

УДК 351.814.2

DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-3-21-30

МЕТОД СОБЫТИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТА НА ПРИМЕРЕ КОРРЕКТИРУЕМОЙ РЕАКЦИОННОЙ МОДЕЛИ

Б.И. БАЧКАЛО¹, С.Д. БАЙНЕТОВ², С.Г. БОЛБАТ²

*¹ Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, Россия*

*² Служба безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации,
г. Москва, Россия*

В статье проведен краткий анализ проблем существующей системы управления безопасностью полета в государственной авиации Российской Федерации, основанных на отсутствии устойчивой положительной динамики снижения аварийности. Приведены краткие выводы из анализа предлагаемых в настоящее время научных подходов для снижения аварийности. Рассмотрены наиболее значимые практические результаты в области построения системы управления безопасностью конкретного полета. Предложен новый подход к реализации бортовых систем управления безопасностью полета на основе событийного управления. Метод событийного управления безопасностью конкретного полета позволяет в режиме реального времени исключить проявление известных опасных факторов. Для его реализации все процессы применительно к известным опасным факторам описываются в виде событий и формируются в полные группы событий. Контроль возникновения событий полных групп, их анализ и управление событиями осуществляется моделями событийного управления, отработанными для каждого опасного фактора. При достижении определенного количества событий в одной или нескольких полных группах событий алгоритм защиты авиационной системы, не допуская возникновения оставшихся одного или нескольких событий полной группы, предотвращает ошибочные действия экипажа, чем не допускает возникновения авиационных инцидентов и серьезных авиационных инцидентов. В статье в качестве примера реализации метода рассмотрен принцип формирования автоматизированной корректируемой реакционной модели контура событийного управления для опасного фактора «Нарушение установленных минимальных безопасных параметров полетного порядка воздушных судов» применительно к произвольному маневренному самолету. Система, зарегистрировав события, определяющие групповой полет, включается в анализ динамических элементарных событий, определяющих положение самолета ведомого относительно самолета ведущего внутри контура событийного управления по дальности, углу визирования и превышению (принижению). При подходе параметров одного из динамических событий к границе контура событийного управления система рекомендательным или управляющим воздействием пресекает выход параметров за пределы контура, чем препятствует возникновению ошибочных действий экипажа.

Ключевые слова: безопасность полетов, безопасность полета, управление безопасностью полета, метод событийного управления безопасностью полета, корректируемая реакционная модель.

ВВЕДЕНИЕ

Начиная с 70-х годов прошлого столетия в Вооруженных Силах сначала в СССР, а позже Российской Федерации в процессе активного развития теоретических изысканий советской научной школы происходит формирование и становление системы, позволяющей бороться с авиационной аварийностью. До 70-х годов происходило более 100 авиационных происшествий (АП) в год, утрачивались дорогостоящие воздушные суда (ВС), гибли экипажи и пассажиры [1].

Теоретической основой построения системы профилактики аварийности послужили научные изыскания [2–8] в области безопасности полетов (БзПов), рассматривающие процессы, протекающие в авиационной системе (АС), как имеющие стохастический характер. При движении в рамках данной научной парадигмы были достигнуты существенные положительные результаты, которые к началу 2000-х годов снизили и далее стабилизировали аварийность на уровне порядка 10 АП в год.

Отсутствие продолжающейся устойчивой положительной динамики по снижению уровня аварийности позволяло сделать вывод, что используемые ранее методы научных знаний на сегодняшний день себя практически исчерпали. Дальнейшее развитие теоретических основ си-

стемы управления БзПов видится в переходе от парадигмы случайности авиационных событий к парадигме их неопределенности, которая устраняется за счет получения необходимой достоверной информации.

По существу, предлагается информационный подход к проблеме управления безопасностью полета (БзПа). Очевидно, что практической реализацией такого подхода будет создание бортовых систем управления БзПа и наземных систем управления обеспечением БзПов.

Совершенствование наземных систем управления обеспечением БзПов требует разработки методов, позволяющих минимизировать влияние человеческого фактора на процессы контроля и получения необходимой информации.

Остановимся более подробно на системах управления БзПа.

По мере развития авиации развитие систем управления БзПа носило локальный характер. Примерами таких локальных систем, косвенно являющихся системами БзПа, могут служить противопожарные, противопомпажные системы, системы предупреждения превышения установленных перегрузки и угла атаки, систем предупреждения столкновения с земной поверхностью и столкновения ВС в воздухе и т. д. Стало очевидно, что вектор развития бортовых систем необходимо смещать к комплексной системе управления БзПа.

