

УДК 621.396.96

DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-5-12-24

Методологический подход к количественному оцениванию риска, обусловленного столкновением воздушных судов с птицами

А.Г. Гузий¹, А.П. Костина¹

¹Публичное акционерное общество «Авиакомпания "ЮТэйр"»,
г. Ханты-Мансийск, Россия

Аннотация: Начиная с 2011 года в мире, а с 2014 года в России выявлена тенденция устойчивого роста количества авиационных событий, обусловленных столкновением гражданских воздушных судов с птицами. В статье представлены результаты анализа орнитологической опасности в коммерческой авиации России и предложен методологический подход к количественному оцениванию риска, обусловленного столкновением воздушных судов с птицами. Описан процесс количественного оценивания уровня риска, обусловленного столкновением с птицами, реализованный в рамках Системы управления безопасностью полетов авиакомпании «ЮТэйр» по итогам 2021 года. Оцениванием вероятности охвачены авиационные события всех возможных степеней тяжести: авиационный инцидент, серьезный инцидент, авария, катастрофа. В полученных эмпирическим путем формулах косвенного оценивания вероятности авиационных происшествий использована условная вероятность авиационных событий большей тяжести, если имели место события меньшей тяжести, в соответствии с соотношениями в ранее полученной пирамиде рисков коммерческой авиации России. Решение проблемы количественного оценивания уровня риска способствует повышению достоверности оценки за счет перехода с трехуровневого ранжирования риска («приемлемый», «допустимый», «недопустимый») к 25-уровневому ранжированию и позволяет: оценивать эффективность корректирующих действий, направленных на снижение риска, сравнением количественно оцененного уровня остаточного риска с первоначальным; оптимизировать управление риском по критерию эффективности корректирующих действий по критерию «приращение уровня риска/стоимость»; заблаговременно выявлять аэродромы повышенного риска и планировать внеплановые проверки орнитологического обеспечения аэродромов; разрабатывать и реализовывать упреждающие корректирующие мероприятия по совершенствованию орнитологического обеспечения на аэродромах повышенного риска; периодически актуализировать рекомендации летному персоналу при столкновении с птицами и при угрозе столкновения (отдельно на этапах взлета и посадки). Предложенный методологический подход обеспечивает функционирование контура управления риском в системе управления безопасностью полетов любого эксплуатанта воздушных судов при выполнении ежемесячного анализа риска, обусловленного сезонными и региональными проявлениями орнитологического фактора опасности в России.

Ключевые слова: воздушное судно, столкновение с птицами, риск, количественное оценивание риска, авиационное событие, инцидент, вероятность столкновения, условная вероятность авиационного события.

Для цитирования: Гузий А.Г., Костина А.П. Методологический подход к количественному оцениванию риска, обусловленного столкновением воздушных судов с птицами // Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, № 5. С. 12–24. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-5-12-24

Methodological approach to the quantitative assessment of risk caused by a collision between birds and aircraft

A.G. Guziy¹, A.P. Kostina¹

¹UTair Aviation, Khanty-Mansiysk, Russia

Abstract: Since 2011 worldwide, and since 2014 in Russia, a trend has revealed a steady increase in the number of aviation events caused by a collision between birds and civil aircraft. The article presents the results of the bird aircraft strike hazard (BASH) analysis in commercial aviation in Russia and proposes a methodological approach to the quantitative risk assessment caused by bird strikes. The process of the quantitative assessment of the risk level resulted from bird strikes, implemented within

the framework of the UTair Aviation Safety Management System on the results of 2021, is described. The estimation of the probability is provided for aviation events of all the possible severity levels: an aircraft incident, serious accident, major accident, fatal accident. In the empirically obtained formulas for the indirect probability estimation of aircraft occurrences, the conditional probability of aviation events of greater severity was used, if events of lower severity took place, in accordance with the ratios in the previously obtained “risk pyramid” of commercial aviation in Russia. Solving the problem of quantifying the risk level contributes to increasing the assessment reliability due to the transition from a three-level risk ranking (“acceptable”, “tolerable”, “unacceptable”) to a twenty-five-level ranking and makes it possible to evaluate the effectiveness of corrective actions aimed at reducing risk by comparing the quantitatively assessed level of residual risk with the original one; to optimize risk management according to the effectiveness criterion of corrective actions according to the criterion “increment in the risk level/cost”, to identify high-risk aerodromes in advance and plan unscheduled checks of ornithological aerodrome support; to develop and implement preventive corrective measures to improve ornithological support at high-risk aerodromes; to update periodically the recommendations to flight personnel in the event of a bird strike and a threat of collision (especially during takeoff and landing). The proposed methodological approach ensures the functioning of the risk management loop in the flight safety management system of any aircraft operator when performing a monthly risk analysis associated with seasonal and regional BASH in Russia.

Key words: aircraft, bird strike, risk, quantitative risk assessment, aviation event, incident, collision probability, conditional probability of an aviation event.

For citation: Guziy, A.G. & Kostina, A.P. (2022). Methodological approach to the quantitative assessment of risk caused by a collision between birds and aircraft. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 25, no. 5, pp. 12–24. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-5-12-24

Введение

Анализ причинных факторов авиационных событий (АС) показывает, что столкновение воздушных судов (ВС) с птицами не является наиболее значимым причинным фактором авиационных происшествий (АП), если анализом причин АП охватывается длительный период эксплуатации, обширные территории и большие объемы воздушных перевозок. Но уровень риска, обусловленного столкновением ВС с птицами, отличается неравномерностью распределения как в пространстве, так и во времени, обладает сезонными и региональными особенностями. В системе управления безопасностью полетов (СУБП) эксплуатанта ВС риск столкновения ВС с птицами относится к группе причинных факторов «среда», представляется наиболее трудно регулируемым, поэтому требует постоянного анализа и контроля [1–5].

