

ПЕРСПЕКТИВНОЕ БОРТОВОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ КОНФЛИКТОВ В ЗОНЕ АЭРОДРОМА

М.А. Сочнева

Ю.С. Попов

С.Ю. Шалов

С.В. Яцков

masochneva@gosniias.ru

yspopov@gosniias.ru

syshalov@gosniias.ru

svyatskov@gosniias.ru

ГосНИИАС, Москва, Российская Федерация

Аннотация

Проанализированы статистические данные по авиационным инцидентам, возникающим в зоне аэродрома, и исследования современных программных решений, предназначенных для предотвращения конфликтных ситуаций при рулении в зоне аэродрома. Приведен обзор технологий для бортового оборудования, таких как функции «Движущаяся карта аэропорта» (Airport Moving Map, АММ), «Оповещение на поверхности» (Surface Alerting Function, SAF), система предупреждения о положении относительно взлетно-посадочной полосы (Runway Awareness and Advisory System, RAAS), система предотвращения выкатывания за пределы взлетно-посадочной полосы (Runway Overrun Prevention System, ROPS). Определены ключевые функции рассматриваемых технологий, которые направлены на повышение ситуационной осведомленности, снижение рабочей нагрузки и оперативное информирование о возможных угрозах безопасности пилотов (экипажа). В результате проведенного анализа выявлены перспективы разработки нового программного обеспечения, способного уменьшить рабочую нагрузку в условиях интенсивного воздушного и наземного трафиков, а также неблагоприятных погодных условий. Решения ориентированы на снижение рисков, обусловленных воздействием человеческого фактора, таких как несанкционированные выезды на взлетно-посадочную полосу и выкатывание за ее пределы, потеря ориентации на аэродроме

Ключевые слова

Безопасность на аэродроме, наземные операции, авиационные инциденты, предупреждение конфликтов, бортовое оборудование, движение в зоне аэродрома

Поступила 18.02.2025

Принята 02.09.2025

© Автор(ы), 2025

Введение. Для навигации в зоне аэродрома пилоты обычно используют различные визуальные ориентиры, включая маркировку взлетно-посадочных полос (ВПП), наземные указатели и светосигнальные системы, рекомендации диспетчерских служб, передаваемые посредством радиообмена, и схемы аэродромов в виде бумажных карт. Безопасные маршруты руления заранее планируются аэродромными службами управления воздушным движением (УВД). Диспетчер УВД выдает указания для движения по маршруту, используя стандартную фразеологию и уникальные наименования участков маршрута [1]. Для обеспечения планирования безопасного движения в зоне аэродрома УВД используют усовершенствованную систему управления движением по поверхности A-SMGCS (Advanced Surface Movement Guidance & Control System). Процедуры использования действующих систем УВД базируются преимущественно на принципе взаимной видимости (see-and-avoid), что обеспечивает необходимые интервалы разделения между воздушными судами и/или наземными транспортными средствами на территории аэродрома. Тем не менее наблюдается рост числа авиационных происшествий и инцидентов во время перемещения воздушных судов и транспортных средств в зоне аэродрома. Сопутствующие этому факторы связаны с возрастающим числом операций, выполняемых в условиях ограниченной видимости, постоянным увеличением трафика воздушного движения, сложностью инфраструктуры аэродромов, а также разнообразием методов и процедур повышения пропускной способности аэродромов. Следовательно, безопасность наземных операций на аэродромах имеет большое значение, в том числе и безопасность бортового оборудования, особенно при высоких нагрузках на пилота в сложных условиях, которые могут привести к человеческим ошибкам, вследствие которых возможны авиационные катастрофы [2].

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) уделяет значительное внимание вопросам повышения безопасности в зоне аэродрома, разрабатываются новые стандарты и технологии для предотвращения подобных инцидентов. Разработка и внедрение перспективных бортовых программных решений и систем предупреждения продолжают оставаться одними из наиболее сложных и критически значимых задач в авиации, которые до сих пор не получили такого же детального анализа, как сам процесс полета [2]. В настоящее время существенная доля авиационных происшествий происходит именно при рулении и на ВПП [3]. В условиях интенсивных наземного и воздушного трафиков, недостаточной видимости, человеческих ошибок, сложности координации между экипажами и диспетчерами возрастает риск инцидентов, связанных с несанкцио-

нированным занятием рабочей ВПП (Runway Incursions), потерей ориентации на аэродроме (Aerodrome) и выкатыванием за пределы ВПП при взлете и посадке (Runway Excursion) [4].

Цель настоящей работы — анализ статистики авиационных инцидентов, связанных с наземными операциями на ВПП и рулежных дорожках; рассмотрение существующих зарубежных технологий и программного обеспечения, направленных на снижение риска конфликтов в зоне аэродрома; разработка прототипа программного комплекса для интеграции в современные бортовые системы, который может помочь пилотам координировать действия и избежать ошибок, угрожающих безопасности полетов.

