УДК 629.735.33:004.021
DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-3-42-56

ОБ УПРАВЛЕНИИ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

В.Д. ШАРОВ[1], Б.П. ЕЛИСЕЕВ[1], П.М. ПОЛЯКОВ[1]
[1]Московский государственный технический университет гражданской авиации, г. Москва, Россия

Развитие рынка беспилотной авиации сдерживается недостатками нормативно-правового регулирования этого сегмента авиации. Это в полной мере относится и к важнейшему аспекту деятельности – управлению безопасностью полетов. В соответствии со Стандартами и Рекомендуемой практикой ИКАО и Воздушного законодательства РФ наличие систем управления безопасностью полетов (СУБП) является обязательным, в том числе для эксплуатантов, разработчиков и изготовителей воздушных судов, авиационных двигателей и воздушных винтов. Однако это требование не распространяется в полной мере на организации, занимающиеся проектированием, изготовлением и эксплуатацией беспилотных авиационных систем (БАС). В то же время использование БАС в различных сферах хозяйственной деятельности связано со значительными и разноплановыми рисками для пилотируемых воздушных судов, а также транспортных средств, людей и важных объектов инфраструктуры на земле. В статье проанализирована текущая ситуация с нормативным регулированием в части разработки и внедрения СУБП в сегменте беспилотной авиации на международном и государственном уровне и перспективы ее совершенствования. Как показывает опыт, наибольшие методологические проблемы при разработке и внедрении СУБП в различных организациях – поставщиках авиационных услуг связаны с выбором, внедрением и применением методов управления рисками для безопасности, которые для эксплуатации БАС имеют существенные особенности. С учетом ожидаемого в ближайшем будущем принятия требований к СУБП для таких организаций рассмотрены некоторые передовые практики по управлению риском для безопасности полетов в данной сфере деятельности.

Ключевые слова: беспилотные авиационные системы (БАС), беспилотные воздушные суда (БВС), управление риском для безопасности полетов.

ВВЕДЕНИЕ

Беспилотная авиация становится все более заметной частью авиационной деятельности. По разным данным, объем мирового рынка беспилотных воздушных судов (БВС) в 2020 году составлял от $11,2 млрд до $19,3 млрд[1,2,3,4]. Доля России – около 2 % в денежном выражении и 0,3 % в количественном. Российская Федерация пока не входит в первую десятку стран по числу БВС.

Прогнозируется, что к 2035 году этот рынок достигнет 200 млрд долларов, а доля России в нем составит свыше 35–40 млрд (около 20 %) [1]. Над территорией Российской Федерации к 2035 году могут находиться в воздухе 100 тыс. БВС, объединенных в единую систему. Области применения – самые разнообразные, от сельского хозяйства до транспортировки больных[2] [2].

Масштабному развитию рынка беспилотной авиации препятствует несовершенство регулирования и инертность принятия нормативных актов. Планы, заложенные в Транспортной стратегии РФ до 2030 года, п. 124 «Создание нормативно-правовой базы сертификации и экс-

---

[1] UAS Vision an Independent Global Forum for the Unmanned Aircraft Systems Community [Электронный ресурс] // UAS Vision. URL: https://www.uasvision.com/readership-statistics/ (дата обращения: 21.02.2021).

[2] Рынок беспилотников в мире и в России: интерес к дронам растет с каждым годом [Электронный ресурс] // АгроXXI. Агропромышленный портал. URL: https://www.agroxxi.ru/selhoztehnika/stati/rynok-bespilotnikov-v-mire-i-v-rossii-interes-k-dronam-rastet-s-kazhdym-godom.html (дата обращения: 21.02.2021).

[3] AERONEXT Авиация будущего Что может UTM концепция? Мировая практика и перспективы в России [Электронный ресурс] // Aeronext. Авиация будущего. URL: https://aeronext.aero/press_room/analytics/251831 (дата обращения: 21.02.2021).

[4] Анализ существующего состояния международного рынка применений беспилотных авиационных систем гражданского назначения [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. URL: https://russiandrone.ru/publications/1-analiz-sushchestvuyushchego-sostoyaniya-mezhdunarodnogo-rynka-primeneniy-bespilotnykh-aviatsionnykh/ (дата обращения: 21.02.2021).

плуатации гражданских БВС» и в распоряжении Правительства РФ 2018 года не реализованы[5]. Деятельность Рабочей группы по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров, созданной в 2017 году решением президиума Совета при Президенте РФ, не в полной мере соответствует ожиданиям.

Полеты БВС порождают широкий спектр источников опасности для гражданской авиационной системы, подробно проанализированных в обзорной статье [3]. Эти источники опасности необходимо идентифицировать и снизить угрозы для БП по аналогии с тем, как это происходит при внедрении измененной структуры воздушного пространства, нового оборудования или процедур. Современный подход к решению этой задачи предполагает управление БП как на государственном уровне, так и на уровне поставщика услуг посредством внедрения систем управления безопасностью полетов (СУБП).

В настоящее время ощущается неопределенность в нормативных требованиях к СУБП для эксплуатантов и изготовителей БВС и недостаток рекомендаций по их разработке. Это определяет актуальность анализа ситуации и изучения передовых практик в этой области.

НОРМАТИВНОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ПОЛЕТОВ ЭКСПЛУАТАНТОВ БАС В ДОКУМЕНТАХ ИКАО И РФ

Основополагающей для формирования современной нормативной базы по безопасной эксплуатации БВС является статья 8 «Беспилотные воздушные суда» Конвенции о международной ГА. Согласно этой статье, для полета БВС над территорией государства необходимо разрешение этого государства, и при этом должен обеспечиваться контроль, исключающий опасность для гражданских ВС. 11-я Аэронавигационная конференция[6] в 2003 году одобрила глобальную эксплуатационную концепцию организации воздушного движения, в которой сформулировано определение «Беспилотный летательный аппарат» (БЛА), но в современном понимании к БЛА относятся также и беспилотные аэростаты (по Приложению 7)[7]. Видимо, поэтому с 2011 года, после выхода Циркуляра 328[8], вместо термина БЛА в документах ИКАО используется термин *«Беспилотное воздушное судно (БВС)»*, как воздушное судно (ВС), которое предназначено выполнять полет без пилота на борту.

