

DOI: 10.24143/2072-9502-2019-4-28-36
УДК 681.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТА С КОМПЛЕКСОМ БОРТОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

А. А. Кулик

*Конструкторское бюро промышленной автоматики,
Саратов, Российская Федерация*

Большая часть (87 %) авиационных происшествий связана с влиянием человеческого фактора. Повышение уровня безопасности полета воздушных судов должно быть основано прежде всего на внедрении систем поддержки принятия решений, способных смоделировать развитие опасной ситуации. Рассмотрены преимущества и недостатки систем интеллектуальной поддержки принятия решений, созданных в России и за рубежом. В числе существенных недостатков отмечается отсутствие прогнозирования изменения значений переменных, влияющих на безопасность полета (психофизическое состояние экипажа, условия полета в совокупности внешних и внутренних изменений). Предложена система управления безопасностью полета с двухуровневым подходом к распознаванию изменений условий эксплуатации воздушного судна. Входной информацией системы являются данные о состоянии экипажа, объекта управления и условий полета. Приводится состав и описание бортового оборудования воздушного судна, взаимодействующего с системой управления безопасностью его полета. Наличие информации от этого оборудования позволяет определить и устранить угрозу авиационного происшествия. Рассмотрены основные виды отказов бортового оборудования и системы управления безопасностью полета воздушного судна. Проведен расчет пропускной способности линии связи системы с комплексом бортового оборудования, что позволяет определить загрузку цифровых линий связи на борту судна. Также выполнены исследования функционирования системы безопасности полета судна под влиянием отказов взаимодействующего оборудования. Особое внимание уделено определению вероятности отказа функций системы управления безопасностью полета воздушного судна под влиянием ее внутренних и внешних отказов.

Ключевые слова: авиационное происшествие, воздушное судно, условия полета, система управления безопасностью полета, комплекс бортового оборудования.

Для цитирования: Кулик А. А. Исследование взаимодействия системы управления безопасностью полета с комплексом бортового оборудования воздушного судна // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Управление, вычислительная техника и информатика. 2019. № 4. С. 28–36. DOI: 10.24143/2072-9502-2019-4-28-36.

Введение

В последние годы активное развитие авиационной техники в значительной степени способствовало повышению уровня безопасности полета воздушных судов (ВС) различного типа. Согласно статистике, представленной в работе [1], достаточно большое количество авиационных происшествий связано с человеческим фактором (87 %), поэтому на борту судна применяются различные системы поддержки принятия решений экипажем на различных этапах полета [2–6, 7, 8]. Например, интеллектуальная система поддержки принятия решений, входящая в состав комплексной системы управления, в том числе действий летного экипажа – экспертная система, принцип действия которой основан на получении и оценке данных используемого оборудования. Экспертная система позволяет осуществить распознавание наличия аварийной ситуации в процессе пилотирования судна, а также прогнозировать варианты ее развития и предотвращения. Другим примером устройств обеспечения безопасности полета ВС являются системы, направленные на устранение происшествий на взлетно-посадочной полосе.

Также известен способ поддержки действий оператора ВС в опасных ситуациях, который позволяет на базе экспертной системы оценить работоспособность бортового оборудования и действия экипажа с последующим прогнозированием аварийной ситуации и оповещением о ее наличии экипажу [4]. Однако из-за отсутствия моделирования развития опасной ситуации полета ВС этот способ не обеспечивает возможность точно оценить степень наступления катастрофической ситуации.

Другим вариантом обеспечения безопасности полета ВС является «Автоматизированная высокоинтеллектуальная система обеспечения безопасности полетов летательного аппарата», предложенная сотрудниками Федерального государственного унитарного предприятия «Летно-исследовательский институт имени М. М. Громова» [5]. Система позволяет предупредить катастрофическую ситуацию в управлении ВС на основе прогнозирования изменения условий и оценки превышения эксплуатационных ограничений его полета с использованием экспертной системы определения угрозы катастрофической ситуации и математической модели объекта управления. Недостатками этой системы являются требование наличия больших вычислительных мощностей для качественного функционирования математической модели движения ВС, а также отсутствие прогнозирования изменения значений переменных, влияющих на безопасность полета, в том числе психофизического состояния экипажа. Поэтому создание метода прогнозирования угрозы авиационного происшествия ВС на основе непосредственного контроля и прогноза изменения переменных, влияющих на безопасность полета, с применением алгоритмов нечеткой логики позволит выявить непосредственную причину угрозы происшествия и своевременно ее устранить действиями экипажа или автоматики без задействования высоких вычислительных мощностей системы управления безопасностью полета ВС.

