

ТРАНСПОРТНЫЕ СИСТЕМЫ

2.9.1 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте;

2.9.4. – Управление процессами перевозок;

2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники;

2.9.8 – Интеллектуальные транспортные системы

УДК: 656.7.084.12

DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-4-26-39

Обнаружение птиц в районе аэродрома как фактор обеспечения орнитологической безопасности полетов воздушных судов

А.В. Власова¹, Б.П. Елисеев¹

¹*Московский государственный технический университет гражданской авиации,
г. Москва, Россия*

Аннотация: В статье рассматривается проблема обеспечения орнитологической безопасности полетов воздушных судов (ВС) в районе аэродрома, где столкновения с птицами представляют серьезную угрозу, которая может привести к тяжелым последствиям в виде авиационного происшествия или авиационного инцидента. Также подобные столкновения часто приводят к значительным финансовым потерям аэропортов, авиакомпаний, страховых компаний. Целью исследования является анализ существующей системы обнаружения птиц в районе аэродрома, оценка качества функционирования этих систем и разработка рекомендаций по повышению эффективности использования систем, обеспечивающих орнитологическую безопасность. В статье рассмотрены различные методы обнаружения птиц: визуальное наблюдение, акустические системы, радиолокационные системы. Дана оценка эффективности методов с учетом точности, дальности и применимости в различных условиях. Применены методы статистического анализа данных, анализа вероятности возникновения появления опасного фактора. В рамках исследования было выявлено, что необходимо использование специальных орнитологических радиолокационных станций с улучшенной дальностью обнаружения и автоматическим распознаванием целей, а также применение методов акустических систем для обнаружения птиц в сложных метеоусловиях. Отмечается важность постоянного мониторинга орнитологической обстановки в зоне аэродрома и своевременного принятия решений в случае появления опасного фактора. Для эффективного обеспечения орнитологической безопасности полетов ВС необходимо внедрение комплексной системы, сочетающей в себе современные технологии обнаружения, автоматизированные системы оповещения и отработанные для каждого аэропорта методы отпугивания птиц. Дальнейшие исследования, основанные на материале данной статьи, должны быть направлены на разработку более точных и эффективных с точки зрения дальности обнаружения птиц радиолокаторов, а также на совершенствование методов прогнозирования и выявления вероятности возникновения опасного фактора и фактора риска.

Ключевые слова: орнитологическая безопасность полетов, аэродром, опасный фактор, фактор риска, радиолокационные системы, акустические системы, визуальное наблюдение.

Для цитирования: Власова А.В., Елисеев Б.П. Обнаружение птиц в районе аэродрома как фактор обеспечения орнитологической безопасности полетов воздушных судов // Научный вестник МГТУ ГА. 2025. Т. 28, № 4. С. 26–39. DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-4-26-39

Bird detection in the airfield area as a factor in ensuring ornithological safety of aircraft flights

A.V. Vlasova¹, B.P. Eliseev¹

¹*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

Abstract: The article considers the problem of ensuring ornithological safety of aircraft flights in the aerodrome area, where collisions with birds pose a serious threat that can lead to serious consequences in the form of an aviation accident or an aviation incident. Also, such collisions often lead to significant financial losses for airports, airlines, and insurance companies. The purpose of the study is to analyze the existing bird detection system in the aerodrome area, assess the quality of these systems and develop recommendations for improving the efficiency of using systems that ensure ornithological safety. The article considers various

methods of bird detection: visual observation, acoustic systems, radar systems. An assessment of the effectiveness of the methods is given taking into account the accuracy, range and applicability in various conditions. The methods of statistical data analysis, analysis of the probability of occurrence of a dangerous factor are applied. The study revealed the need to use special ornithological radar stations with improved detection range and automatic target recognition, as well as the use of acoustic systems to detect birds in adverse weather conditions. The importance of continuous monitoring of the ornithological situation in the airfield area and timely decision-making in the event of a dangerous factor is noted. To effectively ensure ornithological safety of aircraft flights, it is necessary to implement a comprehensive system that combines modern detection technologies, automated warning systems and bird scaring methods developed for each airport. Further research based on this work should be aimed at developing more accurate and effective radars in terms of bird detection range and improving the methods of forecasting and identifying the likelihood of a dangerous factor and a risk factor.

Key words: ornithological flight safety, aerodrome, dangerous factor, risk factor, radar systems, acoustic systems, visual observation.

For citation: Vlasova, A.V., Eliseev, B.P. (2025). Bird detection in the airfield area as a factor in ensuring ornithological safety of aircraft flights. Civil Aviation High Technologies, vol. 28, no. 4, pp. 26–39. DOI: 10.26467/2079-0619-2025-28-4-26-39

Введение

Основной целью перевозок воздушным транспортом является обеспечение безопасности полетов (БП). БП заключается в минимизации рисков и предотвращении авиационных инцидентов с помощью современных технологий, проверок, контроля и строгих стандартов безопасности. Ежегодно ущерб мировой авиации от столкновений с птицами доходит до 1,2 миллиарда долларов США. Поэтому необходимо разработать систему мер по обнаружению и отпугиванию птиц в районе аэродрома. Исследования показали, что в 45 % зарегистрированных случаев таких столкновений птицы попадают в двигатель (двигатели) самолета, что может повлечь за собой его отказ, пожар или помпаж, и в 12 % случаев в носовой обтекатель или остекление кабины пилотов, что при некоторых условиях грозит разгерметизацией воздушного судна (ВС). Главной проблемой является обнаружение птиц в ночное время суток и в плохих погодных условиях. На данный момент не существует абсолютно надежных технических средств для полного отпугивания птиц от воздушного пространства и окружающей аэродром территории [1]. Для эффективного предотвращения столкновений ВС с птицами необходим комплексный подход, основу которого составляет своевременное обнаружение птиц и осведомленность об орнитологической обстановке. В данной работе анализируются современные технологии идентификации и обнаружения птиц, а также рассматривается их потенциальное применение в аэропортах для снижения риска столкновений.

В [2] приводятся данные, что начиная с 2004 года общее количество орнитологических авиационных инцидентов и происшествий в Российской Федерации по отношению к США, отнесенное к 100 тыс. взлетов и посадок, существенно больше. Для Российской Федерации этот показатель в 2004 году составлял 1,55, а в США в 2008 году – 1,16, то есть разница была в 1,34 раза, а в 2017 году при показателях 1,52 и 3,71 соответственно она выросла в 2,44 раза.

Другими словами, наше отставание в показателях по БП в плане орнитологического обеспечения полетов от США увеличивается.

Методы обнаружения птиц в районе аэропорта: обзор и анализ эффективности

Анализ данных, представленных в работах [2–6], свидетельствует о значительном росте в последние годы числа столкновений птиц с ВС гражданской авиации (ГА) как во всем мире, так и в Российской Федерации. Это увеличение орнитологических происшествий обусловлено рядом факторов.

