующие разделы представляют формулу, чтобы оценить деятельность ожидаемые продолжительности. Схемы «Планирование с использованием сетевого графика» запрашивают три оценки продолжительности деятельности, используя следующую формулу, чтобы вычислить заключительное время:

$$T_a = \frac{T_O + 4T_M + T_P}{6} \quad (3.1)$$

где

T_a – ожидаемая продолжительность обслуживания,

T_O – оптимистическое или минимальное время деятельности будет требоваться для завершения,

T_P – пессимистическое или максимальное время деятельность будет требоваться для завершения,

T_M – наиболее вероятное время деятельность будет требоваться для завершения. Это – время, использованное для действий Модуля обработки команд.

Уравнение (3.1) основано на распределении Бетты.

Преимущества и недостатки модуля обработки команд

Преимущества «Модуля обработки команд» –

- эффективный инструмент для контроля проектного прогресса;
- помогает улучшать понимание проекта и связь среди вовлеченного персонала;
- высвечивает действия, важные закончить проект вовремя. Действия должны быть закончены вовремя, чтобы выполнить полный проект на предсказанное время;
- показывает взаимосвязи в потоке работы и полезно в определении заранее рабочей силы и ресурсов;
- эффективный инструмент контроля затрат и может легко быть компьютеризирован;
- помогает уходу от дублирований и вычеркиваний и систематического определения продолжительности проекта;

Некоторые из недостатков «Модуля обработки команд» –

- дорогостоящий, • отнимающий много времени, • слабые оценки времени деятельности, • склонность использовать пессимистические оценки времени деятельности.

3.4. Методы и стратегии управления процессами ТЭ АЭС и ПНК

Применительно к понятию ТОиР авиационной техники термин стратегия в самом общем виде может быть определен следующим образом. Стратегия — совокупность принятых принципов, правил и управляющих воздействий, определяющих комплексное развитие эксплуатационно-технических характеристик конструкции авиационной техники, технологии, методов организации и производственно-технической базы ТОиР [8, 10]. Данное определение 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 авиационную технику.

В существующем подходе к стратегии отсутствует человеческий фактор. По оценке США 80% затрат при техническом обслуживании уходит на устранение отказов техники, систем и ошибок людей.

Эффективность технического обслуживания не может быть достигнута при традиционном подходе к обслуживанию — так как не учитываются следующие факторы: ошибки человека при обслуживании, качество и безопасность в обслуживании, обслуживание программного обеспечения, надежность обслуживания, затраты на обслуживание, надежность и ремонтпригодность авиатехники.

Стратегия современной системы управления процессами технической эксплуатации должна быть направлена на следующие цели: сохранить функции оборудования, избегать последствия отказов и гарантировать работоспособность оборудования.

Различают следующие стратегии ТОиР [1, 8, 10].

- Технического обслуживания по наработке, при которой перечень и периодичность выполнения операций определяются значением наработки изделия с начала эксплуатации или после «читального (среднего) ремонта.

- Технического обслуживания по состоянию, при котором перечень и периодичность выполнения операций определяется фактическим техническим состоянием изделия в момент начала технического обслуживания.

- Ремонта по наработке, при которой объем ремонта изделия и дефектации его составных частей назначается единым для парка однотипных изделий в зависимости от наработки с начала эксплуатации и (или) 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 и однотипных изделий.



Рисунок 3.1. Стратегии технического обслуживания

Техническое обслуживание, под которым понимают все мероприятия, направленные на сохранение и восстановление работоспособности эксплуатируемых систем, можно разделить на три вида (рис. 3.1):

1. Техническое обслуживание, определяемое отказом.
2. Техническое обслуживание через определенные интервалы времени (обслуживание по наработке).
3. Техническое обслуживание по состоянию.

В первом случае оборудование (устройства, системы) без существенных затрат на профилактику и контроль эксплуатируются до отказа. Таковую стратегию эксплуатации можно считать целесообразной только в исключительных случаях, когда соответствующее оборудование имеет 100% резерв или является второстепенным для выполнения целевого назначения. При техоб-

служивании, определяемом отказом, оборудование выходит из под контроля эксплуатационников. Каждый отказ происходит неожиданно. Это затрудняет оперативное планирование или делает его просто невозможным.

Всегда считалось, что этот вид техобслуживания допустим лишь для объектов, не выполняющих ответственные функции, – например, для устройств бытовой техники.

К сожалению, простота и дешевизна такой стратегии обслуживания привели в последнее время к ее довольно широкому распространению и в случае объектов ответственного назначения, – таких, например, как судовое оборудование, системы электроснабжения, трубопроводы и др.

