 © Авторы статьи / Authors of the article

ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ/TECHNOSPHERE SAFETY OF TRANSPORT SYSTEMS

DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.71 EDN: MRJMLZ

НОВЫЕ ПОДХОДЫ К ОБЕСПЕЧЕНИЮ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА

Научная статья

Заболотников Г.В.[1, *], Константинов О.Д.[2]

[1, 2] Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова, Санкт-Петербург, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (zabolotnicovgv[at]mail.ru)

Предложена: 14.02.2025; Принята: 28.03.2025; Опубликована: 17.04.2025

Аннотация

Несмотря на продолжающееся в настоящее время совершенствование существующих и внедрение новых технологий борьбы с пернатыми с целью обеспечения безопасности полетов воздушных судов (ВС), материальные издержки воздушного транспорта по причине последствий столкновения самолетов с птицами (Bird Strike) не снижаются. В связи с возобновившимся ростом интенсивности воздушных перевозок возрастает и актуальность сложной биотехнической проблемы снижения рисков столкновения ВС с птицами. В исследовании проведен анализ недостатков существующих и перспективных способов снижения концентрации и отпугивания птиц на территории аэродрома. В направлении реализации биологического подхода к решению проблемы столкновений ВС с птицами предложена технология борьбы с птицами, позволяющая выработать и со временем закрепить условный рефлекс боязни самолёта у популяции птиц аэродрома, предписывающий им избегать встречи с ВС. Технология предполагает установку на самолет, с оптимальным набором устройств отпугивания птиц на борту, многосекционного транспортного контейнера, обеспечивающего сброс чучел поврежденных самолетоопасных видов птиц над местами их массового скопления. Частью системы является набор динамичных муляжей самолетоопасных видов пернатых с функцией трансляции тревожных сигналов птиц. После сброса чучел активируются механизм обеспечения подвижности их конечностей и акустическое устройство трансляции тревожных сигналов пернатых, совместно имитирующих агонию смертельно раненой птицы. Тем самым на заданных участках летного поля воссоздается реалистичная динамичная картина последствий столкновения птиц с ВС. Предполагается, что плановое использование технологии в периоды активизации пернатых со временем приведет к возникновению у популяции самолетоопасных птиц аэродрома условного рефлекса боязни движущегося ВС, принуждающего птиц избегать встречи с самолетами. Тем самым достигается заявленная цель: на основе повышения эффективности существующих и перспективных технологий отпугивания птиц на аэродроме снижаются риски событий столкновений ВС с птицами.

Ключевые слова: борьба с птицами, орнитологическое обеспечение, безопасность полетов, столкновение с птицами, воздушное судно, отпугивание птиц.

NEW APPROACHES TO ENSURING ORNITHOLOGICAL SAFETY OF AIRCRAFT FLIGHTS IN THE AIRFIELD AREA

Research article

Zabolotnikov G.V.[1, *], Konstantinov O.D.[2]

[1, 2] Saint Petersburg State University of Civil Aviation named after Chief Marshal of Aviation A.A. Novikov, Saint-Petersburg, Russian Federation

* Corresponding author (zabolotnicovgv[at]mail.ru)

Suggested: 14.02.2025; Accepted: 28.03.2025; Published: 17.04.2025

Abstract

Despite the ongoing improvement of existing and introduction of new bird management technologies to ensure aircraft flight safety, the material costs of air transport due to the consequences of Bird Strike are not decreasing. In view of the renewed growth of air traffic intensity, the relevance of the complex biotechnical problem of reducing the risks of bird strike increases. The study analyses the shortcomings of existing and prospective methods of reducing the concentration and deterrence of birds on the territory of the airfield. In the direction of implementation of the biological approach to solving the problem of aircraft collisions with birds, the technology of bird control is proposed, which allows to develop and eventually fix a conditional reflex of fear of aircraft in the population of birds of the airfield, directing them to avoid meeting with aircraft. The technology assumes installation of a multisectional transport container on the aircraft with an optimal set of bird repellent devices on board, which provides for dropping of stuffed animals of damaged aircraft-dangerous bird species over the places of their mass gathering. Part of the system is a set of dynamic fake birds with the function of broadcasting bird alarm signals. After dropping the stuffed birds, the mechanism for ensuring the mobility of their limbs and the acoustic device for broadcasting alarm signals of birds are activated, jointly imitating the agony of a mortally wounded bird. Thus, a realistic, dynamic picture of the consequences of bird strike is recreated on the specified areas of the airfield. It is assumed that the planned use of the technology in the periods of activation of birds will eventually lead to the emergence of a conditioned reflex

 © Авторы статьи / Authors of the article

of fear of moving aircraft in the population of aircraft-hazardous birds of the aerodrome, forcing birds to avoid meeting with aircraft. Thus, the stated goal is achieved: on the basis of increasing the efficiency of existing and prospective technologies of bird deterrence at the airfield, the risks of aircraft collision events with birds are reduced.

Keywords: bird management, ornithological support, flight safety, bird strike, aircraft, bird deterrence.

Введение

Проблема снижения рисков безопасности полетов, обусловленных столкновением воздушных судов (ВС) с птицами, к началу 60-х годов прошлого столетия приобрела для авиационного сообщества общемировую значимость. В связи с продолжающимся до настоящего времени приростом объемов воздушных перевозок, интенсификацией трафика и расширением географии полетов, а также введением в эксплуатацию новых транспортных коридоров, ситуация, обусловленная ростом угроз безопасности полетов по причине увеличения количества случаев столкновения ВС с птицами как в отечественной авиации, так и по всему миру, продолжает ухудшаться. Предпринимаемые авиационным сообществом меры по предотвращению столкновений ВС с птицами не дают должных результатов, а количество и тяжесть последствий увеличиваются. Статистика Международной организации гражданской авиации фиксирует не менее 5000 событий, связанных со столкновением ВС с птицами в год. При этом мировой авиационный комплекс ежегодно теряет более миллиарда долларов на компенсацию ущерба последствий столкновений ВС с представителями орнитофауны [1], [2], [4], [5].

Основные подходы к проблеме орнитологического обеспечения безопасности полетов и создания системы борьбы с птицами в своих трудах заложили выдающиеся отечественные ученые орнитологии Владимир Эдуардовича Якоби и Роман Дмитриевич Ильичев.

Одна из первых в мире фундаментальных работ по теме обеспечения безопасности полетов в орнитологическом отношении стала монография «Биологические основы предотвращения столкновений самолетов с птицами» (1974 г.) [6] основателя новой прикладной науки Авиационная метеорология Владимира Эдуардовича Якоби. Она стала первой в длинном ряду научных публикаций автора по теме предотвращения столкновений ВС с птицами, которые на международном уровне актуализировали задачу необходимости изучения проблемы взаимоотношения птиц и самолетов. В своей работе В. Э. Якоби дал общее описание проблемы опасности, создаваемых птицами для полетов ВС, провел детальный анализ большого числа конфликтных ситуаций, разработал систему и стратегию проведения комплекса мероприятий по снижению рисков столкновений самолетов с птицами, многие из которых были успешно внедрены в практику орнитологического обеспечения отечественной авиации. Он обосновал необходимость и ценность биологического подхода к решению задач в рамках проблемы предотвращения столкновений, самолетов с птицами. Сформулированный Якоби В.Э. биологический подход включает следующие основные направления: прогноз появления птиц на траекториях движения самолетов и управление поведением птиц с учетом их ответной реакции на самолет как элемент окружающей среды.

