

# НАЗЕМНЫЕ КОМПЛЕКСЫ, СТАРТОВОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ЭКСПЛУАТАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

---

УДК 629.7.08: 621.396.933

DOI:10.34759/vst-2020-3-209-218

## СИСТЕМА УЧЕТА И АНАЛИЗА ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОНФЛИКТОВ НА РАБОЧЕЙ ПЛОЩАДИ АЭРОДРОМА

Дьяченко М.В.<sup>\*</sup>, Анюточкина А.С.<sup>\*\*</sup>, Рубцов Е.А.<sup>\*\*\*</sup>

*Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации  
(СПбГУ ГА),*

*ул. Пилотов, 38, Санкт-Петербург, 196210, Россия*

*\* e-mail: DMari98@yandex.ru*

*\*\* e-mail: Anechka-anjutochkina@rambler.ru*

*\*\*\* e-mail: Rubtsov.spb.guga@rambler.ru*

Статья поступила в редакцию 21.06.2020

---

Прогнозирование конфликтов с участием воздушных судов и транспортных средств на рабочей площади аэродрома приобретает большое значение вследствие увеличения количества взлетно-посадочных операций и роста интенсивности наземного движения. Существующие системы наблюдения позволяют получить текущие координаты участников наземного движения, но для обеспечения безопасности требуется прогноз траекторий за определенное время. Предлагается внедрить систему, предполагающую оснащение всего автотранспорта специальными терминалами для информирования диспетчера о своих намерениях, а также для обмена данными между участниками движения. С помощью терминалов водители перед выездом указывают маршрут, время выезда, время прибытия и т.д., создавая базу данных о параметрах движения транспорта. На воздушных судах функцию терминала будет выполнять бортовой компьютер (flight management system). При выезде на запрещенный участок аэродрома или ином нарушении движения диспетчеру, водителю автотранспорта и пилоту выдается сигнал предупреждения.

*Ключевые слова:* безопасность наземного движения, A-SMGCS, прогнозирование конфликтов, траектория движения, Mesh-сеть.

---

### Введение

Увеличение количества взлетно-посадочных операций и рост интенсивности наземного движения приводит к частым инцидентам на рабочей

площади аэродрома, некоторые из них заканчиваются повреждением воздушных судов (ВС) и даже человеческими жертвами. Важность обеспечения требуемого уровня безопасности на аэро-

дроме отражена в документе ИКАО «Глобальный план обеспечения безопасности полетов 2020—2022» [1]. В этом же документе определены такие понятия, как выезд за пределы взлетно-посадочной полосы (runway excursion — RE) и несанкционированный выезд на взлетно-посадочную полосу (runway incursion — RI).

Выездом за пределы взлетно-посадочной полосы (ВПП) принято называть выкатывание ВС за боковую кромку или за пределы ВПП. Практика показывает, что возможны случаи как непреднамеренного, так и преднамеренного выезда. Последнее характерно при выполнении маневра уклонения от столкновения с ВС и автотранспортом, совершившим несанкционированный выезд на ВПП. Несанкционированный выезд определяется как событие, в результате которого в защищенной зоне, предназначенной для посадки и взлета ВС, несанкционированно находится воздушное судно, транспортное средство (ТС) или человек. Такого рода выезды особенно опасны для взлетающих и приземляющихся ВС, так как они двигаются с большой скоростью. Столкновения за пределами ВПП (например, на рулежной дорожке или на перроне) менее опасны, так как ВС и ТС движутся относительно медленно. Вероятность несанкционированного выезда на ВПП зависит от схемы аэродрома, загрузки пилота и диспетчера, использования нестандартной фразеологии при радиообмене, наличия или отсутствия средств наблюдения за объектами на рабочей площадке аэродрома [1].

Для предотвращения конфликтных ситуаций на рабочей площадке аэродрома рекомендуется развивать процедуры управления наземным движением, а также внедрять усовершенствованные системы управления наземным движением и контроля (A-SMGCS) [2]. Необходимо повышать информированность летного экипажа о местоположении своего ВС на рабочей площадке аэродрома, а также обеспечивать оперативный контроль за движением ВС со стороны диспетчера для принятия экстренных мер [3].

Однако, как показывает практика, эти меры не всегда достаточны. Рассмотрим несколько примеров конфликтных ситуаций на рабочей площадке аэродрома и проведем их краткий анализ.

### Анализ конфликтов на рабочей площадке аэродрома

Фонд безопасности полетов ИКАО произвел обзор авиационных происшествий с ВС за период с 1995 по 2008 г. При этом было выявлено, что из 1429 происшествий 431 (30%) относится к RE и RI. Из указанных 431 происшествия 41 (10%) было с человеческими жертвами и повлекло в общей сложности гибель 973 человек. Анализ тенденции частоты возникновения RE и RI показал, что за 14 лет указанного периода ситуация существенно не изменилась [4].

Данные, собранные за период с 2008 по 2016 г., опубликованы в Глобальном плане обеспечения безопасности на ВПП и представлены на рис. 1 и 2 [5].

