

УДК 629.7+37

## МЕТОД ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РОССИИ

© 2010 В.Н.Писаренко, А.Н. Коптев

Самарский государственный аэрокосмический университет

Поступила в редакцию 26.03.2010

В статье рассмотрен метод обеспечения безопасности полетов при освоении высоко автоматизированных воздушных судов иностранного производства, выполнении полетов в условиях минимального наличия исправного оборудования (MEL) и отложенных дефектов посредством обучения пилотов в условиях реальных факторов для приобретения навыков безопасной и эффективной эксплуатации ВС. Ключевые слова: авиационная техника, авиационная транспортная система, безопасность полетов, обеспечение, человеческий фактор, ошибка пилота.

За десятилетний период с 1992 г. по 2001 г., по сравнению с периодом с 1982 г. по 1991 г. уровень безопасности полетов в гражданской авиации России ухудшился примерно вдвое [1]. Снижение безопасности полетов было обусловлено несовпадением интересов коммерции и безопасности полетов, дезорганизацией системы государственного регулирования авиационной деятельности, бурным ростом чартерных перевозок, обвальная либерализация воздушных перевозок, увеличением количества небольших авиакомпаний, не имеющих достаточного опыта и соответствующей материально-технической базы.

В период с 2001 г. по 2005 г. уровень безопасности полетов несколько стабилизировался, но с 2007г. наблюдалось ухудшение состояния безопасности полетов. В 2007 г. произошло 4 авиационных происшествия, 2 катастрофы, 368 авиационных инцидентов, 21 повреждение воздушных судов (ВС) на земле [2]. В 2008 г. показатели безопасности полетов заметно ухудшились. Количество авиационных происшествий в коммерческой авиации увеличилось на 20% [3]. В этот период произошли катастрофы на иностранных ВС типа В-737, А-320. Период с 2007 г. по настоящее время характеризуется освоением иностранных ВС. Период освоения новой авиационной техники сопровождается снижением уровня безопасности полетов [4], т.е. эта реальность является объективной закономерностью дальнейшего снижения уровня безопасности полетов, обусловленной освоением новых типов ВС иностранного производства с двумя членами экипажей без привычного бортового инженера

*Писаренко Виктор Николаевич, кандидат технических наук, доцент кафедры эксплуатации авиационной техники. E-mail: eat@ssau.ru*

*Коптев Анатолий Никитович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации авиационной техники. E-mail: eat@ssau.ru*

и повышением роли обслуживающего персонала в обеспечении безопасности полетов. Катастрофа самолета А-310 в аэропорту Иркутск 09 июля 2006 г. при выполнении посадки стала следствием эксплуатации самолета А-310 в России согласно перечня минимального исправного оборудования (MEL) с деактивированным реверсом тяги одного двигателя и недостаточного опыта полетов экипажа на данном типе. Катастрофа самолета Boeing-737-500 VP-BKO ЗАО "Аэрофлот-Норд" при заходе на посадку в аэропорту Пермь 13 сентября 2008 г. во время выполнения рейса АФЛ-821 по маршруту "Москва (Шереметьево) – Пермь" при уходе на второй круг в автоматическом развороте в неправильном направлении стала возможной вследствие отсутствия взаимодействия в экипаже, недостаточного уровня профессиональной подготовки в части техники пилотирования, управления ресурсами кабины пилотов и эксплуатации самолета Boeing-737-500 в России согласно MEL с деактивированным автоматом тяги. Эти события не являются новыми для опытных пилотов иностранных авиакомпаний. "Чувство замешательства или ошеломления вызывали у пилотов, в основном, сбой во взаимодействии автоматов тяги с автопилотом, выполненный автопилотом разворот в неправильном направлении или его отказ вывести самолет на заданный курс и достижение (или недостижение) желаемых результатов с помощью FMS (flight manager system) или блока управления CDU (control and display unit)" [5]. Все авиационные происшествия, независимо от степени тяжести, являются результатом неудачной организации безопасности полетов в ГА России, которые стали следствием нерешенных отдельных правовых, организационных и технологических процессов обеспечения безопасности полетов. Анализ причин авиа-

ционных происшествий, происходящих на авиационных перевозках стран членов Международной организации гражданской авиации ИКАО, показал, что отказы АТ являются причиной 25% неблагоприятных событий, а в 65% случаев причинами происшествий были ошибки членов экипажей [6]. “Несмотря на то, что ошибка человека доминирует в числе причин авиационных происшествий и инцидентов, неясным всегда оставался вопрос, на какие именно аспекты способностей и пределов возможностей человека следует или можно – воздействовать посредством обучения”[7].