В циркуляре приведены еще три понятия: *«Беспилотная авиационная система (БАС)»*, *«Дистанционно пилотируемое воздушное судно (ДПВС)»* и *«Дистанционно пилотируемая авиационная система (ДПАС)»*. В Руководстве по ДПАС[9] 2015 года также присутствуют все четыре термина, однако в Приложениях 7 и 2[10], которые, в отличие от циркуляров и руководств, содержат Стандарты и Рекомендуемую практику ИКАО (SARPs), отсутствует определение ДПВС и ДПАС, хотя в тексте этих приложений они используются.

В Воздушном Кодексе РФ имеются только два определения: БВС и БАС, причем формулировки отличаются от принятых в ИКАО.

Отметим ГОСТ Р ГОСТ Р 57258-2016[11], в котором присутствуют все четыре определения, но они не соответствуют ни ИКАО, ни ВК РФ и, видимо, представляют собой перевод из неуказанного иностранного документа.

---

[5] Распоряжение Правительства РФ от 3.04 2018 № 576-р Об утверждении Плана мероприятий («Дорожной карты») по совершенствованию законодательства и устранению административных барьеров в целях обеспечения реализации плана мероприятий Национальной технологической инициативы по направлению «Аэронет».

[6] ANConf/11, Монреаль, 22 сентября – 3 октября 2003 г. 4 с.

[7] Национальные и регистрационные знаки воздушных судов. Приложение 7 к Конвенции о международной ГА. 6-е изд. // ИКАО, 2012. 22 с.

[8] Беспилотные авиационные системы (БАС). Cir 328 AN/100 // ИКАО, 2011. 48 с.

[9] Doc, 10019 AN/507: Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС). 1-е изд. // ИКАО, 2015, 190 с.

[10] Правила полетов. Приложение 2 к Конвенции о международной ГА. 10-е изд. // ИКАО, 2005, 104 с.

[11] ГОСТ Р 57258-2016. Системы беспилотные авиационные. Термины и определения. 2017 г.

Классификация

Общепринятой международной классификации ДПАС (БАС) или ДПВС (БВС) нет, а неопределенность терминологии создает дополнительные трудности. На 37 Сессии юридического комитета ИКАО[12] заявлено, что в 43 государствах отмечены расхождения в определениях и классификации ДПАС и (или) БАС. На портале «Российские беспилотники»[13] приведена классификация БАС, разработанная группой ИКАО, в зависимости от максимальной взлетной массы БВС, входящих в БАС (табл. 1).

Таблица 1
Table 1

Классификация БАС[13]
UAS classification, the ICAO project[13]

Категория	Вес БВС, кг	Уровень регулирования
Малые БАС	До 25	Национальный
Легкие БАС	25–150	Национальный
БАС	Более 150	ИКАО, наднациональный

Подробно вопросы классификации БАС рассмотрены в ряде работ, например в [4, 5]. Помимо классификации по весу, к другим критериям для разбивки БАС по категориям относятся назначение, тип полета, двигателя, крыла, систем управления и другие параметры. Наконец, на портале AERONEXT[14] приведена информация о проекте классификации с разбиением на шесть категорий, одобренном Росавиацией в 2018 году.

На начало 2021 года в Российской Федерации официальной классификации БАС нет, хотя ФЗ от 03.07.2016 № 291-ФЗ определил граничные значения 0–0,25 кг и 0,25–30 кг максимальной взлетной массы. В соответствии со ст. 8 и 32 ВК РФ системы, включающие БВС с максимальной взлетной массой более 30 кг, подлежат обязательной сертификации и государственной регистрации. БВС с максимальной взлетной массой от 0,25 до 30 кг подлежат учету по Правилам, утвержденным постановлением Правительства РФ от 25.05.2019 № 658, и по состоянию на 01.01.2020 их было учтено 14171[15].

Оставляя в стороне проблемы правового и юридического характера, рассмотренные в упомянутых выше источниках, остановимся на вопросах, связанных с СУБП.

Позиция ИКАО и РФ по СУБП эксплуатанта, разработчика и изготовителя БАС

На сегодня в SARPs ИКАО нет положений, предусматривающих непосредственную ответственность государства за наличие СУБП у эксплуатантов, а также у организаций – разработчиков и изготовителей БАС. В Приложениях 2 и 7, содержащих некоторые SARPs по особенностям эксплуатации БАС, нет никаких положений по СУБП. В Приложении 19[16] БВС упоминаются только в определении авиационного происшествия и в ссылке на Приложение 13[17], в котором отмечены особенности расследования авиационных событий с БВС.

[12] LC/37-WP/2-1 26/7/18. Монреаль, 4–7 сентября 2018 г. 19 с.
[13] Международная классификация БАС гражданского назначения [Электронный ресурс] // Российские беспилотники. URL: https://russiandrone.ru/publications/1-1-mezhdunarodnaya-klassifikatsiya-bas-grazhdanskogo-naznacheniya/ (дата обращения: 21.02.2021).
[14] Проект классификации БАС предложен ассоциацией «Аэронет» и одобрен в Росавиации [Электронный ресурс] // Aeronext. Авиация будущего. URL: https://aeronet.aero/press_room/news/091728 (дата обращения: 21.02.2021).
[15] Анализ состояния безопасности полетов в ГА РФ в 2019 г. Росавиация, 2020. 38 с.
[16] Управление безопасностью полетов. Приложение 19 к Конвенции о международной ГА. 2-е изд. // ИКАО, 2016. 44 с.
[17] Расследование авиационных происшествий и инцидентов. Приложение 13 к Конвенции о международной ГА. 11-е изд. // ИКАО, 2016. 74 с.

В Приложении 6[18] и в Приложении 8[19], в которых имеются Стандарты по СУБП эксплуатантов и изготовителей ВС, вообще нет упоминаний о БАС или БВС. Между тем, еще в Циркуляре 328 2011 года предусматривалось расширение Приложения 6 с целью включения БАС, в том числе и по требованиям к СУБП.

В Глобальном плане ИКАО по БП на период 2017–2019 годов ДПАС включены в число приоритетных направлений. В этом плане отмечено, что в 2007 году ИКАО создала Исследовательскую группу UASSG по БАС для разработки нормативно-правовой базы по безопасной интеграции БАС в несегрегированное воздушное пространство (то есть воздушное пространство, которое одновременно с БВС используют и пилотируемые ВС). В 2014 году Группа UASSG была преобразована в Группу экспертов (RPASP). Предполагалось, что будут разработаны SARPs по летной годности, производству полетов, сертификации эксплуатантов, выдачи пилотских свидетельств, организации воздушного движения, авиационной безопасности и защите окружающей среды. Выпуск этих положений должен был начаться в 2018–2020 годах. Известно, что в работе этих групп принимают участие и специалисты Российской Федерации. Однако на начало 2021 года о внедрении SARPs по беспилотной авиации информации нет. В Глобальном плане ИКАО по БП на период 2020–2022 годов ДПАС в число приоритетных направлений деятельности не входит.

