

Исследование методов оценки и парирования угрозы авиационного происшествия воздушного судна вертолетного типа

А.А. Кулик¹

¹Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана,
Москва, 105005, Российская Федерация

*Адрес для переписки: kulikalekse@yandex.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию 18.02.2022

Поступила после рецензирования 20.03.2022

Принята к публикации 21.03.2022

Ссылка для цитирования: Кулик А.А. Исследование методов оценки и парирования угрозы авиационного происшествия воздушного судна вертолетного типа // Труды учебных заведений связи. 2022. Т. 8. № 1. С. 49–56. DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-49-56

Аннотация: Приводятся результаты численного моделирования условий полета воздушного судна вертолетного типа при изменении переменных, влияющих на безопасность полета. Проведен сравнительный анализ оценки угрозы авиационного происшествия с учетом различной степени влияния психофизического состояния экипажа. Особое внимание в статье уделяется моделированию функционирования системы поддержки принятия решений по парированию угрозы авиационного происшествия, которое выполняется на основе данных об условиях полета воздушного судна и информации базы знаний системы управления безопасностью полета. Полученные результаты в процессе выполнения работы позволяют оценить эффективность и работоспособность методов оценки и парирования угрозы авиационного происшествия. Предложенные методы могут быть реализованы программно-аппаратными средствами бортовыми системами обеспечения безопасности полета воздушного судна.

Ключевые слова: безопасность полета, экспертная система, оценка условий полета, поддержка принятия решений.

Введение

В процессе управления воздушным судном могут появляться различного рода коллизии, угрожающие безопасности полета воздушного судна и выполнению полетного задания. Как правило, оценка безопасности полета и парирование угрозы авиационного происшествия выполняется экипажем воздушного судна. Однако действий пилота не всегда достаточно для обеспечения безопасности полета. Поэтому на борту воздушного судна применяются современные системы по оценке и парированию угрозы авиационного происшествия. Например, используется система обеспечения безопасности полета [1], предназначенная для повышения защищенности полетов воздушных судов от терроризма и человеческой ошибки, а также для контроля отклонения параметров полета воздушного судна за допустимые значения. Система безопасности воздушного судна состоит из противоаварийной подсистемы, подсистемы автоматического управления и пилотирования, системы устройств

мониторинга, компьютера авиационного оборудования органов безопасности, вторичной системы управления воздушным судном. Особенностью этой системы является отстранение от управления воздушным судном пилота при захвате судна террористами или пилотом-самоубийцей. Взаимодействие служб безопасности воздушного движения и органов власти с воздушным судном осуществляется через вторичную систему управления судном и компьютером авиационного оборудования органов безопасности.

Однако рассмотренная выше система имеет следующий существенный недостаток: отсутствует прогнозирование и оценка угрозы авиационного происшествия, которая заключается в определении условий полета воздушного судна под воздействием внешних и внутренних воздействующих факторов.

Также известна система и способ обеспечения безопасности полета и/или управления полетами летательных аппаратов [2], предназначенная для

обеспечения безопасности воздушного движения летательных аппаратов с использованием системы спутниковой навигации и вещательных сигналов с зоной покрытия по всему миру. Сигналы принимают спутниковые приемные станции, которые далее передают информацию в центр безопасности полетов или другим организациям. Благодаря применению спутниковой трансляции данных с летательного аппарата на Землю обеспечивается постоянный контроль значений параметров его движения в центре безопасности полетов в различных географических широтах Земли. Используемый подход позволяет выполнять постоянный контроль за движением летательных аппаратов в воздушном пространстве и обеспечивать их безопасность полетов.

Недостатком системы является отсутствие непосредственного контроля полета летательного аппарата для противодействия угрозы авиационного происшествия, а также устройства сбора и анализа переменных, влияющих на безопасность полета аппарата.

Среди методов оценки угрозы авиационного происшествия можно выделить метод обеспечения «встроенной» безопасности полета летательного аппарата в сложных (многофакторных) условиях на основе ситуационного моделирования [3–4]. В работе предлагается подход к оценке и прогнозированию изменения безопасности полета летательного аппарата под воздействием разнородных факторов, влияющих на условия полета аппарата. Метод заключается в рассмотрении сценариев полета, представленных в виде событий, связанных процессом, характеризующим поведение оператора, воздушного судна (ВС) и эксплуатационной среды. Также автором введена «палитра безопасности», которая определяет диапазоны нахождения контролируемых переменных на шкале от нормального до катастрофического значений. При этом каждая контролируемая переменная описывается нечеткими ограничениями. Одновременно с этим введена интегральная оценка безопасности полета, представляющая интегральный спектр безопасности, которая определяет безопасность полета под воздействием нескольких контролируемых переменных и при превышении заданного значения хотя бы одной переменной ее значение присваивается интегральной оценке. Автором предложена макроструктурная модель, которая представляет результаты воздействия на ВС различных комбинаций эксплуатационных факторов. Модель имеет вид дерева, объединяющего родственные ситуации, полученные как вариация базового сценария под влиянием заданного комплекса эксплуатационных факторов. Каждое ситуационное дерево разбивается на 6 уровней безопасности. Комплексный подход к оценке безопасности полета позволяет выявить возможные факторы, влияющие на безопасность