Авиационная транспортная система (АТС) выполняет функции подготовки к полету, обеспечения и выполнения полета. При системном подходе [8] АТС представляет собой сложную систему – составной объект, части которой можно рассматривать как подсистемы, закономерно объединенные в единое целое в соответствии с определенными принципами или связанные между собой заданными отношениями (рис. 1). Она включает в себя следующие системы: воздушное судно (ВС), экипаж (Э), систему инженерно-авиационного обеспечения (ИАС), систему управления воздушным движением (УВД), систему службы обеспечения полетов, систему управления летной деятельностью каждая из которых может рассматриваться как самостоятельная подсистема АТС.

В целом вся АТС состоит из множества компонентов, взаимодействует с рядом подсистем АТС, функционирует в нескольких режимах и представляет собой сложную динамическую систему [9] подверженную отказам, приводящим к изменению состояния системы. Скачкообразное изменение состояния безопасности полетов соответствует новому этапу развития АТС России, который характеризуется бурным освоением новых для России иностранных ВС, которые, сами собой, представляют собой особую опасность в обеспечении полетов.

Система “Э – ВС” взаимосвязана функционально с подсистемами АТС в течение всего времени полета и отдельных этапах подготовки к выполнению полета, указана на рис. 2.

Внешняя среда, являющаяся внесистемным фактором, имеет переменные во времени и пространстве параметры состояния воздуха (температуру, влажность, ветер и др.), включает очаги с активной грозовой деятельностью, содержит составляющие обуславливающие обледенения самолета и влияет на качество подготовки самолета к вылету и сам полет.

Общие ограничения по всем характеристикам определяются Едиными нормами летной годности (ЕНЛГС) как ожидаемые условия эксплуатации, под которыми понимаются условия, включающие в себя область расчетных условий, определенных ЕНЛГС, эксплуатационных огра-



Рис. 1. Общая модель АТС

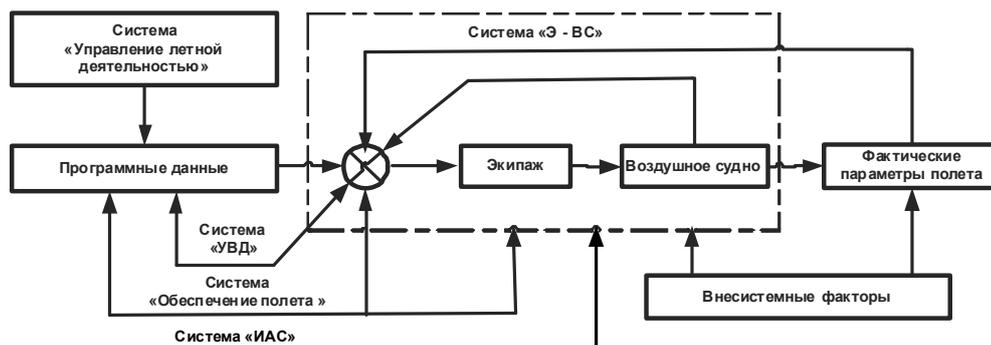


Рис. 2. Связи подсистем АТС

ничений, а также рекомендуемых режимов полета, установленных для данного типа ВС при его сертификации. При этом ограничения в соответствии с ЕНЛГС бывают предельные и эксплуатационные. Предельными считают такие ограничения режимов, выход за которые недопустим ни при каких обстоятельствах. Эксплуатационные ограничения — это условия, режимы и значения параметров, преднамеренный выход за пределы которых недопустим в процессе эксплуатации АТ. Рекомендуемые режимы полета это режимы внутри области, определяемой эксплуатационными ограничениями. Они устанавливаются Руководством по полетной эксплуатации (РЛЭ). “РЛЭ и другие источники не дают того объема информации, который требуется пилотам для понимания систем, используемых на автоматизированных ВС” [10].