Среди зарубежных систем интеллектуальной поддержки принятия решений экипажа можно выделить устройство предупреждения столкновения ВС с землей на взлетно-посадочной полосе Smart Landing, которое разработано компанией Honeywell Aerospace [3, 6]. Устройство выполняет функции оповещения экипажа звуковыми и световыми средствами при превышении скорости снижения объекта управления и неправильной конфигурации его полета.

Недостатком представленных систем является отсутствие комплексной оценки условий полета ВС по совокупности внешних и внутренних воздействующих факторов, влияющих на безопасность полета ВС с учетом прогнозирования их изменений. Применение средств прогнозирования авиационного происшествия позволит своевременно определить наличие угрозы происшествия с последующим ее устранением. Поэтому в качестве альтернативного варианта повышения безопасности полета ВС целесообразно использовать систему управления безопасностью его полета, структурная схема которой представлена на рис. 1.

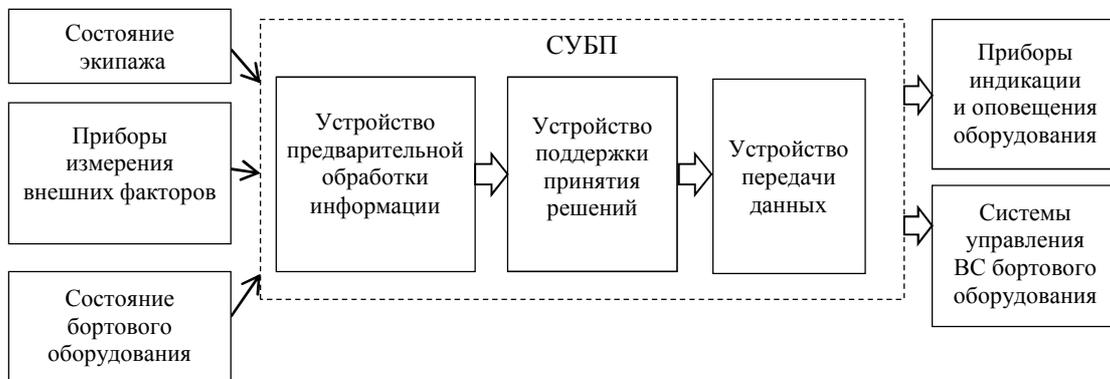


Рис. 1. Структурная схема системы управления безопасностью полета воздушного судна:
СУБП – система управления безопасностью полета [9]

Ядром системы управления безопасностью полета ВС являются устройства предварительной обработки данных, поддержки принятия решений и передачи данных. При этом предварительная обработка данных заключается в получении системой информационно-измерительных данных от комплекса бортового оборудования ВС и в формировании электрических сигналов, характеризующих превышение заданных значений переменных, которые воздействуют на объект управления. Затем на базе информации об изменении условий полета ВС устройство поддержки принятия решений формирует вывод, характеризующий оценку степени опасности полетного события и определяющий способы его устранения. Информация о полученном выводе передается в устройство передачи данных, которое формирует электрические сигналы, поступающие на вход приборов индикации и оповещения, а также, при необходимости, в системы управления ВС.

Предложенная система управления безопасностью полета из-за двухуровневого подхода к распознаванию изменения условий эксплуатации ВС позволяет исключить ложное формирование данных о летном происшествии и его последствиях. При этом вычислительным ядром системы являются программно-логические интегральные схемы, а также преобразующие устройства, тип которых зависит от вида интерфейсов обмена данными системы с периферийными устройствами комплекса бортового оборудования ВС.

Следует отметить, что основным элементом рассматриваемых систем являются устройства поддержки принятия решений. Основные функции программно-алгоритмического обеспечения этих устройств заключаются в обработке данных бортового оборудования, а также в формировании рекомендаций экипажу о наличии угроз авиационных происшествий и способах их устранения.