полета ВС. Также в работе представлены условия восстановления безопасного режима полета до момента времени, когда ситуация развивается необратимо. В качестве сценария выбирается сценарий наиболее безопасной ветви из дерева ситуационной модели. Сценарий может выполняться автоматически или под воздействием оператора. На основе ситуационного моделирования формируется база знаний для применения в составе бортовых интеллектуальных систем, расследования причин авиационных происшествий и т. д.

Однако представленный метод имеет следующие недостатки: интегральная оценка безопасности полета не содержит классификации переменных безопасности полета с разделением на группы воздействующих факторов, не используется оценка психофизического состояния экипажа, при восстановлении безопасности полета отсутствует идентификация угрозы авиационного происшествия.

Таким образом, совершенствование методов по оценке и парированию угрозы авиационного происшествия является актуальной научно-технической проблемой. Решение этой проблемы достигается комплексным подходом по оценке угрозы авиационного происшествия с учетом влияния психофизического состояния экипажа, технического состояния объекта управления и погодных условий полета. При этом оценка условий полета воздушного судна проводится бортовыми средствами обеспечения безопасности полета в масштабе реального времени. Одновременно с этим в составе бортового оборудования реализуются методы по парированию угрозы авиационного происшествия с использованием средств искусственного интеллекта. В качестве систем оценки и парирования угрозы авиационного происшествия под влиянием совокупности переменных безопасности полета может являться система управления безопасностью полета [5]. Основными элементами этой системы 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 воздушного судна и в формировании электрических сигналов оценки условий полета, характеризующих превышение заданных значений факторов, воздействующих на объект управления. Затем на базе информации об изменении условий полета воздушного судна устройство поддержки принятия решений формирует вывод, характеризующий степень опасности полетного события и методы его устранения. Проверка эффективности и работоспособности системы выполняется в процессе ее испытания на стенде полунатурного моделирования в условиях исправной работы и при отказах ее взаимодействующего оборудования.

Постановка задачи

Цель настоящей работы заключается в оценке эффективности методов идентификации и парирования угрозы авиационного происшествия при полете воздушного судна вертолетного типа.

Для достижения поставленной задачи необходимо осуществить оценку условий полета воздушного судна, сформировать управленческое решение по парированию угрозы авиационного происшествия и выполнить моделирование парирования угрозы авиационного происшествия.

Описание условий полета воздушного судна

В зависимости от значений переменных безопасности полета воздушного судна (психофизическое состояние экипажа, техническое состояние объекта управления, погодные условия) происходит изменение условий его полета, которые могут варьироваться от безаварийных до катастрофических [6–7]. При этом значительное влияние на условия полета и его безопасность оказывает этап полета и тип воздушного судна. Известно, что наиболее опасными этапами полета являются взлет и посадка судна, что обусловлено меньшим располагаемым временем пилота на парирование отказа авиационной техники по сравнению с располагаемым временем при полете по маршруту. Поэтому заход на посадку требует от пилота повышенной концентрации внимания и точности пилотирования воздушного судна. В качестве примера на рисунке 1 приведена схема захода вертолета на посадку [8].

Предположим, что при заходе на посадку вертолета в автоматическом режиме произошел отказ системы автоматического управления (САУ), который выявлен встроенным контролем системы управления и передан в комплекс бортового оборудования и систему управления безопасностью полета ВС в виде разовой команды. Одновременно с отказом САУ снизились психофизические показатели экипажа: повысилась рассеянность и снизилось внимание. Информация со средств регистрации поступила в систему управления безопасностью полета ВС.