Научные задачи по разработке комплексных бортовых систем БзПа ставились и решались многими авторами [9–12], в том числе в [12] была проведена глубокая теоретическая проработка данного вопроса, однако до настоящего времени практические результаты невелики.

Наилучшие практические результаты на текущий момент достигнуты в ЛИИ им. М.М. Громова разработкой комплексного стенда полунатурного моделирования для исследований и отработки архитектуры системы управления БзПа летательных аппаратов [13]. С помощью стенда отрабатываются основы информационно-аналитической системы управления БзПа самолета Як-130. На основе проведенных научных изысканий проблема безопасности полета решается экипажем ВС при участии группы руководства полетами (ГРП), решения которой поддерживаются экспертной системой анализа состояния аппаратуры на борту ВС по информации, поступающей с борта непосредственно в ГРП по каналу связи. Предложенное решение для ВС, выполняющих полеты в зоне доступа канала связи, несомненно, актуально, однако для ВС, выполняющих задачи в зоне ведения боевых действий, при условии воздействия систем радиоэлектронной борьбы противоборствующими сторонами, автономное решение задач БзПа видится более целесообразным. Другой особенностью проводимого в ЛИИ им. М.М. Громова исследования, является актуальность разрабатываемой системы для самолетов четвертого плюс-плюс и моложе поколений, то есть для ВС, имеющих на своем борту современные электронно-вычислительные мощности.

Очевидно, что не все государственные ВС являются ВС четвертого плюс-плюс и пятого поколений. Возникает противоречие, разрешение которого представляет собой объективную научную задачу, сущность которой заключается в необходимости разработки универсальной системы, способной к интеграции на всех типах ВС.

В поиске новых путей решения проблем развития системы управления БзПа были сформулированы теоретические и практические постулаты применения автоматизированных систем контроля эксплуатации авиационных систем и теория управления БзПа [1, 14], математически обоснованы выводы о переходе от парадигмы случайности к парадигме неопределенности в области процессов, протекающих в АС [15], а также сформулированы принципы построения бортовой информационной системы БзПа – «интеллектуального агента» (БИС) [16].

Созданная теоретическая основа позволяет подойти к реализации нового, системного подхода к обеспечению БзПа и выдвинуть научную гипотезу о том, что все процессы, и в том числе опасные факторы (ОФ), возникающие в АС, имея не случайный, а неопределенный характер, могут быть описаны в виде элементарных событий, структурированы в единой базе данных, проанализированы в режиме реального времени с применением БИС, а главное, что

они доступны к управлению. При рассмотрении процессов АС в виде событий существенно снижается требовательность БИС к аппаратным ресурсам, что позволяет организовать ее функционирование на основе штатных вычислителей и штатных датчиков большинства ВС, эксплуатируемых в госавиации. Функционирование БИС предлагается организовать на основе метода событийного управления БзПа.

В основе метода событийного управления БзПа находится недопущение известных в настоящее время и учтенных в ПРАПИ¹ как авиационные инциденты (АИ) ОФ регистрацией элементарных событий полных групп событий, разработанных для каждого ОФ. Сформировавшись, ряд событий полной группы активизирует БИС на недопущение формирования оставшегося одного или нескольких событий группы, чем не позволяет возникнуть ошибочным действиям экипажа и развиться АИ. Полные группы элементарных событий для каждого ОФ фактически являются границами контура событийного управления.

МЕТОД СОБЫТИЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТА

Непосредственно метод событийного управления БзПа предполагает строгую последовательность операций для каждого типа ВС.

Эксплуатируемые в госавиации ВС различны по назначению, летно-техническим характеристикам, вооружению, порядку их эксплуатации наземным и летным экипажем и подобному, что предполагает индивидуальность в частностях построения моделей системы при событийном управлении БзПа.

На первом этапе для каждого типа ВС, эксплуатируемого в государственной авиации Российской Федерации, проводится формирование каталога ОФ. С этой целью ОФ, определенные в ПРАПИ как АИ и САИ, группируются в общие формализованные логистические группы ОФ с последующим исключением повторяющихся элементов и элементов, которые являются следствием.