Во-первых, наблюдается устойчивая тенденция к увеличению интенсивности воздушного движения в мировой ГА. Во-вторых, по различным причинам происходит естественный рост популяций птиц в глобальном масштабе. В-третьих, и это особенно важно, ранее значительное количество столкновений птиц с ВС не регистрировалось официально.

В настоящее время как ИКАО, так и Росавиация предъявляют обязательные требования

к фиксации всех случаев столкновений, независимо от последствий для воздушного судна. В соответствии с письмом Росавиации № АН1.02-3056 от 18.09.2015 операторы аэродромов обязаны организовывать учет и анализ таких случаев, а также оформлять и направлять отчеты о столкновениях, включая инциденты с воздушными судами иностранных эксплуатантов, в Управление инспекции по безопасности полетов. Аналогичные требования по оформлению отчетов предъявляются и к эксплуатантам ВС.

Следует отметить, что большинство столкновений (примерно 90 %) не приводят к авиационным инцидентам или происшествиям и тем более к авариям или катастрофам. Однако в авиационной литературе широко известны примеры, когда столкновения с птицами имели катастрофические последствия. Одним из трагических примеров негативного влияния орнитологической обстановки на безопасность полетов является авиационное происшествие, произошедшее 29 июля 2007 года с воздушным судном АН-12, выполнявшим рейс по маршруту Домодедово – Омск – Братск – Комсомольск-на-Амуре. Уже через 20 с после отрыва от взлетной полосы произошел критический отказ обоих правых двигателей, причиной которого послужило попадание птиц в силовые установки.

Экипаж предпринял меры по стабилизации воздушного судна, однако падение скорости привело к столкновению с лесным массивом спустя минуту после отказа двигателей. Последовавшее разрушение и возгорание конструкции привело к гибели всех шести членов экипажа и одного пассажира, находившихся на борту.

Для иллюстрации динамики роста числа столкновений птиц с ВС в Российской Федерации на рис. 1, составленном автором на основе данных Росавиации по статистике столкновений с птицами и другими животными, представлена зависимость числа таких инцидентов в последние годы по сравнению с 2010 годом¹. Если в 2010 году было зафиксировано около 50 столкновений, то в 2023 году это число возросло до 1 299, что соответствует увеличению в 26 раз. При этом в 2023 году по сравнению

с 2022 годом наблюдался рост на 38 % (увеличение в 1,38 раза).

В документе – ФАП-331 указано, что для контроля орнитологической обстановки в аэропорту необходимо использовать визуальные или радиолокационные средства наблюдения. Следует отметить, что в настоящее время в аэропортах Российской Федерации радиолокационное наблюдение орнитологической обстановки не используется ввиду отсутствия соответствующих орнитологических радиолокаторов. Для обеспечения орнитологической безопасности ряд международных аэропортов применяет специализированные системы обнаружения птиц в реальном времени. В частности, международный аэропорт Сиэтла/Такомы и международный аэропорт им. Джона Кеннеди используют радиолокационные станции (РЛС) для мониторинга перемещения птиц. Аэропорт Амстердама Схипхол и международный аэропорт Атлас внедрили системы Harrier и MERLIN соответственно для достижения всестороннего радиолокационного покрытия. Дополнительно в международном аэропорту Сан-Франциско применяется система видеонаблюдения высокого разрешения, предназначенная для отслеживания активности птиц в контролируемой зоне [7]. Возможно, это является одной из причин того, что в США количество орнитологических инцидентов и происшествий существенно меньше, чем в Российской Федерации, так как в США в крупных аэропортах (Нью-Йорк, Даллас, Сиэтл) используются радиолокаторы типа Harrier и Merlin [8]. Для сведения приведем тактико-технические данные этих локаторов.

Тип сигнала: импульсный с доплером.

Частотный диапазон – сантиметровой.

Разрешение по дальности: 10 или 20 м.

Число частотных каналов – 6.

Дальность действия – 8 км.

Угол азимута – 360°.

Угол возвышения – 45°.

В Российской Федерации разработана радиолокационная станция «ЕНОТ», которая по своей сути не является орнитологической, хотя в перечне выделяемых ею объектов указано, что она обеспечивает автоматическое обнаружение движущейся цели типа «птица», «дрон», «самолет», «человек», «машина» при наличии прямой видимости.

¹ Столкновения с птицами и другими животными ФАВТ [Электронный ресурс] // ФАВТ. URL: <https://famt.gov.ru/dejatelnost-bezopasnost-poletov-stolknoveniya-ptici/> (дата обращения: 25.03.2025).

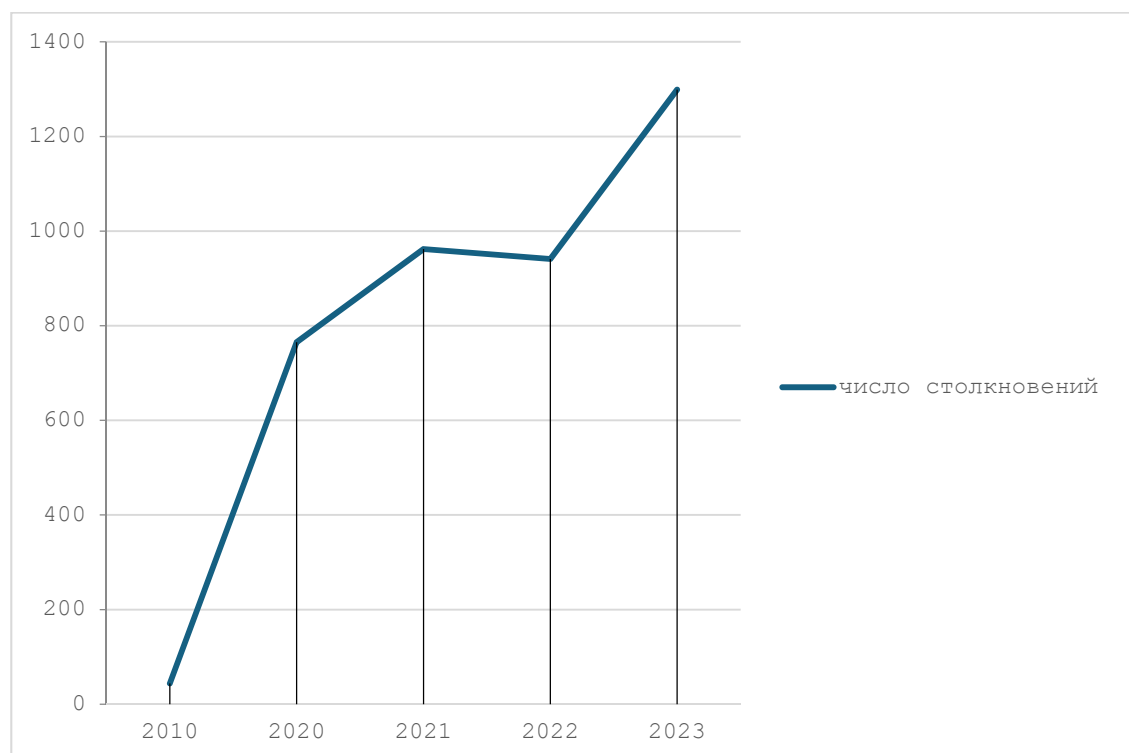


Рис. 1. Число столкновений птиц с ВС в РФ по годам
Fig. 1. Number of bird strikes with aircraft in the Russian Federation by years

Основные тактико-технические характеристики станции «ЕНОТ» соответствуют американским аналогам, но максимальная дальность обнаружения типовой цели составляет всего 2 500 м, что более чем в 3 раза хуже американских образцов. С учетом поставленной задачи: обнаружение птиц – значение дальности обнаружения системы «ЕНОТ» совершенно не соответствует понятию «орнитологический радар».

