

УДК 629.067

## **РИСК, СВЯЗАННЫЙ С ВЫПУСКОМ ВОЗДУШНОГО СУДНА В СООТВЕТСТВИИ С ПЕРЕЧНЕМ МИНИМАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ (MEL)**

**Р.В. ЕНИКЕЕВ**

**Статья представлена доктором технических наук, профессором Зубковым Б.В.**

Статья посвящена осмыслению необходимости оценки риска, связанного с выпуском ВС в соответствии с перечнем минимального оборудования (MEL). Проведен расчет вероятности безотказной работы топливной системы ВС Airbus A320 Family при наличии дефекта в одном из ее элементов, устранение которого отложено в соответствии с MEL. Представлены результаты оценки риска, связанного с выпуском ВС в соответствии с MEL.

**Ключевые слова:** MEL, MMEL.

### **Введение**

Рыночные отношения в современном мире накладывают свой отпечаток на все сферы деятельности человека, в том числе и на гражданскую авиацию. В этой связи остро встает вопрос распределения ресурсов для обеспечения приемлемого уровня безопасности при минимальных для этого затратах, т.е. описанная в [19] так называемая управленческая дилемма «THE MANAGEMENT DILEMMA».

Международная организация гражданской авиации (ИКАО), устанавливающая нормы гражданской авиации с целью обеспечения ее безопасного и упорядоченного развития во всем мире.

ИКАО, с одной стороны, пропагандирует концепцию безопасности, в которой допустимо наличие факторов опасности и эксплуатационных ошибок в случае их контроля в разумных пределах, с другой стороны, устанавливает требования, риск выполнения которых не оценивается.

Учитывая вышесказанное, изложенный ниже материал представляет собой попытку оценки риска, связанного с использованием MEL в гражданской авиации.

### **1. Оценка риска использования MEL**

Серьезность последствий выпуска ВС с неисправным элементом системы в соответствии с MEL можно осознать на примере отказа вспомогательной силовой установки (ВСУ). Актуальность выбора обуславливается тем, что многие авиакомпании эксплуатируют ВС с деактивированным ВСУ, что допускается в соответствии с MEL. Тем не менее самопроизвольно выключенный двигатель на эшелоне возможно запустить только с помощью другого двигателя. В случае отказа двух имеющихся (большинство современных авиакомпаний эксплуатируют именно такие ВС) – вся надежда только на ВСУ. Подобные авиационные события уже случались.

Так, 16 января 2002 г. самолет Boeing 737 авиакомпании Garuda Indonesia Airways вошел в зону сильной турбулентности, осадков и града экстремальной интенсивности. Произошел останов обоих двигателей. Три последовательных попытки запустить двигатели и одна попытка запустить ВСУ были безуспешными. Экипаж посадил самолет на воду с выпущенными шасси и закрылками на участке глубиной около 1 метра. В результате погиб один человек.

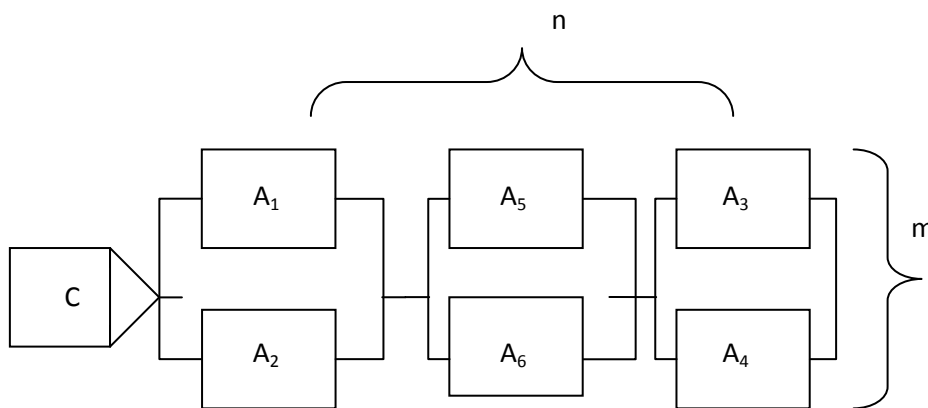
В наше время отказ двигателей может быть связан с качеством используемого топлива. Например, во время рейса лайнера A320 из Москвы в Лондон случилось самопроизвольное выключение двигателя, причиной стало отключение гидромеханического модуля системы FADEC. Двигатель исследовали, и специалисты пришли к выводу, что проблемы могли возникнуть из-за микробиологической коррозии. Причем проблемы были с двигателем CFM-56, которым оснащено большинство лайнеров A320.

Как мы видим, случаи отказа двигателя в полете нередки и могут происходить на ВС, считающимися исправными. Что уж говорить о ВС, выпускаемых с одним или несколькими неработоспособными элементами систем ВС, что допускается в соответствии с MEL.

В подтверждение вышесказанного проведем расчет вероятности безотказной работы топливной системы ВС Airbus A320 Family при наличии дефекта в одном из ее элементов, устранение которого отложено в соответствии с MEL.