На втором этапе для каждого типа ВС, на основании каталогов ОФ и эксплуатационной документации, отрабатываются полные группы элементарных событий. Для формирования полных групп элементарных событий каталога ОФ необходимо для каждого ОФ выделить все элементарные события, имеющие с ним непосредственную взаимосвязь. То есть для каждого типа ВС и каждого ОФ их каталога должен быть разработан свой уникальный набор элементарных событий, взаимосвязанных с главным событием ОФ.

Необходимо отметить, что элементарные события полных групп могут быть как статическими, так и динамическими.

Под статическими событиями полных групп следует понимать такие события, которые за единицу времени изменяются один раз. То есть статическое событие может принимать два возможных значения – «да» или «нет», «1» или «0».

Под динамическими событиями следует понимать такие события, которые переменны во времени. То есть динамические события являются составными объектами, состоящими из множества количественных оценок параметров, описывающих события.

На третьем этапе с использованием полных групп элементарных событий для каждого ОФ каталога отрабатывается своя модель контура событийного управления.

Каждая модель контура событийного управления разрабатывается как самодостаточная для локализации конкретного единичного ОФ, при этом модели активно взаимодействуют между собой. Взаимодействие моделей внутри метода происходит посредством наличия во многих моделях идентичных элементарных событий, участвующих в их работе.

¹ ПРАПИ-2000. Правила расследования авиационных происшествий и авиационных инцидентов с государственными воздушными судами в Российской Федерации, утв. Постановлением Правительства Российской Федерации 2 декабря 1999 г. № 1329 с изменениями и дополнениями.

Модели контуров событийного управления могут быть автоматические корректируемые и некорректируемые, реакционные и безреакционные.

Под автоматически корректируемыми моделями следует понимать такие модели, которые в зависимости от введенных при подготовке к полету или произошедших в полете элементарных событий, автоматически подстраиваются под изменения. То есть для формирования идеальных условий при подготовке к вылету в систему вносится ряд данных об условиях полета, полетном задании и прочем, соответственно, в зависимости от введенных данных модели контуров событийного управления применительно к каждому новому полету будут функционировать по-разному. В полете в процессе работы моделей контуров событийного управления элементарные события будут возникать и исчезать, под их изменение подстраивается и модель, «отсекая» неактивные элементарные события и контролируя активные. Например, при изменении стреловидности крыла или выпуске механизации крыла активные модели будут корректироваться под текущие обстоятельства.

Модели, не имеющие автоматической коррекции по вышеперечисленным условиям, будем называть некорректируемыми моделями.

Под реакционными моделями будем понимать модели, способные управляющим воздействием предотвратить выход событий за пределы контура событийного управления. Например, при больших скоростях сближения ВС в воздухе времени реакции экипажей для предотвращения столкновения уже недостаточно. Для подобных ситуаций в реакционных моделях для критических значений параметров, описывающих динамические элементарные события, предусмотрено не рекомендательное воздействие на экипаж ВС, а управляющее воздействие на систему ВС.

Структурная схема метода событийного управления БзПа представлена на рис. 1.