Таким образом, необходимо решать проблему использования в аэропортах РФ со сложной орнитологической обстановкой специальных орнитологических радаров [9]. При этом понятие орнитологического радара должно включать в себя функцию идентификации и классификации выявленных птиц.

По данным многолетнего анализа выявлены определенные закономерности, характеризующие угрозу, исходящую от птиц. Более 70 % всех столкновений происходит днем, при этом наиболее опасными являются высоты до 100 м (52–80 % всех столкновений). Около 47–57 % столкновений происходит на этапах снижения и посадки, а 30–47 % – на этапах взлета и набора высоты. Так, ярким примером стала недавняя катастрофа с южнокорейским боингом.

В официальном предварительном отчете о расследовании говорится, что в воскресенье, 29 декабря 2024 года, около 04:30 (по местному времени) пассажирский рейс авиакомпании Jeju Air (HL8088, B737-800) вылетел из международного аэропорта Суварнабхуми в Таиланде с 181 человеком на борту, включая 6 членов экипажа и 175 пассажиров. В 08:54:43 HL8088 впервые связался с диспетчерской вышкой международного аэропорта Муан для получения разрешения на посадку. Вышка дала разрешение на посадку на взлетно-посадочной полосе (ВПП) 01. Пока HL8088 приближался к ВПП, вышка в 08:57:50 предупредила экипаж о необходимости соблюдать осторожность из-за птиц. Спустя несколько секунд HL8088 из-за столкновения с птицей подал сигнал бедствия Mayday, который используется только в критических ситуациях, когда экипаж понимает, что жизни людей на борту грозит опасность. Когда HL8088 пролетал над левой стороной ВПП 01, он повернул направо и приблизился к ВПП 19, чтобы приземлиться на нее после выравнивания по осевой линии ВПП. Самолет совершил посадку без выпущенных шасси, выкатился за пределы ВПП, врезался в насыпь и загорелся.

В результате этой аварии погибли 4 члена экипажа и 175 пассажиров, а 2 члена экипажа получили серьезные травмы. Как сказано в отчете, бортовой речевой самописец и самописец полетных данных прекратили запись за 4 минуты до катастрофы. Пилоты заметили стаю птиц при приближении к ВПП 01, и камера видеонаблюдения засняла, как HL8088 приблизился к стае птиц во время ухода на второй круг. Оба двигателя отправлены на экспертизу, и на каждом из них были обнаружены перья и пятна крови птиц. Образцы были отправлены в специализированные организации для анализа ДНК, и местная организация идентифицировала их как принадлежащие байкальским чиркам (семейство утиных). После этой катастрофы руководство Южной Кореи заявило, что во всех аэропортах страны будут установлены камеры для обнаружения птиц и тепловизоры. Новая установка поможет определить размер и траекторию движения птиц на расстоянии, что позволит диспетчерам управления воздушным движением (УВД) оперативней реагировать на угрозу и тем самым снижать уровень риска [10]. Так, вес птицы напрямую влияет на степень опасности столкновения для ВС: чем тяжелее птица, тем выше риск повреждений. Даже небольшая птица размером с утку способна пробить трехсантиметровое стекло кабины ВС. Международные стандарты проектирования ВС требуют устойчивости кабины, двигателей, фюзеляжа и крыла к удару птицы весом до 1,8 кг, столкновение со стаей или крупными птицами, такими как гуси-шептуны, утки (до 5 кг), может привести к серьезным повреждениям, включая разрушение двигателя и деформацию фюзеляжа, крыла, оперения. Эти требования закреплены в Нормах летной годности (НЛГ) 35, которые гармонизированы с соответствующими разделами и приложениями НЛГ США FAR-35 с поправками по 35-8 включительно и с требованиями Европейских норм летной годности CS-P с поправкой 1².

В результате возникновения серьезного инцидента, который произошел 1 марта 2025 года

в Ньюарке (штат Нью-Джерси), можно увидеть серьезное разрушение двигателя. Грузовой самолет Boeing 767 компании FedEx совершил аварийную посадку через 9 мин после взлета. Причиной экстренной посадки стало возгорание двигателя, вызванное столкновением с птицей. На рис. 2–3 продемонстрированы последствия этого столкновения.



Рис. 2. Разрушенный двигатель в результате столкновения с птицей
Fig. 2. Destroyed engine as a result of a bird strike



Рис. 3. Разрушенное сопло двигателя в результате столкновения с птицей
Fig. 3. Destroyed engine nozzle because of a bird strike

² Приказ Росавиации № 785-П от 02.11.2022 Об утверждении Норм летной годности воздушных винтов НЛГ 35 [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_434288/ (дата обращения: 25.03.2025).

Аэропорты должны использовать радар для определения размера и габаритов птиц, которые, как правило, пропорциональны их весу [11]. Определение размера птицы по эхосигналам радара может количественно оценить уровень опасности столкновения с птицами, тем самым предоставляя аэропортам руководство к действиям в случае угрозы столкновения с птицами.

Комплекс средств автоматизации контроля орнитологической обстановки в аэропорту

В целях повышения эффективности обеспечения орнитологической безопасности полетов в районе аэродрома необходимо разработать и внедрять комплекс средств автоматизации контроля орнитологической обстановки (КСА КОО), представляющий собой интегрированную систему сбора, обработки, анализа и визуализации информации о наличии и перемещении птиц. КСА КОО обеспечивает непрерывный мониторинг орнитологической обстановки в режиме реального времени, своевременное оповещение служб аэропорта и экипажей ВС о потенциальных угрозах столкновения, а также предоставляет аналитические данные для разработки и реализации эффективных мер по управлению рисками. На рис. 4 КСА КОО представлен в виде блок-схемы.

Обработка информации, преобразованная в картинки. Идентификация видов птиц в предлагаемой системе осуществляется путем анализа изображений, полученных с помощью камер, в том числе тепловизионных [12]. Процесс заключается в извлечении релевантных признаков из изображения и их последующем сопоставлении с эталонными данными, полученными в результате предварительного обучения систем. Точность и скорость распознавания напрямую зависят от объема и качества выборки.

