

УДК 656.714

DOI: [10.26102/2310-6018/2022.36.1.003](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2022.36.1.003)

## Средства оптической и радиочастотной идентификации в технологическом процессе автоматизированного цифрового контроля оборота мобильного бортового оборудования

М.М. Стыскин<sup>1</sup>, П.В. Степанов<sup>1</sup>, С.Ю. Желтов<sup>2</sup>, Б.В. Соколов<sup>3</sup>, А.Л. Ронжин<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Универсал-Аэро, Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup>Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, Москва, Российская Федерация

<sup>3</sup>Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук, Санкт-Петербург, Российская Федерация

**Резюме.** Актуальность разработки многокомпонентных средств идентификации мобильного бортового оборудования обусловлена повышающимися требованиями к качеству и скорости регламентных работ по обслуживанию воздушных судов. В статье проводится анализ проблем существующих способов контроля оборота мобильного бортового оборудования воздушных судов гражданской авиации. Описаны задачи, решаемые системой контроля оборота оборудования в процессе погрузки и разгрузки мобильного бортового кухонного оборудования, его перемещения, простоя на удаленных складах в аэропортах назначений. Основная проблема, решаемая системой контроля оборота мобильного бортового кухонного оборудования – это достоверная идентификация каждой единицы оборудования и контроль санкционированного доступа к нему. Для решения данной проблемы предлагаются различные варианты автоматической бесконтактной идентификации мобильного оборудования на базе технологий RFID, QR-кодирования, Bluetooth. В результате каждая единица оборудования получает свой уникальный цифровой идентификатор, который хранится и отслеживается на протяжении всего жизненного цикла в информационной системе предприятия. Представлена архитектура системы контроля оборота мобильного оборудования, включающая подсистемы генерации визуальных меток, программирования идентификационных меток (RFID, BLE), постановки на учет, списания, контроля погрузки, разгрузки, инвентаризации, розыска и другие. Описана реализация системы контроля оборота мобильного бортового оборудования, являющейся частью технологического процесса сервисного обслуживания воздушных судов в аэропорту. Показаны преимущества созданной автономной мобильной системы контроля погрузки / разгрузки бортового оборудования.

**Ключевые слова:** система контроля оборота, мобильное оборудование, идентификационные метки, визуальные метки, QR-код, RFID, Bluetooth, BLE.

**Для цитирования:** Стыскин М.М., Степанов П.В., Желтов С.Ю., Соколов Б.В., Ронжин А.Л. Средства оптической и радиочастотной идентификации в технологическом процессе автоматизированного цифрового контроля оборота мобильного бортового оборудования. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2022;10(1). Доступно по: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1136> DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.003

## Means of optical and radio frequency identification in the technological process of automated control of mobile on-board equipment circulation

ММ. Styskin<sup>1</sup>, P.V. Stepanov<sup>1</sup>, S.Yu. Zheltov<sup>2</sup>, B.V. Sokolov<sup>3</sup>, A.L. Ronzhin<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*CJSC "Universal-Aero", Moscow, Russian Federation*

<sup>2</sup>*State Research Institute of Aviation Systems, Moscow, Russian Federation*

<sup>3</sup>*St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), St. Petersburg, Russian Federation*

**Abstract:** The relevance of developing multicomponent means of identifying mobile on-board equipment is due to the increasing requirements for the quality and routine maintenance speed of aircraft. This article analyzes the problems of existing methods for controlling mobile on-board equipment circulation of civil aviation aircraft. The tasks, solved by the equipment circulation control system in the course of loading and unloading mobile on-board kitchen equipment, its transportation, downtime in remote warehouses at destination airports, are formulated. The main problem, solved by the mobile on-board kitchen equipment circulation control system, is the identification of each equipment unit in a reliable manner. To address this issue, various options for automatic contactless identification of mobile equipment, based on RFID, QR-coding, Bluetooth technologies, are proposed. As a result, each unit of equipment receives its own unique digital identifier, which is stored and tracked throughout the entire life cycle in the enterprise information system. The architecture of the mobile equipment circulation control system is presented, including subsystems for generating visual tags, programming identification tags (RFID, BLE), registration, disposal, control of loading, unloading, stocktaking, search, and etc. The application of the mobile equipment circulation control system, which is a part of the technological process of aircraft service maintenance at an airport, is outlined. The advantages of the devised system for controlling the loading/unloading of on-board equipment are demonstrated.