Одним из последующих фундаментальных исследований в области авиационной орнитологии по рассматриваемой теме является монография выдающегося советского и российского орнитолога Ильичева Романа Дмитриевича «Управление поведением птиц» (1984 г.) [7] – первый в мире научный труд, посвященный средствам управления поведением птиц в интересах авиации, энергетики, сельского и охотничьего хозяйства, а также охраны природы. В данном исследовании и ряде последующих научных работах автора (например, [8], [9]) представлены крупномасштабная стратегия защиты технических объектов от пернатых и концепция экологических средств управления поведением птиц (ЭСУП). В результате своих исследований Ильичев Р. Д. пришел к выводу, что основным принципом практических работ по минимизации последствий негативного воздействия пернатых на производственный комплекс должно стать не уничтожение, а отвлечение птиц от тех мест, где их присутствие нежелательно.

Как продолжение исследований проблем в области авиационной орнитологии стала монография Ильичёва В.Д., подготовленная в соавторстве с Нечвалем Н.А. и Бирюковым В.Я., «Защита самолётов и других объектов от птиц» (2007) [10], в которой была представлена экологическая концепция стохастической модели столкновений авиационного транспорта с птицами. Представленный научный подход позволил статистически оценить технико-экологические средства защиты от биоповреждений, а также на этой основе прогнозировать возможные случаи столкновений самолётов с птицами.

По множеству объективных причин современных фундаментальных научных трудов, комплексно развивающих теорию и практику науки Авиационная метеорология к настоящему времени не создано. Из ряда современных исследователей проблем в области Авиационной орнитологии можно выделить научные коллективы под руководством Силаевой О.Л. [11], [12], [13], Кухта А.Е. [3], Макаровой Е.Р. [14], периодически размещающие результаты своих исследований в научных журналах и сборниках. Анализ этих результатов рассматривается по ниже тексту статьи.

По результатам анализа современных источников по рассматриваемой проблеме необходимо отметить следующее. Ввиду узкой направленности и сложности решения проблемы борьбы с птицами, находящейся на стыке науки Орнитология и направления Обеспечение безопасности полетов, в научных и научно технических журналах практически не поднимается (в совокупности публикуется не более 1–2 статей в год). При этом необходимо отметить, что отечественного мультидисциплинарного научного издания, систематически публикующего результаты научных исследований по различным направлениям деятельности в области Авиационной орнитологии нет. Внимание научного сообщества к проблеме обостряется после очередного резонансного летного происшествия связанного с птицами. Вместе с тем авиационных специалистов рассматриваемая проблема интересует преимущественно с точки зрения обеспечения безопасности полетов. А большинство ученых орнитологов преимущественно погружены в решение проблем в рамках своей науки. Поэтому количество научных коллективов профессиональных орнитологов,

 © Авторы статьи / Authors of the article

систематически занимающихся проблемами Авиационной орнитологии, по причине специфики их научных интересов, относящихся другой области знаний, тоже ограниченно.

Результаты литературного обзора в целом показали, что в настоящее время рассматриваемая проблема с учетом достигнутого уровня технологий недостаточно разработана и весьма слабо освещаются как в научной и научно-технической, так и в нормативной литературе. Предлагаемые решения проблемы снижения рисков столкновения самолетов с птицами в основном сводятся к следующему. Прежде всего, к совершенствованию существующей системы орнитологического обеспечения полетов Гражданской авиации применительно к какому-либо региону с учетом специфики физико-географических и экологических условий на основе статистического анализа случаев столкновения самолетов с птицами. Либо разработке новых методов отпугивания птиц, основанных на внедрении современных технологических разработок сопредельных отраслей техники по новому предназначению.

Целью исследования является разработка новой системы и способа предотвращения столкновений воздушных судов с птицами на основе использования биологического подхода к решению актуальной проблемы обеспечения безопасности полетов ВС в орнитологическом отношении. На основе анализа достоинств и недостатков известных методов борьбы с птицами, а также достижений современных технологий предполагается разработать не травматичный метод, нацеленный на борьбу с популяцией самолетоопасных птиц района аэродрома. Подавляющее большинство известных способов и систем отпугивания птиц основаны на использовании одного или нескольких раздражающих факторов, заставляющих птиц избегать посещения находящихся в радиусе их действия «защищаемых» участков территории. При реализации такого подхода у пернатых формируется рефлекс настороженного отношения к системам и средствам отпугивания птиц, установленным на летном поле. Тем самым на основе использования отпугивающего эффекта снижается концентрация птиц на участках летного поля в местах расположения средств борьбы с птицами. Как недостаток данного подхода можно отметить, что при этом самолет, как объект непосредственной угрозы для птиц, никак не обозначается.

Отличие предлагаемого способа от традиционных подходов к отпугиванию птиц состоит в том, что он предусматривает формирование у самолетоопасных птиц условного рефлекса опасности по отношению именно к ВС, в итоге принуждающего пернатых заблаговременно покинуть часть воздушного пространства по курсу движения самолета. Тем самым предполагается достижение заявленной цели – снижение рисков столкновения воздушных судов с птицами не только на аэродроме и примыкающем к нему части воздушного пространства, но и на подходах к нему.

Методика и принципы исследований

Известные методы исследований были направлены для изучения узкой предметной области, находящихся на стыке наук Орнитология и Обеспечение безопасности полетов ВС. В процессе изучения проблемы авторами статьи были применены следующие теоретические методы исследований: сравнительно-сопоставительный анализ, классификации, абстрагирования существующих подходов, способов, систем и устройств снижения концентрации птиц в районе аэродрома, и прежде всего их отпугивания. Дана оценка их эффективности, установлены достоинства и недостатки, определены направления совершенствования на основе использования достижения современных технологий в сопредельных областях технических и биологических наук.

Для достижения поставленной цели были изучены монографии, современные научные и научно-технические источники, руководящие и нормативные документы, учебная литература по проблеме негативного влияния птиц на функционирование воздушного транспорта и борьбы с ними в задачах обеспечения безопасности полетов ВС. Кроме того, по базе Федерального института промышленной собственности (ФИПС) выполнен патентный поиск глубиной двадцать лет перспективных способов, систем и устройств отпугивания птиц на предмет подбора прототипов, разрабатываемых системы и способа отпугивания птиц.

При использовании теоретических методов аналогии, синтеза и моделирования в направлении биологического подхода решения проблемы борьбы пернатыми предложена новая перспективная система и способ снижения рисков столкновения воздушных судов с птицами.

