

УДК 629.735.067

DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-4-33-42

МЕТОДОЛОГИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОЦЕНИВАНИЯ РИСКА ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ В САМОЛЕТНОМ СЕГМЕНТЕ КОММЕРЧЕСКОЙ АВИАЦИИ

А.Г. ГУЗИЙ¹, А.Г. КАПУСТИН², А.М. ЛУШКИН³, А.В. ФОКИН⁴

¹Публичное акционерное общество «Авиакомпания «ЮТэйр», г. Тюмень, Россия

²Белорусская государственная академия авиации, г. Минск, Беларусь

³Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия

⁴Министерство транспорта Российской Федерации, г. Москва, Россия

Согласно требованиям международных и государственных нормативных документов, все эксплуатанты воздушных судов (ВС) должны иметь внедренные и постоянно развивающиеся системы управления безопасностью полетов (СУБП). Функции СУБП можно распределить по двум контурам управления: обеспечение безопасности полетов (БП) и управление риском (УР). Если процедуры контура обеспечения БП можно считать изученными и реализуемыми в условиях эксплуатации, то контур УР нуждается, во-первых, в определенности и однозначности используемых терминов, во-вторых, в научно-методологическом обеспечении обязательных процедур, единых для всех эксплуатантов ВС. Во избежание неоднозначности представления и реализации процесса УР в статье приведены основные стандартные определения, используемые в рассматриваемой методологии количественного оценивания риска. Методология предусматривает оценивание вероятности авиационного события некоторого типа (тяжести) двумя способами: либо через статистическую вероятность (частоту) этого типа событий по факту (если события имели место в оцениваемом периоде); либо через вычисленную статистическую вероятность события менее тяжелого типа и условную вероятность развития более тяжелого события. В формулах, приведенных для вычисления вероятностей, использован ранее разработанный метод косвенного оценивания вероятности авиационных происшествий и актуализированные по новой статистике соотношения количества событий разного типа тяжести по каждой группе причинных факторов: «человеческому фактору», «ВС» и «среде». Для количественного оценивания уровня риска предложена обновленная и апробированная в СУБП авиакомпании «ЮТэйр» матрица оценки рисков, построенная на базе матрицы ИКАО, адаптированной к процессу управления уровнем риска для БП. Методология обеспечивает выполнение требований Постановления Правительства РФ от 18.11.2014 № 1215 всеми эксплуатантами ВС, область ее применения может быть расширена до СУБП всех поставщиков авиационных услуг при учете соответствующей специфики предоставляемых услуг.

Ключевые слова: система управления безопасностью полетов, управление риском, причинные факторы, вероятность события, уровень риска, матрица риска.

ВВЕДЕНИЕ

Согласно требованиям Международных стандартов и рекомендуемой практике (Standards and Recommended Practices – SARPs) ИКАО^{1,2} и нормативно-правовой базе гражданской авиации России^{3,4}, все эксплуатанты воздушных судов (ВС) должны иметь внедренные и постоянно развивающиеся системы управления безопасностью полетов (СУБП), соответствующие, с одной стороны, предъявляемым международным и государственным требованиям, с

¹ Приложение 6 к Конвенции о Международной гражданской авиации. Эксплуатация воздушных судов. Часть 1. Международный коммерческий транспорт. Самолеты. 10-е изд. ИКАО, 2016.

² Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). 3-е изд. Дос. 9859 AN/460. ИКАО, 2013. 300 с.

³ О порядке разработки и применения систем управления безопасностью полетов воздушных судов, а также сбора и анализа данных о факторах опасности и риска, создающих угрозу безопасности полетов гражданских воздушных судов, хранения этих данных и обмена ими: постановление Правительства Российской Федерации от 18 ноября 2014 г. № 1215 (с изменениями и дополнениями от 15 марта 2016 года), г. Москва.

⁴ Федеральные авиационные правила. ФАП-128. Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации.

другой стороны, достигнутому государствами и авиапредприятиями уровню безопасности полетов (БП).

Предусматриваемые для СУБП эксплуатанта ВС функции можно распределить по двум контурам, согласно основным (процессным) концептуальным рамкам СУБП, сформулированным в документах ИКАО, и основным разделам стандартов операционной безопасности IOSA Международной Ассоциации Воздушного Транспорта (International Air Transport Association – IATA) (категория стандартов ORG)⁵:

- управление риском (Safety Risk Management);
- обеспечение безопасности полетов (Safety Assurance).