Первое документально зафиксированное столкновение с птицами произошло в 1905 году с одним из первых в истории самолетов, летательным аппаратом братьев Райт. В их дневнике появилась запись о том, что во время пролета над кукурузным полем самолет попал в стаю птиц, ударявшихся об элементы конструкции. Одна из них, врезавшись в верхнюю консоль, погибла и упала с нее при развороте.

Первая авиационная катастрофа произошла 3 апреля 1912 года в Калифорнии. Американский пилот Calbraith Perry Rodgers, совершая демонстрационный полет, столкнулся с чайкой. У самолета заклинило управление из-за повреждения тросов, и он упал в воду вблизи побережья. Пилот погиб. Этот случай послужил началом науки – авиационной орнитологии. Международная организация гражданской авиации ИКАО ежегодно регистрирует по разным источникам от 5 до 7 тысяч столкновений ВС с птицами. И это при всеобщем понимании и признании, что в мировой гражданской авиации (ГА) по разным причинам регистрируются далеко не все случаи столкновений ВС с птицами.

В начале 1960-х годов в связи с появлением и массовой эксплуатацией реактивных ВС, для которых характерно увеличение размеров ВС, повышение скорости, снижение уровня шума двигателей, птицам стало труднее избегать столкновений. В связи с увеличившейся силой соударения и способностью газотурбинных двигателей засасывать птиц возросла вероятность и тяжесть последствий столкновения. Данная особенность двигателей привела к тяжелой катастрофе Lockheed L-188A Electra, произошедшей осенью 1960 года недалеко от Бостона (США). После этой катастрофы впервые о птицах заговорили как о

реальной угрозе для безопасности полетов (БП). При активном участии ИКАО была разработана и принята единая система представления национальных отчетов о столкновениях ВС с птицами, выпущен ряд нормативно-методических материалов по проблеме столкновения самолетов с птицами. В конце 1980-х годов Министерством ГА СССР было разработано «Руководство по орнитологическому обеспечению полетов в гражданской авиации» (РООП ГА-89), обобщающее и конкретизирующее основные требования, и нормативные документы по предотвращению столкновений ВС с птицами¹ с учетом рекомендаций ИКАО².

Несмотря на проводимые в мире и в России орнитологические исследования, на организацию сбора информации о столкновениях ВС с птицами, на периодически выполняемый анализ авиационных событий и на предпринимаемые меры по снижению частоты столкновений ВС с птицами, начиная с 2011 года отмечается тенденция устойчивого роста количества авиационных событий, обусловленных столкновением с птицами [1–5]. С 2014 года отмечается монотонный рост количества регистрируемых столкновений ВС с птицами в воздушном пространстве России [6–8]³. В некоторой степени этот факт можно объяснить тем, что начался сбор сообщений обо всех столкновениях ВС с птицами⁴.

Особенности орнитологической опасности в России

Уровень риска, обусловленного столкновением ВС с птицами, зависит от множества факторов: географии полетов и местопо-

жения аэродромов взлета/посадки, климатических особенностей аэродромной сети, времени года и суток, эксплуатируемых типов ВС, эффективности орнитологического обеспечения аэродромов, осведомленности и компетентности авиаперсонала в области обеспечения орнитологической безопасности полетов ГА.

Рост частоты столкновений ВС с птицами наблюдается, как правило, в весенне-летний период летной работы. Естественно, в этот период повышается риск для БП. Непостоянство риска отмечается по территориальному признаку. Начиная с 2004 года каждый год количество авиационных инцидентов и происшествий на 100 тыс. взлетов и посадок коммерческой авиации в России значительно больше, чем в США. В России этот показатель колеблется от 1,55 (2004 г.) до 3,71 (2017 г.), в США – от 1,16 (2008 г.) до 1,52 (2017 г.). Серьезная неравномерность наблюдается и внутри России. При анализе ситуации в регионах установлены «антилидеры»: Южное МТУ (4,06 инцидентов на 100 тыс. взлетов и посадок), Западно-Сибирское (4,00), Северо-Западное (3,91). Распределение относительного количества авиационных событий (частоты или статистической вероятности) за период 2018–2021 годов представлен в Информации по БП № 5 (Росавиация). При среднем значении этого показателя по России (2,1 на 100 тыс. взлетов и посадок) настораживает неравномерность распределения по аэропортам: отмечаются аэропорты с превышением среднего уровня в 3–4 раза (Абакан, Минеральные Воды, Белгород, Калининград, Махачкала) и даже в 8–11 раз (Владикавказ, Нальчик, Магас)⁵.

Наиболее часто случаи столкновения с птицами отмечаются на этапе взлета, начального набора высоты, захода на посадку и посадке [9–14]. Поэтому регулярное оценивание риска столкновения ВС с птицами должно дополняться идентификацией аэродромов (или регионов) повышенного риска, т. е. аэродромов, в которых риск столкновения ВС

¹ DOC 9137-AN/898: Руководство по аэропортовым службам. Часть 3. Создаваемая птицами опасность и методы ее снижения. 3-е изд. // ИКАО, 1991. 30 с.

² Руководство по орнитологическому обеспечению полетов в гражданской авиации (РООП ГА-89). М.: МГА, 1989. 25 с. (утратило силу в связи с изданием приказа Минтранса России от 04.12.2020 № 541).

³ Информация по безопасности полетов. М.: Росавиация, 2020. № 9. 7 с.

⁴ Информация по безопасности полетов. М.: Росавиация, 2021. № 5. 8 с.

⁵ Информация по безопасности полетов. М.: Росавиация, 2021. № 2. 6 с.

с птицами превышает средний уровень по РФ. Они заслуживают особого внимания и контроля соблюдения требований БП, предъявляемых к орнитологическому обеспечению аэродромов. Идентификация аэродромов (или регионов) повышенного риска должна выполняться в рамках СУБП эксплуатанта ВС, в первую очередь при открытии новых рейсов (маршрутов).