В процессе проектирования СУБП ВС возникает необходимость в оценке ее отказоопасности, объема и скорости передачи данных в сопрягаемое оборудование. Поэтому исследование взаимодействия СУБП ВС с комплексом его бортового оборудования является важным этапом разработки систем подобного класса.

Целью работы является исследование взаимодействия системы управления безопасностью ВС с комплексом его бортового оборудования, что позволит определить влияние отказов системы и сопрягаемого оборудования на условия полета судна.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- разработать схему взаимодействия СУБП ВС с комплексом бортового оборудования;
- провести анализ взаимодействия системы с сопрягаемым оборудованием;
- выполнить оценку влияния отказов системы и сопрягаемого оборудования на условия полета ВС.

Анализ взаимодействия системы управления безопасностью полета воздушного судна и комплекса его бортового оборудования

Согласно структурной схеме (см. рис. 1) входной информацией системы управления являются данные о состоянии экипажа, объекта управления и условий полета судна. В свою очередь, система выдает экипажу информацию о наличии/отсутствии угрозы авиационного происшествия с рекомендациями по ее устранению, а также команды реконфигурации системы управления судном. Входные и выходные переменные системы управления безопасностью полетом ВС представлены в табл. 1 [10].

Таблица 1

Входные и выходные переменные СУБП ВС

Группа	Переменная	Устройство измерения/приема данных
Психофизическое состояние пилота	Усталость	Датчик реакции зрачка, тензодатчики
	Внимание	Датчик реакции зрачка
	Уровень подготовки (компетенция)	База данных оценок компетенций экипажа
	Стресс	Датчик реакции зрачка
Состояние воздушного судна	Отказ функционально значимых элементов	Внешние и встроенные средства контроля функционально значимых элементов
	Деформация силовых элементов конструкции	Датчики измерения нагрузок на силовых элементах
	Управляемость и устойчивость ВС	Датчики демпфирования ВС Датчики положения органов управления и рулевых поверхностей ВС
	Ошибка в программном обеспечении систем управления ВС	Средства контроля системы управления ВС
Внешние воздействующие факторы	Встречный ветер	Датчики регистрации параметров полета ВС
	Боковой ветер	
	Видимость	Фотоэлементы
Выходные данные системы	Сигнализация угрозы авиационного происшествия	Устройства сигнализации и оповещения Многофункциональный индикатор
	Рекомендации по устранению авиационного происшествия	Речевой информационный транслятор
	Команда реконфигурации системы управления ВС	Системы управления ВС

Таким образом, факторы, влияющие на безопасность полета ВС, описываются набором переменных, регистрация которых осуществляется информационно-измерительными устройствами комплекса бортового оборудования (датчики углового положения, высоты и скорости полета, угловой скорости по каналам управления и пр.); внешними и внутренними средствами контроля комплекса (бортовые цифровые вычислительные машины, системы управления ВС). При этом передача информации экипажу выполняется с использованием средств индикации и голосового оповещения [11]. Структурная схема взаимодействия СУБП ВС с комплексом его бортового оборудования представлена на рис. 2.

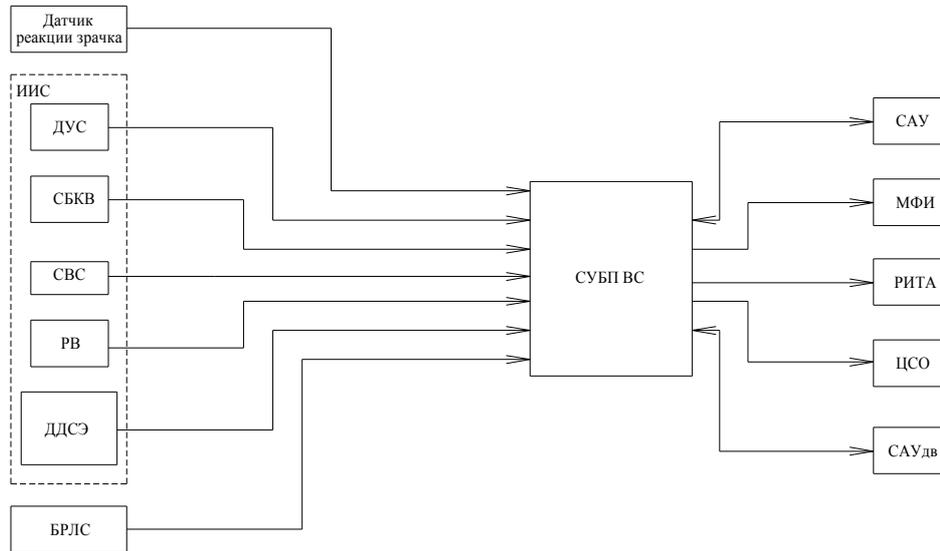


Рис. 2. Схема взаимодействия СУБП с комплексом бортового оборудования ВС:

ИИС – информационно-измерительные системы; ДУС – датчик угловых скоростей;
 СБКВ – система бортовой курсовертикали; СВС – система воздушных сигналов;
 РВ – радиовысотомер; ДДСЭ – датчики деформации силовых элементов;
 БРЛС – бортовая радиолокационная станция; САУ – система автоматического управления;
 МФИ – многофункциональный индикатор; РИТА – речевой информационный транслятор;
 ЦСО – цифровая система оповещения; САУ_{дв} – система автоматического управления двигателями ВС

Согласно представленной структурной схеме система взаимодействует с комплексом бортового оборудования (КБО) по цифровым линиям связи, поддерживающим интерфейс ARINC 664. Обмен данными между системой и сопрягаемым оборудованием осуществляется с частотой 500 Гц при общем объеме поля данных в сообщении 148 байт. Расчет пропускной способности передачи данных по цифровой линии связи может быть выполнен по формуле [12]

$$MNL = \frac{8 \cdot (67 + PL_{msg})}{MTC_{msg} \cdot 1\,048\,576},$$

где MNL – загрузка линии сообщением, Мбит/с; PL_{msg} – поле данных в сообщении, байт; MTC_{msg} – время передачи сообщения, с.

В результате вычисления пропускной способности линии связи системы с комплексом бортового оборудования ВС определено, что загрузка линии передаваемыми сообщениями составляет 1,82 Мбит при допустимом значении 75 Мбит.

Таким образом, представленный в работе состав оборудования, взаимодействующего с СУБП ВС, способен обеспечить наличие необходимой информации для оценки и предотвращения угрозы авиационного происшествия. При этом вычисление пропускной способности линии обмена данными между системой и взаимодействующим оборудованием показал возможность резервирования входной информации СУБП ВС.

Исследование функционирования системы управления безопасностью полета воздушного судна при наличии внутренних и внешних отказов

В соответствии с выполняемыми функциями СУБП является вспомогательным устройством поддержки принятия решений экипажем. Поэтому вероятность отказа системы не должна превышать 10^{-3} , что соответствует усложнению условий полета объекта управления. Однако в процессе эксплуатации могут проявляться ее скрытые отказы, которые наступают в результате неверных вычислений системы с последующей выдачей ложной информации в сопрягаемое оборудование [13, 14]. В табл. 2 приведены основные виды отказов бортового оборудования и СУБП ВС.

Таблица 2

Влияние отказов СУБП и КБО ВС на безопасность полета судна

Вид отказа	Тип отказа	Последствия	Способы устранения отказа
Отказ соединения с КБО	Явный	Отключение системы. Усложнение условий полета.	Применение резервных линий соединений СУБП с КБО.
Отказ СУБП	Явный	Усложнение условий полета.	Повторное включение системы.
	Неявный	Выдача ложной информации в сопрягаемые системы. Создание аварийной обстановки полета, дезинформирование пилота.	Сравнение показаний системы с данными других устройств и оборудования ВС. Отключение системы.
Отказ информационно-измерительных систем	Явный	Отсутствие информации об условиях полета и состоянии бортового оборудования. Неполные данные для оценки угрозы авиационного происшествия. Деграция функций СУБП.	Резервирование входных данных от информационно-измерительных систем. Отключение функции оценки угрозы авиационного происшествия по состоянию ВС.
	Неявный	Ложная входная информация в СУБП. Создание аварийной обстановки полета, дезинформирование пилота.	Сравнение входных данных от различных информационно-измерительных систем.
Отказ измерителя психофизического состояния экипажа	Явный	Отсутствие информации о психофизическом состоянии пилота. Неполные данные для оценки угрозы авиационного происшествия. Деграция функций СУБП.	Резервирование входных данных о психофизическом состоянии экипажа. Отключение функции оценки угрозы авиационного происшествия по психофизическому состоянию экипажа.
	Неявный	Ложная входная информация в СУБП. Дезинформирование пилота.	Сравнение входных данных от различных информационно-измерительных систем.
Отказ соединения с САУ	Явный	Невозможно выдать команду на реконфигурацию системы управления.	Резервирование линий связи СУБП с САУ ВС
	Неявный	Неверное выполнение функций САУ. Ложное срабатывание реконфигурации.	Отказ определяется эхо-контролем СУБП в части выданных команд с последующим отключением соединения СУБП с САУ.
Отказ связи с МФИ, ЦСО	Явный	Отсутствие выдачи данных в средства индикации и оповещения экипажа.	Резервирование линий связи СУБП со средствами индикации и оповещения экипажа.
	Неявный	Неверная информация в средствах оповещения экипажа.	Отказ определяется эхо-контролем СУБП по выданным командам с последующим отключением соединения СУБП от средств индикации и оповещения экипажа.