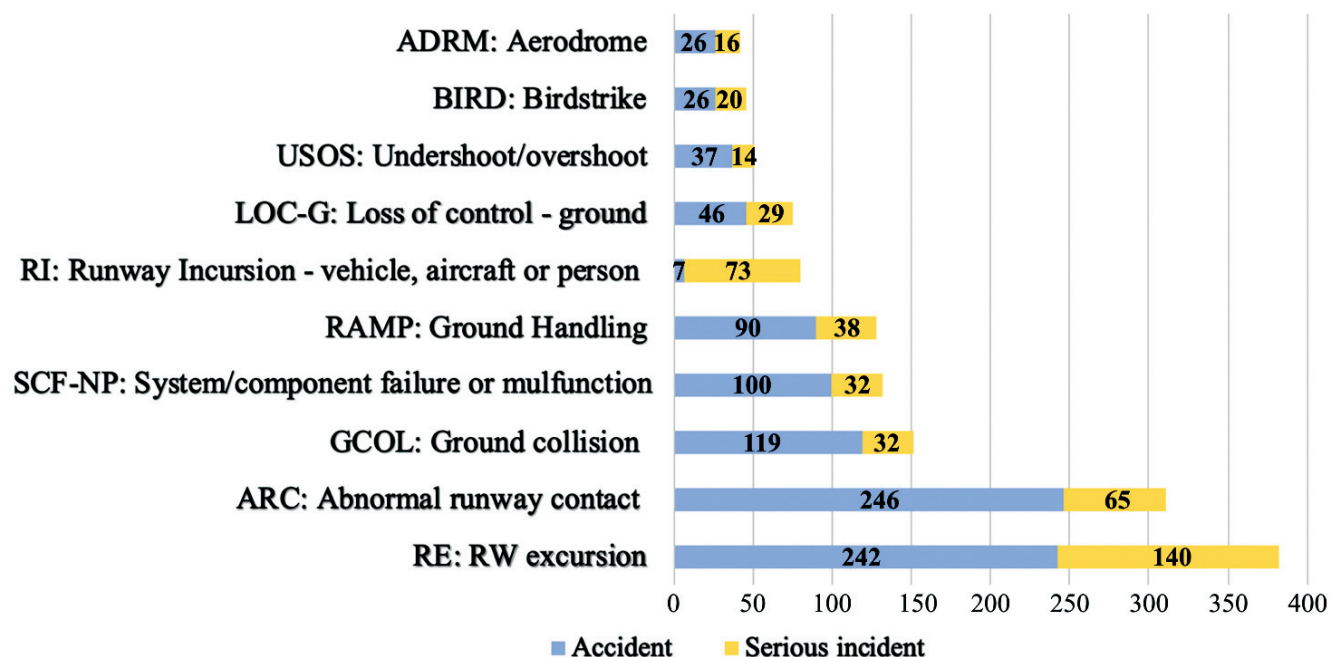


Рис. 1. Число инцидентов и серьезных инцидентов на ВПП за период 2008—2016 гг.



Рис. 2. Статистика всех инцидентов на ВПП и кривая нормированного риска

Рассмотрим инцидент, произошедший 07.01.2016 в аэропорту Лас-Пальмас (Испания). Боинг-737 совершил попытку взлета с нерабочей ВПП, в то время как на ее обочине находился автомобиль наземной службы. Первоначально диспетчер выдал экипажу правильную информацию о рулении и взлете с ВПП-03L (левая), но затем изменил указание на противоположное и разрешил пересечение ВПП-03L и занятие исполнительного старта ВПП-03R (правая) (рис. 3) [6].

Анализ инцидента показал, что ему способствовали следующие факторы [6]:

1) при наличии средств, указывающих на закрытие ВПП, диспетчер не обнаружил ошибку экипажа;

2) получив сообщение от экипажа ВС о горящих стоп-огнях, диспетчер не запросил у экипажа повторный доклад и разрешил дальнейшее руление;

3) при наличии горящих стоп-огней самолет пересек линию остановки у ВПП (экипаж не имел инструкций по действиям в подобных ситуациях; описание действий при горящих стоп-огнях было выполнено в неоднозначной форме);

4) несмотря на то, что автомобиль на обочине ВПП был виден, экипаж ВС принял решение о начале разбега.

В России инциденты RE и RI также являются актуальной проблемой. Одна из наиболее значимых катастроф произошла 20.10.2014 во Внуко-



Рис. 3. Схема инцидента, произошедшего 07.01.2016 в аэропорту Лас-Пальмас

во. Частный самолет Falcon 50EX F-GLSA столкнулся со снегоуборочной машиной, все находившиеся на борту погибли [7].

В 2016 году Росавиацией были разработаны «Мероприятия по предотвращению несанкционированных выездов на ВПП». Они учитывают результаты расследований инцидентов, принятые в России требования и рекомендации ИКАО. Были определены следующие факторы опасности [8]:

а) отсутствие четкого и эффективного взаимодействия между подразделениями (орган ОВД, оператор аэродрома и др.);

б) упущения при планировании мероприятий по предотвращению несанкционированных выездов на ВПП;

в) незнание водителем автотранспорта и спецтехники знаков и маркировки, предупреждающих о выезде на ВПП;

г) несоблюдение водителем спецавтотранспорта правил проведения работ на рабочей площади аэродрома;

д) невнимательность экипажа воздушного судна при ведении радиообмена с диспетчером.

Для предотвращения рассмотренных инцидентов необходимо повысить уровень информированности диспетчера об обстановке на аэродроме. При этом основными направлениями развития являются совершенствование средств наблюдения и внедрение систем прогнозирования траекторий воздушных судов и транспортных средств.