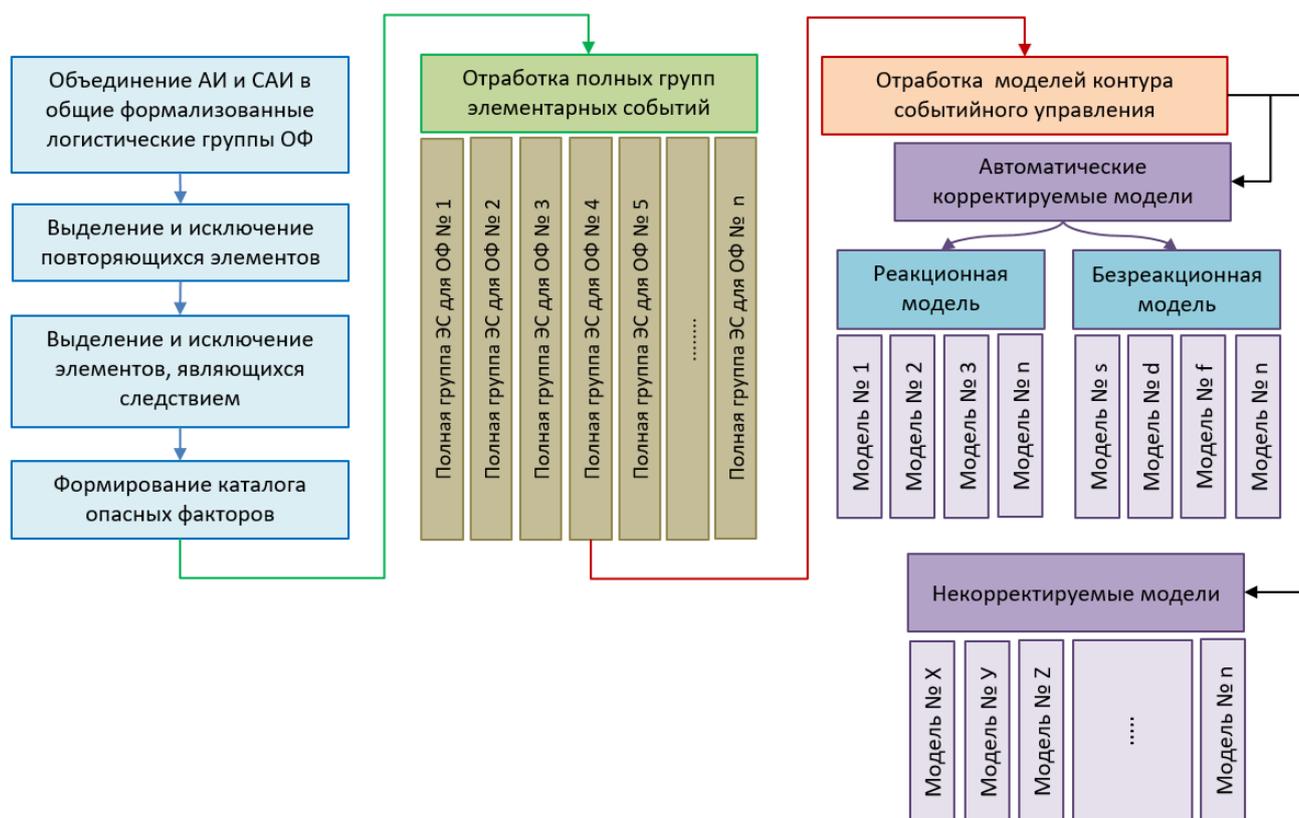


Рис. 1. Структурная схема метода событийного управления БзПа
Fig. 1. Block diagram of the flight safety event management method

С алгоритмической точки зрения система проводит сравнение зарегистрированных на текущий момент времени элементарных событий с событиями полных групп. Элементы системы переходят в активное состояние при достижении определенного количества событий в одной или нескольких полных группах событий и реализуют алгоритм защиты АС от формирования оставшихся событий в активных группах.

КОРРЕКТИРУЕМАЯ РЕАКЦИОННАЯ МОДЕЛЬ

Рассмотрим в качестве примера автоматизированную корректируемую реакционную модель контура событийного управления для ОФ «Нарушение установленных минимальных безопасных параметров полетного порядка воздушных судов» для произвольного маневренного самолета.

Очевидно, что в групповом полете задачу выдерживания параметров боевого порядка реализует экипаж ведомого самолета, что при формировании модели контура событийного управления точка отсчета в единой системе координат определяется самолетом ведомого.

Параметрами динамических элементарных событий корректируемой реакционной модели при полете парой являются одноименные величины физических параметров дальность (Д), угол визирования (УВ), превышение или принижение самолета ведомого относительно самолета ведущего (ΔH).

Полная группа элементарных событий для данной модели имеет следующий вид.

1. Классная квалификация командира экипажа (*введена на этапе подготовки к полету*).
2. Задание на полет (полет парой/группой) (*введено на этапе подготовки к полету*).
3. Сбор пары.
4. Соответствие условия по Д.
5. Соответствие условия по УВ.
6. Соответствие условия по $\Delta H \uparrow$.
7. Соответствие условия по $\Delta H \downarrow$.
8. Относительная высота полета H_{r1} .
9. Относительная высота полета H_{r2} .
10. Роспуск пары.

Элементарные события 3–7, 10 данной группы являются динамическими, события 1, 2, 8, 9 – статическими.

БИС организует мониторинг в режиме реального времени на соответствие параметров динамических событий заданным условиям, и при подходе любого из событий к границе контура событийного управления система в зависимости от уровня подготовки летчика и скорости нарастания ситуации рекомендательным или управляющим воздействием уводит параметры от границы.