Позиция ИКАО по нормативному регулированию деятельности беспилотной авиации, в том числе и в вопросах внедрения СУБП в организациях – поставщиках соответствующих услуг, пока сводится к предоставлению государствам рекомендаций, сбору информации, обобщению опыта. ИКАО разработала и предлагает к использованию в государствах несколько руководств по регулированию деятельности БАС[20], например, ICAO Model UAS Regulations, Part 101, 102, June 23, 2020 и ICAO Model UAS Regulations, Part 149, June 23, 2020. Эти рекомендуемые правила представляют собой сводку и изложение правил для БАС, действующих в Новой Зеландии, Австралии, Канаде и США.

Разработки нормативных документов по наиболее важным направлениям ведутся и в нашей стране. Например, подход к формированию структуры и содержания норм летной годности БАС описан в работе специалистов ЦАГИ [6], вопросам подготовки внешних пилотов и разработки соответствующей программы в МГТУ ГА посвящена статья [7].

Но особенностям СУБП эксплуатанта и изготовителя БАС пока достаточного внимания не уделяется. В Руководстве по ДПАС Doc. 10019 управлению БП посвящена глава 7. В этой главе указывается на связь данного документа с Приложением 19 и РУБП ИКАО[21]. Дано определение эксплуатанта ДПАС как лица, организации или предприятия, занимающегося эксплуатацией ДПАС. Поскольку государство требует внедрения СУБП поставщиком обслуживания, находящимся под его контролем, делается важный вывод о том, что эксплуатанты ДПАС должны разрабатывать СУБП. Указано, что эксплуатанты ДПАС, независимо от типа полетов, подлежат сертификации государством. Одно из сертификационных требований будет заключаться в наличии СУБП у эксплуатанта ДПАС.

При внедрении СУБП необходимо учитывать потенциальные последствия для БП из-за взаимного влияния внутренних и внешних субъектов авиационной системы (учет «интерфейсов» по РУБП ИКАО). Интеграция ДПВС в несегрегированное воздушное пространство требует проведения тщательной оценки эффективности обеспечения БП ДПАС.

Отмечена необходимость согласования плана действий в аварийной обстановке эксплуатанта с аналогичными планами организаций-партнеров. Указано, что эксплуатант ДПАС несет

[18] Эксплуатация ВС. Приложение 6 к Конвенции о международной ГА, ч. 1–3 // ИКАО, 2014–2016. 262 с.
[19] Летная годность ВС. Приложение 8 к Конвенции о международной ГА. 11-е изд. // ИКАО, 2010. 230 с.
[20] ICAO model UAS regulations [Электронный ресурс]. URL: https://www.icao.int/safety/UA/Documents/Final%20Model%20UAS%20Regulations3%20-%20Parts%20101%20and%20102.pdf (дата обращения: 15.01.2021).
[21] Doc. 9859: Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). 4-е изд. // ИКАО, 2018. 218 с.

ответственность за эффективность обеспечения БП при предоставлении продуктов и услуг подрядчиками, и их риски должны учитываться в СУБП эксплуатанта.

Воздушное законодательство РФ не содержит требований о наличии СУБП у эксплуатантов БАС. Они не включены в перечень поставщиков услуг в постановлениях Правительства РФ от 18.11.2014 № 1215 и от 15.03.2016 № 192. Этого требования пока нет и в ФАП, хотя по мере доработки ФАП-128 и ФАП-246 такие требования должны появиться.

Доступные документы ИКАО не содержат каких-либо указаний по необходимости наличия СУБП или рекомендаций по ее разработке в организациях разработчиков и изготовителей БАС, однако требование РФ о наличии СУБП у изготовителей БВС уже имеется в ФАП-21[22]. В соответствии с п. 21.125 и 21.139 этих ФАП изготовитель БВС, подавший Заявку на получение Сертификата одобрения производственной организации, обязан разработать СУБП и Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП) в соответствии с SARPs ИКАО из Приложения 19.

Таким образом, задача разработки и внедрения СУБП для разработчика и эксплуатанта СУБП является актуальной или станет таковой в ближайшее время.

Из опыта разработки СУБП известно, что наибольшие методологические проблемы связаны с реализацией второго компонента СУБП ИКАО – управления рисками для БП.

УПРАВЛЕНИЕ РИСКОМ ЭКСПЛУАТАНТА БАС В МЕЖДУНАРОДНОЙ ПРАКТИКЕ

Следует отметить, что риск для БП, определяемый Стандартом ИКАО Приложения 19 как «предполагаемая вероятность и серьезность последствий или результатов опасности» является прогнозной оценкой опасного события. В авиапредприятиях применяются различные методы оценки риска [8] в зависимости от особенностей их деятельности.

Методика оценки риска, рекомендуемая ФАУ (FAA) США

Рассмотрим построение системы управления риском для БП эксплуатанта БАС на основе рекомендаций приказа FAA 10/04/2019[23]. Предполагается, что сигналами для запуска процедуры управления риском могут быть проблемы и (или) планируемые изменения (табл. 2).

Таблица 2
Table 2

Сигналы, запускающие процедуру управления риском
Safety Risk Management Procedure Triggers

Проблемы БП (*Safety Issue*)			**Планируемое изменение *(Planned Change)***	
Потенциальные опасности (ассоциированные с событиями с БАС)	Неэффективное управление (ассоциированное с событиями с БАС)	Несоответствия (напр., невыполнение правил, относящихся к БАС)	Запрос на принятие соответствующих мер согласно применимым правилам эксплуатации БАС	Ввод новых/изменение действующих правил, относящихся к БАС

На следующем этапе составляется общий перечень факторов опасности (ФО), которые распределяются по группам, затем экспертами формируются сценарии возможных нежелательных событий и их вероятные последствия, а также существующие мероприятия (барьеры защиты) для снижения риска. Результаты представлены в табл. 3.

