

УДК 347.471.33

ФОРМИРОВАНИЕ МИНИМАЛЬНЫХ ПЕРЕЧНЕЙ ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕГО БЕЗОПАСНЫЕ И РЕГУЛЯРНЫЕ ПОЛЕТЫ

Ю.М. ЧИНЮЧИН, Н.Н. СМИРНОВ, В.С. КИРДЮШКИН, Д.С. ГАФУРОВ

В данной статье рассматриваются ключевые аспекты обеспечения безопасной, регулярной и экономичной летно-технической эксплуатации воздушных судов в условиях применения научно обоснованных Минимальных перечней оборудования с допустимыми неисправностями.

Ключевые слова: перечни минимального оборудования, допустимые неисправности, правовая основа применения оборудования с частичными неисправностями, безопасность полетов, регулярность отправок, экономичность эксплуатации.

Общие положения

Конструкция современных воздушных судов (ВС) предусматривает наличие высоконадежного оборудования и системного резервирования. Сертификат типа ВС удостоверяет, что оно со всем своим оборудованием находится в исправном и работоспособном состоянии. Несмотря на это могут возникать неполадки, а задержки или отмены рейсов влекут за собой высокие эксплуатационные расходы.

Практика эксплуатации ВС показывает, что в особых условиях и на ограниченный период времени работа всех его систем или их элементов не является обязательной, если приборы и оборудование, находящиеся в рабочем состоянии, обеспечивают приемлемый уровень безопасности. Исходя из этого, для повышения эффективности использования ВС в практику эксплуатации вводятся нормативные документы, позволяющие при необходимости временно осуществлять безопасные полеты с неисправным (незадействованным) оборудованием [1].

Таковыми нормативными документами являются «Минимальные перечни оборудования» (в зарубежной практике MMEL и MEL). **MMEL** (Master Minimum Equipment List) – Основной минимальный перечень оборудования (далее – Основной перечень), разрабатываемый **фирмой** для типа ВС; **MEL** (Minimum Equipment List) – Минимальный перечень оборудования (далее – Перечень), разрабатываемый **эксплуатантом** для каждого типа ВС. Этими документами санкционируются некоторые отклонения от требований сертификата типа, для того чтобы обеспечить регулярную эксплуатацию ВС при выполнении коммерческих рейсов. Эти условные отклонения иначе называют как «условия допуска к эксплуатации (выполнению полетов)».

Основной задачей Перечня MEL является установление для эксплуатанта баланса между приемлемым уровнем безопасности полетов и рентабельностью ВС при его эксплуатации с частично неисправным оборудованием. Перечень MEL позволяет эксплуатантам более оперативно организовывать эксплуатацию (полеты) ВС и избегать излишних задержек или отмены рейсов, не ставя под угрозу безопасность полетов в случаях, когда ВС допускается к полетам с неисправным (незадействованным) оборудованием.

Как Основной перечень, так и Перечень MEL утверждаются и принимаются полномочным органом контроля летной годности. Они состоят из перечней компонентов и систем, которым присваивается статус «Допускается», «Допускается, если» или «Не допускается» в зависимости от их влияния на безопасность полетов. Компоненты со статусом «Допускается» или «Допускается, если» могут оставаться в неисправном состоянии в течение ограниченного периода времени.

Основной перечень и Перечень включают неисправности в системах, которые оказывают различное влияние на безопасность полета ВС (в зависимости от значимости компонента).

Целью Основного перечня является предоставление эксплуатантам эффективного и надежного средства для быстрого определения того, может ли ВС быть допущено к полету, не ставя под угрозу его безопасность.

Перечень является производным от Основного перечня и применяется конкретным эксплуатантом с учетом особенностей применяемых рабочих процедур и реальных условий эксплуатации. Будучи утвержденным и допущенным к использованию, Перечень позволяет осуществлять эксплуатацию оборудования, находящегося в нерабочем состоянии.