Техническое обслуживание, проводимое через определенные интервалы времени (техобслуживание по наработке), до последнего времени является наиболее распространенным в мировой практике. В соответствии с определенным планом система (устройство) по истечении определенного срока, установленного на основе практического опыта, выводится из эксплуатации, проходит контроль, разбирается, выработавшие ресурс узлы или агрегаты заменяются. Привлекательность такой стратегии эксплуатации определяется, прежде всего, простотой планирования мероприятий по техническому обслуживанию, а также тем, что в процессе работы системы не надо контролировать и измерять какие-то ее параметры. Она достаточно подробно разработана теоретически, но так как режимы обслуживания назначаются для однотипных и конструктивных технических средств по априорной информации об их эксплуатационной надежности без учета их реального технического состояния, то это направление связано с большими временными и экономическими потерями.

Стратегия, ориентированная на время эксплуатации, часто оказывается весьма дорогой и далеко не самой оптимальной. Это объясняется тем, что мероприятия по техническому обслуживанию (остановка, разборка, замена, сборка, проверка) проводятся нередко либо преждевременно, либо слишком поздно. Типичным примером здесь могут быть такие элементы турбин, генераторов, электродвигателей как подшипники. Преждевременная их замена связана с высокими затратами, так как при этом необходимо осуществлять весьма трудоемкие операции по разборке-сборке узлов и агрегатов. А слишком поздняя замена может стать причиной деформации вала, разрыва муфты, повреждения лопаток турбины или обмотки электродвигателя и т.д.

Стратегия планирования эксплуатации технических систем в зависимости от их фактического состояния привлекает в последнее время все большее

внимание специалистов. ^[1] Такую стратегию называют еще индивидуальной, поскольку она ориентирована на реальное состояние и учитывает особенности данной конкретной системы, а не опыт эксплуатации аналогичных систем и статистические данные, для корректного использования которых необходима статистическая однородность и существенный объем используемой информации. ^[1]

Эффект от перехода к индивидуальному принципу назначения моментов технического обслуживания определяется главным образом следующими факторами:

а) возможностью в наибольшей степени использовать ресурс каждого отдельного объекта, что достигается уменьшением числа преждевременных вмешательств в его работу;

б) возможностью предотвращения отказов, что обеспечивается своевременным проведением профилактических (предупредительных) мероприятий.

Индивидуальное планирование эксплуатации возможно при условии получения текущей информации о действительном состоянии каждого объекта, т.е. реализация индивидуальной стратегии эксплуатации требует непрерывного или дискретного мониторинга диагностических параметров и анализа состояния объекта. Предполагается, что реальное техническое состояние объекта можно оценить по результатам контроля (измерения) его параметров, а прогнозирование их изменений позволяет эксплуатировать объект до появления признаков опасного снижения надежности, исключив при этом преждевременные демонтажи узлов и агрегатов, а также другие трудоемкие работы, имеющие зачастую сомнительную полезность для надежности функционирования.

Прогнозирование состояния и надежности играет важную роль при индивидуальном планировании эксплуатации. Умение предсказать возможный момент отказа особенно важно для объектов ответственного назначения, потеря работоспособности которых связана с большими материальными потерями или катастрофическими последствиями. Предотвращение отказов является для таких объектов первостепенной задачей. Вместе с тем специфика эксплуатации многих из них не позволяет решить эту задачу даже при непрерывном контроле их состояния, поскольку в течение определенных промежутков времени эксплуатации техническое обслуживание становится невозможным (летательных аппаратов – во время полета, надводных и подводных судов – во время рейса, радиоэлектронной аппаратуры – в течение сеанса связи или слежения за целью и т.д.).

Для многих технических объектов непрерывный контроль осуществить невозможно, а при дискретном контроле каждая оценка их фактического состояния часто связана с существенными материальными затратами. В этих случаях прогнозирование позволяет решать задачу назначения оптимальных моментов контроля, в промежутках между которыми не произойдет отказа.

Основные трудности при решении задачи прогнозирования для синтеза стратегии эксплуатации по состоянию связаны с тем, что прогноз приходится осуществлять для каждого объекта индивидуально, при малых объемах исходной информации (по небольшому набору результатов контроля) и в присутствии помех (ошибок контроля), статистические свойства которых достоверно не известны. В этих условиях классические методы математической статистики и теории случайных процессов теряют свои привлекательные свойства, а их использование для прогнозирования приводит к существенным ошибкам и невысокой достоверности прогноза.