Результаты исследования состояния проблемы

Задача предотвращения столкновений ВС с птицами носит сложный многоплановый характер и в совокупности образует биотехническую проблему, которая в настоящее время решается посредством созданной системы орнитологического обеспечения полетов, регулирующейся международными и национальными руководящими документами [15], [16]. Борьба с опасностью, создаваемой живой природой, представляет собой комплекс мероприятий по орнитологическому обеспечению полетов и предотвращению столкновений воздушных судов с птицами. Все мероприятия проводятся в рамках функционирования системы управления безопасностью полетов и направлены на предотвращение столкновений ВС с птицами в районах аэродромов, по маршрутам и зонах полетов ВС [1], [3], [8], [11].

Анализ многолетних статистических данных по распределению столкновений ВС с птицами по высотам позволяет утверждать, что максимум такого рода происшествий приходится на такие этапы полета воздушных судов, как разбег, взлет, начальный этап набора высоты по курсу взлета, заключительная стадия снижения, посадка и пробег ВС. Данные фазы полетов выполняются в нижнем воздушном пространстве в границах от поверхности земли до высот порядках 900 м. и соответствуют примерно 80–85% всех случаев данного рода [7], [12], [18], [19]. Т.е. можно утверждать, что подавляющее число случает столкновения ВС с птицами происходит в воздушном пространстве аэродрома и прилегающих к нему коридорах набора высоты и снижения, при выполнении процедур взлетно-посадочного цикла. В связи с чем основные усилия по решению проблемы предотвращения столкновений ВС с птицами целесообразно сосредоточить именно в части воздушного пространства, непосредственно примыкающей к территории аэродрома.

В целях снижения орнитологической напряженности на аэродроме проводится комплекс мероприятий по снижению привлекательности его территории и прилегающей местности для птиц. Основными из них являются:

 © Авторы статьи / Authors of the article

осушение заболоченных мест и водоемов, ликвидация зарослей кустарника, выкос травы в соответствии с рекомендациями специалистов-орнитологов и т.п. Наряду с этим для сокращения популяции птиц района аэродрома традиционно применяются следующие способы:

- отпугивание;
- отлов;
- уничтожение птиц или их яиц в гнездах;
- временная или полная стерилизация птиц.

В настоящее время в деле борьбы с пернатыми, как вершина всего комплекса мероприятий по орнитологическому обеспечению полетов, является система мер по отпугиванию скапливающихся на аэродромах птиц с помощью специальных технических средств.

Это направление получило широкое распространение по следующим причинам. Известные к настоящему времени методы отпугивания птиц при сравнительно не больших финансовых затратах довольно эффектны и просты в использовании, а также обеспечивают приемлемый уровень экологической безопасности. Остальные способы снижения количества пернатых из-за отсутствия долговременных положительных результатов в наши дни практически не используются или получили меньшее распространение. Так, метод отлова действует только на определенные виды птиц. Широко практиковавшиеся ранее способы уменьшения численности птиц с помощью ядохимикатов, отстрела, а также разорения гнезд, в настоящее время по причине повсеместного утверждения экологического мировоззрения практически нигде не применяются [1], [2], [9], [10]. Во-первых, эти способы бесперспективны, так как на месте уничтоженных самолетоопасных птиц сразу появляются другие представители вида, обитающие в районе аэродрома. При этом птицы, занявшие освободившееся место в биотопе аэродрома, не «видят» угрозы, исходящей от летательных аппаратов (ЛА), а также не имеют опыта уклонения от столкновения с ВС. Таким образом риски наступления событий столкновения ВС с птицами только возрастают. Во-вторых, уничтожить все виды пернатых в районе аэродрома, а тем более мигрирующие разновидности птиц, практически невозможно. В-третьих, одновременно с самолетоопасными видами могут быть уничтожены редкие и полезные виды, которые находятся в Красной книге, но при этом не представляют опасности для ВС.

Существует множество подходов классификации существующих и перспективных устройств и способов отпугивания птиц. Наиболее известна традиционная классификация применяемых на аэродромах средств защиты от птиц по принципу воздействия: акустические, оптические (визуальные), химические, пиротехнические, механические, биологические, электромагнитные и т.п. [1], [7], [13], [14].

Основным недостатком большинства известных способов и устройств отпугивания птиц, является сильная зависимость их эффективности как от частоты и продолжительности использования, так и соблюдения нормативов технологий по применению в целом. Птицы, постоянно обитающие в районе аэродрома, со временем убедившись, что новое отпугивающее устройство не несет никакой угрозы популяции пернатых, привыкают к нему и в дальнейшем игнорируют. Поэтому, в целях повышения эффективности существующих систем отпугивания птиц, необходимо предусмотреть их комплексное применение. В том числе совместное использование устройств, имитирующих гибель пернатых в целях закрепления условного рефлекса боязни к средствам отпугивания птиц.

Особую сложность в отпугивании пернатых представляют те места аэродрома, где птицы кормятся, гнездятся, отдыхают и т.п. Поэтому распространенные методы могу не оказывать должного эффекта в отношении местных популяций птиц. Перелетные виды птиц в периоды весенней и осенней миграций управляемы пролетным стимулом. Конкретная территория для них не играет большой роли, поэтому они острее реагируют на мнимую опасность, создаваемую средствами отпугивания птиц аэродрома [1], [6], [8], [20]. Но подражая поведению местной популяции птиц родственного вида, мигранты зачастую не обращают внимание на устройства отпугивания птиц.

Другой составной частью рассматриваемой проблемы является то, что в определенные периоды жизни даже местные птицы, проживающие в районе аэродрома, не испытывают чувства осторожности по отношению движущемуся самолету (вертолету). Например, в периоды массового вылета и после гнездовых кочевок стай молодых птиц в пределах территории расселения вида. Причиной такого положения является отсутствие выработанных и закрепленных у популяции птиц, проживающих на территории аэропортового комплекса и прилегающей местности, условных рефлексов самосохранения относительно опасностей, создаваемых воздушными судами в движении.

Главный недостаток большинства методов отпугивания птиц, заключается в том, что использование того или иного раздражителя, воспроизводимого устройствами разгона пернатых (создание бликов повышенной яркости в поле зрения птиц «диско» шарами, блестящими лентами, лазерными системами, – резкий звук газовых пушек, имитирующий выстрелы охотничьих ружей, – трансляция тревожных криков птиц биоакустическими установками) при соблюдении рекомендаций по их использованию предполагает формирование устойчивого условного рефлекса настороженного отношения к ним. Что в итоге принуждает пернатых покинуть участок местности их месторасположения. Границы этого участка определяются радиусом действия раздражающего фактора, создаваемого системами отпугивания птиц. Тем самым от птиц защищается определенный сектор территории летного поля. При этом само воздушное судно, как непосредственная угроза для птиц, в этом качестве никак не обозначается, и тем более не защищается.