Многолетними наблюдениями установлена устойчивая корреляция между общим количеством столкновений ВС с птицами и количеством авиационных событий категории *bird*, однако в течение года условная вероятность авиационного события при столкновении с птицами значительно варьирует.

С целью оценивания риска для безопасности полетов, обусловленного столкновением с птицами, в рамках СУБП эксплуатанта ВС необходимо методическое обеспечение процедур одновременного оценивания двух взаимосвязанных компонентов риска: вероятность (частота) столкновения ВС с птицами и возможная тяжесть последствий столкновения с птицами.

Методология мониторинга уровня риска, обусловленного столкновением с птицами

Российский государственный регулятор (Росавиация) периодически выполняет статистический анализ событий, обусловленных столкновением ВС с птицами. В анализе используются такие показатели БП, как статистическая вероятность столкновения с птицами (частота столкновений) и статистическая вероятность повреждения ВС в результате столкновения с птицами (частота авиационных инцидентов). При этом не рассматривается вероятность (или частота) таких возможных авиационных событий, как серьезный инцидент, авария, катастрофа, как того требует процесс анализа риска согласно определению:

Риск – прогнозируемые (предполагаемые) вероятность и тяжесть последствий проявления одного или нескольких факторов опасности.

Анализ риска (risk analysis) – процесс понимания природы риска для безопасности полетов и определения уровня риска. Таким образом, процесс анализа риска должен завершаться процедурой определения уровня риска с применением матрицы риска [15, 16].

Из вышеприведенных определений следует, что при анализе риска, обусловленного столкновением ВС с птицами, необходимо оценивать вероятность каждого варианта тяжести возможных последствий:

- незначительных повреждений ВС либо отсутствия повреждений при столкновении;
- авиационного инцидента в результате повреждения ВС при столкновении;
- серьезного инцидента;
- аварии;
- катастрофы.

Из методов анализа при решении задачи количественного оценивания уровня риска наиболее приемлемым является комбинированный, т. е. сочетание статистического, расчетного и экспертного методов оценивания. Статистический метод приемлем для оценки вероятности столкновения ВС с птицами и, при наличии достаточного количества информации, – для оценки вероятности инцидента (или соответствующего повреждения ВС) в результате столкновения, т. е. для использования столбцов «1» и «2» степени тяжести в матрице риска (рис. 1). Вероятность более тяжелых возможных последствий (серьезный инцидент, авария, катастрофа) не может быть оценена по данным статистики авиационных событий в силу малой выборки, но может быть оценена косвенно, т. е. расчетным методом на основании актуализируемой пирамиды риска, построенной на статистике авиационных событий в России [17]. С учетом того, что 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, если имело место событие менее тяжелое [15, 16, 18, 19].

На основе корреляции, установленной между количеством событий большей тяжести и количеством событий меньшей тяжести, эмпирическим путем получены формулы для вычисления вероятности авиационных событий каждого типа тяжести по совокупности причинных факторов с учетом значимости каждой группы причинных факто-

ров [15]. Если рассмотреть частный случай, когда учитывается только одна группа причинных факторов («среда»), то ранее полученные формулы могут быть использованы для вычисления вероятности авиационных событий любой степени тяжести, классифицированной в ПРАПИ-98 [20]:

$$\hat{P}_{cm} = \frac{n_{cm}}{N}; \quad (1)$$

$$\hat{P}_{И} = \frac{1}{N} \max \{n_{И}, n_{cm} \cdot \hat{P}_{И/cm.}\}; \quad (2)$$

$$\hat{P}_{СИ} = \frac{1}{N} \max \{n_{СИ}, (n_{И} \cdot \hat{P}_{СИ/И} + n_{cm} \cdot \hat{P}_{СИ/cm.})\}; \quad (3)$$

$$\hat{P}_{Ав} = \frac{1}{N} \max \{n_{Ав}, \max \{n_{СИ} \cdot \hat{P}_{Ав/СИ}, (n_{И} \cdot \hat{P}_{Ав/И} + n_{cm} \cdot \hat{P}_{Ав/cm.})\}\}; \quad (4)$$

$$\hat{P}_{К} = \frac{1}{N} \max \{n_{К}, \max \{n_{Ав} \cdot \hat{P}_{К/Ав}, \max \{n_{СИ} \cdot \hat{P}_{К/СИ}, (n_{И} \cdot \hat{P}_{К/И} + n_{cm} \cdot \hat{P}_{К/cm.})\}\}\}, \quad (5)$$

где N – количество выполненных за оцениваемый период полетов (взлетов/посадок);
 n_{cm} – количество столкновений ВС с птицами за оцениваемый период, не приведших к повреждениям ВС или к авиационным инцидентам;
 $n_{И}$ – количество зарегистрированных авиационных инцидентов;
 $n_{СИ}$ – количество серьезных инцидентов;
 $P_{И/cm.}$ – условная вероятность инцидента при столкновении ВС с птицей;
 $P_{СИ/cm.}$ – условная вероятность серьезного инцидента при столкновении ВС с птицей;
 $P_{СИ/И}$ – условная вероятность серьезного инцидента при столкновении ВС с птицей, если имел место инцидент;
 $n_{Ав}$ – количество аварий при столкновении ВС с птицей за оцениваемый период;
 $P_{Ав/cm.}$ – условная вероятность аварии в результате столкновения ВС с птицей;
 $P_{Ав/И}, P_{Ав/СИ}$ – условная вероятность аварии, если имел место инцидент, серьезный инцидент (соответственно);
 $n_{К}$ – количество катастроф при столкновении ВС с птицей за оцениваемый период;
 $P_{К/cm.}$ – условная вероятность катастрофы в результате столкновения ВС с птицей за оцениваемый период;

$P_{К/И}, P_{К/СИ}, P_{К/Ав}$ – условная вероятность катастрофы в результате столкновения ВС с птицей, если имел место инцидент, серьезный инцидент, авария (соответственно) за оцениваемый период.

Условные вероятности могут вычисляться по параметрам пирамиды риска, относящейся к группе причинных факторов «среда» [17].