Ключевые этапы в процессе классификации изображений птиц включают обнаружение объектов, извлечение признаков и сегментацию изображения [13]. Эти этапы яв-

ляются предметом научных исследований, направленных на повышение точности и скорости обнаружения целей.

Извлечение признаков включает анализ морфологических характеристик, внешнего вида, цветовых параметров, представляет собой этап предварительной обработки, направленный на выявление наиболее значимых элементов изображения. Исследователями выявлено, что особую сложность представляет задача выявления различий цвета птиц и цвета фона естественной среды, что требует применения высокоточных методов сегментации изображений [9]. Сегментация изображений является сложной и трудоемкой задачей в цифровой обработке изображений и представляет собой активно развивающуюся область исследований в сфере распознавания объектов.

Радарное обнаружение. Преимущество радарного обнаружения птиц перед другими способами обнаружения изображений птиц заключается в нескольких факторах.

1. Радары способны обнаруживать птиц на значительных расстояниях, достигающих десятков километров, что позволяет заблаговременно выявлять скопления птиц и принимать меры по предотвращению столкновений их с ВС.

2. Радары могут обеспечить непрерывный мониторинг, работая круглосуточно, независимо от времени суток и освещенности.

3. Современные радары способны обнаруживать птиц в условиях ограниченной видимости, таких как туман, дымка, дождь.

4. Современные радарные системы оснащены системами автоматического обнаружения и сопровождения целей, что позволяет отслеживать перемещение птиц в режиме реального времени.

5. Современные радары, которые используют поляризационные характеристики сигнала, способны различать размер и вид птицы, предоставляя более детальную информацию об орнитологической обстановке.

Перечисленные выше факторы являются крайне важными для решения задач обеспечения безопасности полетов, но важно отметить, что для качественной работы необходимо, чтобы радарные данные были интегри-

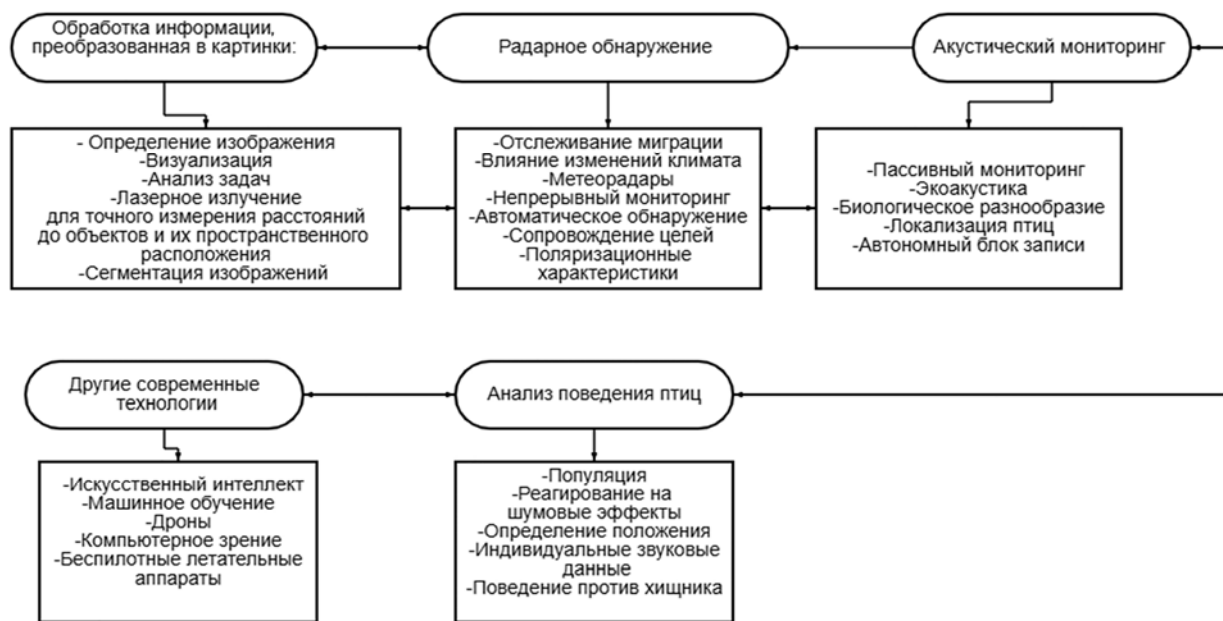


Рис. 4. Блок-схема КСА КОО

Fig. 4. Block diagram of a set of automated means for monitoring the ornithological situation

рованы с другими системами, такими как системы автоматической передачи информации в районе аэродрома, системы отпугивания птиц, метеорологические системы, что позволит создать комплексную систему обеспечения орнитологической безопасности.

Однако в настоящее время в гражданской авиации нет возможности получить точную информацию о видах птиц с помощью радарного обнаружения. Несмотря на значимые преимущества, есть ряд недостатков и сложностей внедрения радаров с необходимыми характеристиками для полного обеспечения безопасности полетов в районе аэродрома [14]. Во-первых, стоимость таких установок очень высокая, поэтому в каждом аэропорту Российской Федерации установить такие радары в обозримом будущем не представится возможным. Во-вторых, высока вероятность появления ложного сигнала при возникновении различных помех, например насекомые, погодные условия, дроны, здания, деревья. Поэтому радар часто применяется при изучении миграций птиц и обнаружении птиц в районе аэродрома в ночное время суток.

Для того чтобы нивелировать зависимость от метеоусловий, орнитологический радар должен иметь функцию переключения между

сантиметровым и миллиметровым диапазоном. Наиболее сложная помеховая обстановка возникает на входе приемных устройств радиолокатора из-за воздействия мешающих отражений от гидрометеоров. Это связано с большим многообразием различных метеообразований (туман, град, дожди различной интенсивности, снегопад и т. д.) [9]. При этом уровень сигналов мешающих отражений от гидрометеоров может в значительной степени изменяться во времени (изменение интенсивности метеообразований), в пространстве (влияние ветра), то есть имеет явно выраженный стохастический характер.

При действии сильных помех происходит изменение угла ориентации плоскости поляризации электромагнитной волны $\beta_{\text{п}}$, и в этом случае вероятность правильного обнаружения будет представлена в следующем виде [15]:

$$P_{\text{по}} = 1 - \Phi(h_0 - \sqrt{\frac{2E}{N_0}} \cos \beta_{\text{п}}), \quad (1)$$

где $h_0 = \sqrt{2}h / \sqrt{N_0 E}$; $\Phi(x)$ – функция Лапласа; h_0 – порог обнаружения; $(2E/N_0)$ – отношение сигнал/шум; $\beta_{\text{п}}$ – угол ориентации плоскости

поляризации электромагнитной волны; $\cos(\beta_n)$ – косинус угла ориентации плоскости поляризации.