Оценка прототипов, предполагаемых к использованию в перспективной системе борьбы с птицами

Рассмотрим существующие и перспективные методы отпугивания птиц, нашедшие частичное применение в предлагаемом методе. Ярким примером реализации направления полной защиты самолета от столкновения с птицами является «Способ обеспечения орнитологической безопасности полета летательного аппарата», предложенный в [21]. Метод основан на использовании системы, обеспечивающую комплексную защиту из приборов направленного действия, размещенных на борту ВС, реализующих акустический, динамический и визуальный методы отпугивания

 © Авторы статьи / Authors of the article

птиц, а также защиты входного устройства турбореактивного двигателя летательного аппарата (ЛА) от попадания в него птиц. Всесторонняя защита ВС обеспечивается комплексом приборов направленного действия, включающим «звуковую пушку», пропановый и лазерный отпугиватели птиц, плазменно-лазерный источник громкого звука. В качестве защиты входного устройства авиационного двигателя от попадания в него птиц предлагается к использованию специальная автоматическая система защиты от столкновений с птицами направленного действия на основе высокоэнергетического лазера или струи сжатого воздуха под давлением 100 МПа и более.

Представленный способ обладает рядом существенных недостатков. А именно, эффективность способа отпугивания птиц по курсу движения ВС посредством создаваемого бортовыми РЛС переднего (бокового) обзора вызывает сомнение. Так как продолжающееся в настоящее время активное использование бортовых РЛС (обзорных, посадочных, метеорологических) средне- и дальнемагистральными самолетами для навигации на различных этапах полета никак не влияет на статистику событий столкновений ВС с птицами.

По мнению авторов, предлагаемый к установке на борту ВС набор устройств отпугивания птиц выбран бессистемно, использует в работе различные подходы к решению проблемы, зачастую без учета биологии и характерного поведения разных видов самолетоопасных птиц. Предполагаемое к установке оборудование отличается большими массогабаритными характеристиками и колоссальным энергопотреблением, что в совокупности значительно снижает коммерческую нагрузку ВС. Кроме того, не учтено негативное воздействие создаваемых системой отпугивания самолета целого ряда факторов (электромагнитных полей повышенной напряженности, повышенных значений светового (яркостного) и шумового излучения и т.п.) на экипажи и пассажиров ВС, находящихся в воздушном пространстве по курсу полета, авиационный персонал служебной зоны аэропорта, жилую застройку прилегающих территорий и окружающую среду в целом. По данным причинам представляется, что с учетом негативных экологических факторов, в таком виде рассматриваемый способ для массового применения для защиты ВС от птиц малопригоден, а для легкого класса самолетов и невозможен.

С учетом изложенных недостатков при реализации предлагаемой авторами технологии в качестве основного элемента перспективной системы целесообразно использовать воздушное судно с ограниченным количеством систем и устройств отпугивания птиц вышеописанного способа, продемонстрировавшие на практике высокую эффективность при незначительном негативном влиянии на окружающую среду. Например, представляется рациональным предлагаемой системе для отпугивания птиц по курсу движения самолета, использовать подход, предложенный в [22] на основе применения для защиты силовой установки и самолета в целом лазерной установки отпугивания птиц, размещенной на пилонах или гондолах авиационных двигателей.

В качестве составной части предлагаемой системы для отпугивания птиц по курсу движения ВС предполагается применение стандартного оборудования самолетов в виде включенных (выпущенных в рабочее положение) посадочных фар и светосигнальных огней. Так как в практике орнитологического обеспечения как военной, так и гражданской авиации установлено, что включенные фары, способствуют обнаружению самолета птицами на больших дистанциях, что в свою очередь делает возможным своевременный уход представителей пернатых из опасной зоны. В настоящее время согласно рекомендациям, ICAO в практике выполнения полетов ВС отечественной и зарубежной гражданской авиации, в том числе по причине снижения рисков событий столкновения ВС с птицами, все взлетно-посадочные операции ВС выполняются с включенными посадочными фарами. При этом эффективность указанных устройств в решении задачи предотвращения столкновений с птицами еще до конца не изучена. При признанной действенности данной методики в практике орнитологического обеспечения зафиксированы случаи, когда молодых птиц самолетоопасных видов привлекал свет огней выпущенных посадочных фар ВС. Кроме того, высказано предположение, что проблесковые светосигнальные огни, установленные на ВС, недостаточно заметны и поэтому птицы не всегда имеют резерв времени для ухода от столкновения. Несмотря на то, что в настоящее время получено недостаточно доказательств эффективности использования проблесковых огней ВС, этот метод считается перспективным особенно при условии, что интенсивность их света будет значительно увеличена [1], [2], [10], [20].

С точки зрения реализации предлагаемого биологического подхода по снижению рисков событий столкновения ВС с птицами на основе выработки условного рефлекса самолетобоязни у популяции опасного для авиации вида птиц в рассмотренном способе не реализована демонстрация для представителей пернатых очевидной связи: ВС является источником опасности как отдельной особи, так и стаи птиц в целом. Кроме того, рассмотренный метод предполагает борьбу с пернатыми вообще. Как показывает накопившийся опыт борьбы с птицами, такой подход малоэффективен. При отпугивании пернатых надо ориентироваться на борьбу с конкретным видом птиц, представляющих наибольшую угрозу для полетов ВС в данное время на определенном аэродроме с учетом сезона года, периода годовой активности птиц, климатической зоны, условий погоды, времени суток и т.п.

Традиционно для защиты сельхозугодий от нашествия пернатых применялся консервативный способ на основе использования убитых птиц, разложенных или развешенных на виду на открытых местах. Этот стандартный прием с успехом применялся и на многих аэродромах. Например, хорошие результаты по отпугиванию чаек с использованием данного метода были получены в голландских аэропортах, причем наиболее высокий эффект достигался при раскладывании тушек птиц в неестественных позах (с вывернутым крылом, сломанной шеей и т. д.). Но из-за частых перемещений и воздействия неблагоприятных погодных условий тушки птиц быстро теряли свои отпугивающие атрибуты. В связи с этим данный способ со временем был усовершенствован – вместо мертвых птиц стали применять их муляжи, изготовленные из синтетических материалов (например, полистирола). Причем эффект отпугивания усиливался, если чучела птиц, разложенные в неестественных позах, воспроизводили следы увечья птиц: вывернутые или оторванные конечности, оторванные крылья и головы, покалеченные туловища, крылья с имитацией переломов. Эффективность данного метода неоднозначна. Так, было установлено, что не все виды самолетоопасных птиц боятся чучел погибших птиц. Например, голуби быстро привыкли к их присутствию, вороны не обращали на них внимания. В то же время представители чайковых обычно подлетали к ним и, сделав 1–2 круга, улетали и больше не

 © Авторы статьи / Authors of the article

возвращались. Однако на некоторых аэродромах они спокойно продолжали кормиться возле муляжей мертвых птиц [1], [2], [9].

Основными недостатками данного метода можно считать:

• отсутствие привязки воспроизводимой картины гибели птиц к причине (источнику) гибели;

• статичность картины, воспроизводящей гибель птиц;

• отсутствие звукового ряда, имитирующего тревожные звуки агонии умирающих особей пернатых.