Правовая основа для создания Перечней

Принятие ИКАО Конвенции о международной гражданской авиации явилось первым шагом на пути создания международных правил воздушных перевозок и, в частности, создания Перечней MMEL и MEL. В Приложении 6 к Конвенции, в главе 6 «Бортовые приборы, оборудование и полетная документация» сказано: «6.1.2. Эксплуатант включает в руководство по производству полетов утвержденный государством эксплуатанта Минимальный перечень оборудования (MEL) который позволяет командиру воздушного судна определять возможность начала или продолжения полета из любого промежуточного пункта при выходе из строя какого-либо прибора, оборудования или системы».

В Дополнении G к Приложению 6 Конвенции ИКАО содержится инструктивный материал в отношении Перечней. В частности сказано: «в том случае, если отступления от сертификационных требований государств не допускаются, воздушное судно не может выполнять полет до тех пор, пока все системы и оборудование не будут функционировать нормально. Опыт показал, что в течение короткого периода времени может допускаться наличие некоторых неисправностей, если остальные нормально функционирующие системы и оборудование позволяют безопасно продолжать полет».

В соответствии с требованиями Приложения 6 [2], разрабатываемые фирмой Основные перечни должны учитывать действующие нормы летной годности государств, чтобы обеспечить их выполнение. Так правовая политика и нормы летной годности ВС Европейских государств в том числе и в отношении Основных перечней и Перечней MEL сформулированы в Совместных Авиационных Требованиях EASA, а также в JAR-OPS 1.030:

А. Эксплуатант разрабатывает для каждого воздушного судна Перечень минимального оборудования (MEL), утверждаемый полномочным органом. Он должен быть основан на MMEL, но быть не менее ограничивающим, чем соответствующий Основной перечень минимального оборудования (MME), одобренный полномочным органом.

Б. Эксплуатант не использует воздушное судно иначе, кроме как согласно MMEL, за исключением, когда это разрешено полномочным органом. Любое такое разрешение ни при каких обстоятельствах не дает права выполнять полет без соблюдения ограничений MMEL.

С учетом изложенного следует отметить, что процесс утверждения или одобрения Основного перечня полномочным органом связан с процессом сертификации ВС.

Разработка Основного перечня

Разработкой Основного перечня заняты многие специалисты фирмы по разработке функциональных систем, специалисты в области прочности, безопасности полетов, летной годности и др.

Для каждого компонента Основного перечня специалисты учитывают:

- влияние отказа этого компонента на безопасность полетов;
- результаты летных испытаний и/или испытаний на тренажере;
- влияние отказа на рабочую загрузку экипажа;
- влияние нескольких неисправностей;
- влияние дополнительного критического отказа.

Взаимодействие между системами тщательно анализируется, чтобы убедиться, что множественные отказы не приведут к неудовлетворительному уровню безопасности полетов. Более того, при анализе рассматриваются не только последствия отказа данного компонента, но и последствия критического отказа, который может произойти в полете.

На рис. 1 представлена логическая схема процесса разработки Основного перечня, принятая фирмой AIRBUS.

Прежде чем предоставлять полномочному органу по летной годности разработанный Основной перечень фирма-разработчик должна подготовить доказательные материалы в отношении того, что даже если определенная система ВС находится в нерабочем состоянии, тем не менее сохраняется приемлемый уровень безопасности. Для достижения данной цели систематически проводится качественный анализ и в случае необходимости количественный анализ. Необходимо также доказать, что приемлемый уровень безопасности будет поддерживаться посредством:

- передачи функции другому компоненту оборудования (резервирование);
- предоставления необходимых данных другим компонентам оборудования (запасный прибор);
- соблюдения соответствующих ограничений и/или процедур (порядок действий летного экипажа и/или процедуры технического обслуживания).

Это самый трудный и сложный этап работы над Основным перечнем, требующий проведения анализа функциональных отказов (ФО) и определения степени опасности последствий таких отказов. До недавнего времени эти задачи решались методом экспертных оценок, который, как известно, имеет ряд слабых мест. Эксперты должны иметь высокую квалификацию и большой опыт работы именно в данной специфичной области инженерных знаний.