[22] Приказ Минтранса от 17.06.2019 № 184 Об утверждении ФАП «Сертификация авиационной техники, организаций разработчиков и изготовителей. Часть 21».
[23] U/S/ Department of Transportation FAA Order 8040.6 Eff Date 10/04/2019. 26 p.

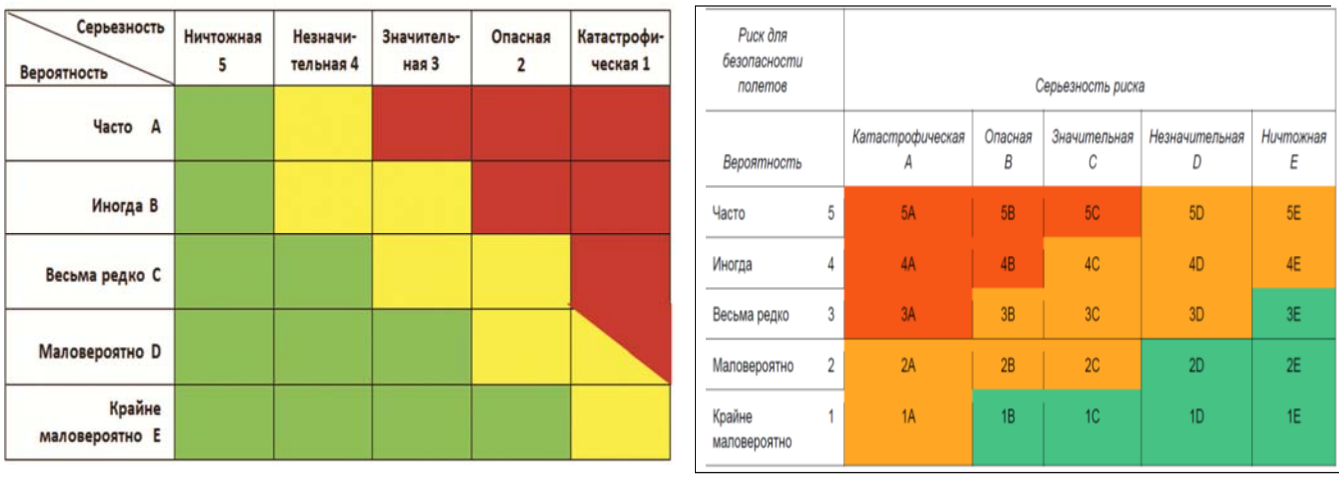
Процедура несколько отличается от рекомендованной в РУБП ИКАО. В соответствии с рекомендациями ИКАО оценка риска должна проводиться для каждого события, связанного с каким-либо ФО, а в документе FAA предлагается упрощенный подход, когда оценивается риск, связанный с группой ФО. При этом из трех возможных конечных событий (столкновение с пилотируемым ВС, столкновение с человеком или транспортным средством и с объектом на земле) не выделяется конкретное, а оценивается «общий риск» трех последствий.

Для оценки риска используется метод «матрицы последствий и вероятностей», рекомендованный РУБП ИКАО, но оценки вероятности и серьезности выражаются иначе.

Вероятность события оценивается нечеткой мерой возможности его возникновения, которой ставится в соответствие буква от A до E, а серьезность последствий события – нечеткой мерой серьезности события, которой ставится в соответствие цифра от 1 до 5. В РУБП ИКАО наоборот, вероятностям соответствуют цифры, а серьезности последствий – буквы.

Кроме того, итоговая матрица FAA отличается от матрицы ИКАО по количеству зеленых и желтых ячеек, по порядку расположения столбцов и наличию одной «смешанной» ячейки (рис. 1).

Хотя матрица ИКАО является рекомендацией, она выглядит более обоснованной. Например, оценка риска ничтожных последствий, но происходящих часто, как «зеленого» в матрице FAA выглядит спорной. И обозначения вероятности буквами, а серьезности цифрами непривычно для специалистов, привыкших к матрице ИКАО с 2006 года, и может вызывать дополнительную путаницу, как отмечено в статье [9].



a b

Рис. 1. Сравнение матриц документа FAA (a) и РУБП ИКАО (b)
Fig. 1. Comparison of FAA document matrix (a) and ICAO SMM matrix (b)

Таблица 3
Table 3

Структура факторов опасности, возможных событий, их последствий и мер защиты при эксплуатации БАС
Structure of hazards, possible events, their consequences, and mitigation measures during UAS operation

Группы ФО	Факторы опасности (ФО)	Промежуточные события	Меры защиты или смягчения последствий	Конечные опасные события
1	2	3	4	5
Технические проблемы с БАС	Отказы каких-либо технических компонентов БАС, которые приводят к отклонениям от плановой эксплуатации	– отказ двигателя; – сбои ПО; – отказ компьютера; – нарушение порядка действий; – потеря GPS-сигнала; – потеря радиосвязи; – уклонение БАС от маршрута; – отказ наземной станции; – отказ батареи электропитания; – неисправность авионики; – невозможность перенастройки C2	– оператор компетентен; – БАС изготовлена компетентной организацией; – БАС обслуживается компетентной организацией; – БАС разработана в соответствии со стандартами проектирования; – соответствие C2 требованиям*; – выполняется предполетная проверка БАС; – валидация эксплуатационных процедур; – удаленный экипаж обучен; – обеспечено безопасное восстановление после технической проблемы; – методы уменьшения кинетической энергии; – учет плотности заселения территории; – наличие плана действий в аварийной ситуации; – снижение эффекта от удара о землю; – наличие эффективных технических систем сдерживания; – применение парашюта/хрупкость конструкции	Столкновение БВС с пилотируемым ВС в воздухе. Столкновение БВС с человеком или транспортным средством на земле. Столкновение БВС с критически важным объектом инфраструктуры на земле
Ухудшение работы внешних систем поддержки БАС	Отказы компонента, не являющегося частью БАС, но поддерживающего его эксплуатацию	– деградация сигнала АЗН-В; – деградация сигнала GPS; – сбои в системе УВД БАС	– процедуры борьбы с ухудшением работы внешних систем, поддерживающих БАС; – БАС разработана так, чтобы справляться с ухудшением работы внешних систем; – внешние службы, поддерживающие эксплуатацию БАС, адекватны выполняемым операциям	