Примечание: контур «обеспечение безопасности полетов», судя по содержанию требований к нему, более корректно следовало бы называть контуром выполнения требований по БП, поскольку концепцию абсолютной безопасности еще в 1984 году на уровне ИКАО сменила концепция приемлемого риска. Однако до последнего времени (на начало 2019 года) «приемлемый риск» остается главной неопределенностью во всей гражданской авиации.

В контуре обеспечения БП реализуется нормативный подход к соблюдению требований БП, при этом предусматривается использование основных рекомендуемых ИКАО методов (реагирующих, проактивных и даже прогнозных). А контур управления риском (УР), который в процессе развития нормативной базы СУБП перешел из «рекомендаций» (operator should have) стандартов операционной безопасности IOSA в «требования» (operator shall have), несмотря на перспективность и потенциал оптимизации процесса управления уровнем БП, остается для эксплуатантов ВС опытным полем «проб и ошибок» при попытках практической реализации множества разнообразных методик, имеющих, как правило, далеко не авиационное происхождение. Очевидная необходимость контура УР в СУБП эксплуатанта ВС и его значение при практической реализации управления уровнем БП подтверждается обновленным в 2013 году определением БП:

«Безопасность полетов воздушных судов – состояние авиационной транспортной системы (АТС), при котором риск снижен до приемлемого уровня и поддерживается на этом либо более низком уровне, посредством непрерывного процесса выявления угроз, контроля факторов риска и управления состоянием системы»⁶.

Если процедуры контура обеспечения БП можно считать изученными и реализуемыми в условиях эксплуатации, то контур УР нуждается: во-первых, в определенности и однозначности используемых терминов, во-вторых, в научно-методологическом обеспечении обязательных процедур, единых для всех СУБП эксплуатантов ВС.

КОНТУР УПРАВЛЕНИЯ РИСКОМ В СУБП ЭКСПЛУАТАНТА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Во избежание неоднозначности представления и реализации процесса управления уровнем риска необходимо при формировании контура УР в СУБП руководствоваться основными стандартными определениями⁷.

«Риск (risk) – прогнозируемая вероятность и тяжесть последствий проявления одного или нескольких факторов опасности».

«Фактор опасности – результат действия или бездействия, обстоятельство, условие или их сочетание, влияющие на безопасность полетов гражданских воздушных судов».

⁵ IOSA Standards Manual. Ed. 11. IATA, 2017.

⁶ ГОСТ Р 55585-2013. Воздушный транспорт. Система управления безопасностью полетов воздушных судов. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. 13 с.

⁷ ГОСТ Р 51897-2011/Руководство ИСО 73:2009. Менеджмент риска. Термины и определения. М.: Стандартинформ, 2012. 16 с.

«Вероятность (probability) – мера возможности появления события, выражаемая действительным числом из интервала от 0 до 1, где 0 соответствует невозможному событию, а 1 – достоверному событию».

«Серьезность последствий (severity) – возможные последствия небезопасного события или состояния (проявления фактора опасности), при этом за контрольный ориентир принимается наихудшая предвидимая ситуация».

«Уровень риска – мера риска для безопасности полетов или комбинации нескольких видов риска, характеризуемая серьезностью последствий и их вероятностью».

Контур УР для БП предусматривает последовательное выполнение ряда обязательных процедур: «идентификация», «анализ», «оценка».

«Идентификация риска (risk identification) – процесс определения, составления перечня и описания элементов риска».

«Анализ риска (risk analysis) – процесс изучения природы и характера риска».

«Оценка риска – процесс, охватывающий идентификацию риска, анализ риска и сравнительную оценку риска».

Согласно основному постулату менеджмента, «управлять можно только тем, что измеримо», в процедуры анализа риска обязательно должно входить количественное оценивание уровня риска [1]. Следует не забывать, что задолго до хождения «менеджмента» по Руси великий наш соотечественник говорил, что наука начинается с тех пор, как начинают измерять [2].

Риск, по определению, – понятие, в котором сочетаются вероятность возможного нежелательного события (ситуации) и тяжесть возможных последствий этого события (ситуации), т. е. риск для БП – двухкомпонентный показатель [3, 4 и др.].