Таким образом, границами контура событийного управления будут являться выдерживания следующих параметров событий относительно самолета ведущего:

$$\begin{aligned} D &= D_{\min} - D_{\max}; \\ УВ &= УВ_{\min} - УВ_{\max}; \\ \Delta H \uparrow &= 0 \text{ м} - \Delta H \uparrow_{\max}; \\ \Delta H \downarrow &= 0 \text{ м} - \Delta H \downarrow_{\min}. \end{aligned}$$

Логическая схема ветвления событий в контуре управления будет иметь вид, представленный на рис. 2.

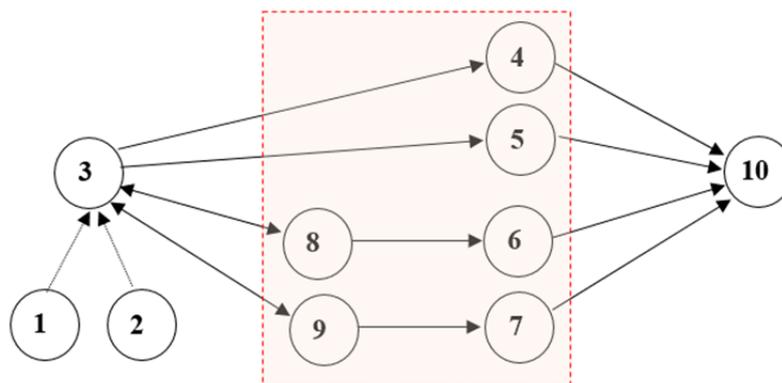


Рис. 2. Логическая схема ветвления событий в контуре управления
Fig. 2. Logical scheme of branching events in the control contour

На рис. 3 представлено графическое отображение границ контура событийного управления при «принижении» самолета ведомого.

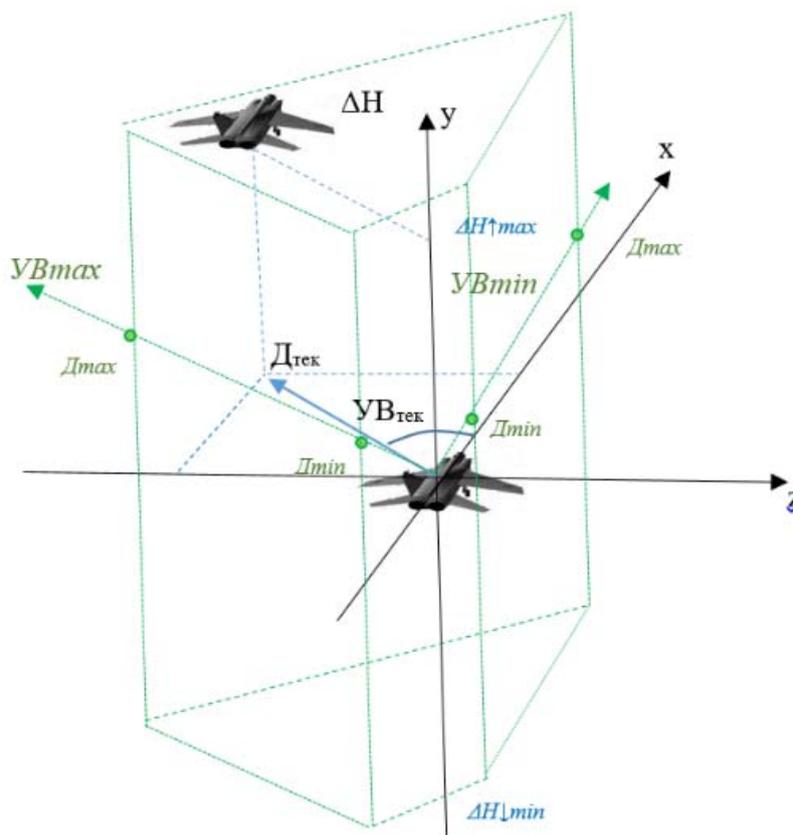


Рис. 3. Графическое отображение границ контура событийного управления
Fig. 3. Graphical representation of the boundaries of the event control contour

Из рисунка видно, что область призмы с вершиной вдоль оси Y и ограниченной минимальным и максимальным углами UB и минимальной и максимальной дальностями D по UB , а по оси Y величинами превышения $\Delta H \uparrow$ и понижения $\Delta H \downarrow$, будет являться границей контура событийного управления.