В процессе эксплуатации СУБП ВС наиболее опасными видами отказов являются неявные, которые способны привести к аварийной ситуации в управлении судном. Основные способы предупреждения таких отказов заключаются в комплексировании входной информации с последующим ее сравнением вычислителями системы, наличии эхо-контроля выходной информации в сопрягаемые системы, применении параметрического и модельного контроля внутри системы.

Для защиты системы управления безопасностью от явных отказов используется резервирование входных и выходных линий связи с сопрягаемым оборудованием, дублирование вычислительных и информационно-измерительных систем. При этом в процессе резервирования внутренних элементов системы и линий связи с сопрягаемым оборудованием необходимо использовать разнородную элементную базу, что позволит исключить отказы системы под воздействием одинаковых внешних условий в процессе ее эксплуатации [14].

Дальнейшее исследование системы заключается в оценке ее надежности, что позволит оценить вероятность потери ее функций, необходимость резервирования входной/выходной информации, элементов программно-аппаратного обеспечения. В табл. 3 представлены вероятности безотказной работы P системы и ее взаимодействующего оборудования в зависимости от количества N элементов, входящих в состав КБО, и интенсивности их отказов λ .

Таблица 3

Оценка надежности блоков КБО и СУБП ВС

Тип элемента	$\lambda_i \cdot 10^{-6}, \text{ч}^{-1}$	$N_i, \text{шт.}$	P_i
СУБП	280	1	0,99972
ДУС	47,947	3	0,99985
СБКВ	700,24	1	0,99929
СВС	200	1	0,9998
РВ	200	1	0,9998
САУ	350	1	0,99965
МФИ	200	1	0,9998
РИТА	150	1	0,99985
ЦСО	200	1	0,9998
САУ _{дв}	360	1	0,99964
Датчик деформации силовых элементов	47,947	5	0,99976
БРЛС	200	1	0,9998
Датчик реакции зрачка	100	2	0,9998

Таким образом, вероятность отказа СУБП ВС не превышает $0,28 \cdot 10^{-3}$, что соответствует требованиям отказобезопасности и надежности, предъявляемым к устройствам подобного класса. Однако в процессе проектирования системы следует провести анализ вероятности отказа ее функций, которые обусловлены зависимостью от надежности блоков КБО и вычисляются по формулам

$$P_{УПР} = P_{САУ} \cdot P_{САУ_{дв}}; \quad (1)$$

$$P_{ИИС} = P_{ДУС} \cdot P_{СБКВ} \cdot P_{СВС} \cdot P_{ДДСЭ} \cdot P_{РВ}; \quad (2)$$

$$P_{ИНФ} = 1 - ((1 - P_{МФИ}) (1 - P_{ЦСО}) (1 - P_{РИТА})), \quad (3)$$

где $P_{УПР}$ – надежность передачи команд реконфигурации систем управления ВС; $P_{САУ}$ – надежность системы автоматического управления ВС; $P_{САУ_{дв}}$ – надежность системы автоматического управления двигателями ВС; $P_{ИИС}$ – надежность канала передачи информации о полете объекта управления; $P_{ДУС}$ – надежность датчиков угловых скоростей; $P_{СБКВ}$ – надежность системы бортовой курсоверткали; $P_{СВС}$ – надежность системы воздушных скоростей; $P_{ДДСЭ}$ – надежность датчиков деформации силовых элементов; $P_{РВ}$ – надежность радиовысотомера; $P_{ИНФ}$ – надежность передачи информации экипажа; $P_{МФИ}$ – надежность многофункционального индикатора; $P_{ЦСО}$ – надежность цифровой системы оповещения; $P_{РИТА}$ – надежность речевого информационного транслятора.