### Анализ существующих средств наблюдения

Согласно документам ИКАО и Евроконтроля, А-SMGCS использует данные от следующих средств наблюдения: радиолокационных станций обзора летного поля (РЛС ОЛП), многопозиционных систем наблюдения аэродромных (МПСН-А), станций автоматического зависящего наблюдения вещательного режима (АЗН-В) и других датчиков [2, 9].

РЛС ОЛП представляет собой средство, предназначенное для наблюдения за движением воздушных судов, автотранспорта, спецтехники и других объектов, находящихся на рабочей площади аэродрома [10, 11].

В России наиболее широкое распространение получила РЛС ОЛП «Атлантика», к перспективным системам относится многопозиционный комплекс «Полином», представляющий собой пространственно-распределенную систему маломощных радиолокаторов (на основе судового радиолокатора «Река» производства АО «НПФ

«Микран»), объединенных в единую информационно-временную сеть [12, 13].

РЛС ОЛП относится к средствам независимо-го некооперативного наблюдения и может обнаруживать необорудованные объекты, имеющие достаточную эффективную площадь рассеяния. Современные отечественные радиолокаторы не способны идентифицировать объекты. К минусам РЛС ОЛП можно отнести достаточно высокую стоимость.

МПСН-А состоит из совокупности размещенных на территории аэродрома приемников и передающих радиомаяков; система позволяет определять местоположение воздушных судов, а также оборудованных ответчиками транспортных средств и других объектов [10, 11].

Из отечественных многопозиционных систем можно выделить «Альманах» (НПП «ЦРТС»), «Мера» (АО «ВНИИРА») и «Тетра» (концерн ВКО «Алмаз-Антей») [14–16].

К достоинствам МПСН-А можно отнести высокую точность и частоту обновления информации, а также возможность идентификации объекта и получения дополнительных сведений о нем. К недостаткам можно отнести необходимость наличия на борту ВС (или ТС) ответчика, сложности при выборе оптимального размещения приемников, а также высокую стоимость всей системы.

Станции АЗН-В могут применяться для мониторинга объектов, оборудованных бортовыми ответчиками (или специальными передатчиками), находящихся на рабочей площади аэродрома. Точность определения местоположения ВС зависит от характеристик бортового навигационного комплекса и условий эксплуатации и может меняться от единиц до сотен метров. В «Руководстве по авиационному наблюдению» ИКАО не рекомендуется применять АЗН-В как основное или единственное средство наблюдения [17]. Связано это прежде всего с ограничениями навигационного приемника, а также возможностью переключения комплексной навигационной системы на альтернативный, менее точный источник навигационной информации (например, инерциальную навигационную систему) [18, 19]. В настоящее время ведутся работы по созданию методик подтверждения достоверности информации АЗН-В при отсутствии дополнительных средств наблюдения [20, 21].

Стоит отметить, что рассмотренные средства наблюдения и применяемые системы автоматизации могут обеспечить только уровни 1 и 2

A-SMGCS: улучшенное наблюдение и сигнал о занятии ВПП [9].

### **Прогнозирование конфликтов на рабочей площади аэродрома**

Средства наблюдения позволяют увидеть различные объекты на рабочей площади аэродрома — машины, воздушные суда и т.д. Но существует недостаток в таком наблюдении. Неизвестны траектории и маршруты, при наличии координат и примерной скорости авиадиспетчер не может предсказать, куда поедет машина. Для выявления и прогнозирования конфликтов были разработаны уровни 3 и 4 A-SMGCS, однако существующие системы автоматизации данные уровни не обеспечивают [9]. Также стоит отметить, что A-SMGCS не предусматривает возможности средне- и долгосрочного прогнозирования векторов скорости и траекторий ВС и ТС на аэродроме, так как неизвестны точные маршруты их движения. Существующие модели прогнозирования конфликтов (например, STCA) разрабатывались для верхнего и нижнего воздушного пространства и не могут применяться для рабочей площади аэродрома [22].

Инциденты на рабочей площади аэродрома происходят в тот момент, когда ВС выполняет процедуры, предвещающие взлет или следующие за этапом посадки. При этом ВС может столкнуться с другим самолетом или автотранспортом, а также возможны несанкционированные выезды на ВПП или в пределы критических зон радиомаячных систем посадки.

Для обеспечения безопасного движения по рабочей площади аэродрома требуется прогнозировать движение ВС и ТС за определенное время. Сделать достоверный прогноз возможно только путем заблаговременного учета траекторий ВС и ТС. Необходимо вести базу данных с информацией по каждому транспортному средству с указанием траекторий и маршрута движения (аналог плана полета).

### **Система прогнозирования конфликтов ВС и ТС на аэродроме**

Для повышения безопасности и информированности диспетчера необходима система заблаговременного задания траекторий и выдачи информации диспетчеру. При этом возможен анализ перемещения ВС и ТС, прогноз конфликтов на требуемый интервал времени, а также выдача предупреждений о потенциальных конфликтах и рекомендаций по их предотвращению. Стоит от-

метить, что подобные системы находят применение в системах автоматизированного планирования мероприятий инженерно-авиационного обеспечения [23].

Предлагается весь автотранспорт снабдить специальными терминалами для информирования диспетчера о намерениях (время выезда и маршрут), а также для обмена информацией между участниками движения. С помощью этих терминалов водители перед выездом указывают маршрут и время выезда, создавая базу данных о параметрах движения транспорта по аэродрому. На самолете функцию терминала будет выполнять бортовой компьютер (flight management system) [24], при этом стоит отметить, что бортовые системы информирования и принятия решений при наземном движении для экипажей ВС уже готовятся к внедрению (рис. 4) [25].