В настоящее время на аэродромах гражданской авиации широко используется биоакустический способ борьбы с птицами. Метод основан на трансляции высокотехнологичными звуковоспроизводящими системами в местах массового скопления пернатых тревожащих птиц сигналов и звуков. В отечественной и зарубежной практике для отпугивания птиц от аэродромов и других объектов используются различные тревожные сигналы, издаваемые птицами: крики бедствия, тревоги, страха, опасности и т.п. Практика показывает, что самими эффективными для отпугивания птиц являются звуки бедствия и тревоги, издаваемые ранеными птицами. Для трансляции тревожащих птиц звуков на аэродромах применяются стационарные и передвижные биоакустические установки. В стационарном исполнении громкоговорители размещают равномерно по всей длине ВПП и на подходах к ней (примерно на расстоянии до 300–400 м от концов ВПП) [1], [2], [7], [10].

В качестве конкретного образца современных биоакустических систем, широко используемых в настоящее время для защиты отечественных аэропортов от птиц, можно привести электронную биоакустическую систему «Универсал-Акустик». В трансляциях используются записи естественных криков «бедствия» и «тревоги» различных видов птиц, синтезированные сигналы, аудиозаписи беспокоящих пернатых различных техногенных шумов выстрелов из охотничьих ружей, сирены, сигналы DK-синтеза и т.п. [23].

Несмотря на высокий уровень технического совершенства современных биоакустических систем трансляции, рассматриваемый способ борьбы с птицами, основанный на их применении, все же имеет ряд недостатков, сказывающихся в снижении его эффективности. Основными причинами данного факта является:

• использование криков птиц, не содержащих сигналов об опасности;

• трансляция тревожных сигналов, не соответствующих конкретной ситуации;

• не соответствие моментов и периодов трансляции сигналов сезону года и времени суток, периоду суточной и годовой активности птиц и т.п.

Основным недостатком биоакустического способа борьбы с птицами, со временем, снижающим его эффективность, можно считать отсутствие воссоздаваемой для птиц причинно-следственной связи. А именно: попадая в зону воздействия воспроизводимых тревожных сигналов, представители пернатых, как правило, обладая исключительным зрением, не обнаруживают ни аутентичного источника звуков в виде раненой птицы, ни визуальной картины гибели птиц в виде покалеченных тушек погибших птиц. Этот факт со временем приводит к привыканию популяции птиц аэродрома к трансляции беспокоящих звуков, а со временем и их игнорированию.

Описание предлагаемой системы борьбы с птицами

Новый подход к проблеме заключается в разработке способа, нацеленного на борьбу с самолетоопасной популяцией птиц в районе аэродрома. Предлагаемый метод предполагает формирование у птиц условного рефлекса опасности по отношению именно к воздушным судам, принуждающего пернатых покинуть часть воздушного пространства по курсу движения самолета, а не к различным устройствам отпугивания птиц.

Поставленная цель достигается тем, что предлагаемая технология снижения рисков столкновения воздушных судов с птицами в районе аэродрома, при частичном использовании вышерассмотренных технических решений, в целом воссоздает динамичную визуальную картину фатальных последствий столкновения представителей пернатых самолетоопасного вида с ВС, дополняемую сопутствующим звуковым рядом тревожных криков агонии смертельно раненых птиц.

В состав предлагаемой Системы входят следующие устройства.

Типовое воздушное судно, оснащенное светосигнальными огнями повышенной яркости красного и синего цвета, с оптимальным набором эффективных устройств отпугивания птиц в полете. Например, лазерной установкой, размещенной на пилонах авиационных двигателей или в передней части фюзеляжа самолета, защищающих силовую установку и самолет в целом. Активация данного оборудования в полете обеспечивает заблаговременное обнаружение пернатыми движущегося самолета и создание в поле зрения птиц объемных световых бликов переменной яркости, вынуждая их уйти в сторону от курса движения ВС.

В отличие от метода, предложенного в [21], в состав бортового оборудования ВС дополнительно входит транспортный контейнер с функцией раскрытия в полете, подвешиваемый под крылом или фюзеляжем самолета. Контейнер состоит из нескольких секций, с функцией последовательного и синхронного раскрытия по команде. Размещенные в отсеках контейнера муляжи самолетопасных видов птиц, имитируют существенные повреждения тушек пернатых: как-то оторванные и/или выкрученные в неестественное положение крылья и головы. Деление контейнера на секции позволят размещать в нем раздельно муляжи нескольких видов самолетопасных птиц и обеспечивать их раздельный сброс, а также последовательный сброс макетов птиц одного вида.

Сброс с борта ВС чучел птиц осуществляется на следующих этапах взлетно-посадочного цикла: на заключительном отрезке глиссады снижения, начальном этапе траектории набора высоты, а также на участках траектории полета самолета над традиционными местами скопления пернатых на летном поле аэропорта и прилегающих территориях. Процесс падения после пролета самолета копий, поврежденных самолетоопасных видов птиц, и картина разбросанных на участке летного поля в неестественных позах чучел пернатых, в целом воспроизводит в поле зрения популяции пернатых аэродрома сцену их гибели, непосредственно обусловленной столкновением с самолетом в воздухе.

 © Авторы статьи / Authors of the article

Второй составной частью предлагаемой системы являются набор муляжей (чучел) самолетопасных видов пернатых (представителей врановых, чайковых и т.п.), изготовленных из синтетических материалов, по своим массогабаритным характеристикам и реалистичной раскраске, имитирующих тушки сильно травмированных и убитых птиц (с вывернутыми в неестественном положении крыльями и/или шеей, оторванными конечностями или головой).

В отличие от традиционного метода отпугивания посредством использования статичных чучел птиц, муляжи обладают рядом дополнительных свойств, усиливающих эффект имитации сильно травмированной или смертельно раненой птицы. А именно чучело травмированной птицы имеет подвижные крылья, лапы и шею, каркас которых связан с механизмом на электроприводе, позволяющим имитировать конвульсии смертельно раненой (умирающей) птицы или трепыхания сильно поврежденной птицы. Тем самым восполняется недостаток по воспроизведению только статичной картины гибели птиц вследствие столкновения с самолетом. Имитация агонии птиц воспроизводится в течение нескольких десятков минут.

Кроме того, внутри подвижного муляжа заданного вида самолетоопасных птиц размещено компактное устройство трансляции тревожных сигналов птиц с электронного носителя, максимально близко воспроизводящее по силе звука и спектральным характеристикам голоса представителя пернатых в частотном, тембровом и временных диапазонах. На электронный накопитель информации, для воспроизводства по заданной программе (последовательности), предварительно загружен набор специфичных тревожных сигналов определенного вида самолетоопасных птиц: криков бедствия, тревоги, страха, предостережения, боли, паники и т.п., например, из фототеки отпугивающих сигналов «Универсал-Акустик» [24].

Последовательность воспроизведения криков птиц, содержащие сигналы об опасности, следующая. Непосредственно после раскрытия отсека контейнера с муляжами определенного вида пернатых (сброса чучел птиц) активируется акустическое устройство. Первоначально, в период падения, транслируется набор тревожных сигналов: крики тревоги, предостережения, страха и т.п. После падения чучел, в течение нескольких десятков минут с убыванием по интенсивности и увеличением интервалов между трансляциями, воспроизводятся крики бедствия, боли и т.п. Таким образом, воссоздаваемая картина гибели птиц дополняется соответствующим реальности звуковым сопровождением. В итоге достигается эффект максимальной реалистичности последствий имитируемых событий, способствующий возникновению и закреплению условного рефлекса самолетобоязни у местной популяции птиц, представляющих опасность для авиации. Для комплексного использования создаются имитационные копии основных разновидностей самолетоопасных птиц: различных видов чайковых, врановых, скворцов, дроздов и т.п.