1	2	3	4	5
Ошибка человека	Отклонения от планируемых операций, вызванные в большей степени ошибками человека, чем отказами АТ	– ошибки пилота; – ошибки при ТО; – ошибки при подготовке, постановке задачи и планировании полетов; – неправильная загрузка; – полет при погоде хуже минимума	– эксплуатационные процедуры определены, утверждены и соблюдаются; – удаленный экипаж обучен и способен управлять особой ситуацией; – координация работы нескольких экипажей; – экипаж соответствует задаче, практика управления ресурсами экипажа; – автоматическая защита от ошибки человека, восстановление после ошибки; – оценка взаимодействия «человек – машина»	
Неблагоприятные условия эксплуатации	Эксплуатация в нерасчетных для БАС условиях, что приводит к отклонению от плана	– непрогнозируемое ухудшение погоды; – снижение видимости; – экстремальные климатические и топографические условия	– эксплуатационные процедуры установлены, утверждены и выполняются; – удаленный экипаж обучен выявлять критические внешние условия и избегать попадания в них; – условия безопасной эксплуатации определены, оцениваются и соблюдаются; – БАС спроектированы для эксплуатации в неблагоприятных условиях	
Невозможность обнаруживать и избегать	Эксплуатация за пределами зоны прямой видимости. При этом ограничены возможности БАС обнаружить конфликтующее ВС и выполнить процедуру приоритетности выбора маршрута в соответствии с правилами (FAR)	– отказ вторичного ответчика; – отказ канала связи «наблюдатель – пилот»; – опасное сближение с пилотируемым ВС; – невозможность «уступить дорогу» пилотируемому ВС; – полеты ВС АОН на малых высотах; – экипаж пилотируемого ВС не видит малое БВС; – ошибки экипажа; – ограничения на маневрирование БАС	– поддержание связи между наблюдателем и пилотом; – система обнаружения и избегания столкновения; – наблюдение за воздушным пространством полетов и прилегающим пространством; – учет времени суток; – ограничения района полетов; – ограничения по времени полетов; – использование малых высот; – системы предотвращения столкновения в службах УВД; – использование TCAS	Столкновение БВС с пилотируемым ВС в воздухе

* С2 – линия передачи данных между БАС и пунктом дистанционного пилотирования.

Порядок дальнейших действий по методике FAA:

– при «зеленом» уровне действий не требуется (аналогично рекомендациям ИКАО);

– «желтый» уровень является приемлемым; требуется только отслеживание и мониторинг (по ИКАО все-таки необходимо внедрить некоторые разумные меры);

– при «красном» риске необходимы срочные меры для выхода из «красной зоны» (аналогично рекомендациям ИКАО).

Далее в документе приводится конкретный пример использования методики. Рассматривается БВС максимальной взлетной массой 75 фунтов (33,8 кг), с бензиновым двигателем, оборудованный GPS- и АЗН-В приемником, парашютом на случай отказа двигателя или управления, аварийной системой электроснабжения. Указано, что БВС имеет 3000 часов успешных полетов. Предполагается использование БВС для мониторинга состояния линий энергоснабжения, на БВС установлена видеокамера.

Необходимость процедуры оценки риска связана с введением в эксплуатацию нового наземного радиолокатора.

Рассматривается влияние всех пяти групп ФО из табл. 3 и подробно раскрывается первая «Технические отказы БВС». Из этой группы рассматриваются ФО: «Отказ двигателя», «Ошибки ПО», «Потеря связи С2», «Уклонение от маршрута», «Отказ приемника GPS». Оценивается риск по всей группе ФО. Очевидно, считается, что объединение ФО, связанных с различными элементами технического оснащения БАС, не внесет большого искажения в оценку риска, но позволит сократить время и трудозатраты.

Вместе с тем анализируется каждый из ФО, например, для ФО «Отказ двигателя» анализ выглядит так. «Двигатель данного типа хорошо зарекомендовал себя на спортивных самолетах. Удаленный пилот и инженер контролируют параметры двигателя, при их выходе за пределы пилот посадит БВС в ближайшей зоне посадки. При отказе двигателя парашют раскрывается автоматически. Капитальный ремонт проводится не реже чем через 2000 часов наработки в соответствии с Руководством по ТО».

Тяжесть выбрана как «Опасная», цифра 2, хотя БВС имеет хрупкую хвостовую балку, парашют и функцию автоматической посадки.

Вероятность, что техническая проблема приведет к одному из трех указанных выше событий, оценена как «Маловероятно», D, поскольку ПО сертифицировано по DO-178B[24], двигатель проверен, связь С2 протестирована. В районе выполняются редкие полеты только авиации общего назначения.

Риск при существующих мерах безопасности определяется как 2D – «желтый». Хотя в этом случае, с позиции FAA, достаточно мониторинга ситуации, предлагаются мера в виде ограничения количества полетов до трех в неделю. В результате вероятность события снижается до «Крайне маловероятно», E, и риск становится «зеленым».

Документирование процедуры в документе проводится с использованием нескольких таблиц, но для удобства они могут быть объединены в одну (табл. 4).

Отметим, что в данном примере не рассматривается столкновение двух ПВС. Авторы подробного обзора [3] считают, что события такого типа также должны учитываться при оценке эксплуатационных рисков БАС.

Оценка риска столкновения БВС с пилотируемым ВС

Рассмотрим кратко характеристики такого риска и подход к управлению им по документу авиационных властей Великобритании[25].

Возможные варианты развития событий при сближении БВС и пилотируемого ВС приведены на рис. 2, заимствованном из рассматриваемого документа.

[24] DO-178B – Стандарт RTCA Inc. на разработку бортовой аппаратуры.
[25] CAP 1627 Drone Safety Risk: An Assessment. CAA, 2018. 35 p.

Таблица 4
Table 4

Формат документирования процедуры FAA в единой таблице
FAA procedure documentation format in the single table

Фактор опасности	**Возможные события**	**Существующие защиты**	**Серьезность**	**Вероятность**	**Риск**	**Дополнительные меры**	**Остаточный риск**
Технический отказ на борту БВС: – отказ двигателя; – ошибка ПО; – потеря связи с внешним пилотом; – уклонение от маршрута; – отказ приемника GPS	– столкновение между БВС и пилотируемым ВС в воздухе; – столкновение между БАС и человеком или транспортным средством на земле; – столкновение между БАС и важным объектом инфраструктуры на земле	– двигатель надежен; – есть парашют; – ПО сертифицировано; – есть система автоматической посадки; – система связи С2 проверена, надежна	Опасная 2 (по ИКАО – В)	Маловероятно D (по ИКАО – 3)	2D Желтый по матрице ИКАО 3В Желтый	Уменьшить частоту полетов до трех в неделю	2Е Зеленый по матрице ИКАО 1В Зеленый

В документе подробно разбираются наиболее вероятные варианты повреждения различных частей ВС (лобового стекла кабины пилотов, обтекателя РЛС, двигателей, передних кромок крыла, шасси, закрылков, спойлеров, управляющих поверхностей, винтов) и их последствия. Указывается, что наиболее опасные последствия таких столкновений могут быть для вертолетов и небольших ВС АОН.