Для обеспечения обмена данными между участниками наземного движения и диспетчером (либо со средствами автоматизации) целесообразно применять сети широкополосного доступа, рекомендуемые в «Руководстве по системе аэропортовой подвижной авиационной связи» (AeroMACS). AeroMACS может позволить совместно использовать графические данные и видеoinформацию для улучшения ситуационной информированности, повышения эффективности наземного движения с целью снижения загруженности и задержек, а также способствовать предотвращению несанкционированных выездов на ВПП [26].

В предлагаемой системе рекомендуется применять Mesh-сеть (распределенную одноранговую сеть). Первоначально данная технология создавалась как быстро разворачиваемая система связи между подвижными объектами на поле боя. Передача данных внутри Mesh-сети осуществляется по протоколам IP, что позволяет обмениваться любыми видами данных: видео, изображениями, а также возможна голосовая связь. Кроме того, при необходимости в Mesh-сети возможно предоставление услуг по определению местоположения абонентов [27, 28].

Рассмотрим подробнее принцип работы предлагаемой системы.

Перед началом движения водитель или пилот должен указать маршрут и время начала движения (время в пути будет рассчитано автоматически). Если к указанному времени движение ВС или ТС не началось, водитель или пилот получают сигнал предупреждения и могут либо начать движение немедленно, либо внести изменения в план. Если



Рис. 4. Навигационный дисплей с маршрутом движения ВС и меткой в точке остановки

действий со стороны участников движения не последовало, к разрешению ситуации подключается диспетчер.

При выезде на запрещенный участок аэродрома или отклонении от траектории движения диспетчеру и водителю автотранспорта выдается сигнал предупреждения. Если водитель его проигнорировал, диспетчер принимает меры по предупреждению конфликта.

Объединенные в сеть транспортные средства (автомобили и самолеты) обмениваются данными о своем положении и о намерениях движения. Эти данные поступают к средствам автоматизации диспетчера, где производится анализ и прогноз конфликтов и вырабатываются варианты их разрешения.

Введенные заранее траектории позволяют в автоматическом режиме проанализировать текущую ситуацию и выявить потенциальные конфликты за требуемый интервал времени. Если будет выявлено опасное сближение, то диспетчер дополнительно получит об этом оповещение (рис. 5). Таким образом, предлагаемая система по-

зволит обеспечить уровни автоматизации 3 и 4 А-SMGCS.

В качестве дополнительной функции предлагаемой системы можно упомянуть возможность обмена данными между абонентами сети (в том числе данными, полученными от РЛС ОЛП и МПСН-А). Таким образом, водители и пилоты получают информацию о местонахождении других участников наземного движения и смогут самостоятельно принять меры в случае непредвиденной ситуации.

### Выводы

Анализ статистики конфликтов на рабочей площади показал, что несмотря на внедрение А-SMGCS, за последние десятилетия частота выездов за пределы ВПП и несанкционированных выездов на ВПП не претерпела существенного снижения. Это связано прежде всего с ограниченностью существующих средств наблюдения, а также недостаточной степенью автоматизации (существующие системы обеспечивают уровни 1 и 2 А-SMGCS).