Для облегчения обнаружения и сбора моделей погибших птиц после истечения периода применения (примерно один световой день) в качестве дополнительного оборудования устанавливается сигнальное устройство, в состав которого входят сигнальная лампа красного цвета и радиомаяк, активируемое при поступлении командного радиосигнала, от внешнего источника.

Описание предлагаемого способа применения системы борьбы с птицами

Достижение заявленной цели исследования обеспечивается следующим способом применения системы.

Предлагаемый способ отпугивания птиц в соответствии с научно обоснованными рекомендациями орнитологов предполагает систематическое плановое применение против конкретного вида (-ов) самолетоопасных птиц биотопа аэродрома и прилегающих территорий, популяция которых в соответствии с годовым и суточным периодами активности вида представляет наибольшую угрозу полетам ВС в орнитологическом плане в данный период: вылет молодых птиц, после гнездовые кочевки, весенняя и осенняя миграции пернатых и т.п. А также в периоды усложнения орнитологической обстановки по причине активизации полетов представителей орнитофауны и массового скопления птиц на летном поле и подходах к аэродрому.

Для этого, согласно разработанному плану, подвесной контейнер снаряжается подготовленными к использованию муляжами одного из вида самолетоопасных птиц, представляющих наибольшую угрозу полетам ВС на данном аэродроме в текущий период. При этом возможен вариант последовательного использования предлагаемого способа по отношению к нескольким видам самолетоопасных птиц в одном полете. Стратегия использования способа в периоды усложнения орнитологической обстановки предусматривает систематическое повторение нескольких полетов оборудованного средствами защиты самолета с подготовленным к использованию работе подвесным контейнером. Каждый полет ВС предусматривает взлет, несколько раз повторяющиеся набор высоты, проход по кругу, снижение по глиссаде до высоты выравнивания, и посадку. В каждом полете посредством выпуска посадочных фар, включения светосигнальных огней на предельную мощность, по необходимости активации лазерной системы отпугивания птиц, ВС максимально обозначает себя в воздушном пространстве. Несколько раз за полет в местах замеченных и/или установившихся локаций скопления птиц, производится раскрытие секции контейнера и сброс активированных для работы муляжей птиц. Во время хаотичного падения муляжей птиц они осуществляют трансляцию набора тревожных сигналов соответствующего самолетоопасного вида пернатых: криков опасности, паники, предостережения, страха и т.п.

После падения муляжей покалеченных птиц подключается механизм, имитирующий в течение нескольких десятков минут конвульсии погибающих смертельно раненых птиц. Одновременно звуковоспроизводящее устройство чучела птицы осуществляет трансляцию тревожных криков бедствия, агонии, страдания, боли и т.п. При этом со временем интенсивность воспроизводимых сигналов снижается, а промежутки между трансляциями увеличиваются вплоть до полного прекращения. Тем самым максимально достоверно воспроизводится ситуация последствий столкновения самолета с птицами и гибели части особей определенной самолетоопасной популяции пернатых.

Для исключения привыкания птиц к воссоздаваемой картине и привлечения хищных птиц-падальщиков на территорию аэродрома в конце светового дня (или утром следующего дня) осуществляется сбор разбросанных чучел

 © Авторы статьи / Authors of the article

птиц во всех местах сбросов. Для упрощения процесса обнаружения муляжей активируются их светосигнальный и радиосигнальный маяки.

Заключение

В исследовании проведен анализ достоинств и недостатков существующих и перспективных способов снижения концентрации птиц на территории аэродрома. На базе достигнутого уровня знаний сопредельных наук в направлении реализации биологического подхода разработан один из вариантов решения проблемы столкновений ВС с птицами. На основе реализации достижений современных технологий в области авиационной техники, мехатроники, микроэлектроники и акустики усовершенствован метод отпугивания птиц от защищаемого участка территории, основанный на использовании чучел травмированных птиц. Предлагаемый способ предполагает сброс над местами массового скопления пернатых, из многосекционного транспортного контейнера, установленного на борту типового ВС, активных чучел травмированных самолетоопасных видов птиц. В процессе падения чучел активируются механизм обеспечения подвижности их конечностей и акустическое устройство трансляции тревожных сигналов пернатых, совместно имитирующих агонию смертельно раненой птицы. Тем самым на заданных участках летного поля воссоздается реалистичная динамичная картина последствий столкновения птиц с ВС. При этом как основной источник угрозы для популяции птиц аэродрома предстает движущийся самолет. Предложенная система и способ ее применения, позволяют выработать и со временем закрепить условный рефлекс боязни самолёта у популяции птиц аэродрома, предписывающий им избегать встречи с ВС.

Систематическое плановое применение предлагаемого метода относительно актуальных видов самолетопасных птиц региона в привязке к определёнными периодами их годовой и суточной активности, наряду с повышением эффективности использования известных устройств борьбы с птицами, позволяет задействовать биологических подход к решению проблемы столкновения ВС с птицами. А именно, выработать и со временем закрепить условный рефлекс боязни самолёта у региональной популяции птиц, предписывающий им избегать встречи с ВС. Тем самым достигается заявленная цель: снижение рисков столкновения самолета с птицами посредством не травмирующего отпугивания пернатых от движущегося воздушного судна на основе закрепления зрительной и слуховой памяти опасности по отношению к самолету, заставляющих пернатых покинуть часть воздушного пространства по курсу движения самолета.

Конфликт интересов

Просьба не привлекать в качестве рецензентов статьи сотрудников "Московского государственного технического университета гражданской авиации» (МГТУ ГА) по причине пересечения тематики направлений исследований и подготовки кандидатской диссертации одного из соавторов.

Рецензия

Сообщество рецензентов Международного научно-исследовательского журнала
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.71.1

Conflict of Interest

Kindly do not invite employees of ‘Moscow State Technical University of Civil Aviation’ (MSTU CA) as reviewers of the article because of the overlap between the topics of research areas and the preparation of a PhD thesis of one of the co-authors.

Review

Community of Reviewers of the International Research Journal
DOI: https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.71.1

Список литературы / References

1. Заболотников Г.В. Основы авиационной орнитологии и орнитологического обеспечения полетов / Г.В. Заболотников. — Санкт-Петербург: СПбГУ ГА им. А.А. Новикова, 2023. — 317 с.

2. Рогачев А.И. Орнитологическое обеспечение безопасности полетов / А.И. Рогачев, А.М. Лебедев. — Москва: Трнанспорт, 1984. — 126 с.

3. Кухта А.Е. Концептуальные подходы к орнитологическому обеспечению безопасности полетов воздушных судов / А.Е. Кухта, А.М. Лебедев, Н.П. Большакова и др. // Вестник Тувинского государственного университета. Естественные и сельскохозяйственные науки. — 2017. — 2. — С. 94–105.