В результате выполнения работы на базе данных табл. 3 и вычислений по формулам (1)–(3) определены вероятности потери функции СУБП Q , которые принимают следующие значения:

- для функции оценки состояния ВС и условий его полета $Q = 0,14 \cdot 10^{-2}$;
- для функции оценки психофизического состояния экипажа $Q = 0,2 \cdot 10^{-3}$;
- для функции оценки погодных условий полета $Q = 0,2 \cdot 10^{-3}$;
- для функции передачи данных экипажу $Q = 0,6 \cdot 10^{-11}$, что достигается передачей одинаковой информации в различные системы оповещения на борту ВС;
- для функции реконфигурации САУ и САУ_{дв} $Q = 0,7 \cdot 10^{-3}$.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что наибольшую вероятность отказа при взаимодействии СУБП и КБО ВС имеет функция оценки состояния ВС и условий его полета. При этом наибольшая вероятность отказа наблюдается у системы бортовой курсоверткали, что может быть компенсировано дублированием информации об угловом положении объекта управления измерительными устройствами подобного класса.

Заключение

Предложен состав бортового оборудования воздушного судна, взаимодействие которого с системой управления безопасностью полета позволяет оценить степень и источник угрозы авиационного происшествия, а также выдать рекомендации пилоту по ее устранению. Из анализа пропускной способности цифровой линии обмена данными между системой управления безопасностью полетов и взаимодействующим оборудованием следует, что загрузка линии данными не превышает 2 % от ее максимального значения и может быть использована резервными устройствами.

Проведен анализ безопасности взаимодействия исследуемой системы с комплексом бортового оборудования путем вычисления вероятности и оценки влияния отказа функции системы на безопасность полета воздушного судна. На основании проведенного исследования выявлено, что отказ системы управления безопасностью полета и основных ее функций может привести к сложным условиям полета объекта управления. Полученные результаты исследований могут быть использованы в процессе проектирования систем повышения безопасности полета воздушного судна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Попов Ю. В. Показатели безопасности авиационных полетов // Технологии техносферной безопасности. 2014. № 6 (58). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/10-06-14.ttb.pdf> (дата обращения: 12.04.2017).
2. Шевченко А. М., Начинкина Г. Н., Солонников Ю. И. Моделирование средств информационной поддержки пилота на этапе взлета самолета // Тр. Моск. ин-та электромеханики и автоматики. 2012. № 5. С. 54–64.
3. Технологии для предупреждения выкатывания воздушного судна за пределы ВВП. URL: <http://www.ato.ru/content/tehnologii-dlya-preduprezhdeniya-vykatyvaniya-vozdushnogo-sudna-za-predely-vpp> (дата обращения: 12.04.2017).
4. Пат. РФ № 220544 G05D1/00. Способ поддержки оператора в опасных ситуациях / Сухолитко В. А.; опубл. 03.05.2017.
5. Пат. РФ № 2339547 B64D 45/00. Автоматизированная высокоинтеллектуальная система обеспечения безопасности полета летательного аппарата / Берестов Л. М., Харин Е. Г., Якушев А. Ф., Мирошниченко Л. Я., Попплавский Б. К., Калинин Ю. И., Сапарина Т. П.; опубл. 27.11.2008.
6. Clothier R. The safety risk management of unmanned aircraft systems. URL: http://www.researchgate.net/publication/255853556_The_Safety_Risk_Management_of_Unmanned_Aircraft_Systems (дата обращения: 12.04.2017).
7. Шушпанов Н. А., Линник М. Ю., Ковязин И. О. Перспективные интегрированные вычислительные комплексы вертолетов // Авиакосмическое приборостроение. 2012. № 2. С. 27–32.
8. Перспективная авионика гражданской авиации. URL: <http://modern-avionics.ru/analytics/2014/modern-role-of-avionics/part-2/> (дата обращения: 12.04.2017).
9. Большаков А. А., Кулик А. А., Сергушов И. В., Скрипаль Е. Н. Разработка системы управления безопасностью полета летательного аппарата // Мехатроника, автоматизация и управление. 2016. № 10. Т. 17. С. 708–715.
10. Большаков А. А., Кулик А. А., Сергушов И. В., Скрипаль Е. Н. Метод оценки угрозы авиационного происшествия на базе искусственного интеллекта // Материалы 10-й Всерос. мультikonф. по проблемам управления «МКПУ-2017»: в 3 т. Ростов н/Д.: Изд-во ЮФУ. Т. 1. Модели, методы и технологии интеллектуального управления (ИУ-2017). С. 36–38.
11. Самолет-амфибия Бе-200ЧС. Руководство по летной эксплуатации. Таганрог: ОАО «ТАНТК им. Г. М. Бериева», 2003. Кн. 2. Эксплуатация систем и оборудования летным экипажем. 638 с.
12. Land I., Elliott J. Architecting ARINC 664, Part 7 (AFDX) Solutions. URL: https://www.xilinx.com/support/documentation/application_notes/xapp1130.pdf (дата обращения: 13.07.2019).
13. Липатов И. Н. Надежность функционирования автоматизированных систем: конспект лекций. Пермь: Изд-во Перм. ГТУ, 1996. 67 с.
14. Липаев В. В. Надежность и функциональная безопасность комплексов программ реального времени. М.: Ин-т систем. программирования РАН, 2013. 207 с.