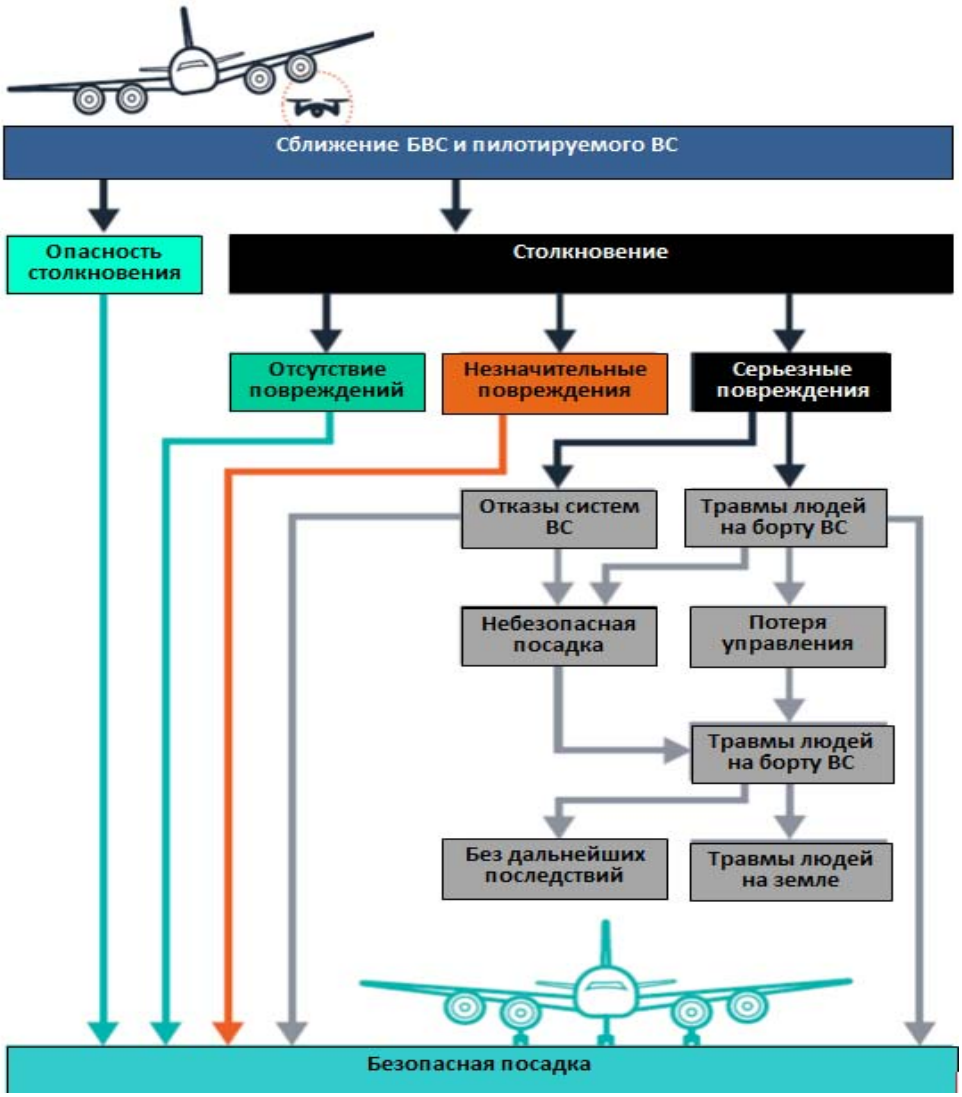


Рис. 2. Варианты вероятных последствий столкновения
Fig. 2. Variants of probable collision consequences

Оценки вероятности такого события делаются на основе наблюдений в воздушной зоне (ТМА) Лондона, одной из наиболее загруженных в Европе. На момент создания документа (январь 2018 года) в ТМА Лондона не было зафиксировано ни одного столкновения (в мировой ГА на тот момент было известно семь таких случаев).

В 2016 году в ТМА Лондона было получено 121 сообщение о нахождении БВС вблизи пилотируемого ВС, 95 % таких событий происходило на высотах менее 10000 футов (3000 м). На рис. 3, заимствованном из рассматриваемого документа, показаны оценки вероятностей сближений в зависимости от высоты и скорости полета, полученные на основе обработки статистических данных.

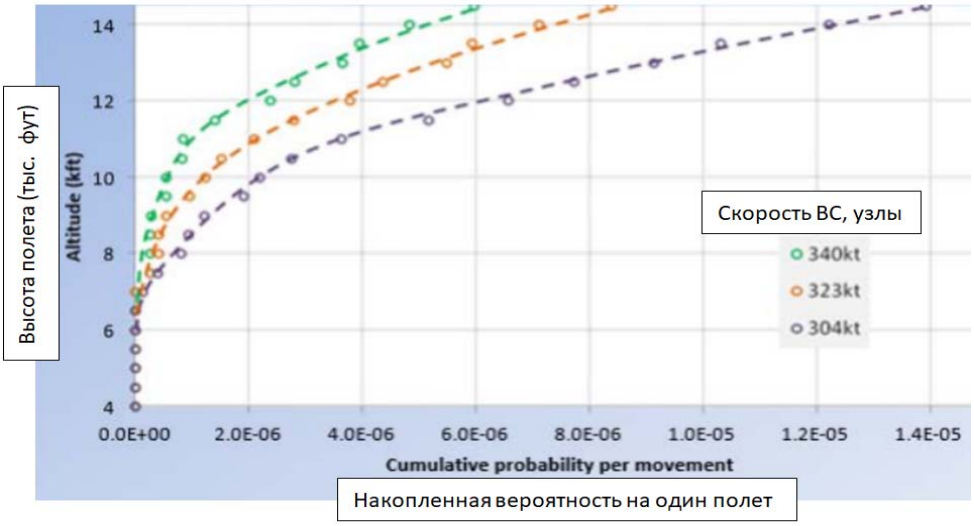


Рис. 3. Вероятность наблюдения пилотом ВС конфликтного БВС в ТМА Лондона
Fig. 3. Probability of aircraft pilot‘s observation of the conflicting UAV in London TMA

Можно видеть, что пока вероятности таких событий приемлемые, с учетом того что вероятность столкновения будет еще меньше. Для сравнения: частота реальных столкновений с птицами в ТМА Лондона вдвое превышала количество сближений (то есть потенциальных столкновений) с БВС. Вместе с тем несомненно, что с ростом количества БВС в воздухе вероятность столкновений будет возрастать, что очевидно.