В соответствии с методом оценки условий полета воздушного судна [9] осуществляется оценка значений ранее формализованных входных переменных, влияющих на безопасность полета, которые для рассматриваемой ситуации принимают значения, представленные в таблице 1. Также для оценки условий полета воздушного судна используется матрица прецедентов, на основании которой формируется база знаний и набор правил определения угрозы авиационного происшествия (представлена в виде таблицы 2). Из таблицы видно, что рассматриваемая ситуация определяется правилом 10, которое характеризует аварийные условия полета. При этом, учитывая отказ САУ воздушным судном, парирование угрозы авиационного происшествия может быть осуществлено только действиями экипажа по рекомендациям системы поддержки принятия решений.

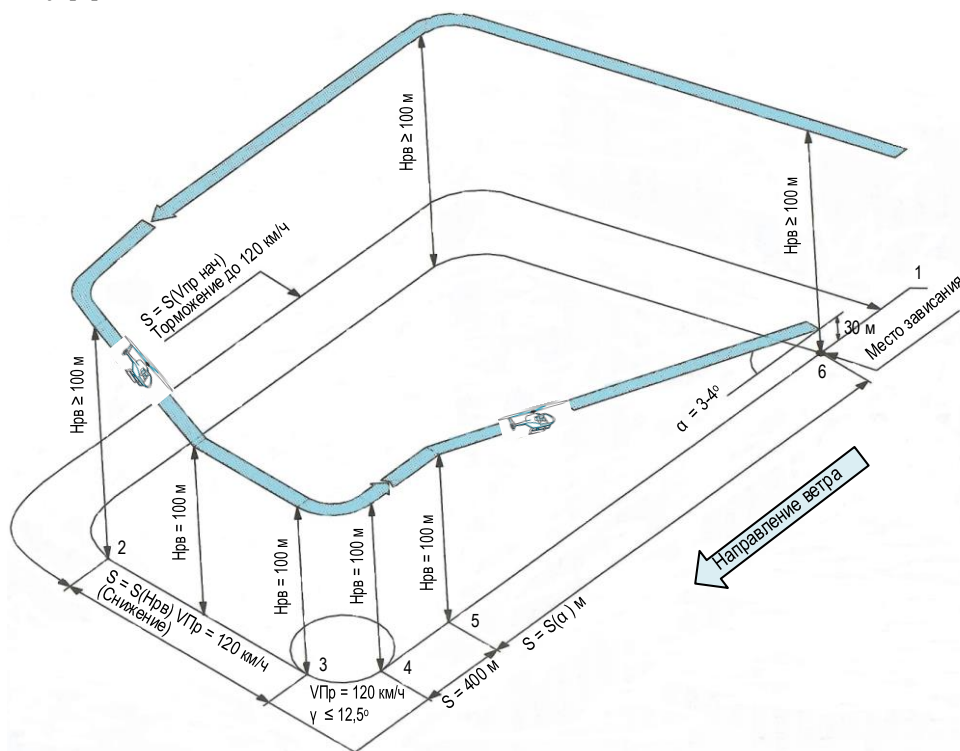


Рис. 1. Схема захода вертолета на посадку

Fig. 1. Helicopter Landing Pattern

ТАБЛИЦА 1. Значения переменных безопасности полета

TABLE 1. Flight Safety Variable Values

№ п/п	Группа	Переменная	Значения переменной	
			количественные	лингвистические
1	Психофизическое состояние пилота	Усталость	$f_2 \in (-0,5; 0,5)$	средняя
		Внимание	$k_3 \in (0; -0,5)$	низкое
		Уровень подготовки	$f_1 \in [1; 0,5]$	высокий
		Стресс	$k_3 \in (0; 0,5)$	средний
2	Состояние воздушного судна	Отказ системы (CAU)	$f_3 \in (0,5; 1]$	полный
		Деформация силовых элементов конструкции	$k_1 \in [1; 0,5]$	отсутствует
		Управляемость и устойчивость ВС	$f_1 \in (0,5; 1]$	высокий
		Ошибка в ПО СУ ВС	$k_2 \in (0,5; 0)$	незначительная
3	Погодные условия	Встречный ветер	$f_1 \in (0,5; 1]$	слабый
		Боковой ветер	$f_1 \in [-1; -0,5]$	слабый
		Видимость	$k_1 \in (0,5; 1]$	хорошая