4. Ложечников И.А. Анализ статистических данных о столкновениях воздушных судов гражданской авиации с птицами в России в 2014 году / И.А. Ложечников // Современные научные исследования и инновации. — 2015. — №15. — URL: https://web.snauka.ru/issues/2015/12/60267. (дата обращения: 14.02.25)

5. Авдюшина А.Е. Анализ статистики столкновения воздушных судов с птицами за 2002–2012 годы и современные средства обеспечения орнитологической безопасности полетов / А.Е. Авдюшина, А.В. Звягинцева // Гелиофизические исследования. — 2014. — 9.

6. Якоби В.Э. Биологические основы предотвращения столкновений самолетов с птицами / В.Э. Якоби. — Москва: Наука, 1974. — 168 с.

7. Ильичев В.Д. Управление поведением птиц / В.Д. Ильичев. — Москва: Наука, 1984. — 303 с.

8. Ильичев В.Д. Системные подходы в аэродромной экологии / В.Д. Ильичев, О.Л. Силаева, Ю.П. Козлов // Вестник РУДН. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2006. — 1 (13). — С. 124–127.

9. Ильичев В.Д. Технико-экологическая стратегия защиты от биоповреждений / В.Д. Ильичев, В.Я. Бирюков, Н.А. Нечваль. — Москва: Наука, 1995. — 248 с.

10. Ильичев В.Д. Защита самолетов и других объектов от птиц / В.Д. Ильичев, О.Л. Силаева, С.С. Золотарев. — Москва: КМК, 2007. — 338 с.

 © Авторы статьи / Authors of the article

11. Силаева О.Л. Основные направления авиационной орнитологии / О.Л. Силаева, В.Д. Ильичев, В.Д. Золотарев // Вестник Российского Университета Дружбы народов. Серия: Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2010. — 5. — С. 10–15.

12. Силаева О.Л. Исследования столкновений воздушных судов с птицами по данным экспертиз 2002–2019 гг / О.Л. Силаева, В.М. Холодова, Т.В. Свиридова и др. // Известия РАН. Серия Биологическая. — 2020. — 6. — С. 636–645.

13. Силаева О.Л. Предупреждение биоповреждающей деятельности птиц в авиации и на ЛЭП / О.Л. Силаева, Б.М Звонов // Русский орнитологический журнал. — 2017. — Т. 26. — № 1451. — С. 2202–2207.

14. Макарова Е.Р. Орнитологическое обеспечение полетов / Е.Р. Макарова, А.В. Ратушняк, А.Г. Грачева и др. // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. — 2022. — Т. 3. — С. 1256–1258.

15. Руководство аэропортовым службам. Часть 3. Создаваемая дикой природой опасность и методы ее уменьшения. Doc. 9137 AN/898. Издание пятое. — ИКАО, 2020.

16. Федеральные авиационные правила «Правила борьбы с опасностью, создаваемой объектами живого мира на аэродромах гражданской авиации». Приказ Министерства транспорта РФ от 2 октября 2023 г. — № 331.

17. Информация по безопасности полетов № 5 <1> Письмо Федерального агентства воздушного транспорта Министерства транспорта Российской Федерации от 21 мая 2021 г. Исх-17951/02. — URL: https://rulaws.ru/acts/Pismo-Rosaviatsii-ot-21.05.2021-N-Ish-17951_02/ (дата обращения: 08.02.25).

18. Письмо Росавиации от 04.08.2020 N Исх-31819/02 «Информация по безопасности полетов N 9». — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_359391/ (дата обращения: 08.02.25).

19. Рыжов С.К. Опасность столкновения с птицами / С.К. Рыжов // Авиатранспортное обозрение. — 2009. — 12. — С. 25–28.

20. Кучински М.Г. Мероприятия по уменьшению орнитологической опасности в аэропорту / М.Г. Кучински // Вестник РУДН, серия Экология и безопасность жизнедеятельности. — 2015. — 2. — С. 75–84.

21. Пат. 27364251 Российская Федерация, МПК A01M 29/06, 29/10, 29/16. Способ обеспечения орнитологической безопасности полета летательного аппарата / Тимофеев В.В., Дрыков А.А., Никифоров А.Е. и др.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью "Инновация-Н" (RU). — № 2019130473/С1; заявл. 2019-09-27; опубл. 2020-11-17, Официальный бюллетень Федеральной службы по интеллектуальной собственности (Роспатент) «Изобретения и полезные модели». — 5 с.

22. Решенкин А.С. Методы и средства отпугивания птиц в условиях взлета и посадки самолетов / А.С. Решенкин, Н.Н. Псардиева // Молодой исследователь Дона. — 2012. — 1(29). — С. 68–72.

23. Отпугивание птиц биоакустическим методом. Проект «Универсал-Акустик» // Отраслевая группа Авиационной орнитологии. Отпугивание птиц. Защита от птиц. — URL: https://otpugivanie.narod.ru/means-control/Universal-Acoustic.html (дата обращения: 08.02.25).

24. Фонотека отпугивающих сигналов «Универсал-Акустик» // Отраслевая группа Авиационной орнитологии. Отпугивание птиц. Защита от птиц. — URL: https://otpugivanie.narod.ru/means-control/Universal-Acoustic/fono.html (дата обращения: 08.02.25).

Список литературы на английском языке / References in English

1. Zabolotnikov G.V. Osnovi aviatsionnoi ornitologii i ornitologicheskogo obespecheniya poletov [Fundamentals of aviation ornithology and ornithological support of flights]: / G.V. Zabolotnikov. — Saint Petersburg: St. Petersburg State University named after A.A. Novikov, 2023. — 317 p. [in Russian]

2. Rogachev A.I. Ornitologicheskoe obespechenie bezopasnosti poletov. [Ornithological support of flight safety] / A.I. Rogachev, A.M. Lebedev. — Moscow: Trnansport, 1984. — 126 p. [in Russian]

3. Kuxta A.E. Konceptual'ny'e podxody' k ornitologicheskomu obespecheniyu bezopasnosti poletov vozdushny'x sudov [Conceptual approaches to ornithological safety of flights of aircraft] / A.E. Kuxta, A.M. Lebedev, N.P. Bol'shakova et al. // Bulletin of Tuva State University. Natural and Agricultural Sciences. — 2017. — 2. — P. 94–105. [in Russian]

4. Lozhechnikov I.A. Analiz statisticheskix danny'x o stolknoveniyax vozdushny'x sudov grazhdanskoj aviacii s pticzami v Rossii v 2014 godu [Analysis of statistical data on collisions of civil aviation aircraft with birds in Russia in 2014] / I.A. Lozhechnikov // Modern scientific research and innovation. — 2015. — №15. — URL: https://web.snauka.ru/issues/2015/12/60267. (accessed: 14.02.25) [in Russian]

5. Avdyushina A.E. Analiz statistiki stolknoveniya vozdushny'x sudov s pticzami za 2002–2012 gody' i sovremenny'e sredstva obespecheniya ornitologicheskoj bezopasnosti poletov [Analysis of statistics of aircraft collision with birds for 2002–2012 years and modern means of ensuring ornithological safety of flights] / A.E. Avdyushina, A.V. Zvyaginceva // Heliophysical research. — 2014. — 9. [in Russian]