В соответствии с этим соотношением трудно видеть, что увеличение угла β_n , согласно представленному соотношению, ведет к ухудшению параметров обнаружения. При фиксированном отношении сигнал/шум наблюдается снижение вероятности правильного обнаружения ($P_{по}$) в диапазоне от 1,1 до 1,7 раза. Такая потеря чувствительности радиолокационной системы может быть квалифицирована как возникновение опасного фактора.

Доплеровский метеорологический радар более устойчив к помехам, поскольку помехи можно различать и удалять во время анализа. Уточнение эхосигнала радара является предпосылкой для улучшения характеристик обнаружения и идентификации. Благодаря более широкому диапазону обнаружения доплеровский метеорологический радар может анализировать информацию о птицах, одновременно получая информацию о погоде. Поэтому он широко используется для изучения влияния погодных условий на миграцию птиц и для создания моделей прогнозирования миграции птиц путем объединения в обучение искусственного интеллекта и других методов.

Акустический мониторинг. Акустические сигналы являются одним из ключевых методов, используемых экологами для оценки биологического разнообразия птиц. Исследователи данной области часто используют отдельные автономные записывающие устройства для записи звуковых сигналов. Большая емкость памяти цифровых записывающих устройств, используемых для акустического мониторинга, позволяет проводить длительные периоды записи, а записанные данные используются для дальнейших исследований и повторной оценки. Записанные данные звуков птиц обычно требуют операций предварительной обработки, таких как коррекция смещения, для обеспечения точных результатов. Акустический мониторинг может использоваться для широкого

спектра целей, включая идентификацию птиц, мониторинг разнообразия видов птиц, а также мониторинг в период ночной миграции птиц. Акустические сигналы, издаваемые птицами во время различных экологических процессов (спаривание, размножение, миграция и т. д.), обычно различны, что делает акустический мониторинг птиц более сложным и в то же время представляет высокую исследовательскую ценность.

Три основных метода, описанные выше, часто используются в сочетании друг с другом или с некоторыми другими техническими средствами, такими как машинное обучение, обучение искусственного интеллекта, обнаружение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) и обработка компьютерного зрения. Поведение птиц подчеркивает адаптивный процесс, в котором птицы склонны давать различную реакцию на стимулы, сталкиваясь с внешними воздействиями.

Визуальное наблюдение ограничено многими факторами и не может удовлетворять потребности в получении точной информации о птицах.

Другие современные технологии. Современные технологии, такие как искусственный интеллект (ИИ), машинное обучение (МО), компьютерное зрение (КЗ) и беспилотные летательные аппараты (БПЛА), обладают огромным потенциалом для существенного повышения эффективности обеспечения орнитологической безопасности полетов. Они позволяют автоматизировать и оптимизировать процессы обнаружения, идентификации, прогнозирования и отпугивания птиц, тем самым снижая риск столкновений с воздушными судами. Так, например, МО позволяет обрабатывать большой объем данных полученных акустических, радиолокационных сигналов. ИИ может помочь в разработке прогнозов на основе имеющейся статистики. БПЛА могут использоваться как для мониторинга, так и для оперативного отпугивания птиц. Возможность применения каждой из этих систем требует дополнительных научных исследований, однако их эффективность очевидна.

Анализ поведения птиц. Адаптивный характер поведения птиц определяется их способностью формировать различные поведенческие реакции в ответ на изменяющиеся внутренние (физические) и внешние условия (окружающей среды). Данные реакции охватывают широкий спектр действий, включающий коммуникацию, стратегии защиты от хищников, способы добычи пищи и проявление ритмических процессов в момент воздействия различных систем.

Для ликвидации событий, связанных со столкновением птиц с воздушными судами, используют средства для отпугивания или уничтожения птиц из общего перечня, приведенного в [5].

1. Биоакустические установки. 2. Газовые пушки. 3. Трешетки. 4. Зеркальные шары. 5. Лазерные отпугиватели. 6. Сети. 7. Муляжи, имитирующие мертвых птиц. 8. Химические методы. 9. Радиоэлектронные и электромагнитные методы. 10. Специально подготовленные птицы и собаки. 11. Радиоуправляемые модели. 12. Беспилотные ВС.

Анализ, проведенный независимыми авторами [2, 5], показал, что по разным причинам первые восемь методов являются малоэффективными в силу быстрого привыкания птиц к соответствующему воздействию. Девятый способ в настоящее время проходит экспериментальные проверки и пока не может быть однозначно рекомендован к использованию. Десятый способ является достаточно сложным в применении и в силу понятных причин не может быть рекомендован повсеместно.

Из вышесказанного следует, что целесообразным в качестве основных средств отпугивания птиц от аэродромов является применение радиоуправляемых моделей и беспилотных ВС. В исследовании [5] рассматривались различные средства отпугивания птиц, о возможности применения радиоуправляемых моделей было сказано следующее: «данный метод не получил широкого применения из-за трудностей управления моделями и необходимости иметь на аэродроме специально обученного специалиста».

Однако сама концепция обеспечения орнитологической безопасности аэропортов предполагает наличие специализированных

орнитологических служб, укомплектованных подготовленными кадрами [3].

Аэропорты являются центральным объектом в рамках научных исследований поиска методов и способов предотвращения столкновений с птицами [16–18]. Однако географическая и экологическая среда вокруг аэропорта сложна и разнообразна, включая различные типы среды обитания, такие как водно-болотные местности, леса и сельскохозяйственные угодья, что приводит к большому количеству птиц, которых сложно мониторить [19]. На вероятность возникновения инцидента, связанного со столкновением ВС с птицами, влияют различные факторы, такие как географическая карта полетов и расположение аэродромов, климатические условия на аэродромах, время года и время суток, типы эксплуатируемых ВС, эффективность системы орнитологического обеспечения на аэродромах, а также знания и квалификация авиаперсонала в области орнитологического обеспечения БП. В основном летом наибольшую угрозу для полетов представляют птицы, так как в это время года их популяции увеличиваются из-за размножения. Годовой пик столкновений приходится на июль (рис. 5–6). В этот период возрастает риск для БП [6].

Непостоянство риска отмечается также по территориальному признаку [4]. Анализ данных Росавиации показал, что лидером по числу инцидентов на 100 тыс. взлетов и посадок в аэропортах (их районах), связанных со столкновением с птицами, является Южное МТУ [20] (4,06 инцидента) (рис. 7).

Аэропортам сложно анализировать общую ситуацию с птицами в подзонах, что затрудняет получение точных данных о птицах для обеспечения безопасности полетов. Поэтому обнаружение птиц в районе аэродрома имеет особое значение.