В гражданской авиации России авиационные события по степени тяжести достаточно четко классифицированы в ПРАПИ-98: авиационное происшествие с человеческими жертвами (АПЧЖ), т. е. катастрофа, авиационное происшествие без человеческих жертв (АПБЧЖ), т. е. авария, серьезный авиационный инцидент, авиационный инцидент⁸. Эксплуатанты ВС в целях реализации превентивного управления БП вводят в СУБП еще понятие «отклонения» – события (ситуации), не относящиеся к авиационным событиям, определяемым в ПРАПИ-98, но обусловленные влиянием ФО, т. е. «предвестники инцидентов» [5, с. 42] или не состоявшиеся либо сокрытые инциденты: нарушения технологии работы экипажем, выход параметров за границы рекомендуемых значений, отказы авиатехники в полете, неблагоприятное влияние внешних условий [5, 6].

Классификацию тяжести последствий возможных неблагоприятных событий удобно выполнить в соответствии с официальной классификацией авиационных событий, присвоив каждому виду событий фиксированные значения ущерба «С» [1]:

C_K – АПЧЖ (авиационная катастрофа);

$C_{Aв}$ – АПБЧЖ (авария);

$C_{СИ}$ – серьезный авиационный инцидент;

C_I – авиационный инцидент;

C_O – отклонение.

При такой классификации степени тяжести авиационных событий очевидно соотношение:

$$C_K > C_{Aв} > C_{СИ} > C_I > C_O.$$

Если оценивание риска для БП по серьезности последствий регламентировано четкой классификацией авиационных событий по их тяжести, то процедура оценивания вероятностной составляющей риска требует соответствующего методического обеспечения.

⁸ Правила расследования авиационных происшествий и инцидентов с гражданскими воздушными судами в Российской Федерации: утв. постановлением Правительства РФ от 18 июня 1998 г. № 609. М.: Авиаиздат, 1998. 140 с.

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ РИСКА

При отсутствии или недостатке статистических данных для получения оценки вероятности (частоты) событий каждой из перечисленных категорий, применяется метод экспертных оценок [7].

При наличии необходимых статистических данных о событиях и «отклонениях» оценивание вероятностной составляющей риска может быть выполнено статистическим анализом. Как правило, события категории «отклонение» происходят и должны регистрироваться в корпоративной базе данных любого эксплуатанта ВС России (как минимум – в результате обработки и анализа полетной информации) в количестве, достаточном для вычисления статистической вероятности (частоты) отклонений даже при ежемесячном оценивании.

У ведущих эксплуатантов ВС России, т. е. у десятка авиакомпаний-лидеров, на долю которых приходится более 90 % авиаперевозок, среднее количество авиационных инцидентов, происходящих в месяц, тоже вполне достаточно для ежемесячного статистического анализа, т. е. частота инцидентов может вычисляться прямым оцениванием.

Серьезные инциденты, АПБЧЖ и АПЧЖ, в силу малой выборки за месяц, квартал и даже год, невозможно оценить прямыми вычислениями, поэтому для оценивания вероятности более тяжелых событий через условную вероятность развития такого события из событий меньшей тяжести, происходящих с большей частотой, целесообразно применить нелинейные косвенные измерения [8].

С учетом того, что каждый раз оценка вероятности более тяжелого события вычисляется либо через статистическую вероятность (частоту) этого типа событий по факту (если события этого типа имели место в оцениваемом периоде), либо через вычисленную статистическую вероятность события менее тяжелого типа и условную вероятность развития более тяжелого события [9], если имело место событие менее тяжелое.

На основе правил оценки вероятности по частоте событий при известной условной вероятности, получены формулы для вычисления вероятности авиационных событий каждого типа тяжести [10]:

$$\hat{P}_{Откл} = \frac{1}{N} \{a_{Откл}\}, \quad (1)$$

$$\hat{P}_{И} = \frac{1}{N} \{a_{И}\}, \quad (2)$$

$$\hat{P}_{СИ} = \frac{1}{N} \max \{a_{СИ}, (a_{И-чФ} P_{СИ/И-чФ} + a_{И-ВС} P_{СИ/И-ВС} + a_{И-Ср} P_{СИ/И-Ср})\}, \quad (3)$$