Известны некоторые подходы к решению задачи индивидуального прогнозирования и планирования эксплуатации при дефиците и неполной достоверности исходной информации, позволяющие получать в этих условиях достаточно надежные результаты. К их числу относится метод индивидуального гарантированного прогноза (МГП). Основная его идея состоит в том, что из множества возможных реализаций случайного процесса деградации состояния исследуемого технического объекта, согласующихся с результатами контроля (не противоречащих им), выбираются «наихудшие». Под наихудшими понимаются такие, которые за пределами области наблюдения (контроля) идут выше (ниже) всех остальных. Такие реализации можно называть экстремальными.^[1]

Как показано в работе ^[1], если в качестве модели случайного процесса изменения параметров состояния исследуемого технического объекта может быть принята структура в виде полинома Чебышева со случайными коэффициентами, то наихудшими реализациями будут экстремальные полиномы Карлина. Аппарат экстремальных полиномов Карлина позволяет построить так называемый конус прогноза, образованный двумя наихудшими реализациями нижней $x(t)_-$ и верхней $x(t)_+$, внутри которого на интервале прогноза будет гарантированно находиться истинная реализация случайного процесса изменения технического состояния исследуемой системы. В отличие от традиционных вероятностно-статистических методов прогноза МГП позволяет получать решение при отсутствии сведений о вероятностных характеристиках ошибок наблюдений и других помех.

Таким образом, МГП дает возможность определить некоторую область, в пределах которой гарантированно будут находиться параметры состояния системы в любой заданный момент времени. Он обладает необходимыми свойствами несмещенности, однозначности и оптимальности. Результаты прогноза позволяют назначать целесообразные моменты контроля состояния, а также профилактических и ремонтных работ.

3.5. Анализ эффективности процесса ТЭ АЭС и ПНК

Правильно построенная система ТОиР способствует увеличению налета часов на списочный самолет, сокращению задержек рейсов, уменьшению числа отказов и опасных повреждений, обнаруженных при эксплуатации. Кроме того, она увеличивает долговечность ВС. Однако на проведение профилактических мероприятий и текущего ремонта затрачивается определенный фонд времени, в течение которого ВС могли бы использоваться по назначению. И чем оно больше, тем хуже показатели исправности и использования ВС. Кроме того, для выполнения профилактики современных ВС требуется большой штат специалистов, дорогое оборудование и контрольно-поверочная аппаратура, что, в свою очередь, увеличивает затраты авиакомпания и расходы на ТОиР. Все это, естественно, учитывается при разработке системы ТОиР, при поиске ее оптимального варианта.

Особая роль в этой работе отводится анализу концепций ТОиР, выбору оптимальных стратегий, анализу эксплуатационно-технических характеристик ВС и их компонентов и изучению их влияния на показатели эффективности системы ТОиР.

Основные показатели эффективности системы ТОиР следующие:

$K_{\text{испр}}$ - коэффициент исправности – отношение времени пребывания ЛА в исправном состоянии к общему календарному фонду времени за определенный период эксплуатации;

$K_{\text{шт}}$ - удельная продолжительность ТОиР в цикле восстановления – отношение математического ожидания продолжительности ТОиР в цикле восстановления за определенный период эксплуатации к налету ВС за этот же период;

$K_{\text{п}}$ - удельная суммарная продолжительность ТОиР (с учетом простоев по техническим причинам) – отношение математического ожидания суммарной продолжительности ТОиР (с учетом простоев по техническим причинам) за определенный период эксплуатации к налету ВС за этот же период;

$P_{\text{тп}}$ - коэффициент регулярности вылетов (с учетом задержек по техническим причинам) – вероятность того, что вылет ЛА не будет задержан сверх допустимого времени или отменяться по техническим причинам;

$t_{\text{зад}}$ - средняя продолжительность задержки вылетов по техническим причинам—отношение суммарного времени задержек вылетов по техническим причинам к общему числу задержек по тем же причинам за определенный период эксплуатации;

K_t - удельная суммарная трудоемкость ТОиР – отношение математического ожидания суммарной трудоемкости ТОиР за определенный период эксплуатации к налету ЛА за этот же период;

$C_{\text{уд}}$ - удельная суммарная стоимость ТОиР – отношение математического ожидания суммарной стоимости ТОиР за определенный период эксплуатации к налету ЛА за этот же период;

K_3 -удельная суммарная стоимость запасных частей и материалов, потребных для проведения ТОиР – отношение математического ожидания суммарной стоимости запасных частей и материалов, потребных для ТОиР за определенный период эксплуатации, к налету ВС за этот же период;

$T_{\text{зн}}$ - средняя периодичность unplanned замен – математическое ожидание наработки (налета) календарного времени между unplanned заменами однотипных изделий из-за их отказов или повреждений.