В АК им. С.В. Ильюшина разработаны и внедрены новые методы: для определения полного Перечня функциональных отказов (ФО) – «метод приведения»; для определения степени опасности ситуаций – «метод достраивания событий».

Главным отличием и достоинством метода приведения по сравнению с экспертным методом является то, что перечни функций и ФО системы однозначно определяются конструкцией системы. Главные преимущества метода приведения следующие:

1. Решается проблема обеспечения полноты Перечня ФО и его определение перестало быть «искусством», а стало инженерным методом.
2. Перечень ФО перестал зависеть от квалификации исполнителя, его взглядов на понятие «функция системы» и от других индивидуальных особенностей.
3. Метод приведения позволяет автоматизировать процесс определения Перечня ФО системы и их причин.

В АК им. С.В. Ильюшина «метод приведения» реализован в виде автоматизированной экспертной системы (ЭС). База данных (БД) ЭС состоит из двух главных частей: единой (универсальной) БД и БД по конкретному самолету.

Единая база данных содержит универсальный каталог агрегатов, БД моделей агрегатов и единую БД ФО. БД по самолету содержит каталог агрегатов самолета, перечень функций и ФО и анализ ФО систем самолета.

Составной частью ЭС является механизм логического вывода, который в соответствии с алгоритмом «метода приведения» и на основании информации, содержащейся в БД, автоматически определяет полный Перечень ФО системы и причины ФО в виде логического уравнения. Другими словами для автоматического определения Перечня ФО и их причин с помощью ЭС достаточно указать перечень агрегатов функциональной системы и их физические связи.