ТАБЛИЦА 2. Матрица прецедентов для оценки угрозы авиационного происшествия

TABLE 2. Case Matrix for Accident Threat Assessment

Номер правила	Психофизическое состояние экипажа				Состояние летательного аппарата				Внешние воздействующие факторы				Прецедент (условия полета)
	Усталость	Внимание	Уровень подготовки	Стресс	Отказ ФЭ	Деформация силовых элементов	Упр. и уст. ВС	Ошибка ПО	Встречный ветер	Видимость	Боковой ветер	Видимость	
1	f_1	k_1	f_1	k_1	f_1	k_1	f_1	k_1	f_1	k_1	f_1	k_1	Безаварийные
2	f_3	k_3	f_1	k_1	f_1	k_1	f_2	k_1	f_1	k_2	f_1	k_2	Сложные условия полета (парирование ситуации – автоматика)
3	f_1	k_1	f_2	k_1	f_3	k_1	f_1	k_4	f_2	k_1	f_2	k_1	Аварийная ситуация (парирование – отключение CAU ВС)
4	f_3	k_3	f_2	k_4	f_1	k_1	f_1	k_1	f_1	k_1	f_1	k_1	Сложные условия полета (парирование ситуации – автоматика)
5	f_1	k_1	f_1	k_1	f_1	k_4	f_2	k_1	f_3	k_1	f_3	k_1	Аварийная ситуация (парирование ситуации – посадка на ближайшую пригодную поверхность)
6	f_3	k_4	f_1	k_1	f_2	k_2	f_1	k_3	f_1	k_1	f_1	k_1	Аварийная ситуация (парирование ситуации – средства автоматизации с реконфигурацией СУ)
7	f_2	k_2	f_2	k_1	f_1	k_1	f_3	k_1	f_2	k_1	f_2	k_1	Сложные условия полета (парирование ситуации – автоматика)
8	f_2	k_2	f_2	k_1	f_1	k_1	f_1	k_1	f_3	k_2	f_3	k_2	Аварийная (парирование ситуации – автоматика)
9	f_1	k_3	f_1	k_1	f_3	k_1	f_1	k_2	f_1	k_1	f_1	k_1	Сложные условия полета (парирование ситуации – действия экипажа)
10	f_2	k_3	f_1	k_3	f_3	k_1	f_1	k_2	f_1	k_1	f_1	k_1	Аварийная (парирование ситуации – действия экипажа)
11	f_1	k_1	f_2	k_3	f_3	k_4	f_2	k_4	f_2	k_1	f_2	k_1	Катастрофическая (невозможно парировать)
12	f_3	k_4	f_3	k_4	f_3	k_4	f_3	k_4	f_3	k_2	f_3	k_2	Катастрофическая (невозможно парировать)

Проверка эффективности метода оценки угрозы авиационного происшествия может быть выполнена сравнением численного моделирования условий полета воздушного судна с учетом и без учета влияния психофизического состояния экипажа на безопасность полета. Тогда предположим, что при заходе вертолета на посадку произошел

отказ САУ с сохранением высоких показателей психофизического состояния экипажа и погодных условий полета. Такая ситуация характеризуется правилом 9 и определяет сложные условия полета, в которых выполняется посадка вертолета. Используя информацию (см. таблицу 2), по значениям безопасности полета ВС выполнено численное

моделирование для определения угрозы авиационного происшествия. Результаты математического моделирования с использованием пакета программы Fuzzy Logic MATLAB представлены на рисунках 2–3. Из рисунка 2 видно, что оценка условий полета ВС принимает значение «-0,33», что соответствует аварийным условиям полета. Из рисунка 3 – «+0,33», что соответствует сложным условиям полета.

Таким образом, введение совместно с показателями технического состояния ВС и внешних воздействующих факторов, влияющих на безопасность полета ВС, группы переменных, характеризующих психофизическое состояние экипажа, позволяет повысить достоверность оценки угрозы авиационного происшествия и, как следствие, выработать более эффективные управленческие решения по ее парированию.