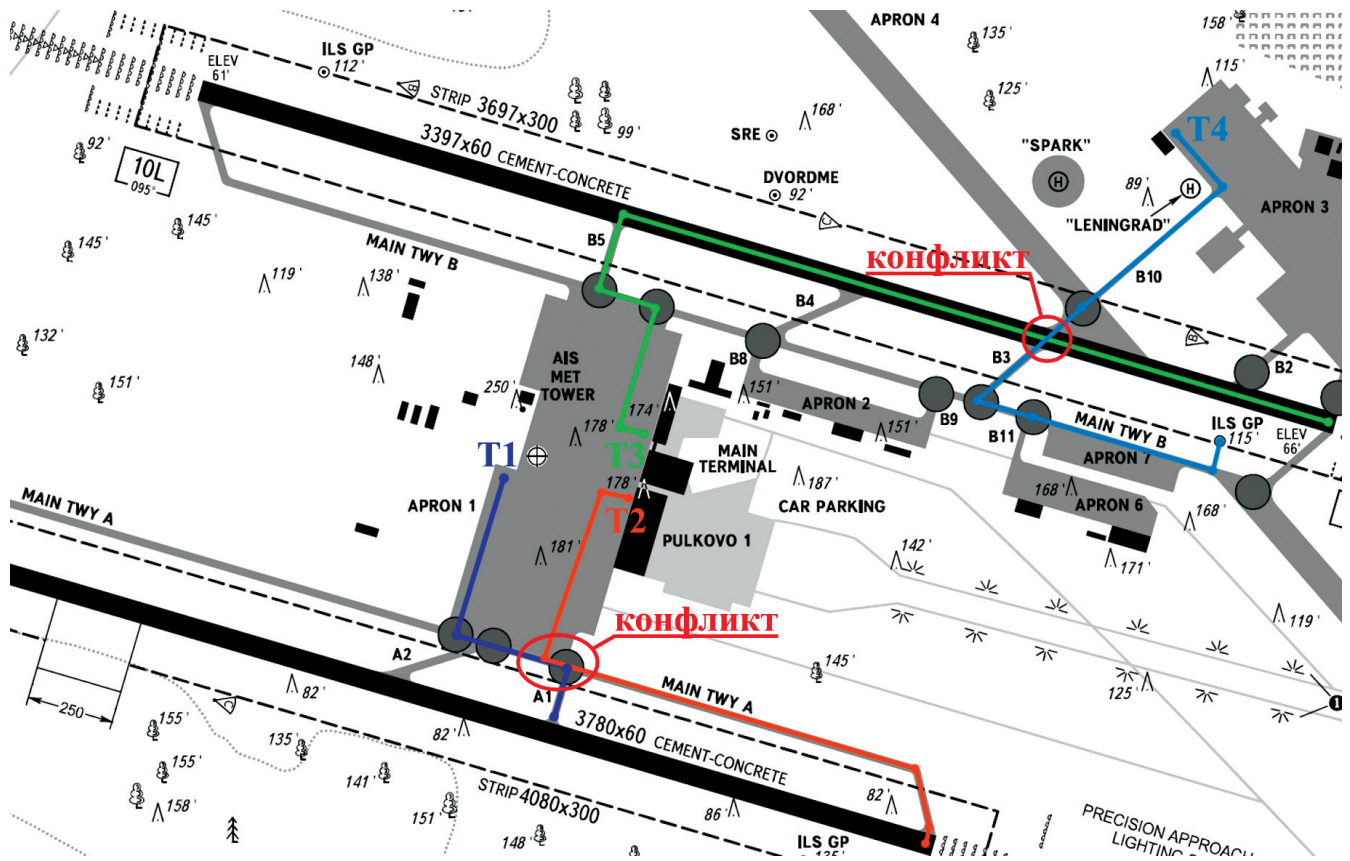


Рис. 5. Выявление и отображение потенциальных конфликтов

Снижение вероятности происшествий на ВПП возможно только при внедрении системы прогнозирования конфликтов. В связи с несовершенством учета траекторий движения ВС и ТС по аэродрому в настоящее время невозможно обеспечить прогноз конфликтных ситуаций на требуемую глубину.

Для решения этой проблемы предлагается внедрить систему учета и анализ траекторий. Для этого необходимо оснастить автотранспорт терминалами, для того чтобы водители заранее информировали диспетчера и других участников наземного движения о своих намерениях. При этом формируется база данных, содержащая сведения о траекториях движения, начале движения и планируемом времени прохождения каждой точки пути. На ВС функцию терминала может выполнять бортовой компьютер.

Участники наземного движения на аэродроме смогут обмениваться данными через сети широкополосного доступа, в качестве которых предлагается применять Mesh-сеть. В подобных сетях возможна передача данных, видео, изображений, а также голосовая связь. Дополнительно абоненты сети могут определять свое местоположение и

обмениваться этой информацией с другими участниками движения для повышения ситуационной осведомленности и возможности предотвращения конфликтов без участия диспетчера. Предлагаемая система позволит обеспечить уровни автоматизации 3 и 4 А-SMGCS.

#### Библиографический список

1. Global aviation safety plan. 2020-2022 Edition. Doc. 10004. ICAO, 2019, 144 p. URL: [https://www.icao.int/Meetings/anconf13/Documents/Doc\\_10004\\_GASP\\_2020\\_2022\\_Edition.pdf](https://www.icao.int/Meetings/anconf13/Documents/Doc_10004_GASP_2020_2022_Edition.pdf)
2. Advanced surface movement guidance and control systems (A-SMGCS) manual. Doc. 9830 AN/452. First Edition. ICAO, 2004, 89 p. URL: [https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9830\\_cons\\_en%5B1%5D.pdf](https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9830_cons_en%5B1%5D.pdf)
3. Руководство по предотвращению несанкционированных выездов на ВПП. Doc. 9870 AN/463. Издание первое. Международная организация гражданской авиации (ИКАО), 2007, 110 с. URL: [http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc\\_9870\\_r\\_vo\\_po\\_predotvrashcheniyu\\_nesanktsionirovannyh\\_vyezdov\\_na\\_vpp\\_ru%5B1%5D.pdf](http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9870_r_vo_po_predotvrashcheniyu_nesanktsionirovannyh_vyezdov_na_vpp_ru%5B1%5D.pdf)
4. Решение глобальной проблемы обеспечения безопасности операций на ВПП. Ассамблея ИКАО — 37 сессия. А37-WP/68 ТЕ/21. ИКАО, 2010, 6 с.