Отметим, что по данным Росавиации[26] в 2019 году в Российской Федерации зафиксировано 78 случаев несанкционированного использования воздушного пространства БВС (в 2018 году – 124 случая, 2017 году – 87, 2016 году – 41). При этом в 30 случаях в 2018 году экипажи ВС визуально наблюдали приближение БВС, создающего потенциальную угрозу БП.

Для оценки риска и разработки мероприятий САА использует метод «галстук-бабочка». Это метод описан и применяется в риск-менеджменте в СУБП некоторых российских авиакомпаний [6]. По использованию метода «галстук-бабочка» для риск-менеджмента в различных областях имеется обширная литература, из недавних публикаций отметим доклад на конференции Британского института физики [10].

САА Великобритании проводит такие оценки регулярно и считает, что метод позволяет получить наглядную демонстрацию картины риска от возникновения ФО, связанного с организацией или эксплуатационной деятельностью, до конечного события. Это позволяет предложить обоснованные и эффективные профилактические и корректирующие мероприятия.

С использованием модели «галстук-бабочка» для оценки риска столкновения в воздухе можно ознакомиться в документе САА CAP 1627BT[27].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Как показал анализ, законодательное и нормативное регулирование в области беспилотной авиации находится в стадии формирования. Планы разработки и внедрения важнейших документов не выполняются как на международном, так и на государственном уровне, что тормозит развитие этого сегмента авиационной деятельности.

Вопросы обеспечения безопасности полетов при эксплуатации различных БАС в несегрегированном воздушном пространстве пока не нашли своего отражения в SARPs ИКАО. В частно-

[26] Анализ состояния безопасности полетов в ГА РФ в 2019 г. Росавиация, 2020. 38 с.
[27] CAP1627BT: Drone Safety Risk: Bowtie model [Электронный ресурс]. URL: http://www.caa.co.uk/CAP1627BT (дата обращения: 15.01.2021).

сти, отсутствуют требования SARPs об обязательном наличии СУБП в организациях разработчиков, изготовителей и эксплуатантов БАС. На данном этапе ИКАО ограничивается публикацией циркуляров, технических руководств, содержащих самые общие рекомендации по данному вопросу, и распространяет опыт отдельных государств и организаций, которые самостоятельно решают эту проблему. В Российской Федерации обязательность наличия СУБП, как сертификационное требование, имеется только для организаций – изготовителей БАС (ФАП-21).

Вместе с тем можно ожидать, что подобные требования в скором времени появятся в SARPs ИКАО, включая Приложения 6, 8, и, соответственно, в федеральных авиационных правилах, прежде всего в ФАП-128, ФАП-246, а также ФАП-132[28], ФАП-147[29].

В создавшихся условиях, учитывая важность задачи, представляется целесообразным активизировать разработку методических пособий по созданию, внедрению и поддержанию СУБП эксплуатантов и изготовителей БАС с учетом специфики факторов опасности и связанных с ними рисков.

Рекомендации могут разрабатываться на основе передовых международных практик с учетом особенностей и условий эксплуатации БАС разного назначения в различных регионах Российской Федерации. Две такие практики по управлению риском для БП при эксплуатации БАС, проанализированные в данной статье, могут быть полезны при условии их подробного изучения и адаптации в каждой организации.

В СУБП эксплуатантов БАС могут успешно применяться и другие методы, которые показали свою эффективность в авиакомпаниях. Наиболее полная систематизация методов риск-менеджмента выполнена в новом ГОСТ Р 58771-2019[30].

Важной является также задача обучения специалистов из организаций – разработчиков, изготовителей и эксплуатантов БАС основам управления безопасностью полетов. Такое обучение может проводиться на специализированных курсах повышения квалификации по СУБП для специалистов, связанных с обеспечением БП, организаций – поставщиков авиационных услуг.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Згировская Е.Д.** Беспилотная авиация: что ждет рынок, и что рынок ждет // Крылья Родины. 2020. № 11–12. С. 10–15.
2. **Bhosale S.** Air Ambulance Drone (UAV) / S. Bhosale, S. Shelar, V. Anadkar, S. Pawar, S. Sarange // International Research Journal of Engineering and Technology. 2019. No. 6. Pp. 152–154.
3. **Altawy R., Youssef A.M.** Security, privacy, and safety aspects of civilian drones: a survey [Электронный ресурс] // ACM Transactions on Cyber-Physical Systems. 2016. Vol. 1, no. 2. Article 7. 25 p. DOI: 10.1145/3001836
4. **Фетисов С.В.** Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В.С. Фетисов, Л.М. Неугодникова, В.В. Адамовский, Р.А. Красноперов. Уфа: ФОТОН, 2014. 127 с.
5. **Костин А.С.** Классификация гражданских беспилотных летательных аппаратов и сферы их применения // Системный анализ и логистика. 2019. № 1 (19). С. 70–80.
6. **Шибаев В.М.** Особенности формирования требований норм летной годности для беспилотных авиационных систем / В.М. Шибаев, Д.В. Аполлонов, М.О. Овсянников, И.Е. Ефимова // Проблемы безопасности полетов. 2019. № 8. С. 3–12.

[28] Приказ Минтранса России от 16.05.2003 № 132. Об утверждении федеральных авиационных правил «Экземпляр воздушного судна. Требования процедуры сертификации».
[29] Приказ Минтранса РФ от 12.09.2008 № 147 Об утверждении ФАП. «Требования к членам экипажа ВС, специалистам по ТО ВС и сотрудникам по обеспечению полетов (полетным диспетчерам) гражданской авиации».
[30] ГОСТ Р 58771-2019. Менеджмент риска. Технология оценки риска (IEC 31010 2019, NEQ).