Не смотря на то, что эффективность ТОиР определяется в основном трудоемкостью ТО планера и двигателей, задержки рейсов происходят из-за не работоспособности компонентов ВС и в основном АЭС и ПНК. Затраты на ТОиР АЭС и ПНК превалируют над всеми остальными затратами ТОиР ВС и обуславливаются дорогостоящим контрольно-проверочным оборудованием, высокой стоимостью запчастей АЭС и ПНК и большим числом специалистов по АиРЭО, низкой надежностью и ремонтпригодностью АЭС и ПНК.

Эффективность технического обслуживания достигается учетом влияния следующих факторов: ошибки человека при обслуживании, качеством и безопасностью при обслуживании, надежностью обслуживания.

Главным показателем эффективности эксплуатации ВС является рентабельность авиакомпании, которая складывается из эффективного использования ВС, доходов авиакомпании и ее расходов, что напрямую связано с регулярностью полетов, налета часов на списочный самолет, продолжительность простоя ВС и затратами на обслуживание.

На обеспечение наилучших значений перечисленных показателей, а при необходимости также и других, направляются усилия конструкторов-

разработчиков новой авиационной техники и специалистов по ее технической эксплуатации.

Весь комплекс операций по ТОиР разделяется на две группы: плановые профилактические работы, связанные в основном с предупреждением отказов и опасных повреждений; неплановые работы, связанные с необходимостью устранения появившихся при эксплуатации внезапных отказов и опасных повреждений.

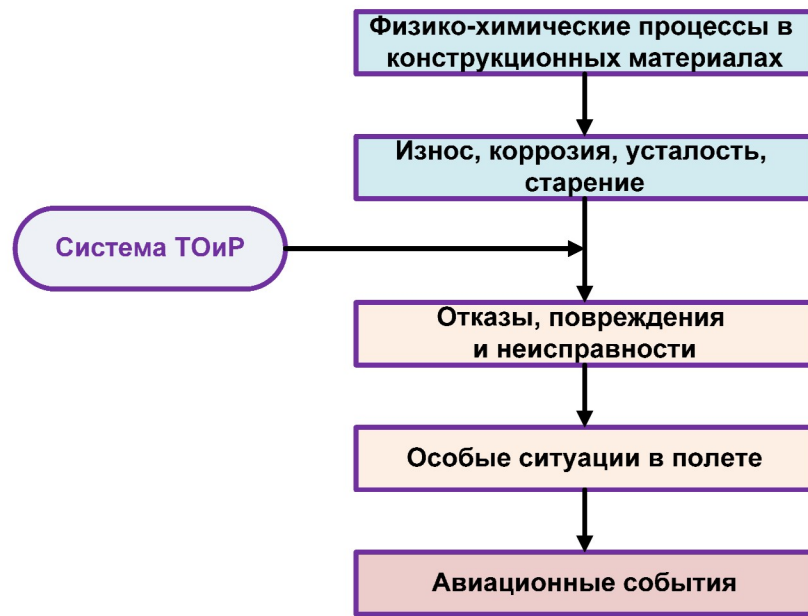


Рисунок 3.2. Роль системы ТОиР в обеспечении безопасности полетов

Между этими группами работ на практике могут существовать различные соотношения в зависимости от принятых критериев оптимальности и стратегии 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 ВС окажется работоспособным и выполнит поставленную задачу. При разработке системы ТОиР основное внимание уделяется плановым профилактическим работам, составляющим наибольшую часть объема ТОиР. Своевременное и качественное их выполнение направлено на обеспечение безотказной эксплуатации ВС в меж профилактические периоды путем предупреждения появления отказов и опасных повреждений компонентов ВС, поддержания их технических характеристик в пределах установленных допусков и обеспечения приемлемого уровня безопасности полетов.

Место системы ТОиР в объективно существующем процессе развития отказов и неисправностей компонентов ВС и их функциональных систем,

возможных последствиях повреждений, происходящих в результате воздействия групп конструктивных и эксплуатационных факторов, схематично представлено на рис. 3.2. Предупреждение неисправностей служит своего рода барьером на пути развития повреждений и отказов. Оно прерывает процессы дальнейшего развития повреждений, не давая им возможности беспрепятственно перерасти в опасные отказы.

3.6. Анализ задержек рейсов

Анализ количества и длительности задержек допуска ВС к эксплуатации показывает, что значительное их количество сопровождается обращением к MEL и что доля задержек, связанных с использованием MEL, существенно различается у разных эксплуатантов.