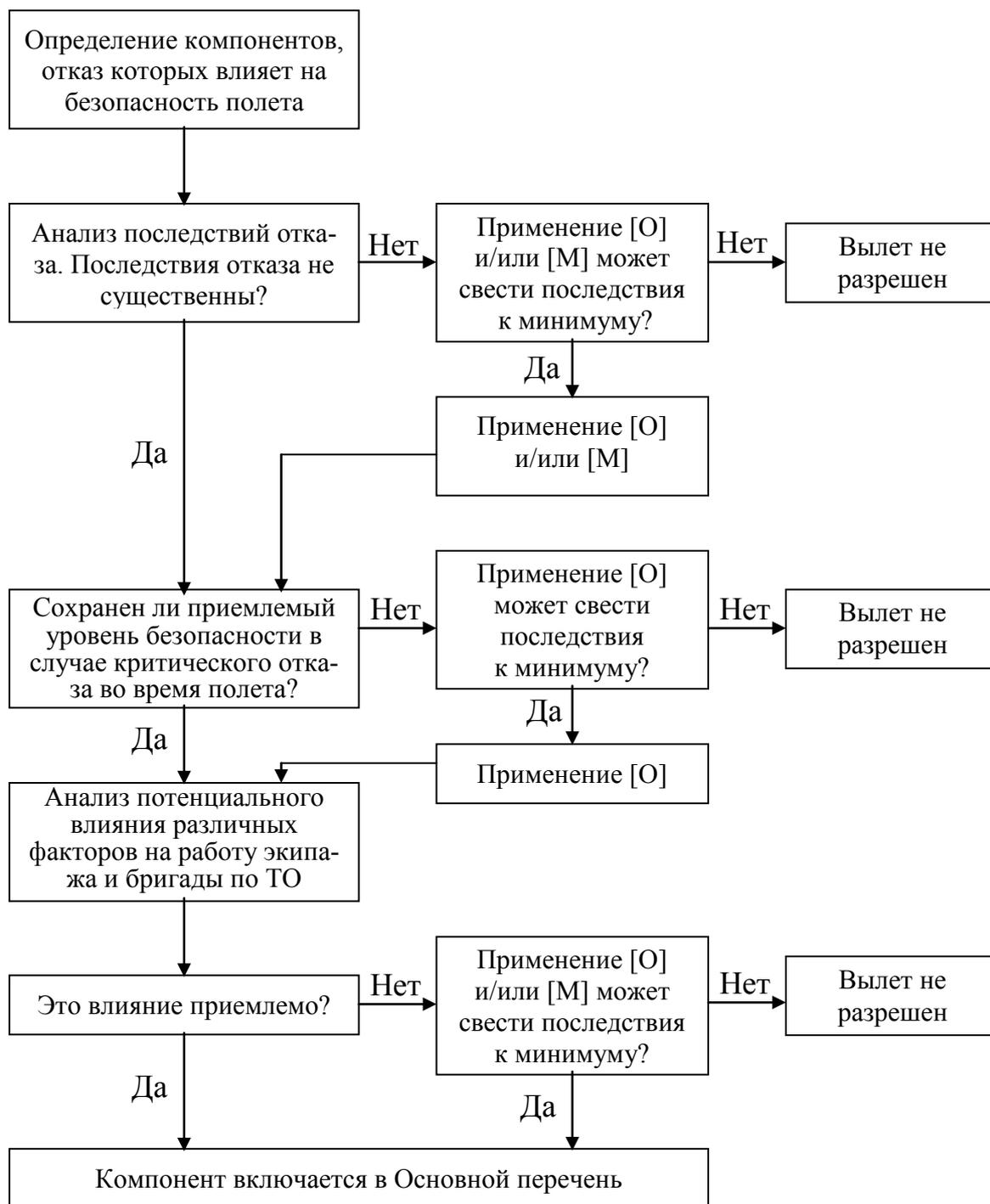


Рис. 1. Логическая схема процесса разработки Основного перечня (MMEL):
 [О] – необходимые действия экипажа; [М] – необходимые действия технического персонала, предусмотренные условиями допуска ВС к эксплуатации (порядок действий излагается в Основном перечне)

Такая БД создана по самолетам Ил, хотя единая БД не зависит от типа самолета и может быть общей для всех самолетостроительных и агрегатных авиапредприятий.

Классификация по степени опасности ситуаций, которые могут возникнуть из-за ФО, занимает важное место при разработке функциональных систем ВС и при создании сертификационной доказательной документации о соответствии разработанного ВС требованиям норм летной годности в отношении отказобезопасности.

Для решения этой проблемы разработан новый метод оценки степени опасности ситуации (необязательно из-за ФО), который назван «методом достраивания событий». Он заключается в том, что рассматриваются все возможные пути перехода из рассматриваемого состояния, например, возникшего в результате ФО, в состояние, признанное катастрофическим. Другими словами, исходное событие нужно «достроить» до получения катастрофического события. Процесс достраивания заключается в том, что к исходному событию, связанному с ФО, добавляются другие события. Добавление проводится до условий возникновения катастрофической ситуации. Дополнительно события выбираются из множеств:

- а) других ФО систем ВС (без рассматриваемого ФО);
- б) возможных значений параметров ожидаемых условий эксплуатации;
- в) возможных ошибочных действий экипажа по выполнению предписанных функций.

Основной перечень оформляется в следующем виде, удобном для пользования. Он состоит из пяти колонок (рис. 2).

Тип ВС	Основной минимальный перечень оборудования	Дополнительные шифры (коды)
1. Система (номер по АТА), компонент	2. Срок устранения неисправности	
	3. Количество компонентов в системе	
	4. Требуемое количество компонентов для допуска к полетам	
	5. Примечания	

Рис. 2. Форма Основного перечня

В таком же виде оформляется и Перечень MEL, разрабатываемый эксплуатантом.

Экономический аспект использования Перечней

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

Экономический аспект имеет две составляющие. Первая составляющая заключается в снижении затрат на приобретение и хранении запасных частей. С использованием Основного перечня решается задача оптимизации «первичного обеспечения» эксплуатанта запасными частями.

«Первичное обеспечение» - Каталог запасных частей разрабатывается фирмой исходя из математической модели, которая учитывает ряд факторов, включая:

- количество ВС в парке эксплуатанта;
- общее количество летных часов в год;
- средняя стоимость запасной части;
- количество запасных частей на одно ВС.