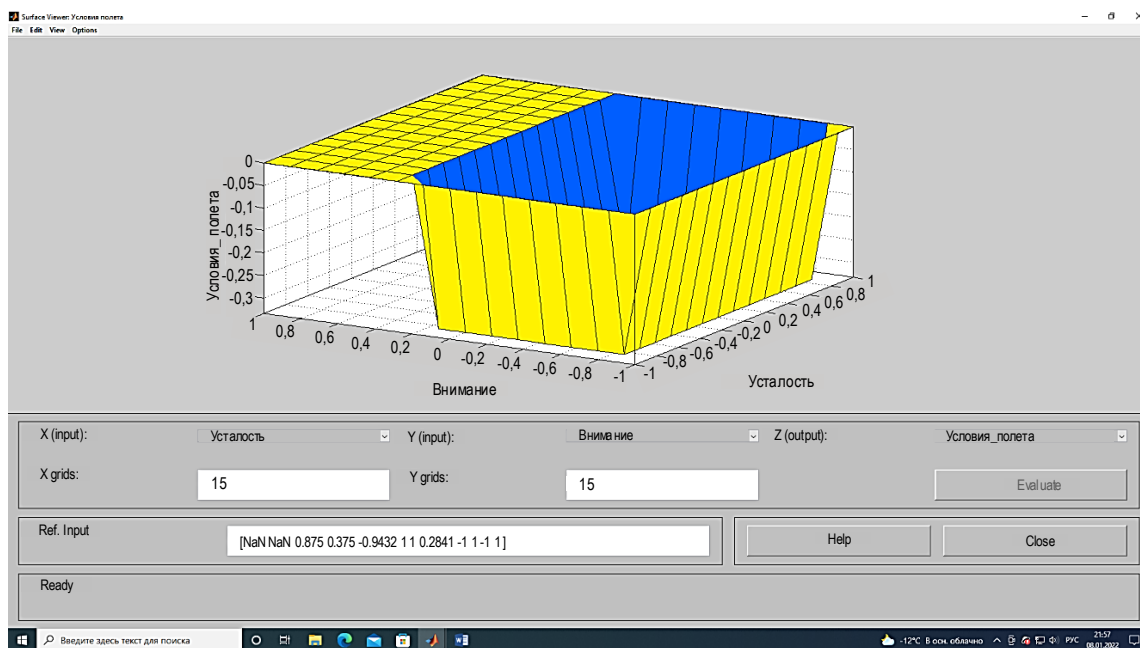


Рис. 2. Условия полета ВС при отказе бортового оборудования с учетом ухудшения показателей психофизического состояния экипажа

Fig. 2. Aircraft Flight Conditions in Case of Failure of On-Board Equipment, Taking into Account the Deterioration of the Parameters of the Psychophysical Condition of the Crew

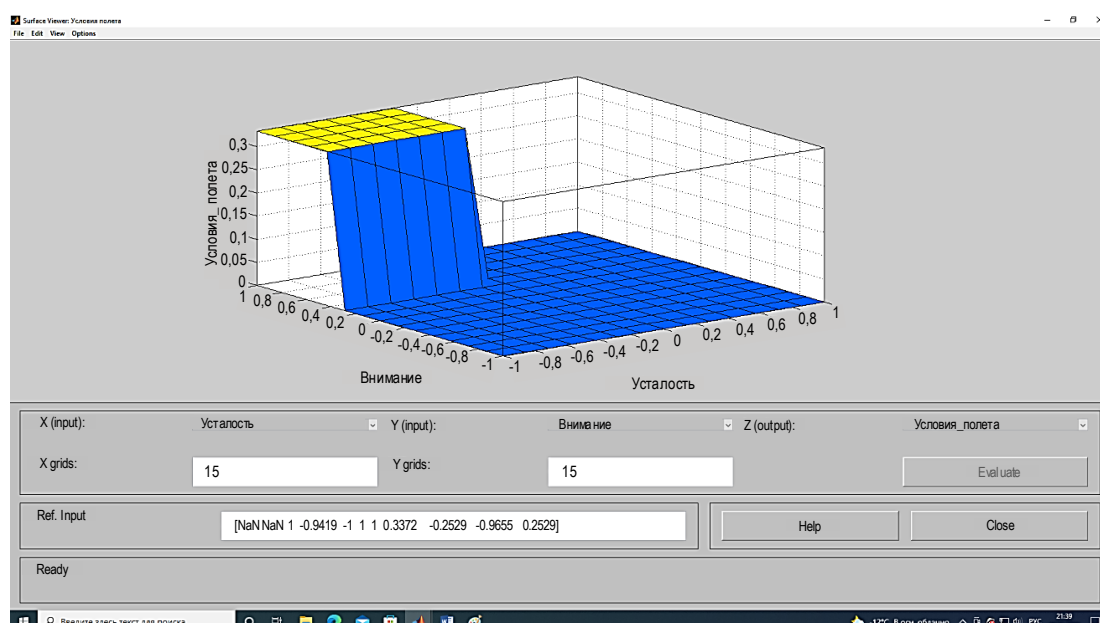


Рис. 3. Условия полета ВС при отказе бортового оборудования без учета влияния психофизического состояния экипажа

Fig. 3. Aircraft Flight Conditions in Case of Failure of On-Board Equipment without Taking into Account the Influence of the Psychophysical State of the Crew

Парирование угрозы авиационного происшествия

Парирование угрозы авиационного происшествия при отказе САУ может быть осуществлено только действиями экипажа с учетом рекомендаций системы поддержки принятия решений. Формирование рекомендаций экипажу по парированию угрозы авиационного происшествия осуществляется на основании данных об условиях полета, переменных безопасности полета и базы знаний парирования угрозы происшествия [10–12].