Даже если MEL сформирован так, чтобы учитывать особенности эксплуатантов (т.е., средства техобслуживания, резерв запасных частей, подготовка экипажей и т.д.), все эти меры могут оказаться неэффективными, если применение или недостаточное применение MEL ведет к задержкам.

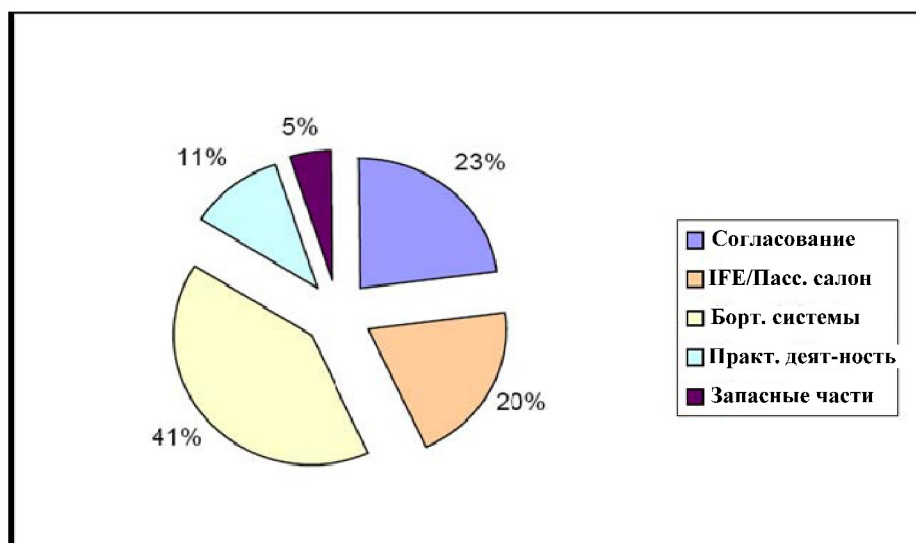


Рисунок 3.3. Причины задержек

23% задержек вылетов происходят из-за таких недостатков согласования, как:

- Пояснения и согласование MEL;
- Задержки по линии инженерных служб;
- Связь;
- Планирование;
- Планы профилактики дефектов и доработок.

Эти задержки зачастую происходят из-за недостаточности процедур для пользователей MEL. Этих задержек можно избежать, если все, кто задействован в процессе допуска ВС к полетам, будут знать необходимые правила.

С учетом наиболее передовой практики, компания Airbus разработала пакет рекомендаций, способствующих сведению к минимуму таких задержек.

3.7. Анализ структур процесса технической эксплуатации АЭС и ПНК

Стандартная организация эксплуатанта

Трудно выработать правила, которые одинаково подходили бы каждому эксплуатанту, в силу различных факторов: размеры авиакомпании, политика разделения объема работ, технического обслуживания и производства полетов.



Рисунок 3.4. Типичная организация эксплуатанта

Однако, основываясь на типичной организации обычного эксплуатанта (см. рис. 3.4), предоставим некоторые основные рекомендации, которые в общем плане будут применимы для любого эксплуатанта.

Центр технического обслуживания (ЦТО)

ЦТО занимается вопросами, касающимися всех неисправностей, зафиксированных летным экипажем, в целях обеспечения бесперебойного производства полетов.

В ведении ЦТО находится весь парк ВС, он является основным регулярным пользователем MEL.

Хотя техническая служба авиакомпании в состоянии выполнить некоторые проверки бортовых систем после прибытия воздушного судна, ЦТО в основном полагается на информацию, полученную от летного экипажа и от бортовой системы связи адресации и передачи данных (ACARS).

- ЦТО оказывает диагностическую поддержку.

Сразу же по получении донесения о неисправности ЦТО начинает анализировать конкретный дефект с целью предотвращения каких-либо проблем при производстве полетов. Тем самым осуществляются корректирующие действия по отношению к воздушному судну после его посадки или после того, как воздушное судно получило разрешение на вылет в соответствии с MEL.

Процесс анализа происходит в реальном времени. Поэтому важно, его начать по возможности сразу же после получения от экипажа донесения о неисправности.

- ЦТО осуществляет заблаговременное выявление неисправностей и планирование.

Получив донесение о неисправности, ЦТО может изучить историю эксплуатации воздушного судна по более ранним записям в технических формулярах и донесениям технической службы и начать процесс установления характера неисправности. Анализ обстоятельств, предшествовавших отказу, совместно с донесениями летного экипажа в некоторых случаях может позволить ЦТО осуществить точную диагностику и спланировать необходимые действия (ремонт или использование MEL) до прибытия воздушного судна в пункт назначения.