Использование экспертного метода оценивания риска столкновения ВС с птицей затруднено высокой степенью неопределенности и вариабельностью данных о столкновениях ВС с птицами, но при отсутствии статистических данных о столкновении с птицами, например при открытии новых линий, экспертный метод может остаться единственным в арсенале методического обеспечения СУБП эксплуатанта ВС [21].

Количественное оценивание риска столкновения с птицами в СУБП авиакомпании «ЮТэйр»

Необходимое для использования формулы (2) значение условной вероятности инцидента (повреждения ВС) в результате столкновения ВС с птицей ($P_{И/cm.}$) можно опреде-

Таблица 1
Table 1

Статистика столкновений с птицами в России
Bird strike statistics in Russia

Год	Количество столкновений (сообщений) $n_{ст.}$	Количество инцидентов $n_{и}$	Условная вероятность инцидента $P_{и/ст} = \frac{n_{и}}{n_{ст.}}$
2016	701	84	0,11
2017	926	110	0,11
2018	947	74	0,07
2019	1299	83	0,04
2020	765	48	0,06
2021*	148	11	0,07
ИТОГ за период	5586	410	0,07

* Статистика столкновений ВС с птицами на территории России в 2021 году опубликована только за первый квартал [1–12].

литель из опубликованной ежегодной статистики столкновений с птицами в России [4] (табл. 1).

Средняя статистическая оценка условной вероятности авиационного инцидента при столкновении ВС коммерческой авиации с птицами в России: $P_{И/ст.-РФ} = 0,07$.

В авиакомпании «ЮТэйр» ведется строгий учет всех столкновений ВС с птицами, статистический анализ проводится ежемесячно (рис. 1). Средняя статистическая оценка условной вероятности авиационного инцидента при столкновении ВС авиакомпании с птицами: $P_{И/ст.-ЮТ} = 0,05$.

Полученная оценка условной вероятности авиационного инцидента $P_{И/ст.-ЮТ}$ позволяет определить вероятность инцидента, даже если в оцениваемом периоде инцидентов не было, но были зафиксированы столкновения с птицами без повреждений ВС.

Аналогично можно определить условную вероятность возможных событий большей тяжести (серьезного авиационного инцидента, аварии, катастрофы). Однако при отсут-

ствии статистических данных по этим событиям, или при не репрезентативности данных (обычная ситуация для возможных, но редких событий), следует использовать соотношение событий по частной (по группе причинных факторов «среда») пирамиде рисков коммерческой авиации России с максимальным взлетным весом более 10 тонн: 1:1,7:17:803 [17]. Исходя из частной пирамиды рисков, условная вероятность серьезного инцидента при повреждении от столкновения с птицами (т. е. при имевшем место инциденте) $P_{СИИ} = 0,021$; аварии $P_{Ав/И} = 0,002$; катастрофы $P_{К/И} = 0,0012$.

С учетом средней статистической оценки условной вероятности авиационного инцидента при столкновении ВС Авиакомпании с птицами $P_{И/ст.-ЮТ}$, полученной применительно к «ЮТэйр», и соотношений количества событий различной степени тяжести, полученных применительно к России (1:1,7:17:803), формулы (2)–(5) принимают готовый к практическому применению вид:

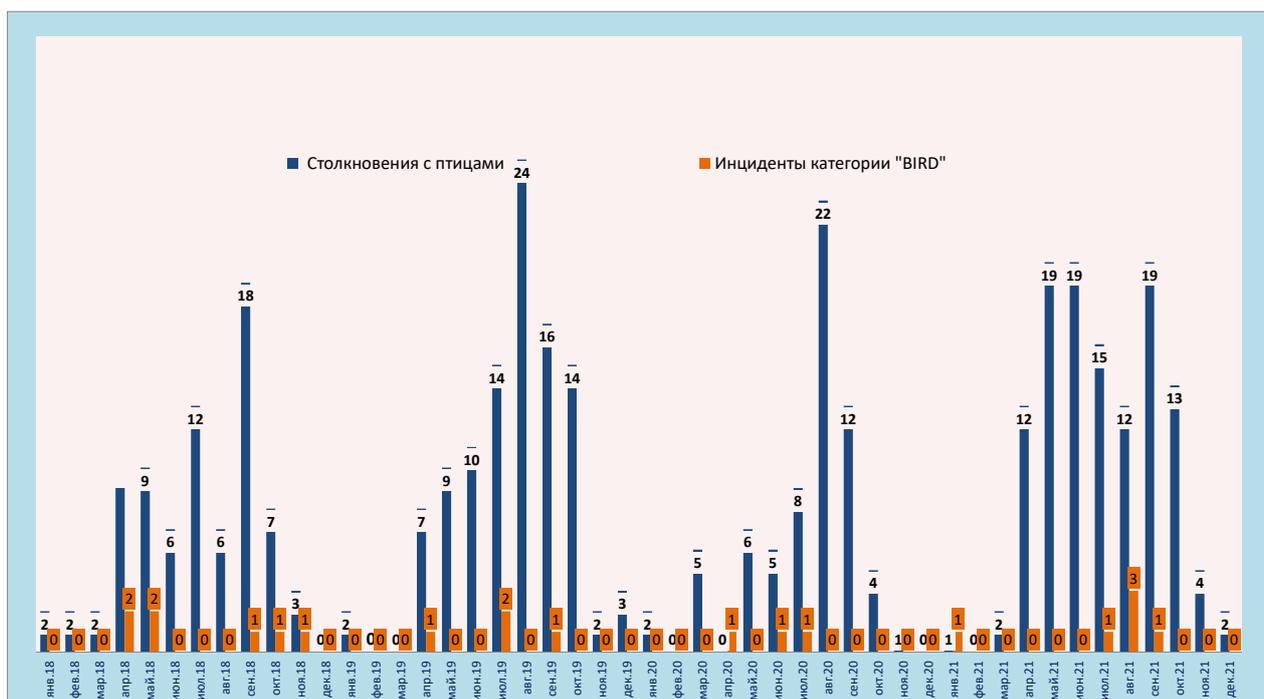


Рис. 1. Абсолютное количество столкновений ВС авиакомпании «ЮТэйр» с птицами по месяцам за период 2018–2021 годов