Формирование базы знаний поддержки принятия решений осуществляется на основании набора правил, для аварийной ситуации который имеет

следующий вид [13], где X_{1j} – группа переменных, характеризующая психофизическое состояние экипажа; X_{2j} – группа переменных, характеризующая техническое состояние объекта управления; X_{3j} – группа переменных, характеризующих погодные условия полета; g_3 – сигнализация экипажу об отказах на борту объекта управления, угрозе авиационного происшествия с последующим парированием пилотом по рекомендации речевого транслятора; g_4 – сигнализация экипажу об отказах на борту объекта управления, угрозе с последующим парированием реконфигурацией системы управления объекта и посадкой на ближайшую пригодную площадку:

$$\begin{aligned} \text{ПРАВИЛО <1>: ЕСЛИ } X_{1j} = \{f_1, k_3\} \text{ И } X_{2j} = \{f_3, k_4\} \text{ И } X_{3j} = \{f_2, k_1\} \text{ ТО } Y = \{g_3\}, \\ \text{ПРАВИЛО <2>: ЕСЛИ } X_{1j} = \{f_1, k_1\} \text{ И } X_{2j} = \{f_2, k_4\} \text{ И } X_{3j} = \{f_3, k_1\} \text{ ТО } Y = \{g_3\}, \\ \text{ПРАВИЛО <3>: ЕСЛИ } X_{1j} = \{f_3, k_4\} \text{ И } X_{2j} = \{f_2, k_3\} \text{ И } X_{3j} = \{f_1, k_1\} \text{ ТО } Y = \{g_4\}, \\ \text{ПРАВИЛО <4>: ЕСЛИ } X_{1j} = \{f_2, k_2\} \text{ И } X_{2j} = \{f_1, k_1\} \text{ И } X_{3j} = \{f_3, k_2\} \text{ ТО } Y = \{g_4\}, \end{aligned} \quad (1)$$

Для аварийных условий полета, сопровождающихся отказом САУ ВС и снижением психофизических показателей экипажа, должны быть выполнены следующие рекомендации по парированию авиационного происшествия:

- 1) отключение САУ от исполнительных механизмов вертолета;
- 2) выдача рекомендаций экипажу по парированию угрозы авиационного происшествия.

В первом случае производится отключение САУ от сопрягаемого оборудования, что достигается отключением системы от источников питания.

Во втором случае система поддержки принятия решений выдает с помощью средств речевого оповещения следующую информацию: «Отказ САУ. Аварийные условия полета. Продолжать полет согласно полетному заданию. Высота полета более 100 м. Полет прямо. Приборная скорость 120 км/ч. Высота более 100 м. Курсовой поворот на 90 град.

Полет прямо. Приборная скорость 120 км/ч. Высота более 100 м. Курсовой поворот на 90 град. Снижение. Высота 100 м. Приборная скорость 120 км/ч. Полет прямо. Приборная скорость 120 км/ч. Высота 100 м. Курсовой поворот на 90 град. с выдерживанием крена менее 12,5 град. Высота 100 м. Приборная скорость 120 км/ч. Полет прямо. Дальность 400 м. Высота 100 м. Приборная скорость 120 км/ч. Снижение до 30 м. Угол по тангажу 3 град. Зависание». Результаты вывода рекомендаций по парированию угрозы авиационного происшествия представлены на рисунке 4, где H – высота (м); V – скорость (км/ч). Из рисунка видно, что система поддержки принятия решений выдает рекомендации экипажу по управлению ВС в аварийных условиях полета, вызванных отказом САУ и снижением психофизического состояния экипажа, что свидетельствует о работоспособности алгоритма метода парирования угрозы авиационного происшествия.

```

Uslovia poleta
1. Uslovia poleta bezavarinie
2. Uslovia poleta sloznie
3. Uslovia poleta avarinie
4. Uslovia poleta katastroficheskie
5. Vihod iz program.

=>3
x11=f2-ustalost srednia1. Yes
1x12=k3-vnimanie nizkoe1. Yes
1x13=f1-uroven kompetencii vysokiy1. Yes
1x14=k3-stressa sredniy1. Yes
1x21=f3-otkaz polniy1. Yes
1x22=k1-deformacii net1. Yes
1x23=f1-upravliaemost vysokay1. Yes
1x24=k2-neznachitelnyy oshibka P.O.1. Yes
1x31=f1-vstrechniy veter slabiy1. Yes
1x32=k1-vidimost horoshay1. Yes
1x33=f1-bokovoy veter slabiy1. Yes
10tkaz SAU. Avarinie uslovia poleta. Prodolgity polet. Vidacha tekushich i zadanih H, V, ugol povorota