$$\hat{P}_{Ав} = \frac{1}{N} \max \left\{ a_{Ав}, \max \left\{ \begin{array}{l} (a_{СИ-чФ} P_{Ав/СИ-чФ} + a_{СИ-ВС} P_{Ав/СИ-ВС} + a_{СИ-Ср} P_{Ав/СИ-Ср}), \\ (a_{И-чФ} P_{Ав/И-чФ} + a_{И-ВС} P_{Ав/И-ВС} + a_{И-Ср} P_{Ав/И-Ср}) \end{array} \right\} \right\}, \quad (4)$$

$$\hat{P}_{К} = \frac{1}{N} \max \left\{ a_{К}, \max \left\{ \begin{array}{l} a_{Ав} P_{К/Ав}, (a_{СИ-чФ} P_{К/СИ-чФ} + a_{СИ-ВС} P_{К/СИ-ВС} + a_{СИ-Ср} P_{К/СИ-Ср}), \\ (a_{И-чФ} P_{К/И-чФ} + a_{И-ВС} P_{К/И-ВС} + a_{И-Ср} P_{К/И-Ср}) \end{array} \right\} \right\}, \quad (5)$$

где N – количество выполненных за оцениваемый период полетов (часов налета);
 $a_{Откл}$ – количество отклонений в полетах за оцениваемый период, представляющих собой факторы опасности;

a_{II} – количество зарегистрированных авиационных инцидентов;

$a_{СИ}$ – количество серьезных инцидентов;

$a_{II-ЧФ}$, $a_{II-ВС}$, $a_{II-Ср}$ – количество инцидентов соответственно по «ЧФ»/«Экипажу», «ВС» (технике), среде;

$P_{СИ/II-ЧФ}$, $P_{СИ/II-ВС}$, $P_{СИ/II-Ср}$ – условная вероятность серьезного инцидента, если имел место инцидент соответственно по «ЧФ»/«Экипажу», «ВС» (технике), среде;

$a_{СИ-ЧФ}$, $a_{СИ-ВС}$, $a_{СИ-Ср}$ – количество серьезных инцидентов соответственно по «ЧФ»/«Экипажу», «ВС» (технике), среде;

$a_{Ав}$ – количество аварий;

$P_{Ав/СИ-ЧФ}$, $P_{Ав/СИ-ВС}$, $P_{Ав/СИ-Ср}$ – условная вероятность аварии, если имел место серьезный инцидент соответственно по «ЧФ», «ВС», среде;

$P_{К/СИ-ЧФ}$, $P_{К/СИ-ВС}$, $P_{К/СИ-Ср}$ – условная вероятность катастрофы, если имел место серьезный инцидент соответственно по «ЧФ», «ВС», среде;

$P_{К/II-ЧФ}$, $P_{К/II-ВС}$, $P_{К/II-Ср}$ – условная вероятность катастрофы, если имел место инцидент соответственно по «ЧФ», «ВС», среде;

a_K – количество авиакатастроф за оцениваемый период.

Условные вероятности могут вычисляться по параметрам «пирамид риска», подлежащим периодической коррекции, необходимость которой обусловлена динамикой состояния авиационно-транспортной системы (АТС) в государстве.

Частные «пирамиды рисков», отражающие соотношения количества событий разного типа тяжести по группам причинных факторов «ЧФ»/«Экипажу», «ВС» (технике) и среде, откорректированные по новой статистике авиационных событий с самолетами коммерческой авиации с максимальным взлетным весом более 10 тонн в период 2010–2016 годов, отражают соотношения «АПЧЖ» – «АПБЧЖ» – «серьезные авиационные инциденты» – «авиационные инциденты» в следующем виде [11]:

1 : 2,2 : 14,5 : 193 – по группе «Человеческие факторы» (ЧФ);

1 : 0,3 : 16,7 : 1714 – по группе причинных факторов «ВС»;

1 : 1,7 : 17 : 803 – по группе причинных факторов «Среда».