Анализ статистики авиационных инцидентов в зоне аэродрома. К безопасности на ВПП (Runway Safety) относ авиационные происшествия, связанные с выкатыванием за пределы ВПП, грубыми посадками, касанием земли крылом, фюзеляжем, рулевым винтом (для вертолетов), несанкционированным выездом на ВПП, инфраструктурой аэродромов (состояние ВПП и перрона, разметка, маршруты руления и т. п.), столкновением с птицами. Авиационные инциденты, относящиеся к безопасности на ВПП, определенные ИКАО [4] и Росавиацией, приведены в таблице.

Категории авиационных инцидентов, относящиеся к безопасности на ВПП

Категория авиационного инцидента	Определение
Conventional Take-off and Landing	Столкновение с препятствием (препятствиями) при взлете или посадке
Ramp	Наземное обслуживание
Navigation	Ошибки в навигации
Runway Incursion	Несанкционированное занятие рабочей ВПП
Runway Excursion	Выкатывания за пределы ВПП при взлете или посадке
Undershoot/Overshoot	Посадки с недолетом или перелетом ВПП
Abnormal Runway Contact	Грубые посадки, а также случаи касания ВПП хвостовой частью фюзеляжа, крылом или двигателем
Aerodrome	Инфраструктура аэродрома

Категория авиационного инцидента	Определение
Loss of Control–Ground	Потери управляемости воздушным судном при движении по земле, которые не связаны с отказами систем воздушного судна
Bird	Столкновение воздушных судов с птицами
Wild	Дикие животные

Согласно данным Росавиации, инциденты, связанные с процедурами на ВПП, продолжают оставаться одними из наиболее частых видов происшествий на аэродромах. За последние десять лет в России зарегистрировано свыше 100 случаев столкновений воздушных судов при выполнении маневров руления или пересечения ВПП. В 2019 г. Росавиацией отмечено, что примерно 30 % авиационных инцидентов в стране происходит непосредственно в зоне аэродрома.

Основные причины авиационных инцидентов в гражданской авиации на территории России за 2015–2020 гг. приведены на рис. 1. Видно, что наибольшее число авиационных инцидентов (авиационных катастроф и происшествий) происходит именно по теме «Безопасность на ВПП». Термин «Потеря управления в полете» (Loss of Control in Flight) обозначает авиационные происшествия, связанные с попаданием воздушного судна в сложное (необычное) пространственное положение, сваливание, попадание в режим вихревого кольца, перезатяжение несущего винта (для вертолетов). Термин «Столкновение с землей в управляемом полете» (Controlled Flight Into Terrain) обозначает авиационные происшествия, связанные со столкновением исправного воздушного судна в штатном режиме с землей (водной поверхностью), преждевременным снижением при посадке, нарушением эксплуатационного минимума, потерей ориентировки в снежном вихре (для вертолетов) [4].

Основными причинами инцидентов на ВПП и в зоне аэродрома являются [5–8]: человеческий фактор (ошибки авиационных диспетчеров, ошибки пилотов: недостаточная осведомленность об аэродроме, недостаток связи вследствие нагруженного трафика), что составляет 60 % авиационных инцидентов в зоне аэродрома; недостаточное освещение и маркировка (плохая видимость) — 15 % авиационных инцидентов в зоне аэродрома.

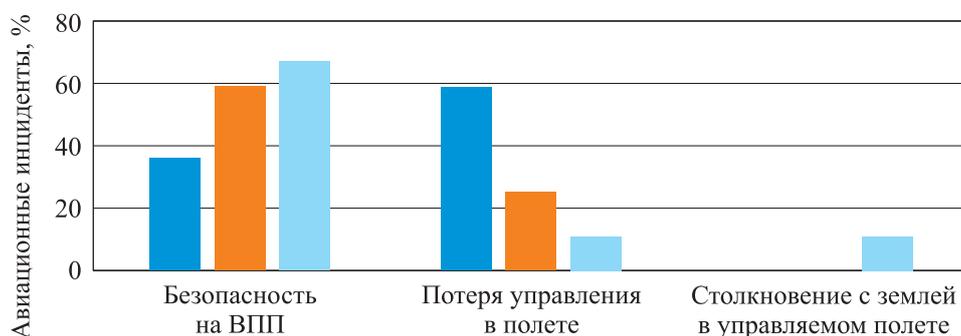


Рис. 1. Статистика авиационных инцидентов в России за 2015–2020 гг.:

■ — погибшие; ■ — катастрофы; ■ — авиационные инциденты

Дополнительно рассматриваются следующие причины [9–14]: нарушение процедур и регламентов (плохая чистка снега), технические неполадки (неисправность оборудования), что составляет 5 и 20 % авиационных инцидентов в зоне аэродрома.