Статья поступила в редакцию 19.08.2019

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Кулик Алексей Анатольевич – Россия, 410005, Саратов; Конструкторское бюро промышленной автоматики; канд. техн. наук; инженер-системотехник I категории отдела разработки комплексов; kulikalekse@yandex.ru.



RESEARCH OF INTERACTION OF FLIGHT SAFETY MANAGEMENT SYSTEM WITH AIRCRAFT ON-BOARD EQUIPMENT

A. A. Kulik

*Design Office of Industrial Automation,
Saratov, Russian Federation*

Abstract. The paper presents statistical data on aviation accidents, according to which, 87% accidents are influenced by the human factor. Improving the flight safety of the aircraft should be based primarily on the introduction of decision support systems that can simulate the development of a dangerous situation. The advantages and disadvantages of intelligent decision support systems created in Russia and abroad are considered. Among the serious disadvantages there is a lack of forecasting changes in the values of variables that affect flight safety (psychophysical state of the crew, flight conditions in the aggregate of external and internal changes). A flight safety management system with a two-level approach to recognizing changes in aircraft operating conditions is proposed. The input data of the system is information on the status of the crew, a control object and flight conditions. The composition and description of the on-board equipment of the aircraft interacting with the safety management system of the flight has been given. The availability of information from this equipment allows you to identify and lift the threat of an accident. There have been considered the main types of failures of airborne equipment and of the aircraft flight safety management system. The analysis of the throughput capacity of the system communication line with the complex of on-board equipment has been performed, which allows to determine loading of digital communication lines on board the aircraft. Functioning the aircraft safety system under failures of interacting equipment has been studied. Particular attention is paid to determining the probability of failure of the functions of the aircraft flight safety management system under the influence of its internal and external failures.

Key words: aviation accident aircraft, flight conditions, flight safety system, onboard equipment complex.

For citation: Kulik A. A. Research of interaction of flight safety management system with aircraft on-board equipment. *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Management, Computer Science and Informatics.* 2019;4:28-36. (In Russ.) DOI: 10.24143/2072-9502-2019-4-28-36.