Fig. 1. Absolute number of UTair Aviation aircraft bird strikes by month over a period of 2018–2021

$$\hat{P}_{И-ЮТ} = \frac{1}{N} \max \{n_{И}, 0,05n_{см.}\}; \quad (6)$$

$$\hat{P}_{СИ-ЮТ} = \frac{1}{N} \max \{n_{СИ}, (0,021n_{И} + 0,001n_{см.})\}; \quad (7)$$

$$\hat{P}_{Ав-ЮТ} = \frac{1}{N} \max \{n_{Ав}, \max \{0,1n_{СИ}, (0,002n_{И} + 0,0001n_{см.})\}\}; \quad (8)$$

$$\hat{P}_{К-ЮТ} = \frac{1}{N} \max \{n_{К}, \max \{0,6n_{Ав}, \max \{0,6n_{СИ}, 0,0012n_{И}\}\}\}. \quad (9)$$

Формулы (1), (6)–(9) позволяют на любом временном участке летной деятельности Авиакомпании вычислить значения оценки вероятности событий каждой степени тяжести: «столкновение ВС с птицами без повреждения ВС», «авиационный инцидент», «серьезный авиационный инцидент», «авария», «катастрофа».

Для количественного оценивания уровня риска может быть использована обновленная и апробированная в СУБП авиакомпании «ЮТэйр» матрица оценки рисков, построенная на базе «матрицы индекса риска» ИКАО⁶,

но адаптированная к процессу количественного оценивания уровня риска в контуре управления риском СУБП эксплуатанта ВС [15, 13].

Согласно рекомендации ИКАО из получаемого по матрице риска набора значений индексов риска следует выбирать максимальное значение.

Если оценивать уровень риска для БП, обусловленного столкновениями ВС авиакомпании с птицами в 2021 году, то, исходя из статистики столкновений и значений условных вероятностей возможных авиационных событий, имеем:

⁶ Doc 9859: Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). 4-е изд. // ИКАО, 2018. 218 с.

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)
А. Должно произойти / часто происходит	Часто, от 1 до 10^{-3} (более 100 событий на 100 тыс. полетов)	1А Допустимый 5	2А Допустимый 10	3А Недопустимый 15	4А Недопустимый 20	5А Недопустимый 25
В. Скорее всего произойдет / происходит время от времени	Редко, от 10^{-4} до 10^{-3} (от 10 до 100 событий на 100 тыс. полетов)	1В Приемлемый 4	2В Допустимый 8	3В Допустимый 12	4В Недопустимый 16	5В Недопустимый 20
С. Может произойти / весьма редко может произойти	Вероятно, от $5 \cdot 10^{-5}$ до 10^{-4} (от 5 до 10 событий на 100 тыс. полетов)	1С Приемлемый 3	2С Допустимый 6	3С Допустимый 9	4С Допустимый 12	5С Недопустимый 15
Д. Вряд ли произойдет / маловероятно, что произойдет	Маловероятно от $5 \cdot 10^{-5}$ до 10^{-5} (от 1 до 5 событий на 100 тыс. полетов)	1D Приемлемый 2	2D Приемлемый 4	3D Допустимый 6	4D Допустимый 8	5D Допустимый 10
Е. Вероятность крайне мала	Крайне мало вероятно менее 10^{-5} (менее 1 события на 100 тыс. полетов)	1E Приемлемый 1	2E Приемлемый 2	3E Приемлемый 3	4E Приемлемый 4	5E Допустимый 5

Рис. 2. Матрица риска
Fig. 2. Risk Matrix

- количество рейсов – 65928;
- количество столкновений ВС с птицами $n_{см.} = 118$;
- количество инцидентов $n_{И} = 6$.

1. Статистическая вероятность столкновения с птицами в полете, вычисленная по

формуле (1), $P_{см.-ИОТ} = 0,0018$ (180 на 100 тыс. полетов, или 89 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка В в матрице риска (рис. 2), индекс 4.

2. Статистическая вероятность инцидента, $P_{И-ИОТ} = 0,00009$, это 9 на 100 тыс. полетов,

или 4,5 на 100 тыс. взлетов и посадок, т. е. строка D в матрице риска, индекс 4.

3. Расчетная оценка вероятности серьезного инцидента $P_{СИ \text{ расч.-ЮТ}} = 0,0000018$ (0,18 на 100 тыс. полетов, или 0,089 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка E в матрице риска, индекс 3.

4. Расчетная оценка вероятности аварии $P_{Ав \text{ расч.-ЮТ}} = 0,000000018$ (0,018 на 100 тыс. полетов, или 0,0089 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка E в матрице риска, индекс 4.

5. Расчетная оценка вероятности катастрофы $P_{К \text{ расч.-ЮТ}} = 0,000000011$ (0,011 на 100 тыс. полетов, или 0,0054 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка E в матрице риска, индекс 5.

Уровень риска оценивается по максимальному значению индекса риска, т. е. в 2021 году уровень риска, обусловленного столкновением ВС авиакомпании «ЮТэйр», – 5, т. е. допустимый уровень.

Однако обращает на себя внимание количество столкновений ВС авиакомпании «ЮТэйр» с птицами в мае 2021 года (рис. 1):

- количество рейсов – 6140;
- количество столкновений ВС с птицами $n_{ст.} = 19$;
- количество инцидентов $n_{И} = 0$.

1. Статистическая вероятность столкновения с птицами в полете $P_{ст.-ЮТ} = 0,0031$ (310 на 100 тыс. полетов, или 154 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка A в матрице риска, индекс 5.