Официальное изучение и систематизация инцидентов, связанных с движением воздушных судов на аэродромах, начались примерно 40 лет назад в значительной степени под влиянием ряда крупных авиационных катастроф. Одним из первых и наиболее значимым исследованием в этой области стал анализ авиационной катастрофы, произошедшей 27 марта 1977 года в аэропорту Лос-Родеос на о. Тенерифе. Эта катастрофа, ставшая крупнейшей в истории гражданской авиации, связана с несанкционированным занятием рабочей ВПП. В условиях густого тумана на ВПП столкнулись два самолета Boeing 747, принадлежащие авиакомпаниям KLM и Pan American. Причинами катастрофы стали ошибочная команда диспетчера и несогласованные действия экипажей, что привело к гибели 583 человек [15]. Эта авиационная катастрофа стала катализатором для специального расследования с целью изучить отдельные инциденты на ВПП, чтобы определить их основные причины и рекомендовать соответствующие меры по исправлению положения. По итогам изучения исследователи составили список выводов и рекомендаций по безопасности полетов в зоне аэродрома. Среди выводов была необходимость в более четких разметках структуры аэродромов, улучшении контроля со стороны службы УВД и пересмотре процедур обучения летного состава и диспетчерских служб.

Анализ существующих решений. Одним из подходов к снижению числа происшествий в зоне аэродрома является внедрение специализированных программных продуктов в бортовое оборудование воздушного судна. Эти программные решения ориентированы на обеспечение обмена

данными в режиме реального времени, что позволяет пилотам и диспетчерам лучше координировать свои действия. В настоящее время существует несколько комплексов программных средств бортового оборудования для предотвращения конфликтов в зоне аэродрома и повышения информационной осведомленности пилотов.

В самолетах A350/A380 компании Airbus внедрен комплекс программного обеспечения «Безопасность на ВПП» [16, 17], включающий в себя:

- функцию «Движущаяся карта аэропорта» (Airport Moving Map, АММ);
- систему предупреждения о положении относительно ВПП (Runway Awareness and Advisory System, RAAS);
- функцию «Оповещение на поверхности» (Surface Alerting Function, SAF);
- систему предотвращения выкатывания за пределы ВПП (Runway Overrun Prevention System, ROPS).

Индикация функции «Движущаяся карта аэропорта» в кадре навигационного дисплея (Navigation Display) самолета A350 компании Airbus (рис. 2) представляет собой цифровую карту, позволяющую пилотам визуализировать текущее положение и направление самолета на аэродроме в режиме реального времени (фиолетовый символ воздушного судна). Эта технология отображает детали аэродрома, включая доступные ВПП, рулежные дорожки, зоны стоянок и терминалы, положение воздушного судна на карте аэродрома, индикацию сообщений состояния функции, информацию

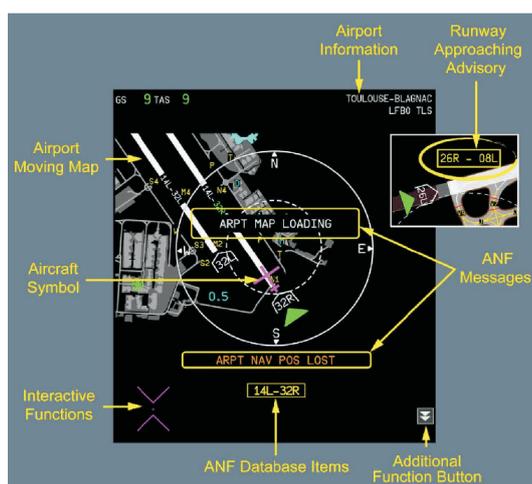


Рис. 2. Индикация функции «Движущаяся карта аэропорта» в кадре навигационного дисплея самолета A350 компании Airbus

об аэродроме (код ИКАО), что значительно улучшает ситуационную осведомленность пилотов и помогает избежать ошибок при движении по аэродрому. Функция «Движущаяся карта аэропорта» позволяет настраивать маршрут руления ввиду ограничений на аэродроме (NOTAM, Notice to Air Missions), снижает риски навигационных ошибок на сложных аэродромах и непреднамеренного выезда на ВПП. В 2013 г. исследование Федерального управления гражданской авиации США показало, что использование такой системы снижает вероятность навигационных ошибок в зоне аэродрома [5].

Кадр системы предупреждений о положении относительно ВПП на навигационном дисплее самолета A350 компании Airbus приведен на рис. 3.

На карте аэродрома видно уведомление о приближении к ВПП (Runway Approaching Advisory), указывающее на активную ВПП (полосу 26R–08L, которая выделена желтым цветом). В верхней части рис. 3 выделено уведомление RWY AHEAD (ВПП впереди) на главном пилотажном дисплее (Primary Flight Display), предупреждающее экипаж о том, что воздушное судно приближается к ВПП. В нижней части рис. 3 видна карта аэродрома с маршрутом руления, ВПП и позиционированием воздушного судна, обозначенного фиолетовым символом. Полоса 26R–08L выделена желтым цветом, что указывает на текущий курс и приближение воздушного судна к началу ВПП. Система предупреждения о положении относительно ВПП используется в дополнение к системе АММ. Целью этой технологии является визуальная подсказка при приближении к ВПП, что дает возможность контроля движения. Индикация, предупреждающая о выезде на ВПП, дублируется на навигационном дисплее, главном пилотажном дисплее и головном дисплее (Head Up Display). Система разработана для повышения ситуационной осведомленности летного состава, тем самым снижаются риски нарушения правил движения на ВПП, путаницы на ВПП и отклонений от ВПП [5].