- URL: [https://www.icao.int/Meetings/AMC/Assembly37/Working%20Papers%20by%20Number/wp068\\_ru.pdf](https://www.icao.int/Meetings/AMC/Assembly37/Working%20Papers%20by%20Number/wp068_ru.pdf)
5. Runway Safety Programme — Global Runway Safety Action Plan. First edition. ICAO, 2017, 35 p. URL: [https://www.icao.int/safety/RunwaySafety/Documents%20and%20Toolkits/GRSAP\\_Final\\_Edition01\\_2017-11-27.pdf](https://www.icao.int/safety/RunwaySafety/Documents%20and%20Toolkits/GRSAP_Final_Edition01_2017-11-27.pdf)
  6. Информация по безопасности полетов № 2 от 17.02.2017. URL: [www.dvmtu-favt.ru/upload/medialibrary/698/698f53cf0cf9bce64d35bce0f1b1abf1.pdf](http://www.dvmtu-favt.ru/upload/medialibrary/698/698f53cf0cf9bce64d35bce0f1b1abf1.pdf)
  7. МАК. Расследование происшествия с Falcon 50EX F-GLSA 20.10.2014 в аэропорту Внуково. URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/falcon-50ex-f-glsa-20-10-2014>
  8. Приказ Министерства транспорта РФ №69-П от 06.02.2017 «О мероприятиях по предотвращению несанкционированных выездов на взлетно-посадочную полосу», 33 с. URL: <https://favt.ru/public/materials/0up/meroprivpp060217.pdf>
  9. EUROCONTROL specification for advanced-surface movement guidance and control system (A-SMGCS) services. EUROCONTROL-SPEC-171, 2018, 123 p. URL: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-04/eurocontrol-specification-a-smgcs-v-2-0.pdf>
  10. Приказ Министерства транспорта РФ от 20.10.2014 № 297 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации» (с изменениями и дополнениями), 63 с. URL: <https://base.garant.ru/70812462/>
  11. Кудряков С.А., Кульчицкий В.К., Поваренкин Н.В., Пономарев В.В., Рубцов Е.А., Соболев Е.В. Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь: Учеб. пособие. — СПб.: Ун-т гражданской авиации, 2019. Ч. 2. — 167 с.
  12. Радиолокационная станция обзора летного поля «Атлантика». URL: <http://www.npo-leninetz.ru/produktsiya/radar/radiolocation-station-of-the-review-of-the-airfield-atlantic/index.php>
  13. Многопозиционный радиолокационный комплекс обзора летного поля «Полином». URL: <https://www.ians.aero/polinom>
  14. МПЧН «Альманах». URL: <http://www.npp-crts.ru/production/multilateratsiya/almanakh>
  15. Многопозиционная система наблюдения «Мера». URL: <http://www.vniira.ru/ru/products/790/811/1179/?text=basic-purpose>
  16. Аэродромная многопозиционная система наблюдения «Тетра». URL: <http://www.almaz-antey.ru/osnovnaya-produktsiya-grazhdanskaya-naznacheniya/tetra>
  17. Руководство по авиационному наблюдению. Doc. 9924 AN/474. ИКАО, 2017, 372 с. URL: [http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc\\_9924\\_r\\_vo\\_po\\_aviatsionnomu\\_nablyudeniyu\\_ru.pdf](http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9924_r_vo_po_aviatsionnomu_nablyudeniyu_ru.pdf)
  18. Козлов А.В., Шаронов А.В. Геометрические факторы в задаче определения фазовой неоднозначности спутниковых навигационных измерений // Вестник Московского авиационного института. 2014. Т. 21. № 1. С. 163-168.
  19. Вовасов В.Е., Бетанов В.В., Герко С.А. Методика калибровки навигационного приемника ГЛОНАСС при использовании двухчастотных комбинаций измерений псевдодалейностей // Вестник Московского авиационного института. 2014. Т. 21. № 5. С. 137-144.
  20. Плясовских А.П., Рубцов Е.А. Метод оценки достоверности информации АЗН-В в системе наблюдения и контроля аэродромного движения // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2019. № 3(24). С. 90-102.
  21. Плясовских А.П., Рубцов Е.А. Теоретическое обоснование подтверждения достоверности информации о местоположении объекта на рабочей площадке аэродрома // Т-Comm: телекоммуникации и транспорт. 2020. Т. 14. № 3. С. 32-40. DOI: 10.36724/2072-8735-2020-14-3-32-40
  22. Eurocontrol specification for short term conflict alert (STCA). EUROCONTROL-SPEC-122, 2010, 25 p. URL: <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-specifications-short-term-conflict-alert-stca>
  23. Ямпольский С.М., Головин В.Я., Рубинов В.И. Модель функционирования перспективной системы для автоматизированного планирования мероприятий инженерно-авиационного обеспечения // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т. 19. № 3. С. 19-26.
  24. Писаренко В.Н. Средства обеспечения приемлемого уровня безопасности полётов // Вестник Московского авиационного института. 2012. Т. 19. № 3. С. 27-34.
  25. Teutsch J., Verhoeven R. Automation support in low visibility conditions: virtual stop bars in the cockpit// Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference — ICNS (9-11 April 2019, Herndon, VA, USA, USA). NLR-TP-2019-460, 28 p. DOI: 10.1109/ICNSURV.2019.8735236
  26. Руководство по системе аэропортовой подвижной авиационной связи (AeroMACS). Doc. 10044. ИКАО, 2019, 200 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/564112240>
  27. Технология Mesh. URL: [http://www.sagatelecom.ru/radiosystems/wireless\\_system/mesh.php](http://www.sagatelecom.ru/radiosystems/wireless_system/mesh.php)
  28. Рубцов Е.А. Проблемы обеспечения бесконфликтного движения автотранспорта в пределах рабочей площадки аэродрома // Транспортное планирование и моделирование: Сборник трудов II Международной научно-практической конференции (24-25 мая 2017, Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет). — СПб.: Изд-во СПбГАСУ, 2017. С. 229-235.