- ЦТО заблаговременно уведомляет о возможных проблемах.

ЦТО отслеживает всю историю эксплуатации воздушного судна, тогда как конкретный летный экипаж может осуществить на нем всего один или несколько полетов. Поэтому ЦТО обладает более подробной информацией и находится в более выгодной позиции для принятия в случае необходимости технических профилактических мер.

Например, предпочтительнее устранить как можно быстрее незначительные неисправности, о которых поступили донесения (т.е. отказы, не препятствующие вылету воздушного судна и не вызывающие необходимости применения MEL, как происходит в случае отказов III класса, но являющиеся, по опыту, предвестниками более серьезных отказов). По крайней мере, следует, чтобы в пункте назначения и, прежде всего в филиалах технической

службы, были в наличии необходимые для вылета ВС технические средства и запасные части.

Техническое обслуживание

Центр оперативного обслуживания должен сделать все возможное, чтобы устранить все технические неисправности как можно раньше и выпустить воздушное судно в рабочем состоянии. Командиру воздушного судна следует немедленно доложить, можно ли отремонтировать неисправный компонент до вылета.

Если центр технического обслуживания выпускает воздушное судно в рейс с неисправными компонентами, необходимо выполнить следующие условия:

- Технический бортовой журнал должен содержать детальное описание неисправного компонента/компонентов, специальные рекомендации экипажу воздушного судна, если это необходимо, и информацию о том, какой ремонт произведен.

Если в полете у экипажа есть доступ к неисправным компонентам, включая средства управления и индикации, то необходимо их четко маркировать.

Примечание: Если возможно, маркировка должна наноситься на неисправный компонент; если иначе не определено, то содержание и место маркировки указывается эксплуатантом.

Если неосторожные действия с такими компонентами могут привести к опасной ситуации, то их следует считать физически неисправными.

Необходимые эксплуатационные процедуры и действия по техническому обслуживанию содержатся в Руководстве по технической эксплуатации.

• Центр управления полетами (ЦУП)

ЦТО информирует Центр управления полетами (ЦУП) о возможных отклонениях от плана полета по причине применения MEL или техобслуживания. Затем выпускающий диспетчер получает от ЦТО или ЦУП информацию о необходимости принятия корректирующих мер.

Диспетчер и специалисты ЦТО и ЦОО тесно взаимодействуют, обмениваясь информацией по таким вопросам, как расчетное время полета до контрольной точки, возможная отмена, замена воздушных судов, посадка пассажиров и т.д.

Центр управления полетами может также осуществлять оценку отклонений от MEL и заранее предвидеть возможные нарушения расписания полетов.

• Техническое обеспечение

Инженерный центр эксплуатанта также играет свою роль в вопросе получения допуска ВС к полетам, выполняя анализ надежности и выявляя характерные проблемы. Такая количественная обратная связь используется для определения эксплуатационной надежности и усовершенствования эксплуатационных и технологических процедур на среднесрочную и долгосрочную перспективу.

Важно устанавливать и соблюдать процедуры, обеспечивающие размещение адекватных кодов задержек, о которых имеется договоренность между персоналом технического обслуживания и летными экипажами – тогда собранные данные будут точными.

Инженерный центр может также оказывать помощь в техническом обслуживании авиакомпании при возникновении технических трудностей или проблем с их интерпретацией.

Например. Инженерный центр может установить альтернативные процедуры технического обслуживания в рамках MEL в связи с такими конкретными проблемами, как нехватка средств наземного обеспечения в некоторых вспомогательных центрах техобслуживания и т.п.

• Централизованная система сообщений

Воздушное судно оборудовано системой (например, центральным бортовым монитором ECAM/системой индикации работы двигателя и предупреждения экипажа EICAS), которая обеспечивает другой уровень передачи системной информации (сигнализация, предупреждения, консультативные сообщения, сообщения о состоянии, сообщение о необходимости технического обслуживания и т.д.). Любые сообщения об отклонениях, которые влияют на допуск ВС к производству полетов, относятся к классу сообщений о состоянии систем или к более высокому классу. Таким образом, в MEL не поступают сообщения о необходимости технического обслуживания, т.к. они не запрещают вылет воздушного судна. Однако сообщения о необходимости технического обслуживания должны быть зарегистрированы и рассмотрены в соответствии с одобренной программой технического обслуживания.