Итак, в качестве элемента топливной системы выберем топливный насос центрального бака. Как видно из [20] Airbus A320 Family имеет пять топливных баков: два внешних крыльевых, два внутренних крыльевых и один центральный. Топливная система включает в себя шесть топливных насосов, по два на правом и левом внутренних крыльевых баках и два в центральном баке. Данные насосы предназначены для снабжения двигателей топливом.

Для подсчета воспользуемся методом структурных схем, описанным в [1]. Итак, имеется  $n$  групп, каждая из которых состоит из  $m$  параллельных соединений событий (рис. 1).



**Рис. 1.** Диаграмма безотказной работы топливной системы Airbus A320 Family

Вероятность безотказной работы каждой группы  $P_{гр} = 1 - (1 - P)^m$ , где  $P = P(A)$ ,  $P(C) = P_{гр}^n$ , тогда

$$P(C) = [1 - (1 - P)^m]^n. \quad (1)$$

Подставив условные данные вероятности безотказной работы одного топливного насоса ( $P = 0,98$ , принимая, что данное значение одинаково для всех насосов системы) в формулу (1), получим величину вероятности безотказной работы всей топливной системы, при исправности всех ее элементов.

А именно, 
$$P(C) = [1 - (1 - 0,98)^2]^3 = 0,9988.$$

В соответствии с пунктом 28-21-02А MMEL для Airbus A320 Family допускается вылет ВС с одним неисправным топливным насосом центрального бака при условии исправности второго. Поэтому, внося в формулу (1) соответствующие изменения, получим

$$P(C) = \{ [1 - (1 - P)^m]^n \} * P. \quad (2)$$

Подставив те же условные данные, видим, что вероятность безотказной работы всей топливной системы снизилась, хотя и незначительно

$$P(C) = \{ [1 - (1 - 0,98)^2]^2 \} * 0,98 = 0,9792.$$

Полученный результат был предсказуем изначально. Действительно, исключая один элемент резервирования, мы, тем самым, снижаем вероятность безотказной работы всей системы. На первый взгляд можно заключить, что снижение вероятности безотказной работы топливной системы из-за отказа насоса центрального бака не влечет за собой никаких негативных послед-

ствий и, в целом, безопасно. Оставшихся исправных элементов системы достаточно для обеспечения безопасности полетов.

Но, что мы скажем, взглянув на данный вопрос с другой стороны, с точки зрения оценки риска. Итак, сам по себе отказ одного топливного насоса центрального бака не повлияет на работоспособность топливной системы. Так как в центральном баке их два, при отказе одного, второй продолжит работать. Топливо в первую очередь будет полностью вырабатываться из центрального бака, и только затем снабжение двигателей будут осуществлять крыльевые насосы.

Допустим следующую ситуацию. Левый топливный насос центрального бака неисправен, ВС был выпущен в рейс в соответствии с MEL, упомянутый ранее пункт которого оговаривает такую возможность. Выработку топлива из центрального бака осуществляет оставшийся правый насос. В полете происходит отказ крана кольцевания, на рис. 1 это «crossfeedvalve», после чего будет прекращено снабжение левой части топливной системы (двигатель № 1, ВСУ). Для парирования данной ситуации экипаж будет вынужден вручную отключить оставшийся правый насос центрального бака, в противном случае произойдет неравномерная выработка топлива, что приведет к разнице в нагрузке конструкции левого и правого крыльев ВС. Система посредством крыльевых насосов начнет равномерную выработку топлива из крыльевых баков. Топливо центрального бака останется неиспользованным.

Исходя из того, что дальность полета Airbus A320 с максимальной загрузкой 5350 – 5550 км при максимальной крейсерской скорости 840 км/ч, а часовой расход топлива 2600 кг, получаем, что запаса топлива при полной заправке топливных баков (рис. 1) хватит на 6 - 7 часов полета. Значит при потере снабжения из центрального топливного бака мы теряем, в зависимости от его остатка на момент отказа, до 26% запланированной дальности полета. Очевидно, что в данной ситуации экипажу придется выполнить вынужденную посадку в ближайшем аэропорту, а не в аэропорту назначения. Последствия – как минимум дискомфорт для экипажа и пассажиров, связанный с потерей времени на возвращение в аэропорт назначения, а также финансовые потери для эксплуатанта. Данное событие подлежит расследованию в соответствии с [9].

Итак, фактор опасности – выпуск ВС по MEL с неисправным топливным насосом центрального бака, событие – отказ крана кольцевания, наиболее вероятный сценарий развития – сложная ситуация, эффективность оставшихся барьеров между событием и вероятным сценарием незначительная, т.к. серьезность исхода зависит от остатка топлива и близости аэропорта, на который будет выполнена вынужденная посадка.

В результате, воспользовавшись матрицей оценки индекса риска событий из [13], попадаем в желтую зону, что означает необходимость дальнейшего анализа риска, связанного с выпуском ВС по MEL с неисправным топливным насосом центрального бака. Для этой цели используем схему оценки риска опасностей из [13], данные берем условные.