6. Yakobi V.E. Biologicheskie osnovi predotvrashcheniya stolknovenii samoletov s ptitsami. [Biological Basis for Preventing Bird-Aircraft Collisions] / V.E. Yakobi. — Moscow: Nauka, 1974. — 168 p. [in Russian]

7. Ilichev V.D. Upravlenie povedeniem ptits. [Management of bird behavior] / V.D. Ilichev. — Moscow: Nauka, 1984. — 303 p. [in Russian]

8. Il'ichev V.D. Sistemny'e podxody' v ae'rodromnoj e'kologii [Systematic approaches in airfield ecology] / V.D. Il'ichev, O.L. Silaeva, Yu.P. Kozlov // Bulletin of PFUR. Series: Ecology and Life Safety. — 2006. — 1 (13). — P. 124–127. [in Russian]

9. Ilichev V.D. Tekhniko-ekologicheskaya strategiya zashchiti ot biopovrezhdenii [Technico-ecological strategy of protection from bio-damage] / V.D. Ilichev, V.Ya. Biryukov, N.A. Nechval. — Moscow: Nauka, 1995. — 248 p. [in Russian]

 © Авторы статьи / Authors of the article

10. Ilichev V.D. Zashchita samoletov i drugikh obektov ot ptits [Protection of airplanes and other objects from birds] / V.D. Ilichev, O.L. Silaeva, S.S. Zolotarev. — Moscow: KMK, 2007. — 338 p. [in Russian]

11. Silaeva O.L. Osnovny'e napravleniya aviacionnoj ornitologii [Main directions of aviation ornithology] / O.L. Silaeva, V.D. Il'ichev, V.D. Zolotarev // RUDN JOURNAL. Series: Ecology and Life Safety. — 2010. — 5. — P. 10–15. [in Russian]

12. Silaeva O.L. Issledovaniya stolknovenij vozdushny'x sudov s pticzami po danny'm e'kspertiz 2002–2019 gg [Studies of aircraft collisions with birds according to the data of the 2002–2019 expert reviews] / O.L. Silaeva, V.M. Xolodova, T.V. Sviridova et al. // Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Biological Series. — 2020. — 6. — P. 636–645. [in Russian]

13. Silaeva O.L. Preduprezhdenie biopovrezhdayushchei deyatelnosti ptits v aviatsii i na LEP [Prevention of bio-damaging activities of birds in aviation and on power lines] / O.L. Silaeva, B.M Zvonov // Russkii ornitologicheskii zhurnal [Russian Journal of Ornithology]. — 2017. — Vol. 26. — № 1451. — P. 2202–2207. [in Russian]

14. Makarova Ye.R. Ornitologicheskoe obespechenie poletov [Ornithological support of flights] / Ye.R. Makarova, A.V. Ratushnyak, A.G. Gracheva et al. // Aktualnie problemi aviatsii i kosmonavtiki [Current problems of aviation and cosmonautics]. — 2022. — Vol. 3. — P. 1256–1258. [in Russian]

15. Rukovodstvo ajeroportovym sluzhbam. Chast' 3. Sozdavaemaja dikoj prirodoj opasnost' i metody ee umen'shenija [Airport services management. Part 3. Wildlife hazards and methods to reduce them]. Doc. 9137 AN/898. Fifth edition. — ICAO, 2020. [in Russian]

16. Federal'nye aviacionnye pravila "Pravila bor'by s opasnost'ju, sozdavaemoj ob'ektami zhivogo mira na ajerodromah grazhdanskoj aviacii" [Federal Aviation Regulations "Rules for combating the danger posed by objects of the living world at civil aviation airfields"]. Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 331 dated October 2, 2023. — № 331. [in Russian]

17. Informacija po bezopasnosti poletov № 5 [Flight Safety Information No. 5] <1> Letter from the Federal Air Transport Agency of the Ministry of Transport of the Russian Federation dated May 21, 2021 Ex-17951/02. — URL: https://rulaws.ru/acts/Pismo-Rosaviatsii-ot-21.05.2021-N-Ish-17951_02/ (accessed: 08.02.25). [in Russian]

18. Pis'mo Rosaviacii ot 04.08.2020 N Ish-31819/02 "Informacija po bezopasnosti poletov N 9" [Letter of the Federal Air Transport Agency dated 08/04/2020 N Ex-31819/02 "Flight Safety Information No. 9"]. — URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_359391/ (accessed: 08.02.25). [in Russian]

19. Ry'zhov S.K. Opasnost' stolknoveniya s pticzami [Bird strike hazard] / S.K. Ry'zhov // Air Transport Review. — 2009. — 12. — P. 25–28. [in Russian]

20. Kuchinski M.G. Meropriyatiya po umen'sheniyu ornitologicheskoj opasnosti v ae'roportu [Measures to reduce ornithological hazard at the airport] / M.G. Kuchinski // Bulletin of PFUR, Series Ecology and Life Safety. — 2015. — 2. — P. 75–84. [in Russian]

21. Pat. 27364251 Russian Federation, IPC A01M 29/06, 29/10, 29/16. Sposob obespecheniya ornitologicheskoj bezopasnosti poleta letatel'nogo apparata [Method of non-injurious scaring away of wild birds and a device for its implementation] / Timofeev V.V., Dry'kov A.A., Nikiforov A.E. et al.; the applicant and the patentee Limited Liability Company "Innovation-N" (RU). — № 2019130473/C1; appl. 2019-09-27; publ. 2020-11-17, Oficial'ny'j byulleten' Federal'noj sluzhby' po intellektual'noj sobstvennosti (Rospatent) «Izobreteniya i polezny'e modeli». — 5 p. [in Russian]

22. Reshenkin A.S. Metody' i sredstva otpugivaniya pticz v usloviyax vzleta i posadki samoletov [Methods and equipment of bird scaring in the process of aircraft take-off and landing] / A.S. Reshenkin, N.N. Psardieva // A young explorer of the Don. — 2012. — 1(29). — P. 68–72. [in Russian]

23. Otpugivanie ptic bioakusticheskim metodom. Proekt «Universal-Akustik» [Scaring birds by bioacoustic method. The Universal Acoustic project] // Otraslevaja gruppa Aviacionnoj ornitologii. Otpugivanie ptic. Zashhita ot ptic [Aviation Ornithology Industry Group. Scaring away birds. Protection from birds]. — URL: https://otpugivanie.narod.ru/means-control/Universal-Acoustic.html (accessed: 08.02.25). [in Russian]

24. Fonoteka otpugivajushhih signalov "Universal-Akustik" [The Universal Acoustic music library of scaring signals] // Otraslevaja gruppa Aviacionnoj ornitologii. Otpugivanie ptic. Zashhita ot ptic [Aviation Ornithology Industry Group. Scaring away birds. Protection from birds].. — URL: https://otpugivanie.narod.ru/means-control/Universal-Acoustic/fono.html (accessed: 08.02.25). [in Russian]