## AIRCRAFT AND VEHICLE MOTION PATH REGISTERING AND ANALYZING SYSTEM FOR CONFLICTS PREDICTION AT THE AERODROME MOVEMENT AREA

D'yachenkova M.V.\* , Anyutochkina A.S.\*\* , Rubtsov E.A.\*\*\*

*St. Petersburg State University of Civil Aviation,  
38, Pilotov str., Saint Petersburg, 196210, Russia*

*\* e-mail: DMari98@yandex.ru*

*\*\* e-mail: Anechka-anjutochkina@rambler.ru*

*\*\*\* e-mail: Rubtsov.spb.guga@rambler.ru*

### Abstract

The article considers the problem of predicting conflicts between aircraft and vehicles at the airfield. According to the ICAO data, the share of moving out of the runway limits and unauthorized entering the runway is about 30% of the total number of aviation accidents, each tenth accident herewith is associated with human casualties.

The existing surveillance aids (surface movement radar, MLAT, ADS-B) and automation systems A-SMGCS of levels 1 and 2 are not capable of ensuring the appropriate prediction of objects movement paths at the aerodrome. To solve this problem, the authors propose equipping all vehicles with special terminals to inform the air traffic controller on the supposed movement path and the movement commence. Using these terminals the drivers indicate the route and time of the movement commence, creating thereby the database on the transport traffic parameters along the aerodrome. The flight management system will perform the function of this terminal onboard the aircraft. On entering the prohibited area, or deviation from movement path a warning signal is issued for both the driver and air traffic controller. If the driver ignored it, the air traffic controller takes actions to prevent the conflict. The movement paths entered in advance allow analyzing the current situation in automatic mode and identifying potential conflicts during the required time interval. Thus, the proposed system will allow ensuring the A-SMGCS automation levels of 3 and 4. The authors suggest employing the MeSH networks for the data transfer, which allow transferring data, video, images, realizing voice communication and the possibility of the network subscribers' position location. In addition, subscribers will be able to exchange information about their location, which will increase the awareness of drivers and pilots, and allow them taking decisions independently in case of an unexpected situation.

**Keyword:** ground traffic safety, A-SMGCS, conflicts prediction, motion path, MeSH network.

### References

1. *Global aviation safety plan. 2020-2022 Edition.* Doc. 10004. ICAO, 2019, 144 p. URL: [https://www.icao.int/Meetings/anconf13/Documents/Doc\\_10004\\_GASP\\_2020\\_2022\\_Edition.pdf](https://www.icao.int/Meetings/anconf13/Documents/Doc_10004_GASP_2020_2022_Edition.pdf)
2. *Advanced surface movement guidance and control systems (A-SMGCS) manual. Doc. 9830 AN/452.* First Edition. ICAO, 2004, 89 p. URL: [https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9830\\_cons\\_en%5B1%5D.pdf](https://www.icao.int/Meetings/anconf12/Document%20Archive/9830_cons_en%5B1%5D.pdf)
3. *Rukovodstvo po predotvrashcheniyu nesanktsionirovannykh vyezdov na VPP* (Manual for the prevention of unauthorized departures on the runway). Doc. 9870 AN/463, ICAO, 2007, 110 p. URL: [http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc\\_9870\\_r\\_vo\\_po\\_predotvrashcheniyu\\_nesanktsionirovannykh\\_vyezdov\\_na\\_vpp\\_ru%5B1%5D.pdf](http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9870_r_vo_po_predotvrashcheniyu_nesanktsionirovannykh_vyezdov_na_vpp_ru%5B1%5D.pdf)
4. *Reshenie global'noi problemy obespecheniya bezopasnosti operatsii na VPP. Assambleya ICAO – 37 sessiya* (Solving the global problem of ensuring safety of runway operations. ICAO Assembly-37th session). A37-WP/68 TE/21. ICAO, 2010, 6 p. URL: [https://www.icao.int/Meetings/AMC/Assembly37/Working%20Papers%20by%20Number/wp068\\_ru.pdf](https://www.icao.int/Meetings/AMC/Assembly37/Working%20Papers%20by%20Number/wp068_ru.pdf)
5. *Runway Safety Programme – Global Runway Safety Action Plan.* First edition. ICAO, 2017, 35 p. URL: [https://www.icao.int/safety/RunwaySafety/Documents%20and%20Toolkits/GRSAP\\_Final\\_Edition01\\_2017-11-27.pdf](https://www.icao.int/safety/RunwaySafety/Documents%20and%20Toolkits/GRSAP_Final_Edition01_2017-11-27.pdf)
6. *Informatsiya po bezopasnosti poletov No. 2, 17.02.2017.* URL: [www.dvmtu-favt.ru/upload/medialibrary/698/698f53cf0cf9bce64d35bce0f1b1abf1.pdf](http://www.dvmtu-favt.ru/upload/medialibrary/698/698f53cf0cf9bce64d35bce0f1b1abf1.pdf)
7. *MAK. Rassledovanie proisshestviya s Falcon 50EX F-GLSA 20.10.2014 v aeroportu Vnukovo.* URL: <https://mak-iac.org/rassledovaniya/falcon-50ex-f-glsa-20-10-2014>
8. *O meropriyatiyakh po predotvrashcheniyu nesanktsionirovannykh vyezdov na vzletno-posadochnuyu polosyu. Prikaz Ministerstva transporta Rossiiskoi Federatsii ot 06.02.2017 № 69-P* (On measures for preventing