Большинство радаров обнаружения птиц, используемых в крупнейших аэропортах мира, представляют собой морские радиолокационные системы с горизонтальным расстоянием обнаружения от 5 до 20 км, которые охватывают широкий диапазон и могут обнаруживать птиц, которых невозможно отслеживать визуально, и дают изображения с высоким разрешением перемещений птиц. Си-

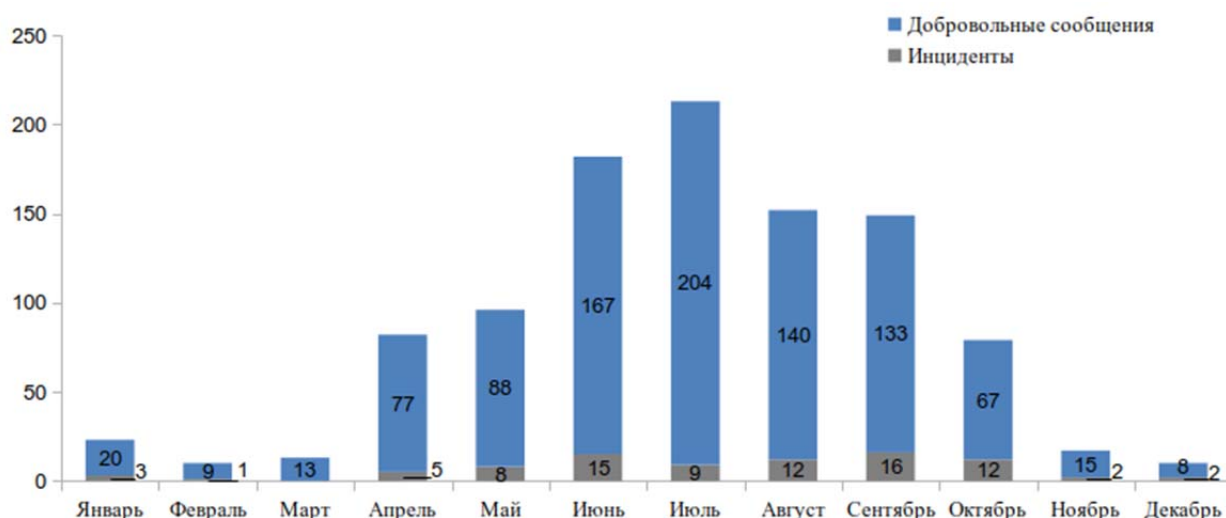


Рис. 5. Количество столкновений (угрозы столкновений) ВС с птицами в 2022 году
Fig. 5. Number of aircraft collisions (threats of collisions) with birds in 2022

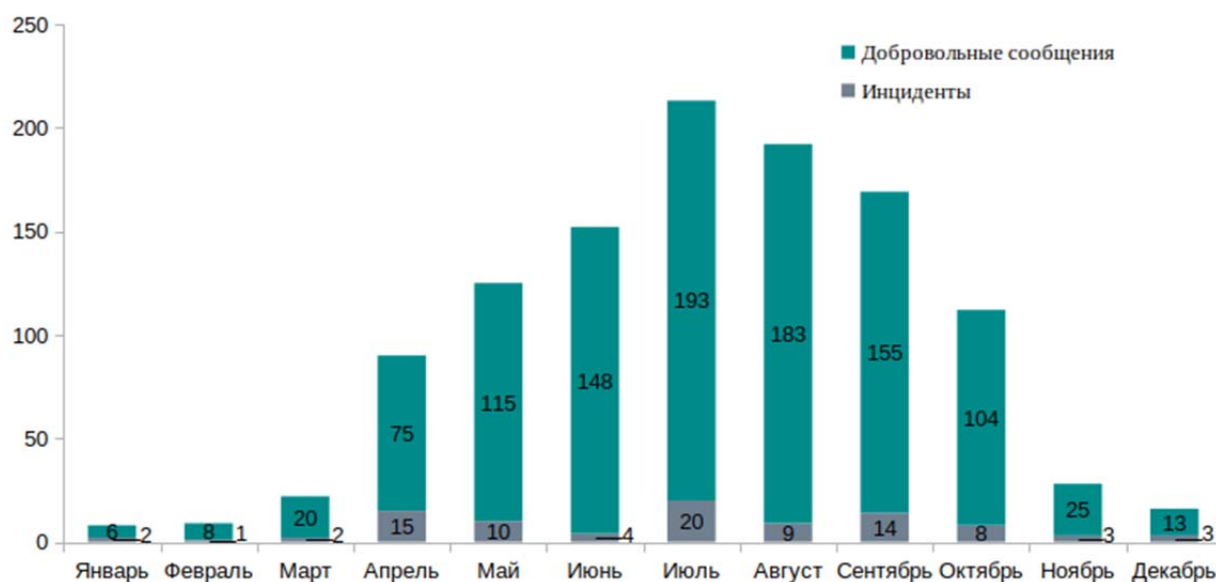


Рис. 6. Количество столкновений (угрозы столкновений) ВС с птицами в 2023 году
Fig. 6. Number of aircraft collisions (threats of collisions) with birds in 2023

системы радиолокационного обнаружения птиц в аэропортах могут предоставлять операторам аэропортов информацию об активности птиц в ясную погоду, так что меры по отпугиванию птиц и планы борьбы могут быть заранее организованы.

Еще раз отметим, что радиолокационные системы не могут обнаружить птиц в дождь из-за отражений осадков. Некоторые помехи на земле (например, здания) и помехи в воздушном пространстве (например, насекомые)

будут влиять на способность обнаружения и отслеживания радара, что приведет к невозможности точно воспринимать это явление. В то же время радиолокационные системы дорогие и в настоящее время широко используются в основном в странах Европы и Америки. Поэтому необходимо создавать комплексные системы обнаружения и идентификации птиц в районе аэродрома, а также применения способов отпугивания и защиты ВС от столкновений с ними.

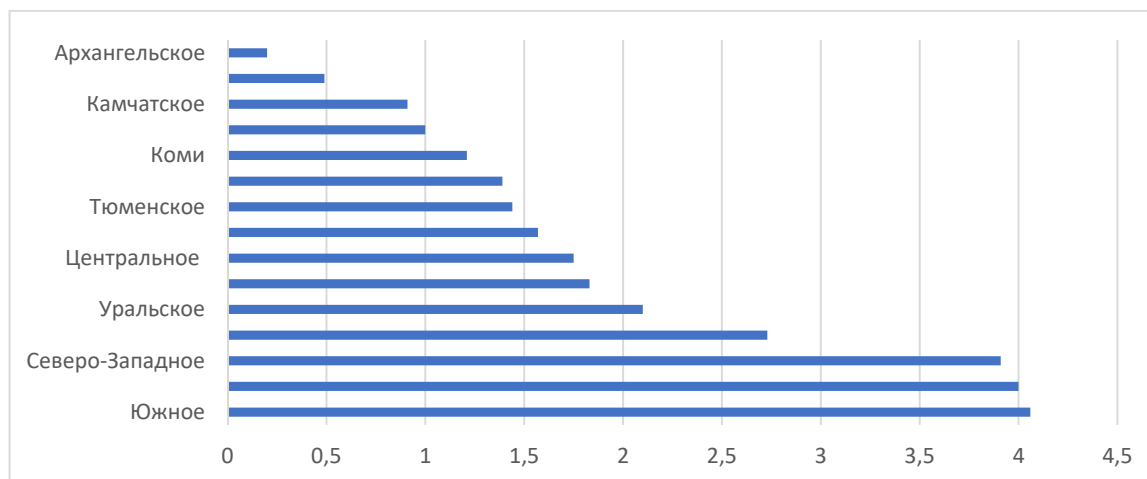


Рис. 7. Распределение относительного числа инцидентов (число инцидентов на 100 тыс. взлетов и посадок в аэропортах (их районах)), связанных со столкновением с птицами по территориальным органам Росавиации
Fig. 7. Distribution of the relative number of incidents (number of incidents per 100 thousand takeoffs and landings at airports (their areas)) associated with collisions with birds by local agencies of the Federal Air Transport Agency

Заключение

На основе вышесказанного предлагается концептуальная модель повсеместного внедрения систем, обеспечивающих орнитологическую безопасность полетов.