При подготовке к полету в систему вводится уровень подготовки летчика и задание на полет. При запланированном полете парой системой формируется событие 9 «Задание на полет».

предполагает полет парой/группой», и система ожидает сбор пары. С точки зрения логики системы полет группы – это полет пар для определенных выше систем координат. При сближении ВС на величины параметров событий по Д и УВ, близкие к максимальным, системой проводится оценка относительной высоты полета самолета ведомого, после которого формируются события «Сбор пары» и «Соответствие условия по ΔH_{r1} или ΔH_{r2} ». Далее БИС осуществляет мониторинг физических величин динамических элементарных событий относительно установленных граничных параметров, и при приближении любого из событий к границе контура событийного управления система рекомендательно или управляющим воздействием удерживает параметры в зоне допустимых отклонений, а при невозможности автоматически выполняет роспуск пары.

Реакция БИС корректируется в зависимости от скорости сближения ВС, рассчитываемой по вектору угла визирования, и в зависимости от классной квалификации командира экипажа.

При расхождении ВС на величины параметров событий по Д и УВ более максимальных, системой формируются события «Роспуск пары», событийное управление по данной модели приостанавливается.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, реализация БИС на основе метода событийного управления безопасностью конкретного полета позволит в режиме реального времени исключить проявление известных ОФ применительно непосредственно к полету. При достижении определенного количества событий в одной или нескольких полных группах событий алгоритм защиты АС предотвращает ошибочные действия экипажа, чем не допускает возникновения таких авиационных событий, как АИ и САИ.

Преимуществом реализация БИС на основе метода событийного управления безопасностью конкретного полета является минимальная требовательность системы к аппаратным ресурсам, что позволит организовать ее функционирование на основе штатных вычислителей и штатных датчиков большинства ВС, эксплуатируемых в госавиации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бачкало Б.И., Ирмалиев Р.Э. Формирование контура документированной и реальной безопасности полетов в системе информационного обеспечения безопасности полетов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 218. С. 94–98.
2. Гипич Г.Н. Риски и безопасность авиационных систем: монография / Г.Н. Гипич, В.Г. Евдокимов, Е.А. Куклев, В.С. Шапкин. М.: ГосНИИ ГА, 2013. 232 с.
3. Жмеренецкий В.Ф. Научно-методические основы построения и функционирования бортовых КСБП // Проблемы безопасности полетов. 1998. № 6. С. 25–32.
4. Безопасность полетов: монография / Под ред. Ю.К. Кузина. Монино: ВВА, 2004. 271 с.
5. Жулев В.А., Иванов В.С. Безопасность полетов летательных аппаратов: теория и анализ. М.: Транспорт, 1986. 224 с.
6. Shaw R.R. Airline safety 1950–2000 // Aircraft. January 1985. Pp. 32–34.
7. Shappell S.A., Wiegmann D.A. The human factors analysis and classification system (HFACS) // FSF Flight Safety Digest. 2001. Vol. 20, no. 2. Pp. 15–28.
8. Стадник С.В. Управления рисками в области обеспечения безопасности полетов // Вестник Московского университета МВД России. 2012. № 10. С. 245–247.
9. Ирмалиев Р.Э. Информационная модель безопасного полета воздушного судна // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия «Радиотехнические и инфокоммуникационные системы». Йошкар-Ола: ПГТУ. 2015. № 2 (26). С. 41–49.

10. Федосов Е.А. Перспективный облик и технологии разработки комплексов бортового оборудования воздушных судов / Е.А. Федосов, Г.А. Чуянов, В.В. Косьянчук, Н.И. Сельвесюк // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2013. № 8. С. 41–52.

11. Ирмалиев Р.Э. Перспективы развития системы безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации // Военная мысль. 2015. № 8. С. 15–24.

12. Жмеренецкий В.Ф., Полулях К.Д., Акбашев О.Ф. Активное обеспечение безопасности полета летательного аппарата. Методология, модели, алгоритмы. М.: ЛЕНАНД, 2014. 320 с.

13. Харин Е.Г. Стендовая отработка архитектуры системы управления безопасностью полетов летательных аппаратов / Е.Г. Харин, И.А. Копылов, А.Ф. Якушев, А.А. Сахаров, А.В. Ясенюк, К.С. Минченкова, А.М. Краснопирка // Актуальные проблемы безопасности полетов: материалы научно-практической конференции. Москва, 25 апреля 2018 г. Министерство обороны РФ. М., 2018. С. 41–45.