2. Расчетная оценка вероятности инцидента $P_{И \text{ расч.-ЮТ}} = 0,000154$ (15,4 на 100 тыс. полетов, или 7,7 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка C в матрице риска, индекс 6.

3. Расчетная оценка вероятности серьезного инцидента $P_{СИ \text{ расч.-ЮТ}} = 0,0000031$ (0,31 на 100 тыс. полетов, или 0,15 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка E в матрице риска, индекс 4.

4. Расчетная оценка вероятности аварии $P_{Ав \text{ расч.-ЮТ}} = 0,0000031$ (0,31 на 100 тыс. полетов, или 0,15 на 100 тыс. взлетов и посадок), т. е. строка E в матрице риска, индекс 4.

5. Расчетная оценка вероятности катастрофы $P_{К \text{ расч.-ЮТ}} = 0,0000037$ (0,37 на 100 тыс. полетов, или 0,19 на 100 тыс. взлетов и

посадок), т. е. строка E в матрице риска, индекс 5.

Таким образом, при отсутствии инцидентов, обусловленных столкновением с птицами, **в мае** уровень риска с ВС авиакомпании «ЮТэйр» выше, чем в среднем за 2021 год, – **6, т. е. «допустимый»** (желтая зона по матрице риска), требуются корректирующие действия по снижению риска до уровня «приемлемый».

Заключение

Решение проблемы количественного оценивания уровня риска способствует повышению достоверности оценки за счет перехода с трехуровневого ранжирования риска (приемлемый, допустимый, недопустимый) к 25-уровневому ранжированию и позволяет:

- оценивать эффективность корректирующих действий, направленных на снижение риска, сравнением количественно оцененного уровня остаточного риска с первоначальным;
- оптимизировать управление риском по критерию эффективности корректирующих действий (по критерию «приращение уровня риска / стоимость») [21–24];
- заблаговременно выявлять аэродромы повышенного риска и планировать внеплановые проверки орнитологического обеспечения аэродромов государственными регулирующими и надзорными органами во исполнение Информации по БП № 5 2021 года;
- разрабатывать и реализовывать упреждающие корректирующие мероприятия по совершенствованию орнитологического обеспечения на аэродромах повышенного риска;
- периодически актуализировать рекомендации летному персоналу при столкновении с птицами и при угрозе столкновения (отдельно на этапах взлета и посадки).

Предложенный методологический подход к количественному оцениванию уровня риска, обусловленного столкновением ВС с птицами, обеспечивает функционирование кон-

тура управления риском в СУБП любого эксплуатанта ВС при выполнении ежемесячного анализа риска, обусловленного сезонными и региональными проявлениями орнитологического фактора опасности в России.

Методологический подход рекомендуется использовать в СУБП как эксплуатантов ВС, так и операторов аэродромов, поскольку позволяет реализовать контроль эффективности орнитологического обеспечения безопасности полетов с учетом сезонных и региональных особенностей любого аэродрома. В рамках государственной СУБП обеспечивается выполнение требований Постановления Правительства РФ от 18.11.2014 № 1215 по идентификации факторов опасности и оцениванию риска поставщиками авиационных услуг.

Список литературы

1. Мальков Ю.Г. Орнитологическая обстановка на территории аэропорта «Йошкар-Ола» и безопасность полетов // Труды Поволжского государственного технологического университета. Серия: Технологическая. 2019. № 7. С. 23–32.
2. Давыгора А.В., Ленева Е.А., Рябцов С.Н. Орнитологическая обстановка в аэропорту города Оренбург в весенний сезон // Вестник Западно-Казахстанского государственного университета. 2022. № 1 (85). С. 170–187. DOI: 10.37238/1680-0761.2022.85(1).80
3. Юдкин В.А., Грабовский М.А. Количественный метод оценки орнитологической обстановки на аэродроме // Научный Вестник МГТУ ГА. 2018. Т. 21, № 4. С. 48–59. DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-4-48-59
4. Харин Р.В., Колодкин М.В., Кулакова С.А. Эколого-орнитологическая обстановка аэродрома «Игарка» и прилегающей территории в 2017–2018 гг. // Антропогенная трансформация природной среды. 2018. № 4. С. 163–166.
5. Курносенко Д.В., Баранов А.А. Эколого-орнитологическая характеристика аэропорта «Черемшанка» (аэроузла «Красноярск») и ее влияние на безопасность полетов гражданских воздушных судов // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2019. № 4. С. 7–10.
6. Баранов А.А., Курносенко Д.В., Хорош И.А. Эколого-орнитологическая характеристика аэропорта «Черемшанка» (аэроузла «Красноярск») в зимний период // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2021. № 11. С. 7–10. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.11.01
7. Абдурахмонов С.М., Кулдашов О.Х. Автоматизированная система обеспечения орнитологической безопасности аэропорта // Автоматика и программная инженерия. 2020. № 1 (31). С. 113–116.
8. Носкова О.С., Колесова Н.Е., Баранов С.А. Сезонная и межгодовая динамика населения птиц нижегородского международного аэропорта // Трансформация экосистем. 2020. Т. 3, № 2 (8). С. 94–110. DOI: 10.23859/estr-200314
9. Рыбак Е.В. Особенности технического обслуживания воздушных судов семейства Airbus A-320 при повреждении посторонними предметами // Надежность и качество сложных систем. 2020. № 4 (32). С. 149–154. DOI: 10.21685/2307-4205-2020-4-16
10. Кухта А.Е., Большакова Н.П., Мацюра А.В. Концептуальные подходы к орнитологическому обеспечению безопасности полетов воздушных судов // Вестник Тувинского государственного университета. № 2 Естественные и сельскохозяйственные науки. 2017. № 2 (33). С. 96–105.
11. Абдурахмонов С.М., Кулдашов О.Х., Файзиматов Б.Н. Система для обеспечения орнитологической безопасности в аэропортах гражданской авиации // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 10. С. 61–64. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-10-61-64
12. Решенкин А.С., Псардиева Н.Н. Методы и средства отпугивания птиц в условиях взлета и посадки самолетов // Молодой исследователь Дона. 2021. № 1 (28). С. 68–72.
13. Силаева О.Л. Исследования столкновений воздушных судов с птицами по данным

экспертиз 2002–2019 гг. / О.Л. Силаева, М.В. Холодова, Т.В. Свиридова, С.А. Букреев, А.Н. Вараксин // Известия Российской академии наук. Серия биологическая. 2020. № 6. С. 636–645. DOI: 10.31857/S0002332920060120

14. Елисов Л.Н. Системный подход и человеческий фактор в орнитологической безопасности аэропорта / Л.Н. Елисов, Н.И. Овченков, В.Л. Филиппов, Е.А. Коняев, А.А. Лаптев // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2019. № 29. С. 99–106.