Кадр функции «Оповещение на поверхности» на главном пилотажном дисплее приведен на рис. 4. Функция «Оповещение на поверхности» предупреждает пилотов о рисках столкновений с другими воздушными судами

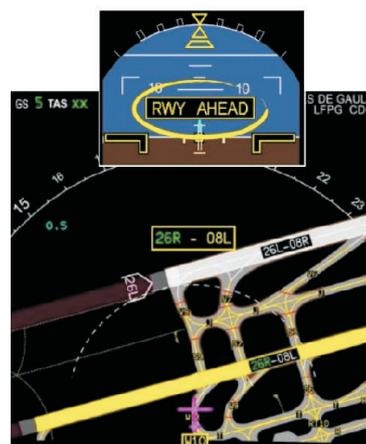


Рис. 3. Кадр системы предупреждений о положении относительно ВПП на навигационном дисплее самолета A350 компании Airbus

на ВПП. Используя данные о местоположении, высоте и скорости, непрерывно передаваемые воздушным судном с помощью технологии «Автоматическое зависимое наблюдение–вещание» (Automatic Dependent Surveillance–Broadcast), функция «Оповещение на поверхности» непрерывно отслеживает окружающее движение на ВПП. Если во время взлета или посадки самолета обнаруживается опасность столкновения с другим воздушным судном, система на главном пилотажном дисплее выдает предупреждение Traffic on Runway («движение по ВПП»). Функция также может индицироваться на навигационном дисплее. Исследование, проведенное Европейской организацией по безопасности аэронавигации, показало, что использование этой функции сокращает на 30 % риск столкновений на ВПП [7].

На рис. 5 приведен кадр системы предотвращения выкатывания за пределы ВПП на навигационном дисплее самолета A350 компании Airbus, на котором видны две фиолетовые метки, указывающие места остановки на ВПП при разных условиях (сухая или мокрая ВПП). Система предотвращения выкатывания за пределы ВПП состоит из двух подфункций: предупреждение о выкатывании (Runway Overrun Warning) и защита от выкатывания (Runway Overrun Protection) за пределы ВПП. Подфункция Runway Overrun Warning генерирует предупреждения, побуждающие летный экипаж выполнить уход на второй круг, в то время как подфункция Runway Overrun Protection генерирует предупреждения, побуждающие летный экипаж применить имеющиеся средства торможения. Система непрерывно рассчитывает размер тормозного пути в режиме реального времени в зависимости от оставшейся длины ВПП и дает четкие, недвусмысленные визуальные и звуковые оповещения для предотвращения выкатывания за пределы ВПП [11].



Рис. 4. Кадр функции «Оповещение на поверхности» на главном пилотажном дисплее самолета A350 компании Airbus



Рис. 5. Кадр системы предотвращения выкатывания за пределы ВПП на навигационном дисплее самолета A350 компании Airbus

Разработка перспективного программного обеспечения для бортового оборудования в целях предотвращения конфликтов в зоне аэродрома.

Современная гражданская авиация требует передовых технологий для обеспечения безопасности в условиях интенсивного наземного и воздушного движения, а также в условиях сложной аэродромной инфраструктуры. Инциденты на ВПП и рулежных дорожках, включая несанкционированный выезд на ВПП, взлет с рулежной дорожки, дезориентацию экипажа на сложных аэродромах и выкатывание за пределы ВПП, остаются значимой угрозой. В целях минимизации подобных рисков разрабатываются и внедряются программные решения, интегрированные в бортовое оборудование воздушного судна, что позволяет существенно повысить безопасность при рулении в зоне аэродрома. Рассмотрим программное обеспечение «Движение в зоне аэродрома» функции АММ, которое включает в себя данные для индикации, полученные от следующих функций: «Предупреждение конфликтов в зоне аэродрома» (Situational Awareness on the Airport Surface with Indications and Alerts); «Предотвращение выкатки» (Runway Excursion Prediction System).

Программное обеспечение «Движение в зоне аэродрома» предоставляет пилотам наглядную карту аэродрома, индикацию маршрута руления, полученного от диспетчера по каналам цифровой связи диспетчер–пилот (Controller–Pilot Data Link Communications) в режиме реального времени в кабине экипажа [18]. Детальнее структурные части программного обеспечения можно описать следующими характеристиками: индикация карты, включающая в себя показ всех элементов аэродрома (инфраструктуры, текстовых меток ВПП, рулежных дорожек, парковок, терминалов и др.); выбранные ВПП (для взлета, например) и парковки. Согласно информации от вычислительной системы самолетовождения (Flight Management System) и цифрового сообщения от диспетчера, дополнительная текстовая информация о движении по поверхности аэродрома поступает в виде сообщений о выполняемых маневрах, отображении компаса и информации об аэродроме и ВПП.