Система “Управление летной деятельностью” не входит в общую структуру АТС (рис. 1), но представляет собой сложную систему, имеющую иерархическую структуру. Элементы системы в общей схеме АТС не имеют непосредственных функциональных связей с системой “Э — ВС” непосредственно в процессе полета. Однако их функциональная задача — обеспечить планомерную безопасную работу гражданской авиации и ее перспективное развитие — самым непосредственным образом связана с безопасным функционированием системы “Э — ВС” и всей АТС в целом. В отдельных случаях можно считать, что система “Управление летной деятельностью” имеет прямую связь с системой “Э — ВС”, опосредованную через соответствующие пункты УВД.

Система “Управление летной деятельностью” в рамках общей АТС представлена Федеральными органами государственного регулирования на воздушном транспорте. К ним относятся: Управление поддержания летной годности гражданских воздушных судов, Управление Инспекция безопасности полетов, Управление лицензирования и сертификации гражданских воздушных судов и др. Эти управления разрабатывают руководящую и нормативную документацию для авиакомпаний, аэропортов и служб управления воздушным движением. “Действующие правила не отвечают в полной мере техническим и эксплуатационным требованиям современных полетов и подлежат пересмотру” [11].

В общем случае все последовательности событий в АТС являются реализацией случайных последовательностей с заданными законами распределения. АТС представляет собой динамическую систему, описываемую уравнениями состояния. При рассмотрении модели АТС как сложной системы выделим два типа состояний:

1) обычные состояния, в которых система находится почти все время; 2) особые состояния, характерные для системы в некоторые изолированные моменты времени, совпадающие с моментами получения входных управляющих воздействий и реакции АТС на возмущающие воздействия. Вероятность того, что АТС находится в обычном состоянии

$$P_1^o = \prod_{i=q}^m 1 - P_i^o; \bar{P}^o = 1 - P_1^o, \quad (1)$$

где  $m$  — число функциональных составляющих АТС;

$P_i^o$  — вероятность отсутствия особого состояния в  $i$ -ой составляющей АТС.

Вероятность ошибки нахождения АТС в обычном состоянии

$$\beta = P\left\{U^{(m)} \subset O_p^{(m)} \mid U^{(n)} \subseteq O_p^{(n)}\right\}. \quad (2)$$

Эта ошибка связана с неполнотой контроля состояния АТС. Составляющая методической достоверности — полнота контроля может быть представлена через отношение числа контролируемых параметров  $n_k$  к общему числу параметров  $n$ , характеризующих состояние АТС

$$k = n_k / n. \quad (3)$$

Состояние АТС как сложного объекта определяется совокупностью воздействий на АТС и их параметров — реакций на возмущающие воздействия, модель которой может быть представлена  $n$ -мерным вектором

$$U^{(n)} = \{u_1, u_2 \dots u_n\}. \quad (4)$$

Если считать, что эта совокупность полностью отражает состояние АТС, то условие нахождения АТС в обычном состоянии

$$U(n) \subset O_p^{(n)}, \quad (5)$$

где  $O_p^{(n)}$  —  $n$ -мерная допусковая область.

Если состояние АТС оцениваются только  $m$  параметров, то для  $m$ -мерного вектора  $U^{(m)}$  определяется своя допусковая область. Поскольку истинное множество параметров остается  $n$ -мерным, то введение  $m$ -мерной допусковой области может быть представлено как безграничное расширение допусков на совокупность параметров  $(n - m)$ , которые не контролируются. Тогда условие нахождения АТС в нормальном состоянии

$$U^{(m)} \in D_p^{(m)}. \quad (6)$$

Таким образом, состояние АТС обусловлено влиянием различных факторов, и особенно деятельностью летного состава, в которых решающее значение приобретает человеческий фактор.