15. Гузий А.Г. Методология количественного оценивания риска для безопасности полетов в самолетном сегменте коммерческой авиации / А.Г. Гузий, А.Г. Капустин, А.М. Лушкин, А.В. Фокин // Научный Вестник МГТУ ГА. 2019. Т. 22, № 4. С. 33–42. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-4-33-42

16. Солдатов С.К. Априорное оценивание профессиональной надежности летчика на этапе подготовки к полетам / С.К. Солдатов, А.Г. Гузий, А.В. Богомолов, А.А. Шишов, Ю.А. Кукушкин, С.А. Щербаков, С.В. Кирий // Проблемы безопасности полетов. 2007. № 8. С. 33.

17. 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: 10.26467/2079-0619-2018-21-4-8-16

18. Soldatenko S., Bogomolov A., Ronzhin A. Mathematical modelling of climate change and variability in the context of outdoor ergonomics [Электронный ресурс] // Mathematics. 2021. Vol. 9, no. 22. ID: 2920. DOI: 10.3390/math9222920 (дата обращения: 12.02.2022).

19. Алешин С.В., Алпатов И.М., Чунтул А.В. и др. Человек и безопасность полетов: научно-практические аспекты снижения авиационной аварийности по причине человеческого фактора: сборник статей. М.: Когито-Центр, 2013. 288 с.

20. Майорова Ю.А. Аппарат экспертного анализа в процедурах управления состоянием сложных динамических проблем // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии: результаты и

перспективы развития. М.: Институт психологии РАН, 2017. С. 2344–2351.

21. Богомолов А.В., Кукушкин Ю.А. Автоматизация персонифицированного мониторинга условий труда // Автоматизация. Современные технологии. 2015. № 3. С. 6–8.

22. Bogomolov A., Dragan S. Labour health and safety of personnel exposed to traffic and industrial noise // Advances in Social Science, Education and Humanities Research: Proceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, 2021. Pp. 123–126. DOI: 10.2991/assehr.k.210322.095

23. Солдатов С.К. Методика определения зоны запрета размещения объектов на приаэродромных территориях по уровню электромагнитного воздействия на население и опыт ее применения / С.К. Солдатов, А.Н. Зеленин, С.П. Драган, А.А. Шишов, В.Н. Зинкин, А.В. Богомолов, А.А. Тамилин, В.В. Харитонов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2021. Т. 55, № 6. С. 75–81. DOI: 10.21687/0233-528X-2021-55-6-75-81

24. Драган С.П. Обоснование методических подходов к определению границ санитарно-защитных зон приаэродромной территории по уровню шумового воздействия / С.П. Драган, С.В. Дроздов, С.К. Солдатов, А.В. Богомолов, А.А. Шишов, В.Н. Зинкин, В.В. Харитонов // Авиакосмическая и экологическая медицина. 2021. Т. 55, № 5. С. 85–93. DOI: 10.21687/0233-528X-2021-55-5-85-93

References

1. Malkov, Yu.G. (2019). *Ornithological situation in the territory of the airport "Yoshkar-Ola"*. Trudy Povolzhskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta. Seriya: Tekhnologicheskaya, no. 7, pp. 23–32. (in Russian)

2. Davygora, A.V., Leneva, E.A. & Ryabtsov, S.N. (2022). *Ornithological situation at the Orenburg airport in spring season*. Bulletin WKU, no. 1 (85), pp. 170–187. DOI: 10.37238/1680-0761.2022.85(1).80 (in Russian)

3. Yudkin, V.A. & Grabovsky, M.A. (2018). *Quantitative method of estimate of aerodrome birds hazard risk*. Civil Aviation High

Technologies, vol. 21, no. 4, pp. 48–59. DOI: 10.26467/2079-0619-2018-21-4-48-59 (in Russian)

4. **Kharin, R.V., Kolodkin, M.V. & Kulakova, S.A.** (2018). *Ecological and ornithological situation of the airport "Igarca" and territory around in 2017–2018*. Anthropogenic Transformation of Environment, no. 4, pp. 163–166. (in Russian)

5. **Kurnosenko, D.V. & Baranov, A.A.** (2019). *Environmental ornithological characteristics of airport "Cheremshank" (air hand "Krasnoyarsk") and its impact on safety of flights of civil aircraft*. Sovremennaya nauka: aktualnyye problemy teorii i praktiki. Seriya: yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, no. 4, pp. 7–10. (in Russian)

6. **Baranov, A.A., Kurnosenko, D.V. & Khorosh, I.A.** (2021). *Ecological and ornithological characteristics of Cheremshanka airport (Krasnoyarsk air HUB) in winter*. Sovremennaya nauka: aktualnyye problemy teorii i praktiki. Seriya: yestestvennyye i tekhnicheskiye nauki, no. 11, pp. 7–10. DOI: 10.37882/2223-2966.2021.11.01 (in Russian)

7. **Abdurakhmonov, S.M. & Kuldashov, O.Kh.** (2020). *Automated ornithological security system of the airport*. Avtomatika i programmnaya inzheneriya, no. 1 (31), pp. 113–116. (in Russian)