Важным аспектом этой технологии является точное позиционирование воздушного судна относительно критических зон аэродрома, что значительно снижает риск ошибок при движении по поверхности аэродрома. Пилоты получают ясное представление о своем местоположении и маршруте, что позволяет избежать ошибок, таких как несанкционированный выезд на активную ВПП или нарушение правил руления. Особенно это важно в условиях плохой видимости или на аэродромах с интенсивным движением [18].

Кадр проектируемого программного обеспечения «Движение в зоне аэродрома» на навигационном дисплее приведен на рис. 6. В верхней части кадра слева индицируются элементы маршрута руления, полученного от диспетчера УВД, справа — код ИКАО аэродрома. Кадр включает в себя индикацию аэродромной инфраструктуры и маршруты руления (активный — зеленая прямая, предлагаемый — фиолетовая штриховая прямая) [19].



Рис. 6. Кадр проектируемого программного обеспечения «Движение в зоне аэродрома» на навигационном дисплее

Функция «Предупреждение конфликтов в зоне аэродрома» предназначена для того, чтобы помочь снизить вероятность несанкционированных выездов на ВПП и столкновений на поверхности аэродрома в районе ВПП. Это достигается путем расширения ситуационной осведомленности пилота в части, относящейся к безопасности информации о транспортном движении на ВПП, повышения вероятности того, что эта информация будет правильно и вовремя воспринята летным экипажем, и облегчения соответствующей компенсирующей реакции в случае возникновения ошибки [20]. Функция увеличивает информативность отображения на навигационном дисплее воздушного судна, находящегося на ВПП и выполняющего руление, взлет, заход на посадку или посадку, что помогает пилоту воспринимать сложную информацию на этом индикаторе. С точки зрения безопасности показания, сигналы функции «Предупреждение конфликтов в зоне аэродрома» являются дополнением к отображению постороннего транспорта. Транспорт считается посторонним, если его позиция, направление и движение приводят или могут потенциально привести к несанкционированному занятию ВПП или столкновению в течение предсказуемого периода времени.

Экипаж воздушного судна будет использовать сведения функции «Предупреждение конфликтов в зоне аэродрома» в сочетании с другой

информацией внутри или снаружи кабины для достижения улучшенной ситуационной транспортной осведомленности. При необходимости эти данные помогут предпринять соответствующие действия и избежать несанкционированного занятия ВПП или столкновения.

Кадр функции «Предупреждение конфликтов в зоне аэродрома» проектируемого программного обеспечения «Движение в зоне аэродрома» на навигационном дисплее приведен на рис. 7. Если функция спрогнозировала конфликт, который, возможно, случится через 15 с, то появится индикация красного баннера с надписью Traffic on Runway и статус ВПП (Runway Status Indicator) на карте аэродрома также будет выделен красным.



Рис. 7. Кадр функции «Предупреждение конфликтов в зоне аэродрома» проектируемого программного обеспечения «Движение в зоне аэродрома» на навигационном дисплее

Кадр функции «Предотвращение выкатки» на навигационном дисплее приведен на рис. 8. Кадр содержит динамическую индикацию посадочной дистанции воздушного судна вдоль полосы в зависимости от условий полета, непрерывный анализ параметров ВПП, таких как длина, тип покрытия и текущие метеорологические условия, а также вычисление оптимального режима торможения для обеспечения безопасной остановки в пределах полосы. Это дает возможность экипажу своевременно скорректировать скорость движения, режим торможения и принять решения по ВПП, выбранной для посадки.

Рис. 8. Кадр функции «Предотвращение выкатки» проектируемого программного обеспечения «Движение в зоне аэродрома» на навигационном дисплее

Заключение. Проведен анализ статистических данных об авиационных инцидентах в зоне аэродромов. Рассмотрены



существующие методы снижения рисков возникновения конфликтных ситуаций при наземных операциях и повышения уровня ситуационной осведомленности пилотов. Определены основные функции перспективного программного обеспечения, такие как «Движущаяся карта аэропорта», «Оповещение на поверхности», а также системы предупреждения о положении относительно ВПП и предотвращения выкатывания за пределы ВПП. Эти функции и системы интегрированы в бортовое оборудование самолета A350 компании Airbus в целях улучшения безопасности полетов и информационной поддержки экипажа в зоне аэродрома. На основании проведенного анализа предложены решения для реализации программного обеспечения «Движение в зоне аэродрома», которое включает в себя индикацию от функций «Предупреждение конфликтов в зоне аэродрома» и «Предотвращение выкатки», играющих важную роль в снижении вероятности столкновений на поверхности земли, повышении ситуационной осведомленности пилотов и уменьшении их рабочей нагрузки.