С учетом полученных соотношений формулы (3)–(5) принимают вид

$$\hat{P}_{СИ} = \frac{1}{N} \max \left\{ a_{СИ}, (0,075 \cdot a_{II-ЧФ} + 0,0097 \cdot a_{II-ВС} + 0,021 \cdot a_{II-Ср}) \right\}, \quad (6)$$

$$\hat{P}_{Ав} = \frac{1}{N} \max \left\{ a_{Ав}, \max \left\{ \begin{array}{l} (0,15 \cdot a_{СИ-ЧФ} + 0,017 \cdot a_{СИ-ВС} + 0,10 \cdot a_{СИ-Ср}), \\ (0,011 \cdot a_{II-ЧФ} + 0,00018 \cdot a_{II-ВС} + 0,0021 \cdot a_{II-Ср}) \end{array} \right\} \right\}, \quad (7)$$

$$\hat{P}_K = \frac{1}{N} \max \left\{ a_K, \max \left\{ \begin{array}{l} (0,59 \cdot a_{Ав}, (0,069 \cdot a_{СИ-ЧФ} + 0,06 \cdot a_{СИ-ВС} + 0,059 \cdot a_{СИ-Ср}), \\ (0,0052 \cdot a_{II-ЧФ} + 0,00058 \cdot a_{II-ВС} + 0,0012 \cdot a_{II-Ср}) \end{array} \right\} \right\}. \quad (8)$$

Согласно рекомендации ИКАО, из имеющегося набора значений уровня риска следует выбирать максимальное.

Для определения максимального значения индекса риска может быть использована обновленная и апробированная в СУБП авиакомпании «ЮТэйр» матрица оценки рисков, построенная на базе «матрицы индекса риска» ИКАО, адаптированная к процессу управления уровнем риска:

- строка «степень тяжести» («оценка серьезности») приведена к авиационным событиям по российской классификации, согласно ПРАПИ-98;
- столбец «вероятность», ранжированный по шкале качества, заменен на шкалу диапазонов количественных оценок вероятности;
- буквенно-цифровая индексация оценки риска, затрудняющая выполнение процедуры сравнительной оценки уровня риска при его регулировании, продублирована цифровой индексацией по 25-балльной шкале (рис. 1).

Вероятность		Степень тяжести (оценка серьезности)				
Правдоподобность (likelihood)	Вероятность (probability)	1 Незначительная (отклонение, несоответствие)	2 Небольшая (инцидент)	3 Средняя (серьезный инцидент)	4 Значительная (авария)	5 Катастрофическая (катастрофа)
A. Должно произойти/ часто происходит	Часто до 10^{-3} (более 100 событий на 100 тыс. часов налета)	1A Умеренный 5	2A Умеренный 10	3A Высокий 15	4A Экстремальный 20	5A Экстремальный 25
B. Скорее всего произойдет/ происходит время от времени	Редко от 10^{-4} до 10^{-3} (от 10 до 100 событий на 100 тыс. часов налета)	1B Низкий 4	2B Умеренный 8	3B Умеренный 12	4B Высокий 16	5B Экстремальный 20
C. Может произойти/ весьма редко может произойти	Вероятно от 10^{-5} до 10^{-4} (от 1 до 10 событий на 100 тыс. ч. налета)	1C Низкий 3	2C Умеренный 6	3C Умеренный 9	4C Умеренный 12	5C Высокий 15
D. Вряд ли произойдет/ маловероятно, что произойдет	Мало вероятно от 10^{-6} до 10^{-5} (от 1 до 10 событий на 1 млн. ч. налета)	1D Ничтожный 2	2D Низкий 4	3D Умеренный 6	4D Умеренный 8	5D Умеренный 10
E. Вероятность крайне мала	Крайне маловероятно от 10^{-7} до 10^{-6} (от 1 до 10 событий на 10 млн. ч. налета)	1E Ничтожный 1	2E Ничтожный 2	3E Низкий 3	4E Низкий 4	5E Умеренный 5

Рис. 1. Матрица оценки уровня риска
Fig. 1. Risk assessment matrix

Порядок оценивания риска для БП по совокупности факторов опасности следующий.

1. За анализируемый период эксплуатации из базы данных СУБП эксплуатанта ВС выбирается: количество полетов N , количество событий каждого типа («отклонение» – «инцидент» – «серьезный инцидент» – «авария» – «катастрофа») по каждой группе причинных факторов «ЧФ»/«Экипаж», «ВС» (техника), «Среда».

2. Вычисляются оценки вероятности каждого типа авиационных событий по формулам (1), (2), (6), (7), (8).

3. По матрице оценки риска выбираются значения индекса риска каждого типа авиационных событий (по строкам «вероятность»).