```

Рис. 4. Выдача рекомендаций по парированию угрозы авиационного происшествия

Fig. 4. Issuing Recommendations for Parrying the Threat of an Aviation Accident

Закключение

В процессе выполнения работы рассмотрено изменение условия полета ВС вертолетного типа при заходе на посадку при отказе САУ и снижении психофизического состояния экипажа, что позволило идентифицировать аварийные условия полета. Показано, что использование переменных, характеризующие психофизическое состояние экипажа для оценки условий полета воздушного судна и угрозы авиационного происшествия, позволяет расширить полноту и достоверность иден-

тификации угрозы авиационного происшествия. Также сформированы рекомендации по парированию угрозы авиационного происшествия для рассматриваемой ситуации с последующим моделированием, которое подтвердило их работоспособность. Полученные в процессе выполнения работы результаты могут быть использованы в процессе создания систем обеспечения безопасности полета ВС вертолетного типа на различных этапах его полета.

Список используемых источников

1. Boudrieau G.J. Safety aircraft flight system. Patent USA, no. 7,183,946 B2, 27.02.2007.
2. Хельмут Б., Хольгер Н. Система и способ обеспечения безопасности полетов и/или управления полетами летательных аппаратов. Патент на изобретение РФ № 2471245 С2. Оpubл. 27.12.2012.
3. Бурдун И.Е. Метод и технология обеспечения «встроенной» безопасности полета летательного аппарата в сложных (многофакторных) условиях на основе ситуационного моделирования // VIII Международная конференция «Идентификация систем и задачи управления» (SICPRO '09, Москва, Россия, 26–30 января 2009). М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2009. С. 1203–1248.
4. Burdun I. Safety windows: knowledge maps for accident prediction and prevention in multifactor flight situation // Proceedings of the 27th International Congress of the Aeronautical Science (Nice, France, 19–24 September 2010). 2010. DOI:10.13140/2.1.1980.6085
5. Большаков А.А., Кулик А.А., Скрипаль Е.Н., Сергушов И.В. Разработка системы управления безопасности полета вертолета // Мехатроника, автоматизация, управление. 2016. Т. 17. № 10. С. 708–715. DOI:10.17587/mau.17.708-715
6. Федун Б.Е., Прохоров М.Д. Вывод по прецеденту в базах знаний бортовых интеллектуальных систем // Искусственный интеллект и принятие решений. 2010. № 3. С. 63–72.
7. Баханов Л.Е., Демкин М.А., Федун Б.Е. Математическая модель движения самолета для баз знаний бортовых оперативно советующих экспертных систем // Известия РАН. Теория и системы управления. 2010. № 1. С. 90–98.
8. Попов А.Н., Сергушов И.В., Тетерин Д.П. Пилотажные комплексы и навигационные системы вертолетов. М.: Инновационное машиностроение, 2017. 368 с.
9. Большаков А.А., Кулик А.А., Скрипаль Е.Н., Сергушов И.В. Интеллектуальный метод оценки угрозы авиационного происшествия // Вестник компьютерных и информационных технологий. 2018. № 5(167). С. 3–9. DOI:10.14489/vkit.2018.05.pp.003-009
10. Неймарк М.С., Цесарский Л.Г., Филимонюк Л.Ю. Модель поддержки принятия решений при входе воздушных судов в зону ответственности аэропорта // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. 2013. № 3. С. 31–37.
11. Гаврилова Т.А., Хорошевский В.Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб.: Питер, 2000. 384 с.
12. Куклев Е.А. Управление безопасностью полетов воздушных судов на основе нечетких оценок рисков возникновения нештатных условий полетов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2016. № 226(4). С. 199–205.
13. Bolshakov A.A., Kulik A.A. Algorithm of a Device Designed to Support Decision Making to Counter the Threat of an Avia-Tion Accident // Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering. 2021. Vol. 3(136). PP. 46–59. DOI:10.18698/0236-3933-2021-3-46-59

* * *

A Study of Methods for Assessing and Parrying the Threat of an Accident of a Helicopter-Type Aircraft