Предлагаемая модель разграничивает зону контроля орнитологической обстановки в районе аэродрома на малую, среднюю и большую. Малая зона определяется как область, в которой воздушное судно выполняет следующие этапы полета – руление, взлет и посадку и располагается в пределах 8 км от периметра аэродрома. Средняя охватывает воздушное пространство на расстоянии от 8 до 50 км от периметра аэродрома и включает в себя различные природные объекты, привлекающие птиц (например, озера, водно-болотные угодья, сельскохозяйственные угодья, лесные массивы). Большая зона представляет собой область от 50 км до максимальной дальности действия погодного доплеровского радара. Самая большая дальность действия погодного доплеровского радара может достигать 460 км. Например, обзорные метеолокаторы сети NEXRAD в США имеют луч шириной 1° и проводят наблюдения на большой территории в цикле длительностью от 4,5 до 10 мин.

В малой зоне приоритетом является определение орнитологической обстановки в режиме реального времени. Визуальное наблюдение дополняется данными радиолокаторов обнаружения птиц, обработкой информации и пре-

образованием ее в картинки. В средней зоне мониторинг воздушного пространства осуществляется преимущественно с использованием радиолокаторов, с интеграцией данных и проведением анализа для отслеживания траекторий перемещения птиц и оперативной разработки рекомендаций. У каждого объекта средней зоны может быть установлено акустическое оборудование для мониторинга, обеспечивающее своевременную передачу данных и анализ, что позволит заблаговременно (за несколько часов) прогнозировать риски, связанные с активностью птиц. В большой зоне целесообразно применение доплеровских радаров для получения информации о миграциях птиц и последующем прогнозировании орнитологической обстановки на ближайшие дни. Формируемые прогнозы, могут служить руководством для планирования мероприятий по управлению орнитологическими рисками и отпугиванию птиц на территории аэродрома.

Обеспечение орнитологической безопасности невозможно без интеграции различных методов обнаружения птиц: визуального наблюдения, использования радаров, анализа статистических данных. Только комбинированный подход, учитывающий сильные стороны каждого метода, позволяет получить максимально полную картину орнитологической обстановки в районе аэропорта.

Систематический мониторинг орнитологической активности в районе аэропорта, включая сбор и анализ данных о видах птиц,

их численности и поведении, позволит создавать надежные прогнозы потенциальных рисков столкновений. Эффективное обнаружение птиц – это не только гарантия безопасности полетов, но и ключевой фактор для повышения эффективности работы аэропорта и обеспечения комфортных условий для всех участников воздушного движения.

Проведенное исследование подтверждает, что эффективное обнаружение птиц в районе аэродрома является критически важным элементом обеспечения орнитологической безопасности полетов воздушных судов. Анализ существующих методов обнаружения – от традиционных визуальных наблюдений до современных радиолокационных систем – выявил как их преимущества, так и серьезные ограничения. Особенно остро проблема стоит в южных регионах, в условиях плохой видимости и сложной метеорологической обстановки, а также при необходимости обнаружения птиц на значительном удалении от взлетно-посадочной полосы.

Несмотря на существующие меры, столкновения птиц с воздушными судами продолжают представлять серьезную угрозу, приводя к материальным потерям, задержкам рейсов и авиационным происшествиям. Это подчеркивает необходимость постоянного совершенствования технологий и методов обнаружения птиц.

Дальнейшим направлением развития научной работы должна быть разработка специализированных радиолокационных систем, предназначенных именно для задач орнитологической защиты аэродромов.

Список литературы

1. Соломенцев В.В., Игнатенко О.А. Особенности эксплуатации технических и программных средств АС УВД // Научный вестник МГТУ ГА. 2005. № 92. С. 7–12.
2. 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
3. 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.

4. Люсов Е.В. Проблемные вопросы безопасной эксплуатации воздушного транспорта // Транспорт. Горизонты развития: материалы 2-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород, 07–09 июня 2022 года. Нижний Новгород: ВГУВТ, 2022. С. 132.

5. Парфенов Н.А., Матюхин Д.И., Звягинцева А.В. Разработка автоматизированной системы для безопасной эксплуатации летательных аппаратов // Информационные технологии в строительных, социальных и экономических системах. 2022. № 3 (29). С. 45–49.

6. Власова А.В. Проблемы орнитологической службы обеспечения полетов, и пути их решений // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: сборник тезисов докладов Международной научно-техн. конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации, Москва, 18–19 мая 2023 года. М.: ИД Академии имени Н.Е. Жуковского, 2023. С. 511–512.

7. Meer Ahmad A.M. Bird-strike aircraft accidents and their prevention [Электронный ресурс] // Asian Journal of Science and Technology. 2019. Vol. 10, iss. 01. Pp. 9251–9257. URL: <https://journalajst.com/sites/default/files/issues-pdf/6718.pdf> (дата обращения: 17.08.2024).

8. Phillips A.C., Majumdar S., Washburn B.E. и др. Efficacy of avian radar systems for tracking birds on the airfield of a large international airport // Wildlife Science Bulletin. 2018. Vol. 42, iss. 3. Pp. 467–477. DOI: 10.1002/wsb.910

9. Степаненко А.С. Развитие навигационных систем в гражданской авиации // Научный вестник МГТУ ГА. 2017. Т. 20, № 1. С. 123–131.

10. Нечаев В.Н. Исследование технологии взаимодействия службы обслуживания воздушного движения и орнитологической службы / В.Н. Нечаев, М.В. Кулаков, Г.А. Гаспарян, Я.В. Гончаренко, К.А. Баталов // Научный вестник МГТУ ГА. 2023. Т. 26, № 1. С. 49–57. DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-1-49-57

11. Ильичев В.Д., Силаева О.Л., Золотарев С.С. Защита самолетов и других объектов от птиц. М.: КМК, 2007. 337 с.