3.8. Время, необходимое для устранения отказа

Чтобы сохранить «приемлемый уровень безопасности» и предотвратить некачественное техническое обслуживание, в Перечне MEL приведены ограничения по времени, в течение которого воздушное судно можно эксплуатировать с неисправными элементами. Интервалы В, С, и D времени, необходимого для устранения отказа, могут быть продлены только однократно.

Неисправные элементы или компоненты оборудования, перечисленные в MEL, необходимо отремонтировать до истечения срока, необходимого для устранения отказа, которое указано в разделе “Интервалы времени устранения отказа” MEL.

Применительно к самолетам Airbus установлены следующие интервалы.
[18]

Интервал А

Стандартный срок не установлен, однако, неисправности компонентов по данной категории должны быть устранены в соответствии с условиями, перечисленными в графе Комментарии и Исключения (5) MEL.

Если временной отрезок указан в календарных днях, то он начинается в 00:01 дня, следующего за обнаружением неисправности.

Интервал В

Неисправности компонентов по данной категории должны быть устранены в течение трех (3) календарных дней, исключая день обнаружения неисправности.

Интервал С

Неисправности компонентов по данной категории должны быть устранены в течение десяти (10) календарных дней, исключая день обнаружения неисправности.

Интервал D

Неисправности компонентов по данной категории должны быть устранены в течение ста двадцати (120) календарных дней, исключая день обнаружения неисправности.

3.9. Продление времени устранения неисправностей

Воздушное судно не допускается к полетам после того, как истекло время, необходимое для устранения неисправности.

Однако, в соответствии с JAR-MMEL/MEL.081, у эксплуатантов есть возможность однократного продления времени, необходимого для устранения неисправности. Такое продление возможно для интервалов “В”, “С”, или “D”, но не применимо для интервала “А”. В исключительных случаях эксплуатанты могут напрямую вести переговоры с Властями по поводу второго продления времени, необходимого для устранения неисправности. Подобное разрешение на второе продление выдается только авиационными Властями и не касается производителей самолетов.

3.10. Классификация степени влияния неисправностей на условия допуска ВС к производству полетов

Согласно Совместным Авиационным Требованиям Европейских стран JAR25.1309, отказы следует классифицировать в соответствии со степенью их влияния на выполнение полета: ^[18]

Таблица 3.2. Классификация отказов и их влияние на безопасность полета

Влияние	Последствия отказа
Отсутствует	Не влияет на безопасность полетов.
Незначительное	Влияние на летную годность незначительное, экипаж воздушного судна может легко справиться с последствиями.
Значительное	Последствия: - Значительное снижение уровня безопасности или функциональных возможностей, или - Значительное увеличение рабочей нагрузки на экипаж или снижение эффективности/продуктивности работы экипажа, или - Физическое воздействие на пассажиров или экипаж воздушного судна.
Опасное	Последствия: - Серьезное снижение уровня безопасности или функциональных возможностей, или - Физическое воздействие или чрезмерная рабочая нагрузка, приводящие к тому, что экипаж не может выполнять свои функции безошибочно или в полном объеме, или - Серьезные травмы или гибель сравнительно небольшому количеству людей, исключая экипаж воздушного судна.
Катастрофическое	Приводит к потере воздушного судна и/или многочисленным жертвам.

ТОВ

3.11. Качественный анализ неисправности

Проведение качественного анализа неисправности проводится с целью изучения возможности безопасного выполнения полета в условиях неисправности компонента ВС.

Качественный анализ основывается на технической экспертной оценке. Данный анализ может основываться на уже приобретенном опыте при работе с MMEL. Нельзя полностью применять качественный анализ такого же элемента на другом типе воздушного судна. Необходимо принимать во внимание отличия в эргономике и эксплуатации систем воздушного судна.

Для того чтобы оценить сложность технического обслуживания и/или порядка действий экипажа воздушного судна при неисправности какого-либо компонента, а также помочь оценить степень воздействия неисправного элемента на загрузку экипажа, необходимы летные и стендовые.

Взаимодействие систем анализируется полностью для того, чтобы обеспечить приемлемый уровень безопасности полетов при нескольких отказах.

Цель качественного анализа – установить, что отказ системы-кандидата оказывает лишь несущественное влияние на обеспечение безопасности полетов. Для достижения этого нужно учитывать соответствующие дополнительные условия допуска ВС к эксплуатации такие, как эксплуатационные ограничения, порядок действия экипажа воздушного судна или действия бригады технического обслуживания.

3.12. Качественный анализ последствий отказа

Качественный анализ последствий отказа проводится в первую очередь и охватывает все аспекты работы воздушного судна.