В настоящее время на воздушных судах российского производства не установлен предлагаемый комплекс программного обеспечения, однако ведутся научно-исследовательские работы по его интеграции в воздушные судна MC-21-310 и SJ NEW. Ожидается, что внедрение этих функций в состав бортового оборудования воздушного судна обеспечит оперативное обнаружение потенциальных конфликтов, предупредит экипаж о критических ситуациях и предотвратит человеческие ошибки. Внедрение таких программных решений может повысить уровень безопасности как для пассажиров, так и для экипажа, благодаря предоставлению необходимых инструментов для быстрого и точного принятия решений на каждом этапе руления и взлета/посадки. Разработанные программные продукты ориентированы на повышение информационной осведомленности пилотов и автоматизацию процессов, обеспечивая более безопасные условия эксплуатации аэропортов даже в сложных метеорологических условиях и при высокой загруженности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Liao K., Zhao Y., Zhang X. A simulation platform for airport runway collision warning system. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2021, vol. 1827, art. 012044. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1827/1/012044>
- [2] Okuniek N., Gerdes I., Jakobi J., et al. A concept of operations for trajectory-based taxi operations. *16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conf.*, 2016, paper AIAA 2016-3753. DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2016-3753>

- [3] Zaninotto S., Gauci J., Zammit B. An autonomous tow truck algorithm for engineless aircraft taxiing. *Aerospace*, 2024, vol. 11, no. 4, art. 307.
DOI: <https://doi.org/10.3390/aerospace11040307>
- [4] Cheng L. Comparing taxi clearance input layouts for advancements in flight deck automation for surface operations. Master Thesis. San Jose State University, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4897.4807>
- [5] Claros B., Carlos S., Praveen E. Airfield incursion modeling of united states hub airports. *J. Air Transp.*, 2017, vol. 25, no. 3, pp. 73–86.
DOI: <https://doi.org/10.2514/1.D0044>
- [6] Theunissen E., Tadema J., Kirk K., et al. Use of conflict space depiction for detect and avoid: history, rationale and state-of-the-art. *ICNS*, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICNS52807.2021.9441556>
- [7] Omosebi O., Azimi M., Olowokere D., et al. Investigating runway incursion incidents at United States airports. *Future Transp.*, 2023, vol. 3, no. 4, pp. 1209–1222.
DOI: <https://doi.org/10.3390/futuretransp3040066>
- [8] Koscak P., Kolesár J., Ferencová J. The runway safety-incursion prevention. *Proc. Int. Sc. Conf. New Trends in Aviation Development*, 2018.
URL: https://www.researchgate.net/publication/327176723_the_runway_safety-incursion_prevention (дата обращения: 15.10.2025).
- [9] Саидов А.И., Гафуров Г.Г., Ибрагимов А.Р. и др. Несанкционированный выезд на взлетно-посадочную полосу и система его предотвращения. *Мировая наука*, 2019, № 5, с. 598–601. EDN: RCJOAC
- [10] Orye E., Visky G., Maennel O. Analysing the actual use of controller–pilot data link communications. *Eng. Proc.*, 2022, vol. 28, no. 1, art. 18.
DOI: <https://doi.org/10.3390/engproc2022028018>
- [11] Ison D.C. Empirical analysis of trends in runway incursions in the United States from 2001 to 2017. *JATE*, 2020, vol. 9, no. 1, art. 1.
DOI: <https://doi.org/10.7771/2159-6670.1197>
- [12] Бородин С.Ф., Волыничук А.И., Киселев М.А. и др. Возможности и недостатки систем предупреждения выкатывания воздушного судна за пределы взлетно-посадочной полосы. *Научный вестник МГТУ ГА*, 2023, № 3, с. 25–37.
DOI: <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2023-26-3-25-37>
- [13] Baigang M., Fan Y., Sun Y. NOTAM text analysis and classification based on attention mechanism. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2022, vol. 2171, art. 012042.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2171/1/012042>
- [14] Прохоров А.В. Влияние NOTAM на безопасность и эффективность выполнения полетов (обзор). *Научный вестник МГТУ ГА*, 2022, т. 25, № 1, с. 21–34.
DOI: <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2022-25-1-21-34>
- [15] Teutsch J., Bern S. Virtual stop bars: from block control towards low visibility automation support. *16th ICNS*, 2016, pp. 6E2-1–6E2-18.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICNSURV.2016.7486364>