12. Rai B.K. Recognition of different bird category using image processing / B.K. Rai, S. Sharma, G. Kumar, K. Kishor [Электронный ресурс] // International Journal of Online and

Biomedical Engineering. 2022. Vol. 18, no. 07, pp. 101–114. DOI: 10.3991/ijoe.v18i07.29639 (дата обращения: 17.08.2024).

13. **Gerringer M.B., Lima S.L., DeVault T.L.** Evaluation of an avian radar system in a midwestern landscape // *Wildlife Science Bulletin*. 2016. Vol. 40, iss. 1. Pp.150–159. DOI: 10.1002/wsb.614

14. **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

15. **Козлов А.И., Логвин А.И., Сарычев В.А.** Поляризация радиоволн. Поляризационная структура радиолокационных сигналов: монография. М.: РАДИОТЕХНИКА, 2005. 704 с.

16. **Давыгора А.В., Ленева Е.А., Рябцов С.Н.** Орнитологическая обстановка в аэропорту города Оренбург в весенний сезон // *Вестник ЗКУ*. 2022. Т. 85, № 1. С. 170–187. DOI: 10.37238/1680-0761.2022.85(1).80

17. **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.

18. **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.

19. **Степаненко Е.В., Шевердин М.А., Низаметдинов Р.Р.** Бизнес-процессы авиакомпании и аэропорта: общность и различия // *Научный вестник ГосНИИ ГА*. 2020. № 33. С. 69–77.

20. **Степаненко А.С., Куренкова Е.О.** Комплексное развитие региональных аэропортов // *Научно-технический вестник Брянского государственного университета*. 2023. № 3. С. 269–278. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-03-269-278

References

1. **Solomentsev, V.V., Ignatenko, O.A.** (2005). Specifics of operating technical and

software tools of the ATC control system. *Nauchnyy vestnik MGTU GA*, no. 92, pp. 7–12. (in Russian)

2. **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 (in Russian)

3. **Elisov, L.N., Ovchenkov, N.I., Filipov, 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)

4. **Lyusov, E.V.** (2022). Issues of safe air transport operation. In: *Transport. Gorizonty razvitiya: materialy 2-go mezhdunarodnogo nauchno-promyshlennogo foruma*. Nizhniy Novgorod: VGUVT, p. 132. (in Russian)

5. **Parfenov, N.A., Matyukhin, D.I., Zvyagintseva, A.V.** (2022). Development of an automated system for the safe operation of aircraft. *Information technologies in construction, social and economic systems*, no. 3 (29), pp. 45–49. (in Russian)

6. **Vlasova, A.V.** (2023). Problems of the ornithological flight support services and their solutions. In: *Grazhdanskaya aviatsiya na sovremennom etape razvitiya nauki, tekhniki i obshchestva: sbornik tezisev dokladov mezhdunarodnykh nauchno-tekhn. konferentsiya, posvyashchennaya 100-letiyu otechestvennoy grazhdanskoy aviatsii*. Moscow: ID Akademii imeni N.Ye. Zhukovskogo, pp. 511–512. (in Russian)

7. **Meer Ahmad, A.M.** (2019). Bird-strike aircraft accidents and their prevention. *Asian Journal of Science and Technology*, vol. 10, issue 01, pp. 9251–9257. Available at: <https://journalajst.com/sites/default/files/issues-pdf/6718.pdf> (accessed: 17.08.2024).

8. **Phillips, A.C., Majumdar, S., Washburn, B.E. et al.** (2018). Efficacy of avian radar systems for tracking birds on the airfield of a large international airport. *Wildlife Science Bulletin*, vol. 42, issue 3, pp. 467–477. DOI: 10.1002/wsb.910

9. **Stepanenko, A.S.** (2017). The development of navigation systems in civil aviation. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 20, no. 1, pp. 123–131. (in Russian)

10. **Nechaev, V.N., Kulakov, M.V., Gasparyan, G.A., Goncharenko, Ya.V., Batalov, K.A.**

(2023). Investigation of the technology of the cooperation between the air traffic control and the ornithological service. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 26, no. 1, pp. 49–57. DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-1-49-57 (in Russian)

11. Ilyichev, V.D., Silaeva, O.L., Zolotar-ev, S.S. (2007). Protection of aircraft and other objects from birds. Moscow: KMK, 337 p. (in Russian)

12. Rai, B.K., Sharma, S., Kumar, G., Kishor, K. (2022). Recognition of different bird category using image processing. *International Journal of Online and Biomedical Engineering*, vol. 18, no. 07, pp. 101–114. DOI: 10.3991/ijoe.v18i07.29639 (accessed: 17.08.2024).

13. Gerringer, M.B., Lima, S.L., DeVault, T.L. (2016). Evaluation of an avian radar system in a midwestern landscape. *Wildlife Science Bulletin*, vol. 40, issue 1, pp. 150–159. DOI: 10.1002/wsb.614

14. Yudkin, V.A., Grabovski, 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)

15. Kozlov, A.I., Logvin, A.I., Sarychev, V.A. (2005). Polarization of radio waves. The polarization structure of radar signals: Monograph. Moscow: Radiotekhnika, 702 p. (in Russian)

16. Davygora, A.V., Leneva, E.A., Ryabtsov, S.N. (2022). Ornithological situation at the Orenburg airport during the spring season. *Vestnik ZKU*, vol. 85, no. 1, pp. 170–187. DOI: 10.37238/1680-0761.2022.85(1).80

17. 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)

18. 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. *Modern science: current problems of theory and practice. Series: Natural and technical sciences*, no. 4, pp. 7–10.

19. Stepanenko, E.V., Sheverdin, M.A., Nizametdinov, R.R. (2020). The business processes of the airline and the airport: commonalities and differences. *Scientific Bulletin of the State Scientific Research Institute of Civil Aviation (GosNII GA)*, no. 33, pp. 69–77. (in Russian)

20. Stepanenko, A.S., Kurenkova, E.O. (2023). Integrated development of regional airports. *Nauchno-Tekhnicheskii Vestnik Bryanskogo Gosudarstvennogo Universiteta*, no. 3, pp. 269–278. DOI: 10.22281/2413-9920-2023-09-03-269-278 (in Russian)

Сведения об авторах

Власова Аруся Витальевна, кандидат технических наук, доцент кафедры организации перевозок на воздушном транспорте МГТУ ГА, a.vlasova@mstuca.ru.

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

Information about the authors

Arusya V. Vlasova, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, the Chair of Transportation Organization on Air Transport, Moscow State Technical University of Civil Aviation a.vlasova@mstuca.ru.

Boris P. Eliseev, Doctor of Juridical Sciences, Professor, the Rector of the Moscow State Technical University of Civil Aviation, b.eliseev@mstuca.ru.

Поступила в редакцию 28.02.2025
Одобрена после рецензирования 15.04.2025
Принята в печать 24.07.2025

Received 28.02.2025
Approved after reviewing 15.04.2025
Accepted for publication 24.07.2025