REFERENCES

1. Popov Iu. V. Pokazateli bezopasnosti aviatsionnykh poletov [Aviation safety indicators]. *Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti*, 2014, no. 6 (58). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/10-06-14.ttb.pdf> (accessed: 12.04.2017).
2. Shevchenko A. M., Nachinkina G. N., Solonnikov Iu. I. Modelirovanie sredstv informatsionnoi podderzhki pilota na etape vzleta samoleta [Modeling pilot information support equipment during take-off phase]. *Trudy Moskovskogo instituta elektromekhaniki i avtomatiki*, 2012, no. 5, pp. 54-64.
3. *Tekhnologii dlia preduprezhdeniia vykatyvaniia vozdushnogo sudna za predely VVP* [Technologies preventing aircraft from rolling out of runway]. Available at: <http://www.ato.ru/content/tehnologii-dlya-preduprezhdeniya-vykatyvaniya-vozdushnogo-sudna-za-predely-vvp> (accessed: 12.04.2017).
4. Sukholitko V. A. *Sposob podderzhki operatora v opasnykh situatsiiakh* [Technique of operator support in hazardous situations]. Patent RF, no. 220544 G05D1/00, 03.05.2017.
5. Berestov L. M., Kharin E. G., Iakushev A. F., Miroshnichenko L. Ia., Poplavskii B. K., Kalinin Iu. I., Saparina T. P. *Avtomatizirovannaia vysokointellektual'naiia sistema obespecheniia bezopasnosti poleta letatel'nogo apparata* [Automated highly intelligent flight safety system]. Patent RF № 2339547 B64D 45/00, 27.11.2008.
6. Clothier R. *The safety risk management of unmanned aircraft systems*. Available at: http://www.researchgate.net/publication/255853556_The_Safety_Risk_Management_of_Unmanned_Aircraft_Systems (accessed: 12.04.2017).
7. Shushpanov N. A., Linnik M. Iu., Koviazin I. O. Perspektivnye integrirovannye vychislitel'nye komplekсы vertoletov [Advanced integrated helicopter computing systems]. *Aviakosmicheskoe priborostroenie*, 2012, no. 2, pp. 27-32.
8. *Perspektivnaia avionika grazhdanskoi aviatsii* [Perspective avionics of civil aviation]. Available at: <http://modern-avionics.ru/analytics/2014/modern-role-of-avionics/part-2/> (accessed: 12.04.2017).
9. Bol'shakov A. A., Kulik A. A., Sergushov I. V., Skripal' E. N. Razrabotka sistemy upravleniia bezopasnost'iu poleta letatel'nogo apparata [Development of aircraft flight safety management system]. *Mekhatronika, avtomatizatsiia i upravlenie*, 2016, no. 10, vol. 17, pp. 708-715.

10. Bol'shakov A. A., Kulik A. A., Sergushov I. V., Skripal' E. N. Metod otsenki ugrozy aviatsionnogo proisshestiia na baze iskusstvennogo intellekta [Artificial intelligence aircraft threat assessment method]. *Materialy 10-i Vserossiiskoi mul'tikonferentsii po problemam upravleniia «MKPU-2017»: v 3 t.* Rostov na Donu, Izd-vo IUFU. Vol. 1. Modeli, metody i tekhnologii intellektual'nogo upravleniia (IU-2017). Pp. 36-38.

11. *Samolet-amfibiia Be-200CHS. Rukovodstvo po letnoi ekspluatatsii* [Be-200CHS amphibious aircraft. Flight manual]. Taganrog, OAO «TANTK im. G. M. Berieva», 2003. B. 2. Ekspluatatsiia sistem i oborudovaniia letnym ekipazhem. 638 p.

12. Land I., Elliott J. *Architecting ARINC 664, Part 7 (AFDX) Solutions*. Available at: https://www.xilinx.com/support/documentation/application_notes/xapp1130.pdf (accessed: 12.04.2017).

13. Lipatov I. N. *Nadezhnost' funktsionirovaniia avtomatizirovannykh sistem: konspekt lektsii* [Reliability of functioning of automated systems: lecture notes]. Perm', Izd-vo Perm. GTU, 1996. 67 p.

14. Lipaev V. V. *Nadezhnost' i funktsional'naia bezopasnost' kompleksov programm real'nogo vremeni* [Reliability and functional safety of real-time software systems]. Moscow, In-t sistemnogo programirovaniia RAN, 2013. 207 p.

The article submitted to the editors 19.08.2019

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Kulik Aleksey Anatolievich – Russia, 410005, Saratov; Design Office of Industrial Automation; Candidate of Technical Sciences; I Category Expert on Systems Engineering of the Department of Complex Design; kulikalekse@yandex.ru.