14. Бачкало Б.И., Ирмалиев Р.Э. О новом подходе к созданию системы управления безопасностью полетов в государственной авиации Российской Федерации // Научный Вестник МГТУ ГА. 2015. № 218. С. 39–41.

15. Горшков П.С., Бачкало Б.И. Ресурсно-ограничительный метод исследования сложных информационных систем // Труды международного симпозиума «Надежность и качество». 2008. Т. 1. С. 274–277.

16. Ирмалиев Р.Э. Некоторые возможности реализации элементов искусственного интеллекта в бортовой информационно-управляющей системе безопасности полета воздушного судна // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е. Жуковского: сборник докладов XII Всероссийской научно-технической конференции. Москва, 16–17 апреля 2015 г. М., 2015. С. 259–300.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Бачкало Борис Иванович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры боевой подготовки Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», bachkalo@list.ru.

Байнетов Сергей Дмитриевич, кандидат военных наук, руководитель Департамента (начальник Службы безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации), sbrp@yandex.ru.

Болбат Сергей Георгиевич, начальник группы Службы безопасности полетов авиации Вооруженных Сил Российской Федерации, bolbat-s@yandex.ru.

FLIGHT SAFETY EVENT MANAGEMENT METHOD AS ILLUSTRATED BY A GUIDED REACTIVITY MODEL

Boris I. Bachkalo¹, Sergey D. Baynetov², Sergey G. Bolbat²

¹*Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", Voronezh, Russia*

²*Aviation Flight Safety Service of the Armed Forces, Moscow, Russia*

ABSTRACT

The article provides a brief analysis of the problems of the existing flight safety management system in the state aviation of the Russian Federation, based on the lack of stable positive dynamics of accidents reduction. Brief conclusions from the analysis of the currently proposed scientific approaches for accidents reduction are given. The most significant practical results in the field of

building a safety management system for a particular flight are considered. A new approach to the implementation of on-board flight safety management systems based on event management is proposed. The method of event-based safety management of a particular flight allows us to exclude the real time manifestation of known dangerous factors. To implement it, all processes related to known hazards are described in the form of events and assembled into complete groups of events. Control of the occurrence of the complete groups of events, their analysis and event management are carried out by event management models developed for each dangerous factor. When a certain number of events in one or several complete groups of events is reached, the aviation system protection algorithm, by preventing the occurrence of the remaining one or several events of the complete group, prevents erroneous actions of the crew, which prevents the occurrence of aviation incidents and accidents. As an example of the method implementation, the principle of forming an automated guided reactivity model of the event control contour for the dangerous factor "Violation of the Established Minimum Safe Parameters of the Aircraft Flight" in relation to an arbitrary maneuverable aircraft is considered in the article. The system, having registered the events that determine the group flight, is included into the analysis of dynamic elementary events determining the position of the wingman relating to the leading aircraft inside the event control contour in terms of range, angle of sight and altitude separation. When the parameters of one of the dynamic events approach the boundary of the event control contour, the system uses a recommendation or control action to set limits to the parameters not to go beyond the contour, which prevents the occurrence of erroneous actions of the crew.

Key words: flight safety, flight safety management, flight safety event management method, guided reactivity model.