- unauthorized runway entry. Order of the Ministry of transport of the Russian Federation No. 69-P, 06.02.2017), Moscow, 2017, 33 p. URL: <https://favt.ru/public/materials/0up/meroprpp060217.pdf>
9. *EUROCONTROL specification for advanced-surface movement guidance and control system (A-SMGCS) services*. EUROCONTROL-SPEC-171, 2018, 123 p. URL: <https://www.eurocontrol.int/sites/default/files/2020-04/eurocontrol-specification-a-smgcs-v-2-0.pdf>
  10. *Ob utverzhenii Federal'nykh aviatsionnykh pravil "Radiotekhnicheskoe obespechenie poletov vozdushnykh sudov i aviatsionnaya elektrosvyaz' v grazhdanskoi aviatsii"*. Prikaz Ministerstva transporta Rossiiskoi Federatsii ot 20.10.2014 № 297 (On approval of the Federal aviation regulations "Radio engineering support of aircraft flights and aviation telecommunications in civil aviation". Order of the Ministry of transport of the Russian Federation No. 297, 20.10.2014), Moscow, 2014, 63 p. URL: <https://base.garant.ru/70812462/>
  11. Kudryakov S.A., Kul'chitskii V.K., Povarenkin N.V., Ponomarev V.V., Rubtsov E.A., Sobolev E.V. *Radiotekhnicheskoe obespechenie poletov vozdushnykh sudov i aviatsionnaya elektrosvyaz' (Radio engineering support of aircraft flights and aviation telecommunications)*, Saint Petersburg, Universitet grazhdanskoi aviatsii, 2019. Part 2, 167 p.
  12. *Radiolokatsionnaya stantsiya obzora letnogo polya "Atlantika"*. URL: <http://www.npo-leninetz.ru/produksiya/radar/radiolocation-station-of-the-review-of-the-airfield-atlantic/index.php>
  13. *Mnogopozitsionnyi radiolokatsionnyi kompleks obzora letnogo polya "Polinom"*. URL: <https://www.ians.aero/polinom>
  14. *Mnogopozitsionnaya sistema nablyudeniya "Al'manakh"*. URL: <http://www.npp-crts.ru/production/multilateratsiya/almanakh>
  15. *Mnogopozitsionnaya sistema nablyudeniya "Mera"*. URL: <http://www.vniira.ru/ru/products/790/811/1179/?text=basic-purpose>
  16. *Aerodromnaya mnogopozitsionnaya sistema nablyudeniya "Tetra"*. URL: <http://www.almaz-antey.ru/osnovnaya-produksiya-grazhdanskaya-naznacheniya/tetra>
  17. *Rukovodstvo po aviatsionnomu nablyudeniyu*. Doc. 9924 AN/474. ICAO, 2017, 372 p. URL: [http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc\\_9924\\_r\\_vo\\_po\\_aviatsionnomu\\_nablyudeniyu\\_ru.pdf](http://dspk.cs.gkovd.ru/library/data/Doc_9924_r_vo_po_aviatsionnomu_nablyudeniyu_ru.pdf)
  18. Kozlov A.V., Sharonov A.V. Geometric dilution of precision factors in GPS/ GLONASS carrier phase ambiguity resolution in attitude determination. *Aerospace MAI Journal*, 2014, vol. 21, no. 1, pp. 163-168.
  19. Vovasov V.E., Betanov V.V., Gerko S.A. Calibration technique of navigation GLONASS receiver using combinations of dual-frequency pseudorange measurements. *Aerospace MAI Journal*, 2014, vol. 21, no. 5, pp. 137-144.
  20. Plyasovskikh A.P., Rubtsov E.A. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta grazhdanskoi aviatsii*, 2019, no. 3(24), pp. 90-102.
  21. Plyasovskikh A.P., Rubtsov E.A. *T-Comm: telekommunikatsii i transport*, 2020, vol. 14, no. 3, pp. 32-40. DOI: 10.36724/2072-8735-2020-14-3-32-40
  22. *Eurocontrol specification for short term conflict alert (STCA)*. EUROCONTROL-SPEC-122, 2010, 25 p. URL: <https://www.eurocontrol.int/publication/eurocontrol-specifications-short-term-conflict-alert-stca>
  23. Yampol'skii S. M., Golovin V. Y., Rubinov V. I. Model of functioning of perspective system for the automated planning actions of engineering-aviation maintenance. *Aerospace MAI Journal*, 2012, vol. 19, no. 3, pp. 19-26.
  24. Pisarenko V.N. Means of maintenance of an acceptable level of an air safety. *Aerospace MAI Journal*, 2012, vol. 19, no. 3, pp. 27-34.
  25. Teutsch J., Verhoeven R. Automation support in low visibility conditions: virtual stop bars in the cockpit. *Integrated Communications, Navigation and Surveillance Conference - ICNS (9-11 April 2019, Herndon, VA, USA, USA)*. NLR-TP-2019-460, 28 p. DOI: 10.1109/ICNSURV.2019.8735236
  26. *Rukovodstvo po sisteme aeroportovoi podvizhnoi aviatsionnoi svyazi (AeroMACS)*. Doc. 10044. ICAO, 2019, 200 p. URL: <http://docs.entd.ru/document/564112240>
  27. *Tekhnologiya Mesh*. URL: [http://www.sagatelecom.ru/radiosystems/wireless\\_system/mesh.php](http://www.sagatelecom.ru/radiosystems/wireless_system/mesh.php)
  28. Rubtsov E.A. *Materialy II Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (24-25 May 2017, Sankt-Peterburgskii gosudarstvennyi arkhitekturno-stroitel'nyi universitet) "Transportnoe planirovanie i modelirovanie"*, Saint PetersburgSPbGASU, 2017, pp. 229-235.