4. Выбирается максимальное значение из оценок риска, полученных в п. 3. Данное значение риска оценивается на приемлемость: приемлемый – допустимый – неприемлемый (соответственно: «зеленый» – «желтый» – «красный»).

При получении неприемлемого уровня риска целенаправленность управляющих воздействий обеспечивается посредством процедуры частного (дифференцированного) оценивания уровня риска по отдельным факторам (группам) или типам ВС. По изложенной методологии количественное оценивание риска может выполняться:

– по всей совокупности факторов опасности (интегральная оценка) в авиакомпании (по всему парку ВС, эксплуатируемых авиакомпанией);

– по совокупности факторов опасности по отдельным типам эксплуатируемых ВС;

– по отдельным, наиболее значимым, факторам, обуславливающим риск для БП в авиакомпании;

– по отдельным группам причинных факторов («ЧФ»/«Экипаж», «ВС» (техника), «Среда») в авиакомпании;

– по отдельным группам причинных факторов по отдельным типам ВС [1].

Управленческие воздействия по снижению (минимизации) уровня риска направляются на наиболее значимые факторы опасности. Укреплять необходимо в первую очередь наиболее «тонкое звено» в эксплуатируемой АТС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методология количественного оценивания уровня риска для БП разработана в соответствии в корпоративной Программой развития СУБП эксплуатанта ВС, эксплуатирующего самолеты с минимальным взлетным весом более 10 тонн, и обеспечивает выполнение требований Постановления Правительства РФ от 18.11.2014 № 1215 всеми эксплуатантами указанных типов ВС как отечественного, так и зарубежного производства. Для внедрения методологии в вертолетном сегменте необходимо и достаточно выполнить статистический анализ авиационных событий с вертолетами по каждой группе причинных факторов «ЧФ», «ВС», «Среда» по методике синтеза и коррекции «пирамиды риска» [11]. Сохраняются основные обязательные требования по информационному обеспечению: исключение фактов сокрытия авиационных событий, объективная классификация всех авиационных событий по их тяжести и однозначное достоверное определение причинных факторов [12].

Область применения методологии может быть расширена до СУБП всех поставщиков авиационных услуг при учете соответствующей специфики предоставляемых услуг для идентификации факторов опасности по направлениям деятельности. Расширение области применения методологии в указанном направлении представляется как инструмент интеграции СУБП эксплуатанта ВС с элементами СУБП остальных поставщиков авиационных услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гузий А.Г., Лушкин А.М.** Теория и практика управления риском для безопасности полетов // Труды Общества независимых расследователей авиационных происшествий. 2014. Вып. 26. С. 139–143.

2. **Дерябин Ю.Д.** Основы метрологии, стандартизации и измерительная техника. М.: Воениздат, 1977. 271 с.

3. **Шаров В.Д.** Методология управления риском безопасности полетов на уровне авиапредприятия: дис. ... доктора технических наук. М.: МГТУ ГА, 2016. 285 с.

4. **Nisula J.** Operational risk assessment next generation methodology [Электронный ресурс] // EASA – European Union Aviation Safety Agency. 2009. Режим доступа: <http://www.easa.europa.eu/essi/documents/> (дата обращения: 01.12.2016).
5. **Зубков Б.В., Прозоров С.Е.** Методический подход к систематизации данных при оценке риска в управлении безопасностью полетов авиакомпании // Материалы открытой научно-практической конференции авиакомпании «ТРАНСАЭРО» 23 октября 2008 г. «Разработка и внедрение корпоративной системы управления безопасностью полетов». 2009. С. 42.
6. **Зубков Б.В., Прозоров С.Е.** Безопасность полетов: учебник. М.: МГТУ ГА, 2011. 456 с.
7. **Майорова Ю.А.** Аппарат экспертного анализа в процедурах управления состоянием сложных динамических систем // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и перспективы развития. М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2017. С. 2344–2351.
8. **Тартаковский Д.Ф., Ястребов А.С.** Метрология, стандартизация и технические средства измерений: учебник. М.: Высшая школа, 2001. 205 с.
9. **Осташкевич В.А.** Общий подход к количественной оценке безопасности полетов // Проблемы безопасности полетов. 2006. № 9.
10. **Вентцель Е.С.** Теория вероятностей: учебник. 8-е изд., стер. М.: Высшая школа, 2002. 575 с.
11. **Гузий А.Г., Лушкин А.М., Фокин А.В.** Методология синтеза и коррекции «пирамиды риска» в самолетном сегменте коммерческой авиации России // Научный Вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21, № 4. С. 8–16. DOI:10.26467/2079-0619-2018-21-4
12. **Майорова Ю.А.** Соотношение человеческого и организационного фактора аварийности в коммерческой авиации России // Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки: сб. тезисов докладов V Международной научно-практической конференции «АВИАТОР», Воронеж, 15–16 февраля 2018 г. 2018. С. 106–108.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гузий Анатолий Григорьевич, доктор технических наук, профессор, заместитель директора по управлению безопасностью полетов ПАО «Авиакомпания «ЮТэйр», anatoliy.guziy@utair.ru.