Один из факторов, учитываемых в модели, используемой фирмой AIRBUS, напрямую связан с Основным перечнем (MMEL). Этот фактор известен под названием «Код степени важности» (ЕС) и он соответствует статусу, который присваивается компоненту в MMEL: код ЕС=1 соответствует компоненту «Не допускается»; код ЕС=2 - компоненту «Допускается, если»; код ЕС=3 - компоненту «Допускается».

Системы кодирования компонентов ВС позволяют эксплуатантам наилучшим образом решать задачи приобретения запасных частей и их размещения по аэропортам в целях сокращения эксплуатационных расходов.

Для компонентов с кодом ЕС=1 «Не допускается» соответствующие запасные части должны быть в наличии в каждом аэропорту посадки, чтобы избежать задержек или отмен рейсов. Для компонентов с кодом ЕС=2 «Допускается» и с кодом ЕС=3 «Допускается, если» с соответ-

ствующим сроком устранения неисправности, нужные запасные части должны быть в наличии в аэропортах базирования.

Выводы

1. Нормативными документами, регламентирующими безопасные полеты ВС с частично неисправным оборудованием, являются одобренные полномочными органами государств Основные перечни, разрабатываемые фирмами, и Перечни, разрабатываемые эксплуатантами.

2. Законодательной базой для разработки Основных перечней эксплуатантов являются документы ИКАО и полномочных органов по летной годности государств. Работа над Основным перечнем основывается на глубоком анализе надежности компонентов и систем ВС, определении полного перечня возможных функциональных отказов и степени опасности ситуаций. При этом работа над Перечнем MEL основывается прежде всего на Основном перечне MMEL, а также на знании фактических характеристик парка ВС эксплуатанта, их конфигурации, условий и опыта эксплуатации.

3. Применение Перечня MEL дает возможность эксплуатанту соблюдать требования по регулярности полетов, обеспечивать приемлемый уровень безопасности и сокращать эксплуатационные расходы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Введение в MMEL и MEL. - Эрбас, 2006.
2. Приложение 6 к Конвенции «Эксплуатация ВС». - Ч. 1. - Монреаль: ИКАО, 2000.
3. **Doc. 9859.** Руководство по управлению безопасностью полетов. - Монреаль: ИКАО, 2006.

THE FORMATION OF MINIMUM LISTS OF AIRCRAFT EQUIPMENT PROVIDING SAFE AND REGULAR FLIGHTS

Chinyuchin Y.M., Smirnov N.N., Kiryushkin V.S., Gafurov D.S.

In this article the key aspects for ensuring safe, regular and economically feasible aircraft operation and maintenance are considered with reliance to scientifically proven admissible failure minimum equipment lists.

Key words: aircraft minimum equipment lists, admissible faults, legal basis for using partial admissible fault equipment, aviation safety, regular operation, aircraft performance economy.

Сведения об авторах

Чинючин Юрий Михайлович, 1941 г.р., окончил КуАИ (1965), профессор, доктор технических наук, заведующий кафедрой технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, автор более 350 научных работ, область научных интересов – техническая эксплуатация и поддержание летной годности воздушных судов, анализ и синтез конструктивно-эксплуатационных свойств авиационной техники.

Смирнов Николай Николаевич, 1928 г.р., окончил КИИГА (1952), профессор, доктор технических наук, профессор кафедры технической эксплуатации летательных аппаратов и авиадвигателей МГТУ ГА, автор более 300 научных работ, область научных интересов – техническая эксплуатация и поддержание летной годности воздушных судов.

Кирдюшкин Владимир Сергеевич, 1983 г.р., окончил МГТУ ГА (2006), старший инженер отдела 173 ЦАТБ ГосНИИ ГА, автор 25 научных работ, область научных интересов – ресурсное поддержание летной годности воздушных судов.

Гафуров Джалолидин Садруддинович, 1985 г.р., окончил Таджикский технический университет им. акад. М.С. Осими (2008), аспирант МГТУ ГА, автор 8 научных работ, область научных интересов – организация технической эксплуатации воздушных судов с учетом международных стандартов.