A. Kulik¹ 

¹Bauman Moscow State Technical University,
Moscow, 105005, Russian Federation

Article info

DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-49-56

Received 18th February 2022

Revised 20th March 2022

Accepted 21st March 2022

For citation: Kulik A. A Study of Methods for Assessing and Parrying the Threat of an Accident of a Helicopter-Type Aircraft. *Proc. of Telecom. Universities*. 2022;8(1):49–56. (in Russ.) DOI:10.31854/1813-324X-2022-8-1-49-56

Abstract: *The paper presents the results of a numerical simulation of the flight conditions of a helicopter-type aircraft with a change in variables that affect flight safety. A comparative analysis was conducted assessing the threat of an aviation accident, considering the influence of the psychophysical state of the crew. Particular attention is paid to the modelling of the decision support system for countering the threat of an accident, based on the aircraft's flight conditions and the knowledge base of the Flight Safety Management System. The obtained results in the course of this work make it possible to evaluate the effectiveness and efficiency of the methods for assessing and parrying the threat of an aviation accident. The proposed methods can be implemented with the software and hardware of the on-board flight safety systems of the aircraft.*


Keywords: *flight safety, expert system, assessment of flight conditions, decision support.*

References

1. Boudrieau G.J. *Safety aircraft flight system*. Patent USA, no. 7,183,946 B2, 27.02.2007.
2. Hellmuth B., Holger N. *System and method for ensuring flight safety and/or flight control of aircraft*. Patent RF, no. 2471245 C2, 27.12.2012. (in Russ.)
3. Burdun I.Y. A Technique for Aircraft "Built-In" Safety Protection in Complex (Multifactor) Conditions Based on Situational Modeling and Simulation. *Proceedings of the VIIth International Conference on System Identification and Control Problems, SICPRO '09, 26–30 January 2009, Moscow, Russia*. Moscow: V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences Publ.; 2009. p.1203–1248 (in Russ.)
4. Burdun I. Safety windows: knowledge maps for accident prediction and prevention in multifactor flight situation. *Proceedings of the 27th International Congress of the Aeronautical Science, 19–24 September 2010, Nice, France*. 2010. DOI:10.13140/2.1.1980.6085
5. Bolshakov A.A., Kulik A.A., Scripal E.N., Sergushov I.V. Designing the Security Control System for Helicopter. *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravleniye*. 2016;17(10):708–715. (in Russ.) DOI:10.17587/mau.17.708-715
6. Fedunov B.E., Prohorov M.D. Conclusion on the Precedent in the Knowledge Bases of On-Board Intelligent Systems. *Iskusstvennyi intellekt i priniatie reshenii*. 2010;3:63–72. (in Russ.)
7. Bahanov L.E., Demkin M.A., Fedunov B.E. A Mathematical Model of Aircraft Motion for Knowledge Bases of Onboard Online Advisory Expert Systems. *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2010;49(1):86–96. DOI:10.1134/S1064230710010107
8. Popov A.N., Sergushov I.V., Teterin D.P. *Flight Systems and Navigation Systems for Helicopters*. Moscow: Innovatsionnoe mashinostroenie Publ.; 2017. 368 p. (in Russ.)
9. Bolshakov A.A., Kulik A.A., Scripal E.N., Sergushov I.V. Aviation Accident Threat Intelligent Assessment Method. *Vestnik komp'yuternykh i informatsionnykh tekhnologii (Herald of Computer and Information Technologies)*. 2018;5(167):3–9. (in Russ.) DOI:10.14489/vkit.2018.05.pp.003-009
10. Nejmark M.S., Tsesarskiy L.G., Filimonyuk L.Yu. The Decision-Making Model for an Entrance of Airplanes into an Airport's Responsibility Zone. *Polyot (Flight)*. 2013;3:31–37. (in Russ.)
11. Gavrilova T.A., Horoshevskiy V.F. *Knowledge Bases of Intelligent Systems*. St. Petersburg: Piter Publ.; 2000. 384 p. (in Russ.)
12. Kuklev E.A. Flight Safety Control of the Basis of Uncertain Risk Evaluation with Non-Routine Flight Conditions Involved. *Civil Aviation High Technologies*. 2016;226(4):199–205. (in Russ.)
13. Bolshakov A.A., Kulik A.A. Algorithm of a Device Designed to Support Decision Making to Counter the Threat of an Aviation Accident. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University. Series Instrument Engineering*. 2021;3(136):46–59. DOI:10.18698/0236-3933-2021-3-46-59

Сведения об авторе:

КУЛИК
Алексей Анатольевич

кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры системы автоматического управления Московского государственного технического университета имени Н.Э. Баумана, kulikalekse@yandex.ru
 <https://orcid.org/0000-0002-4099-1641>