Частота проявления фактора опасности –  $10^{-4}$ . Частота отказов барьеров предотвращения – 1, т.к. выпуск ВС допускается в соответствии с MEL. Частота отказов барьеров парирования –  $10^{-1}$ , т.к. парирование данного события не зависит от действий экипажа, а зависит от полноты выполнения требований примечания к указанному ранее пункту MEL, устанавливающего необходимость обеспечения того, что на маршруте полета будет доступен аэропорт для посадки на случай отказа второго исправного топливного насоса центрального бака. Вероятный исход события – сложная ситуация, соизмеримая среднему ущербу. Итак, наши подсчеты привели нас в ячейку 4В желтого сектора, что свидетельствует о приемлемости риска при условии проведения действий по его уменьшению. Другими словами, если не вести контроль и уменьшение данного риска, он легко может перерасти в неприемлемый.

Подводя итог, можно заключить, что риск, связанный с выпуском ВС в соответствии с MEL, все-таки имеет место быть. Приемлемость этого риска, конечно, зависит от квалификации и опыта эксперта, проводящего его анализ. Но ясно одно, данным вопросом необходимо заниматься более глубоко, не оставляя возможности решения управленческой дилеммы не в пользу безопасности.

## Выводы

1. Проведен расчет вероятности безотказной работы топливной системы ВС Airbus A320 Family при наличии дефекта в топливном насосе центрального бака, доказывающий снижение данного значения по сравнению с нормальным функционированием топливной системы.

2. Проведена оценка риска, связанного с использованием MEL, доказывающая необходимость его контроля.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анцелиович Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета. - М.: Машиностроение, 1985.
2. Еникеев Р.В., Прозоров С.Е. Проблемы внедрения системы управления риском в организации по техническому обслуживанию и ремонту // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2012. - № 178.
3. Зубков Б.В., Шаров В.Д. Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов. - М.: МГТУ ГА, 2010.
4. **Дос 7300/9.** Конвенция о международной гражданской авиации. - 9-е изд. - Монреаль: ИКАО, 2006.
5. Кулавский В.Г., Жуков С.А., Шаров В.Д. Разработка системы управления риском с использованием базы данных FleetWatch // Проблемы безопасности полетов. - 2010. - № 3. - С. 14-22.
6. Махутов Н.А., Петров В.П., Резников Д.О., Куксова В.И. Обеспечение защищенности критически важных объектов на основе снижения их уязвимости // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. - 2009. - № 2. - С. 50-69.
7. Международные Стандарты и Рекомендуемая практика ИКАО. Приложение 6 к Конвенции о международной гражданской авиации. - Монреаль: ИКАО, 2010. - Ч. I.
8. Методические указания «О порядке одобрения, контроля и хранения MMEL и MEL для воздушных судов иностранного производства, эксплуатируемых в авиакомпаниях Российской Федерации» 30.10.2000 г. №24.9-261.
9. Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации (ПРАПИ РФ – 98): утв. постановлением Правительства РФ от 18 июня 1998 г. - № 609.
10. Прозоров С.Е., Еникеев Р.В. Информационное обеспечение процессов управления безопасностью полетов // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2011. - № 174.
11. **Дос 9760-AN/967.** Руководство по летной годности. - Т. 1. Организация и процедуры. - 1-е изд. - Монреаль: ИКАО, 2001.
12. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации», Приказ Министерства Транспорта Российской Федерации 31.07.2009 г. № 128.
13. Шаров В.Д., Еникеев Р.В. Разработка системы управления рисками в организации по техническому обслуживанию и ремонту // Научный Вестник МГТУ ГА. - 2010. - № 162.
14. <http://www.aviasafety.ru/news/nd13032011>.
15. <http://www.rbcdaily.ru/2012/01/25/industry/562949982608291>.
16. <http://www.dca.gov/bm/default.aspx>.
17. <http://www.airlines-inform.ru/commercial-aircraft/Airbus-A320.html>.
18. Nisula J. Operational Risk Assessment. Next Generation Methodology, 2009. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.easa.europa.eu/essi/documents/ARMS.pdf>.
19. Safety Management Manual (SMM), Second Edition, ICAO, 2009. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.icao.int/anb/safetymanagement/>.
20. Single Aisle Technical Training Manual, Airbus Training and Flight Operation Support anвServices, 2006.

## RISK CONNECTED WITH AIRCRAFT PRODUCTION IN ACCORDANCE WITH MINIMUM EQUIPMENT LIST (MEL)

**Enikeev R.V.**

The article covers the problem of understanding of risk assessment necessity connected with aircraft production in accordance with Minimum Equipment List (MEL). The article presents calculation of fail-safe performance probability of Airbus A320 Family fuel system in the event of defect which rectification is postponed in accordance with MEL. The article also presents the results of risk assessment connected with aircraft production in accordance with MEL.

**Key words:** MEL, MMEL.

### Сведения об авторе

**Еникеев Руслан Валериевич**, 1986 г.р., окончил МГТУ ГА (2009), аспирант МГТУ ГА, ведущий аудитор отдела обеспечения качества ООО «С 7 ИНЖИНИРИНГ», область научных интересов – безопасность полетов.