- [16] Baimukhametov G., White G. Review and improvement of runway friction and aircraft skid resistance regulation, assessment and management. *Appl. Sc.*, 2025, vol. 15, no. 2, art. 548. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15020548>
- [17] Bone R., Mendolia A. Air traffic controller and flight crew conduct of a no-closer-than spacing task utilizing a cockpit display of traffic information. McLean, MITRE Corporation, 2015. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17301.60648>
- [18] Попов Ю.С., Шалов С.Ю., Яцков С.В. и др. Данные по аэродромам и новые функции бортового комплекса. 4-я *Международ. науч.-практ. конф. «Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных судов»*. М., ГосНИИАС, 2017, с. 165–170. EDN: ZEDZWZ
- [19] Попов Ю.С., Шалов С.Ю., Яцков С.В. и др. Разработка функции движения в зоне аэродрома для бортового оборудования. 6-я *Международ. науч.-практ. конф. «Перспективные направления развития бортового оборудования гражданских воздушных судов»*. М., ГосНИИАС, 2021, с. 222–231. EDN: IKRARP
- [20] Сочнева М.А., Шалов С.Ю., Попов Ю.С. и др. Построение маршрутов руления в зоне аэродрома по данным диспетчерской службы и аэродромной инфраструктуры. *Международ. науч.-техн. конф. «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества»*. М., МГТУГА, 2023, с. 499–500. EDN: WXSMDR

Сочнева Марина Алексеевна — аспирант, инженер 2-й категории ГосНИИАС (Российская Федерация, 125167, Москва, ул. Викторенко, д. 7).

Попов Юрий Сергеевич — начальник сектора ГосНИИАС (Российская Федерация, 125167, Москва, ул. Викторенко, д. 7).

Шалов Сергей Юрьевич — начальник сектора ГосНИИАС (Российская Федерация, 125167, Москва, ул. Викторенко, д. 7).

Яцков Сергей Вячеславович — ведущий инженер ГосНИИАС (Российская Федерация, 125167, Москва, ул. Викторенко, д. 7).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Сочнева М.А., Попов Ю.П., Шалов С.Ю. и др. Перспективное бортовое программное обеспечение для предотвращения конфликтов в зоне аэродрома. *Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение*, 2025, № 4 (153), с. 121–137. EDN: HVABRP

PROSPECTIVE ON-BOARD SOFTWARE FOR CONFLICT PREVENTION IN THE AIRFIELD AREA

M.A. Sochneva
Yu.S. Popov
S.Yu. Shalov
S.V. Yatskov

masochneva@gosniias.ru
yspopov@gosniias.ru
syshalov@gosniias.ru
svyatskov@gosniias.ru

GosNIIAS, Moscow, Russian Federation

Abstract

This article analyzes statistical data on aviation incidents occurring in the aerodrome zone and existing modern software solutions designed to prevent conflict situations during taxiing in the terminal area. It provides a review of onboard equipment technologies, such as the Airport Moving Map (AMM), Surface Alerting Function (SURF-A), Runway Awareness and Advisory System (RAAS), and Runway Overrun Prevention System (ROPS). The main functions of these technologies, aimed at increasing situational awareness, reducing workload, and promptly informing pilots (crew) of potential safety threats, are identified. Based on the analysis, prospects for the development of new software capable of reducing workload in conditions of intense air and ground traffic, as well as adverse weather conditions, are identified. The solutions are aimed at reducing risks caused by human factors, such as unauthorized runway incursions and overruns, and disorientation at the aerodrome

Keywords

Aerodrome safety, ground operations, aviation incidents, conflict prevention, on-board equipment, aerodrome zone traffic

Received 18.02.2025

Accepted 02.09.2025

© Author(s), 2025

REFERENCES

- [1] Liao K., Zhao Y., Zhang X. A simulation platform for airport runway collision warning system. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2021, vol. 1827, art. 012044. DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1827/1/012044>
- [2] Okuniek N., Gerdes I., Jakobi J., et al. A concept of operations for trajectory-based taxi operations. *16th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conf.*, 2016, paper AIAA 2016-3753. DOI: <https://doi.org/10.2514/6.2016-3753>
- [3] Zaninotto S., Gauci J., Zammit B. An autonomous tow truck algorithm for engineless aircraft taxiing. *Aerospace*, 2024, vol. 11, no. 4, art. 307. DOI: <https://doi.org/10.3390/aerospace11040307>
- [4] Cheng L. Comparing taxi clearance input layouts for advancements in flight deck automation for surface operations. Master Thesis. San Jose State University, 2015. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.4897.4807>