7. **Елисеев Б.П.** Пилотов для «беспилотников» готовят в МГТУ ГА // АвиаСоюз. 2021. № 1 (84). С. 18–19.

8. **Зубков Б.В., Шаров В.Д.** Теория и практика определения рисков в авиапредприятиях при разработке системы управления безопасностью полетов: монография. М.: МГТУ ГА, 2010. 196 с.

9. **Шаров В.Д., Елисеев Б.П., Воробьев В.В.** Анализ недостатков в описании процедур управления риском безопасности полетов в документах ИКАО // Научный Вестник МГТУ ГА. 2019. Т. 22, № 2. С. 49–61. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-2-49-61

10. **Voicu I.** Risk management with bowtie diagrams / I. Voicu, F.V. Panaitescu, M. Panaitescu, L.G. Dumitrescu, M. Turof [Электронный ресурс] // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 400, iss. 8. 6 p. URL: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/400/8/082021 (дата обращения: 21.02.2021).

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Шаров Валерий Дмитриевич, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, v.sharov@mstuca.aero.

Елисеев Борис Петрович, доктор юридических наук, профессор, ректор МГТУ ГА, b.eliseev@mstuca.aero.

Поляков Павел Михайлович, старший преподаватель кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности МГТУ ГА, p.polyakov@mstuca.aero.

ABOUT FLIGHT SAFETY MANAGEMENT DURING OPERATION OF UNMANNED AIRCRAFT SYSTEMS

Valeriy D. Sharov[1], Boris P. Eliseev[1], Pavel M. Polyakov[1]
[1]*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

ABSTRACT

The development of the unmanned aircraft market is hindered by the regulatory deficiencies of this aviation segment. This fully applies to the most important aspect of the activity – flight safety management. In accordance with the Standards and Recommended Practices (SARPs) ICAO and the Air Legislation of the Russian Federation, the availability of flight safety management systems (SMS) is mandatory for operators, developers and aircraft manufacturers, as well as for aircraft engines and propellers. However, this requirement does not fully apply to organizations involved in design, manufacture and operation of unmanned aircraft systems (UAS). At the same time, UAS use in various spheres of economic activities is associated with significant and diverse risks for manned aircraft, as well as vehicles, people and important infrastructure facilities on the ground. The article analyzes the current situation with the regulatory framework with relation to SMS development and implementation in the unmanned aviation segment at the international and state level and the prospects of its improvement. Based on experience, the most major methodological issues while SMS developing and implementing in various entities-aviation services providers are related to the selection, implementation and application of methods for safety risk management techniques, which have significant features for UAS operation. Considering anticipated adoption of SMS requirements in the near future, some innovative practices in this area of activity about aviation safety risk management for such entities have been reviewed.

Key words: unmanned aircraft systems (UAS), unmanned aircraft (UA), safety risk management.

REFERENCES

1. **Zgirovskaya, E.D.** (2020). *Bespilotnaya aviatsiya: chto zhdet rynok, i chto rynok zhdet* [Unmanned aviation: what the market is waiting for, and what will be with the market]. Krylya Rodiny, no. 11–12, pp. 10–15. (in Russian)

2. **Bhosale, S., Shelar, S., Anadkar, V., Pawar, S. and Sarange, S.** (2019). *Air Ambulance Drone (UAV)*. International Research Journal of Engineering and Technology, no. 6, pp. 152–154.

3. **Altawy, R. and Youssef, A.M.** (2016). *Security, privacy, and safety aspects of civilian drones: a survey*. ACM Transactions on Cyber-Physical Systems, vol. 1, no. 2. Article 7, 25 p. DOI: 10.1145/3001836

4. **Fetisov, V.S, Neugodnikova, L.M., Adamovskiy, V.V. and Krasnoperov, R.A.** (2014). *Bespilotnaya aviatsiya: terminologiya, klassifikatsiya, sovremennoye sostoyaniye* [Unmanned aviation. Terminology, classification, current state]. Ufa: FOTON, 127 p. (in Russian)

5. **Kostin, A.S.** (2019). *Klassifikatsiya grazhdanskikh bespilotnykh letatelnykh apparatov i sfery ikh primeneniya* [Classification of civil unmanned aerial vehicles and fields of their application]. System Analysis and Logistics, no. 1 (19), pp. 70–80. (in Russian)

6. **Shibaev, V.M., Apollonov, D.V., Ovsyannikov, M.O. and Efimova, I.E.** (2019). *Forming airworthiness requirements for unmanned aviation systems*. Problemy bezopasnosti poletov, no. 8, pp. 3–12. (in Russian)

7. **Eliseev, B.P.** (2021). *Pilotov dlya «bespilotnikov» gotovyat v MGTU GA* [Pilots for drones are being trained at the MSTUCA]. Aviasoyuz, no. 1 (84), pp. 18–19. (in Russian)

8. **Zubkov, B.V. and Sharov, V.D.** (2010). *Teoriya i praktika opredeleniya riskov v aviapredpriyatiyakh pri razrabotke sistemy upravleniya bezopasnostyu poletov: Monografiya* [Theory and practice of determining risks in aviation enterprises in the safety management system development: Monograph]. Moscow: MSTUCA, 196 p. (in Russian)

9. **Sharov, V.D., Eliseev, B.P. and Vorobyov, V.V.** (2019). *Analysis of deficiencies in the procedures for the risk management of safety in the ICAO documents.* Civil Aviation High Technologies, vol. 22, no. 2, pp. 49–61. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-2-49-61 (in Russian)

10. **Voicu, I., Panaitescu, F.V., Panaitescu, M., Dumitrescu, L.G. and Turof, M.** (2018). *Risk management with bowtie diagrams.* IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, vol. 400, issue 8, 6 p. Available at: https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/400/8/082021 (accessed: 21.02.2021).

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Valeriy D. Sharov, Doctor of Technical Sciences, Professor, Life and Flight Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, v.sharov@mstuca.aero.

Boris P. Eliseev, Doctor of Law, Professor, Rector, Moscow State Technical University of Civil Aviation, b.eliseev@mstuca.aero.

Pavel M. Polyakov, Senior Lecturer, Life and Flight Safety Chair, Moscow State Technical University of Civil Aviation, p.polyakov@mstuca.aero.

Поступила в редакцию	17.02.2021	Received	17.02.2021
Принята в печать	20.05.2021	Accepted for publication	20.05.2021