REFERENCES

1. **Bachkalo, B.I. and Irmaliev, R.E.** (2015). *The formation of the contour of the documented and real flight safety in the system of the information provision of safety of flights*. Nauchnyy Vestnik MGTU GA, no. 218, pp. 94–98. (in Russian)
2. **Gipich, G.N., Yevdokimov, V.G., Kuklev, Ye.A. and Shapkin, V.S.** (2013). *Riski i bezopasnost aviatsionnykh sistem: Monografiya* [Risks and safety of aviation systems: monograph]. Moscow: GosNII GA, 232 p. (in Russian)
3. **Zhmerenetskiy, V.F.** (1998). *Nauchno-metodicheskiye osnovy postroyeniya i funktsionirovaniya bortovykh KSBP* [Scientific and methodological foundations for the construction and operation of airborne safety systems]. Problemy bezopasnosti poletov, no. 6, pp. 25–32. (in Russian)
4. **Kuzin, Y.K. (Ed.)**. (2004). *Bezopasnost poletov: Monografiya* [Flight safety: Monograph]. Monino: VVA, 271 p. (in Russian)
5. **Zhulev, V.A. and Ivanov, V.S.** (1986). *Bezopasnost poletov letatelnykh apparatov: teoriya i analiz* [Flight safety: theory and analysis]. Moscow: Transport, 224 p. (in Russian)
6. **Shaw, R.R.** (1985). *Airline safety 1950–2000*. Aircraft, January, pp. 32–34.
7. **Shappell, S.A. and Wiegmann, D.A.** (2001). *The human factors analysis and classification system (HFACS)*. FSF Flight Safety Digest, vol. 20, no. 2, pp. 15–28.
8. **Stadnik, S.V.** (2012). *Innovative technologies in the field of risk management safety*. Vestnik Moskovskogo universiteta MVD Rossii, no. 10, pp. 245–247. (in Russian)
9. **Irmaliyev, R.E.** (2015). *Information model of the safe flight of aircraft*. Vestnik of Volga State University of Technology. Series "Radio Engineering and Infocommunication Systems". Yoshkar-Ola: VSUOT, no. 2 (26), pp. 41–49. (in Russian)
10. **Fedosov, E.A., Chuyanov, G.A., Kosyanchuk, V.V. and Selvesyuk, N.I.** (2013). *Future image of technology and the development of the aircraft onboard equipment*. Scientific-Technical Journal "Polyot" ("Flight"), no. 8, pp. 41–52. (in Russian)
11. **Irmaliyev, R.E.** (2015). *Prospects for development of aviation safety in the armed forces of the Russian Federation*. Military Thought, no. 8, pp. 15–24. (in Russian)
12. **Zhmerenetskiy, V.F., Polulyakh, K.D. and Akbashev, O.F.** (2014). *Active safety flight of the aircraft. Methodology, models, and algorithms*. Moscow: LENAND, 320 p. (in Russian)
13. **Kharin, E.G., Kopilov, I.A., Yakushev, A.F., Sakharov, A.A., Yasinok, A.V. and Krasnopirka, A.M.** (2018). *Stendovaya otrabotka arkhitektury upravleniya bezopasnosti poletov letatelnykh apparatov* [Set testing of the aircraft flight safety management system architecture]. Aktualnyye problemy bezopasnosti poletov: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Proceeding of the

Science and Technology Conference "Current Problems of Flight Safety"]. Moscow, pp. 41–45. (in Russian)

14. Bachkalo, B.I. and Irmaliev, R.E. (2015). *A new approach to the problem of creating the system of flight safety management in state aviation of the Russian Federation*. Nauchnyy Vestnik MGTU GA, no. 218, pp. 39–41. (in Russian)

15. Gorshkov, P.S. and Bachkalo, B.I. (2008). *Resursno-ogranichitelnyy metod issledovaniya slozhnykh informatsionnykh system* [Resource-restrictive research method of complex information systems]. Trudy mezhdunarodnogo simpoziuma "Nadezhnost i kachestvo", vol. 1, pp. 274–277. (in Russian)

16. Irmaliev, R.E. (2015). *Nekotoryye vozmozhnosti realizatsii elementov iskusstvennogo intellekta v bortovoy informatsionno-upravlyayushchey sisteme bezopasnosti poleta vozdushnogo sudna* [Some implementing possibilities of artificial intelligence elements in the on-board information and control system of aircraft flight safety]. Nauchnyye chteniya po aviatsii, posvyashchennyye pamyati N.Ye. Zhukovskogo: sbornik dokladov XII Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii [Scientific aviation readings dedicated to the memory of N.E. Zhukovsky: Proceedings of the All-Russia XII Technical Scientific Conference], pp. 259–300. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Boris I. Bachkalo, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Combat Training Chair of the Air Force Education and Research Center "The Zhukovsky and Gagarin Air Force Academy", bachkalo@list.ru.

Sergey D. Baynetov, Candidate of Military Sciences, Director of Aviation Flight Safety Service of the Armed Forces of the Russian Federation, sbp@yandex.ru.

Sergey G. Bolbat, Head of the Group of Aviation Flight Safety Service of the Armed Forces of the Russian Federation, bolbat-s@yandex.ru.

Поступила в редакцию 29.03.2021
Принята в печать 20.05.2021

Received 29.03.2021
Accepted for publication 20.05.2021