Выполнение полетов в гражданской авиации представляет собой комплексный и динамичный процесс исключительной сложности. В нем при-

нимает участие большое число авиационных специалистов, управляющих разнообразными средствами и комплексами, которые включают в себя: воздушные суда (ВС) с их сложным бортовым оборудованием, аэродромы и аэродромное оборудование, технические средства и системы управления и обеспечения полетов. Обеспечение высокого уровня безопасности полетов на современном этапе развития гражданской авиации решается в комплексе по различным направлениям. Методологической основой при решении задач обеспечения безопасности полетов является системный подход, при котором объект изучения представляется как система или ее элемент. Каждый элемент системы имеет свои особенности, методы и средства решения. Они охватывают как технические вопросы, так и профессиональную подготовку, моральные и деловые качества каждого авиарботника. Выполнение полета на современной авиационной технике связано с участием широкого круга авиационных специалистов различного профиля и уровня подготовки. “До тех пор пока человек составляет часть авиационной системы, его возможности и пределы будут оказывать воздействие на безопасность полетов” [10]. Человек (пилот) является тем связующим звеном современной авиационной транспортной системой, который может и должен обеспечить безопасность полетов [4]. Технические концепции и новейшие достижения в технической области самолетостроения могут повысить степень резервирования и надежность аппаратуры и программного обеспечения, но только уменьшение числа ошибок человека на основе должного исследования ситуаций в которые может попасть экипаж может обеспечить повышение безопасности полетов.

ВС иностранного производства обеспечивают 10 часов налета в сутки каждого самолета за счет использования минимального перечня исправно работающего оборудования (MEL), полетов в условиях отложенных дефектов, и, общим словом, интенсификации эксплуатации экипажей ВС. Ввод в эксплуатацию иностранных самолетов с экипажами из двух человек, особенностями полетов в условиях MEL иностранных воздушных судов, повышение регулярности полетов за счет ограничений по метеоусловиям требуют самого серьезного подхода к решению вопросов обеспечения безопасности полетов в ГА России. От безаварийной работы гражданской авиации зависит престиж России, роль и место в мировом обеспечении транспортных перевозок. Выполнение полетов связано с комплексным использованием авиационной техники (АТ), разнообразных технических средств (связи, контроля, полетов, навигации) и организацией работы различных наземных служб обеспечения и управления поле-

том. При пилотировании самолетов В-737/757, А-319/320/321 “требуется более высокий уровень подготовки пилотов, возникает большое количество задач, связанных с диагностикой и обнаружением неисправностей, и требуется умение выбирать правильное решение из большого числа вариантов”. Новая, высоко автоматизированная авиационная техника, которую выпускают фирмы “Боинг” и “Эрбас индастри”, не только позволяет сделать воздушные перевозки более эффективными и комфортабельными, но и в еще большей степени способствует превращению воздушного транспорта в отрасль, которая по возможности обходится без человека, но для этого, как минимум, необходимо освоить выполнение полетов в условиях MEL. В процессе освоения иностранных воздушных судов необходимо выработать методологию поведения экипажа при принятии решения на полет в условиях анализа каждого отказа или неисправности предусмотренных перечнем MEL: возможность выдерживания высоты и скорости полета, оценки расстояния, пролет препятствий, управление электроснабжением ВС, управление силовой установкой, т.е. в свете контроля за топливом, конфигурацией ВС, автопилотом, индикаторами, навигацией и связью. Сенсомоторное поведение соразмерить с деятельностью, связанной с принятием решения – произвести самооценку навыков, знаний, физических и психологических возможностей членов экипажа. Произвести оценку возможностей бортовых и наземных систем, оценку возможных возникновений опасных ситуаций, навигационного обеспечения полета и корректировку установленной очередности, возможности безопасно действовать в условиях весьма сложного отказа оборудования (MEL) и полета в условиях отложенного дефекта.

Изучение влияния конструкции систем – альтернативный путь для решения остроты проблемы обеспечения безопасности полетов путем полного объяснения степени ожидаемого использования экипажем автоматического оборудования, которым оснащено ВС.

Данный метод принятия решения на полет в условиях реального отказа представляет собой программу принятия решения на полет в условиях MEL с ориентацией на реальную обстановку при полете в условиях MEL и предусматривает участие всех членов экипажа и технического состава в решении реальной ситуации, ведущей к авиационным событиям с основным упором на мобилизацию человеческого фактора и ресурсов, чтобы весь экипаж мог решать проблемы, возникающие в реальной обстановке [12]. Метод принятия решения на полет в условиях реального отказа MEL, представляет собой моделирование

реальной обстановки полета в условиях MEL, охватывает всех членов экипажа, причем каждый из них действует как индивидуум и как член команды. Метод предусматривает проработку возникновения особой ситуации в полете посредством моделирования реальной ситуации и действий экипажа согласно сложившихся условий, поэтому принятие решения в реальном масштабе времени скажутся на ходе остальной части полета самым реальным образом.