- [5] Claros B., Carlos S., Praveen E. Airfield incursion modeling of united states hub airports. *J. Air Transp.*, 2017, vol. 25, no. 3, pp. 73–86.
DOI: <https://doi.org/10.2514/1.D0044>
- [6] Theunissen E., Tadema J., Kirk K., et al. Use of conflict space depiction for detect and avoid: history, rationale and state-of-the-art. *ICNS*, 2021.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICNS52807.2021.9441556>
- [7] Omosebi O., Azimi M., Olowokere D., et al. Investigating runway incursion incidents at united states airports. *Future Transp.*, 2023, vol. 3, no. 4, pp. 1209–1222.
DOI: <https://doi.org/10.3390/futuretransp3040066>
- [8] Koscak P., Kolesár J., Ferencová J. The runway safety-incursion prevention. *Proc. Int. Sc. Conf. New Trends in Aviation Development*, 2018.
Available at: https://www.researchgate.net/publication/327176723_the_runway_safety-incursion_prevention (accessed: 15.10.2025).
- [9] Saidov A.I., Gafurov G.G., Ibragimov A.R., et al. Unauthorized departure on the takeoff and landing system and its prevention system. *Mirovaya nauka* [World Science], 2019, no. 5, pp. 598–601 (in Russ.). EDN: RCJOAC
- [10] Orye E., Visky G., Maennel O. Analysing the actual use of controller–pilot data link communications. *Eng. Proc.*, 2022, vol. 28, no. 1, art. 18.
DOI: <https://doi.org/10.3390/engproc2022028018>
- [11] Ison D.C. Empirical analysis of trends in runway incursions in the United States from 2001 to 2017. *JATE*, 2020, vol. 9, no. 1, art. 1.
DOI: <https://doi.org/10.7771/2159-6670.1197>
- [12] Borodkin S.F., Volynchuk A.I., Kiselev M.A., et al. Aircraft overrun warning systems capabilities and disadvantages. *Nauchnyy vestnik MGTU GA* [Civil Aviation High Technologies], 2023, no. 3, pp. 25–37 (in Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2023-26-3-25-37>
- [13] Baigang M., Fan Y., Sun Y. NOTAM text analysis and classification based on attention mechanism. *J. Phys.: Conf. Ser.*, 2022, vol. 2171, art. 012042.
DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2171/1/012042>
- [14] Prokhorov A.V. Impact of NOTAM on security and efficiency performance of flights (overview). *Nauchnyy vestnik MGTU GA* [Civil Aviation High Technologies], 2022, vol. 25, no. 1, pp. 21–34 (in Russ.).
DOI: <https://doi.org/10.26467/2079-0619-2022-25-1-21-34>
- [15] Teutsch J., Bern S. Virtual stop bars: from block control towards low visibility automation support. *16th ICNS*, 2016, pp. 6E2-1–6E2-18.
DOI: <https://doi.org/10.1109/ICNSURV.2016.7486364>
- [16] Baimukhametov G., White G. Review and improvement of runway friction and aircraft skid resistance regulation, assessment and management. *Appl. Sc.*, 2025, vol. 15, no. 2, art. 548. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15020548>
- [17] Bone R., Mendolia A. Air traffic controller and flight crew conduct of a no-closer-than spacing task utilizing a cockpit display of traffic information. McLean, MITRE Corporation, 2015. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.17301.60648>

[18] Popov Yu.S., Shalov S.Yu., Yatskov S.V., et al. [Data on aerodromes and new functions of the airport complex]. *4-ya Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Perspektivnye napravleniya razvitiya bortovogo oborudovaniya grazhdanskikh vozdukhnykh sudov"* [4th Int. Sc.-Pract. Conf. "Perspective Advances of Developments of Air Device Equipment for Civil Air Vehicles"]. Moscow, GosNIIAS Publ., 2017, pp. 165–170 (in Russ.). EDN: ZEDZWZ

[19] Popov Yu.S., Shalov S.Yu., Yatskov S.V., et al. [Development of motion function in the airport zone for airborne equipment]. *6-ya Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. "Perspektivnye napravleniya razvitiya bortovogo oborudovaniya grazhdanskikh vozdukhnykh sudov"* [6th Int. Sc.-Pract. Conf. "Perspective Advances of Developments of Air Device Equipment for Civil Air Vehicles"]. Moscow, GosNIIAS Publ., 2021, pp. 222–231 (in Russ.). EDN: IKRARP

[20] Sochneva M.A., Shalov S.Yu., Popov Yu.S., et al. [Construction of taxiing routes in the aerodrome area based on the data of dispatch service and aerodrome infrastructure]. *Mezhdunar. nauch.-tekh. konf. "Grazhdanskaya aviatsiya na sovremennom etape razvitiya nauki, tekhniki i obshchestva"* [Int. Sc.-Tech. Conf. "Civil Aviation at the Modern Stage of Development of Science, Technology and Society"]. Moscow, MGTUGA Publ., 2023, pp. 499–500 (in Russ.). EDN: WXSMR

Sochneva M.A. — Post-Graduate Student, Engineer of the 2nd category, GosNIIAS (Viktorenko ul. 7, Moscow, 125319 Russian Federation).

Popov Yu.S. — Head of Sector, GosNIIAS (Viktorenko ul. 7, Moscow, 125319 Russian Federation).

Shalov S.Yu. — Head of Sector, GosNIIAS (Viktorenko ul. 7, Moscow, 125319 Russian Federation).

Yatskov S.V. — Lead Engineer, GosNIIAS (Viktorenko ul. 7, Moscow, 125319 Russian Federation).

Please cite this article in English as:

Sochneva M.A., Popov Yu.S., Shalov S.Yu., et al. Prospective on-board software for conflict prevention in the airfield area. *Herald of the Bauman Moscow State Technical University, Series Instrument Engineering*, 2025, no. 4 (153), pp. 121–137 (in Russ.). EDN: HVABRP