Капустин Александр Григорьевич, кандидат технических наук, профессор Белорусской государственной академии авиации, kapustin2649@mail.ru.

Лушкин Александр Михайлович, кандидат технических наук, доцент кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности Московского государственного технического университета гражданской авиации, alexandr.lushkin@utair.ru.

Фокин Андрей Владимирович, специалист 1-го разряда Департамента транспортной безопасности и специальных программ Министерства транспорта Российской Федерации, fokinav@mintrans.ru.

QUANTITATIVE RISK ESTIMATION METHODOLOGY FOR FLIGHT SAFETY IN AIRLINE SEGMENT OF COMMERCIAL AVIATION

Anatoliy G. Guziy¹, Alexandr G. Kapustin², Alexandr M. Lushkin³,
Andrey V. Fokin⁴

¹UTair Aviation, Tjumen, Russia

²Belarusian State Academy of Aviation, Minsk, Belarus

³Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia

⁴Ministry of Transport of the Russian Federation, Moscow, Russia

ABSTRACT

According to the requirements of the international and state regulatory documents, all aircraft operators (AC) must have implemented and constantly evolving safety management systems (SMS). The functions of the SMS can be divided into two control profiles: flight safety assurance (FSA) and risk management (RM). If the procedures for the FSA control profile can be considered studied and implemented under operating conditions, the RM profile needs its terms to be definite as well as unambiguous and it also needs the scientific and methodological provision of mandatory procedures common to all aircraft operators. In order to avoid ambiguities in the presentation and implementation of the RM process, this article provides the basic standard definitions used in the presented methodology for quantitative risk assessment. The methodology envisages estimating the probability of an aviation event of a certain type (severity) in two ways: either through the statistical probability (frequency) of this type of events after the fact (if the events took place in the estimated period); or through the calculated statistical probability of an event of a less serious type and the conditional probability of the progress of a more serious event. In the formulas given for calculating the probabilities, a previously developed method of indirect estimation of the probability of accidents was used and the ratios of the number of events of different types of severity for each group of causal factors updated to the new statistics: "Human factor", "AC" and "Environment". In order to quantify the level of risk, an updated risk assessment matrix has been proposed and approved in the UTair airline SMS based on the ICAO matrix adapted to control risk management for the FSA. The methodology ensures the fulfillment of the requirements of the Government Decree dated November 18, 2014 No. 1215 by all aircraft operators, its scope can be extended to the SMS of all aviation service providers, taking into account the relevant specifics of the services provided.

Key words: safety management system, risk management, causal factors, event probability, risk level, risk matrix.