Метод требует от пилота самостоятельности в оценке ситуации и принятии решения, т.к. некоторые отказы не имеют единственного общепринятого решения. Метод требует эффективного взаимодействия всех элементов АТС: авиатехники, программного обеспечения и человеческих ресурсов. Метод является проверочной программой обеспечения безопасности полетов в условиях MEL и допускает совершения ошибок в анализе ситуаций, конечная цель которого основана на контроле ресурсов, управлении ресурсами, выявлении и уменьшении ошибок, уменьшении вероятности возникновения угрозы безопасности полета в целом. Метод рассчитан на развитие навыка управления ресурсами и работает при условии соблюдения норм, регулирующих летную деятельность, и необходим для приобретения навыков безопасной и эффективной эксплуатации современной авиационной техники, но имеет определенные ограничения – не решает всех проблем обеспечения безопасности полетов, тем не менее “любое усовершенствование в области человеческой деятельности может оказать существенное влияние на повышение уровня безопасности полетов” [11]. “Обучение должно отражать возросшее значение принятия решения пилотом, знание им систем, умение осуществлять контроль и организовать координацию действия экипажа” [12]. “Наблюдение за работой пилотов в кабине экипажа показали, что

они используют часть имеющихся устройств вследствие недостаточности знания этих устройств и методов их использования. Это во многом говорит о неадекватности обучения, а также о сложности систем и режимов” [3]. Подготовка пилотов и методика ее проведения выделены в циркуляре Международной организации гражданской авиации (ИКАО) [5] как проблемные области в вопросе эксплуатации ВС, оборудованных передовой техникой. Эксплуатационные последствия автоматизации в оборудованных передовой техникой кабинах экипажа указаны в материалах ИКАО следующим образом: “Пилотов следует учить тому, чтобы они в случае необходимости могли вырубить всю эту автоматику и не пытались ее запрограммировать” [5].

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Информация по безопасности полетов в ГА РФ №4, 2002 г.
2. Информация по безопасности полетов в ГА РФ за 2007 г.
3. Информация по безопасности полетов в ГА РФ за 2008 г.
4. *Писаренко В.Н.* Обеспечение безопасности полетов при управлении воздушным движением. Самара: СГАУ, 2009.
5. Человеческий фактор. Сборник материалов №5. Циркуляр ИКАО 234 – AN/142. Монреаль. Канада, 1992.
6. Ошибки пилота: человеческий фактор / Пер. с английского А.С.Щеброва. – М.: Транспорт. 1986.
7. Циркуляр ИКАО 227 – AN/136. Монреаль. Канада, 1991.
8. *Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П.* Введение в системный анализ. М.: Высшая школа, 1989.
9. *Бусленко Н.П.* Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978.
10. Человеческий фактор. Сборник материалов №3. Циркуляр ИКАО 227 – AN/136. Монреаль. Канада, 1991.
11. Человеческий фактор. Сборник материалов №7. Циркуляр ИКАО 240 – AN/144. Монреаль. Канада, 1993.
12. Человеческий фактор. Сборник материалов №10. Циркуляр ИКАО 247 – AN/148. Монреаль. Канада, 1993.

## METHOD FOR ENSURING A FLIGHT SAFETY ON THE STAGE SUPPORT STATUS OF RUSSIAN AVIATION TRANSPORT SYSTEM

© 2010 V.N. Pisarenko, A.N. Koptev

Samara State Aerospace University

In the article methods for ensuring a flight safety, based on simulation of complex trouble reported by the pilot inspect critical stress areas where defects are most likely to be defected and minimum equipment list (MEL) aircraft productions Boeing and BASindastru.

Key words: aircraft technician, aviation transport system, flight safety, support member, human factors, pilot error.

*Victor Pisarenko, Candidate of Technics, Associate Professor at the Operation Aeronautical Engineering Department.*

*E-mail: eat@ssau.ru.*

*Anatoly Koptev, Doctor of Technics, Professor, Head at the Operation Aeronautical Engineering Department. Samara.*

*E-mail: eat@ssau.ru*