При таком анализе обращают внимание на:

- Перенос функции на альтернативный работающий компонент
- Дублирование другими системами, которые выполняют требуемые функции или предоставляют необходимую информацию.
- Регулирование эксплуатационных ограничений
- Взаимодействие экипажа воздушного судна и бригады технического обслуживания.
- Распределение обязанностей экипажа воздушного судна
- Порядок действия экипажа воздушного судна или действия бригады технического обслуживания.

3.13. Качественный анализ последствий критического отказа

Если доказано, что последствия отказа системы являются не существенными, следующим шагом является качественный анализ последствий критического отказа в полете.

Отказ относят к категории «критического отказа» в том случае, если последствия, в сочетании с определенным отказом, имеют крайне неблагоприятное влияние на управление воздушным судном.

Анализ, похожий на уже описанный, проводится для доказательства того, что полет можно безопасно продолжать в приемлемых условиях, даже если в полете произойдет дополнительный отказ.

Цель качественного анализа – определить, что критический отказ, следующий после отказа системы-кандидата на включение в MMEL, не имеет критических последствий на безопасность полета.

Для достижения этой цели нужно учитывать условия допуска ВС к эксплуатации, такие как эксплуатационные ограничения, порядок действия экипажа воздушного судна или действия бригады технического обслуживания.

3.14. Резюме процесса анализа

В процессе анализа применимости MEL необходимы различные шаги: оценка влияния отказа оборудования на безопасность полета, анализ последствий отказа, анализ влияния критического отказа, возможность применения MEL, сохранение необходимого уровня безопасности полетов, методологии управления ВС и использования оборудования при полете с отказавшим компонентом, анализ потенциального влияния человеческого фактора на работу экипажа и техническое обслуживание, влияние на полет увеличенной дальности и только при несущественном влиянии на полет указанных факторов возможно применение MEL.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абрамов О.В. Мониторинг и прогнозирование технического состояния систем ответственного назначения / Институт автоматики и процессов управления ДВО РАН, Владивосток 2011 г.
2. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2009 году / М. 2010
3. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2010 году / М. 2011
4. Барзилович Е.Ю. Модели технического обслуживания сложных систем / М.: Высшая школа, 1982, 231 с.
5. BOEING 767. Dispatch Deviations Guide (DDG) / The Boeing Company, May 21, 2010
6. Brian J. Borthwick Performance Engineer Operations Course / Boeing Commercial Airplanes, September 2009
7. Воробьев В.Г., Глухов В.В., Козлов Ю.В. и др. Диагностирование и прогнозирование технического состояния авиационного оборудования // М.: Транспорт, 1984, 191 с.
8. Воробьев В.Г., Константинов В.Д. и др. Техническая эксплуатация авиационного оборудования // М.: Транспорт, 1990, 296 с.
9. Грачева М.В. Анализ проектных рисков / М.: ЗАО «Финстатинформ», 1999.
10. Денисов В.Г., Козарук В.В., Новиков В.С. Техническая эксплуатация пилотажно-навигационных комплексов / М.: Транспорт, 1992, 296 с.
11. Dhillon B.S. Engineering maintenance: a modern approach / by B.S. Dhillon //. CRC Press LLC, Florida 2002, 222P
12. Doc ICAO 9824 AN/450. Human Factors Guidelines for Aircraft Maintenance Manual, 2003
13. Doc ICAO 9859 AN/474. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) / Издание второе ИКАО, 2009г.
14. Еременко П. Т., Воробьев Н. А. Развитие трубопроводного транспорта в СССР и за рубежом / М.: Недра», 1989.
15. Getting to Grips with Aircraft Weight and Balance/ Airbus
16. Иванов П.А., Давыдов П.С. Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушных судов // М.: Транспорт, 1985, 223 с..
17. Идрисов А.Б., Картышов СВ., Постников А.В. Стратегическое планирование и анализ эффективности инвестиций. М.: Инф.-изд. Дом «Филинь», 1996.
18. Flight Operations Support & Services. Введение в MMEL и MEL./Русская версия – издание 1/ Airbus - Октябрь 2006.

Учебное издание

Писаренко Виктор Николаевич

**Управление системами и процессами эксплуатации
авиационных электрических систем
и пилотажно-навигационных комплексов**

Учебное пособие

Часть 1

Редактор Н.С. Куприянова

Верстка Т.Е. Половнева

Подписано в печать 25.01.2012 г. Формат 60X84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Печ. л. 5,0

Тираж 200 экз. Заказ //£, . Арг. С-5(Д1)/2010.

Самарский государственный аэрокосмический университет

имени академика С.П. Королева

443086 Самара, Московское шоссе, 34.

Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета.

443086 Самара, Московское шоссе, 34