REFERENCES

1. Guzij, A.G. and Lushkin, A.M. (2014). *Teoriya i praktika upravleniya riskom dlya bezopasnosti poletov* [Theory and practice of risk management for flights safety]. *Trudy Obshchestva nezavisimykh rassledovateley aviatsionnykh proisshestviy* [Proceedings of the Society of the aviation independent investigators], vol. 26, pp. 139–143. (in Russian)
2. Deriabin, Yu.D. (1977). *Osnovy metrologii, standartizatsii i izmeritelnaya tekhnika* [Fundamentals of Metrology, standardization and measurement technology]. Moscow: Voenizdat, 271 p. (in Russian)
3. Sharov, V.D. (2016). *Metodologiya upravleniya riskom bezopasnosti poletov na urovne aviapredpriyatiya* [Methodology of the airline flight safety risk management]: *dis. na soiskaniye uch. stepeni doktora tekhn. nauk* [A thesis for the Degree of the Doctor of the Technical Sciences]. Moscow: MSTUCA, 2016. 285 p. (in Russian)
4. Nisula, J. (2009). *Operational risk assessment next generation methodology* [Electronic resource]. URL: <http://www.easa.europa.eu/essi/documents/> (accessed 01.12.2016).
5. Zubkov, B.V. and Prozorov, S.E. (2009). *Metodicheskiy podkhod k sistematizatsii danih pri otsenke riska v upravlenii bezopasnostyu poletov aviakompanii* [Methodological approach to systematization of data in risk assessment in airline safety management]. *Materialy otkrytoy nauchno-prakticheskoy konferentsii aviakompanii «TRANSAERO» 23 oktyabrya 2008 g. «Razrabotka i vnedreniye korporativnoy sistemy upravleniya bezopasnostyu poletov»* [Materials of open Sci.-Pract.

Conf. of "TRANSAERO" airline. "Development and implementation of corporate system of safety management" on October 23, 2008], p. 42. (in Russian)

6. **Zubkov, B.V. and Prozorov, S.E.** (2011). *Bezopasnost poljotov* [Flight safety]. *Uchebnik* [Textbook]. Moscow: MSTUCA, 456 p. (in Russian)

7. **Maierova, Yu.A.** (2017). *Apparat ekspertnogo analiza v protsedurakh upravleniya sostoyaniyem slozhnykh system* [The Apparatus of expert analysis in processes of complex dynamic problems]. *Fundamentalnyye i prikladnyye issledovaniya sovremennoy psikhologii: rezultaty i perspektivy razvitiya* [Fundamental and applied research of modern psychology: results and prospects of development]. Moscow: Izd-vo «Institut psikhologii RAN», pp. 2344–2351. (in Russian)

8. **Tartakovsky, D.F. and Yastrebov, A.S.** (2001). *Metrologiya, standartizatsiya i tehniche-skiye sredstva izmereniy* [Metrology, standardization and technical measuring instruments]. *Uchebnik* [Textbook]. Moscow: Vysshaya shkola, 205 p. (in Russian)

9. **Ostashkevich, V.A.** (2006). *Obshchiy podkhod k kolichestvennoy otsenke bezopasnosti poletov* [A General approach to the quantitative assessment of flight safety]. *Problemy bezopasnosti poletov* [Flight Safety Problems], no. 9. (in Russian)

10. **Ventzel, E.S.** (2002). *Teoriya veroyatnostey* [Probability Theory]. *Uchebnik* [Textbook]. 8-e izd., stereotip. [8th ed.]. Moscow: Vysshaya shkola, 575 p. (in Russian)

11. **Guziy, A.G., Lushkin, A.M. and Fokin, A.V.** (2018). The methodology for the synthesis and correction of the "risk pyramids" in the airplane segment of commercial aviation of Russia. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 21, no. 4, pp. 8–16. DOI:10.26467/2079-0619-2018-21-4 (in Russian)

12. **Maierova, Yu.A.** (2018). *Sootnosheniye chelovecheskogo i organizatsionnogo faktora avariynosti v kommercheskoy aviatsii Rossii* [The Ratio of human and organizational factors of accidents in commercial aviation in Russia]. *Aktualnyye voprosy issledovaniy v avionike: teoriya, obsluzhivaniye, razrabotki: sb. tezisov dokladov V Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «AVIATOR», Voronezh, 15–16 fevraliya 2018 g.* [Current issues of avionics research: theory, service, developments: collection of abstracts of 5th international scientific-practical conference "AVIATOR", Voronezh, February 15–16, 2018], pp. 106–108. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Anatoliy G. Guziy, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy Director for Flight Safety Management of "UTair Aviation", anatoliy.guziy@utair.ru.

Aleksandr G. Kapustin, Candidate of Technical Sciences, Professor, Belarusian State Academy of Aviation, kapustin2649@mail.ru.

Aleksandr M. Lushkin, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of Flight and Life Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, alexandr.lushkin@utair.ru.

Andrey V. Fokin, Specialist of the 1-st Category of the Transport Ministry of the Russian Federation, fokinav@mintrans.ru.

Поступила в редакцию 30.11.2018
Принята в печать 23.07.2019

Received 30.11.2018
Accepted for publication 23.07.2019