8. **Noskova, O.S., Kolesova, N.E. & Baranov, S.A.** (2020). *Seasonal and interannual dynamics of the bird population of the Nizhny Novgorod international airport*. Ecosystem Transformation, vol. 3, no. 2 (8), pp. 94–110. DOI: 10.23859/estr-200314 (in Russian)

9. **Rybak, E.V.** (2020). *Maintenance features aircraft of the airbus A320 family if damaged by foreign objects*. Reliability and quality of complex systems, no. 4 (32), pp. 149–154. DOI: 10.21685/2307-4205-2020-4-16 (in Russian)

10. **Kukhta, A.E., Bolshakova, N.P. & Matsyura, A.V.** (2017). *Conceptual approaches to ornithological safety of flights of aircraft*. Vestnik Tuvinskogo gosudarstvennogo universiteta, No. 2 Yestestvennyye i selskokhozyaystvennyye nauki, no. 2 (33), pp. 96–105. (in Russian)

11. **Abdurakhmonov, S.M., Kuldashov, O.Kh. & Fayzimatov, B.N.** (2020). *System for ensuring ornithological safety at civilian airports*. Occupational Safety in Industry, no. 10, pp. 61–64. DOI: 10.24000/0409-2961-2020-10-61-64 (in Russian)

12. **Reshenkin, A.S. & Psardieva, N.N.** (2021). *Methods and means of birds scaring during aircrafts take-off and landing of*. Young Don Researcher, no. 1 (28), pp. 68–72. (in Russian)

13. **Silaeva, O.L., Kholodova, M.V., Sviridova, T.V., Bukreev, S.A. & Varaksin, A.N.** (2020). *Research on aircraft collisions with birds according to identification examinations in 2002–2019*. Biology Bulletin, vol. 47, no. 6, pp. 624–632. DOI: 10.31857/S0002332920060120

14. **Elisov, L.N., Ovchenkov, N.I., Filippov, V.L., Konyaev, E.A. & Laptev, A.A.** (2019). *System approach and human factor in ornithological airport security*. Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA), no. 29, pp. 99–106. (in Russian)

15. **Guziy, A.G., Kapustin, A.G., Lushkin, A.M. & Fokin, A.V.** (2019). *Quantitative risk estimation methodology for flight safety in airline segment of commercial aviation*. Civil Aviation High Technologies, vol. 22, no. 4, pp. 33–42. DOI: 10.26467/2079-0619-2019-22-4-33-42 (in Russian)

16. **Soldatov, S.K., Guziy, A.G., Bogomolov, A.V., Shishov, A.A., Kukushkin, Yu.A., Shcherbakov, S.A. & Kiriy, S.V.** (2007). *[A priori assessment of the professional reliability of a pilot at the stage of preparation for flights]*. Problemy bezopasnosti poletov, no. 8, pp. 33. (in Russian)

17. **Guziy, A.G., Lushkin, A.M. & 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: 10.26467/2079-0619-2018-21-4-8-16 (in Russian)

18. **Soldatenko, S., Bogomolov, A. & Ronzhin, A.** (2021). *Mathematical modeling of climate change and variability in the context of outdoor ergonomics*. Mathematics, vol. 9,

no. 22, ID: 2920. DOI: 10.3390/math9222920 (accessed: 12.02.2022).

19. Aleshin, S.V., Alpatov, I.M., Chuntul, A.V. et al. (2013). [*Human and flight safety: scientific and practical aspects of reducing aviation accidents due to the human factor: proceedings*]. Moscow: Kogito-Tsentr, 288 p. (in Russian)

20. Mayorova, Yu.A. (2017). *The apparatus of the expert analysis in the management procedures as complex dynamic systems. Fundamentalnyye i prikladnyye issledovaniya sovremennoy psikhologii: rezultaty i perspektivy razvitiya*. Moscow: Institut psikhologii RAN, pp. 2344–2351. (in Russian)

21. Bogomolov, A.V. & Kukushkin, Yu.A. (2015). *Personalized monitoring automation of the labor conditions*. Avtomatizatsiya. Sovremennyye tekhnologii, no. 3, pp. 6–8. (in Russian)

22. Bogomolov, A. & Dragan, S. (2021). *Labor health and safety of personnel exposed to traffic and industrial noise*. Advances in Social Science, Education and Humanities Research. Pro-

ceedings of the VIII International Scientific and Practical Conference. Amsterdam, pp. 123–126. DOI: 10.2991/assehr.k.210322.095

23. Soldatov, S.K., Zelenin, A.N., Dragan, S.P., Shishov, A.A., Zinkin, V.N., Bogomolov, A.V., Tamin, A.A. & Kharitonov, V.V. (2021). *Method of defining the object free zones on close-to-aerodrome territories by the criterion of electromagnetic influence on population and practical experience*. Aerospace and Environmental Medicine, vol. 55, no. 6, pp. 75–81. DOI: 10.21687/0233-528X-2021-55-6-75-81 (in Russian)

24. Dragan, S.P., Drozdov, S.V., Soldatov, S.K., Bogomolov, A.V., Shishov, A.A., Zinkin, V.N. & Kharitonov, V.V. (2021). *Substantiation of methodical approaches to defining borders of sanitary noise protection zones in aerodrome surroundings*. Aerospace and Environmental Medicine, vol. 55, no. 5, pp. 85–93. DOI: 10.21687/0233-528X-2021-55-5-85-93 (in Russian)

Сведения об авторах

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

Костина Александра Петровна, ведущий специалист по мониторингу отдела анализа и управления риском ПАО «Авиакомпания "ЮТэйр"», Aleksandra.Kostina@utair.ru.

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.

Alexandra P. Kostina, Leading Expert in Monitoring of the Risk Analysis and Management Department of UTair Aviation, Aleksandra.Kostina@utair.ru.

Поступила в редакцию 26.05.2022
Принята в печать 22.09.2022

Received 26.05.2022
Accepted for publication 22.09.2022