**Keywords:** circulation control system, mobile equipment, identification tags, visual tags, QR code, RFID, Bluetooth, BLE.

**For citation:** Styskin M.M., Stepanov P.V., Zheltov S.Yu., Sokolov B.V., Ronzhin A.L. Means of optical and radio frequency identification in the technological process of automated control of mobile on-board equipment circulation. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2022;10(1). Available from: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1136> DOI: 10.26102/2310-6018/2022.36.1.003 (In Russ).

## Введение

Современный аэропорт – это сложный транспортный объект, в котором, кроме воздушных судов, одновременно функционирует большое количество аэродромных технических средств разного типа и назначения. Основная задача аэропорта обеспечить вылет полностью исправного и подготовленного воздушного судна строго в назначенное время, соблюдая требования по безопасности и качественному обслуживанию пассажиров в полете. Для решения этой задачи действия всех служб аэропорта должны быть скоординированы на основе графика обслуживания воздушных судов и суточного расписания аэропорта.

Наземное обслуживание судна гражданской авиации в аэропорту состоит из множества технологических процессов. Сервисное обслуживание – один из таких процессов, включающий подготовку салона судна к перевозке пассажиров, разгрузку и загрузку мобильного оборудования с питанием и предметами необходимыми для обслуживания пассажиров и обеспечения их безопасности в полете. Сервисное обслуживание должно проводиться в соответствии с установленными регламентами. Время на выполнение всего процесса и отдельных операций строго определено, и любые задержки приводят к большим материальным потерям авиакомпаний и штрафным санкциям в адрес аэропортовых сервисных служб.

Интеллектуальное транспортно-технологическое средство (ИТТС) – это грузовой автомобиль с подъемным механизмом кузова для безопасного доступа на борт самолета на стоянке. Существуют стандарты, принятые в авиации, на средства пакетирования и перевозки продуктов и товаров на борту. Обычно применяются металлические

контейнеры на колесах, которые можно видеть, когда бортпроводники перемещают их в проходе, раздавая еду и напитки. Подготовка мобильного бортового кухонного оборудования (МБКО) на рейс также строго регламентирована. Все операции по подготовке и погрузке МБКО осуществляют в строгом соответствии с расписанием подготовки к рейсу. МБКО подготавливаются и перемещаются по предприятию в соответствии с технологией подготовки. Все оборудование должно быть собрано к определенному времени в одном месте и погружено для перевозки. ИТТС должна успеть привести и загрузить все оборудование строго по расписанию. Время погрузки на борт жестко контролируется. Существует норматив на погрузку, устанавливаемый авиакомпанией и аэропортом. Несоблюдение норматива, задержка погрузки, приводит к штрафам. Ситуация с погрузкой / разгрузкой осложняется тем, что работы должны производиться в любое время суток, включая ночное, при любой погоде, в любое время года, на высоте от 3 метров и выше. Объем работ по погрузке отличается от рейса к рейсу и зависит от типа самолета, его компоновки и фактической загрузки (числа пассажиров). В одну ИТТС может быть погружено до 250 единиц мобильного бортового кухонного оборудования. Поэтому погрузка / разгрузка борта – это сложная технологическая операция, выполняемая за короткий, лимитированный промежуток времени.

Существующая система подготовки и контроля погрузки МБКО работает практически в ручном режиме. Основная проблема существующей технологии контроля оборота мобильного оборудования – это отсутствие уникального идентификатора единицы МБКО. Ситуация усугубляется сложной схемой обращения оборудования, как показано на Рисунке 1.

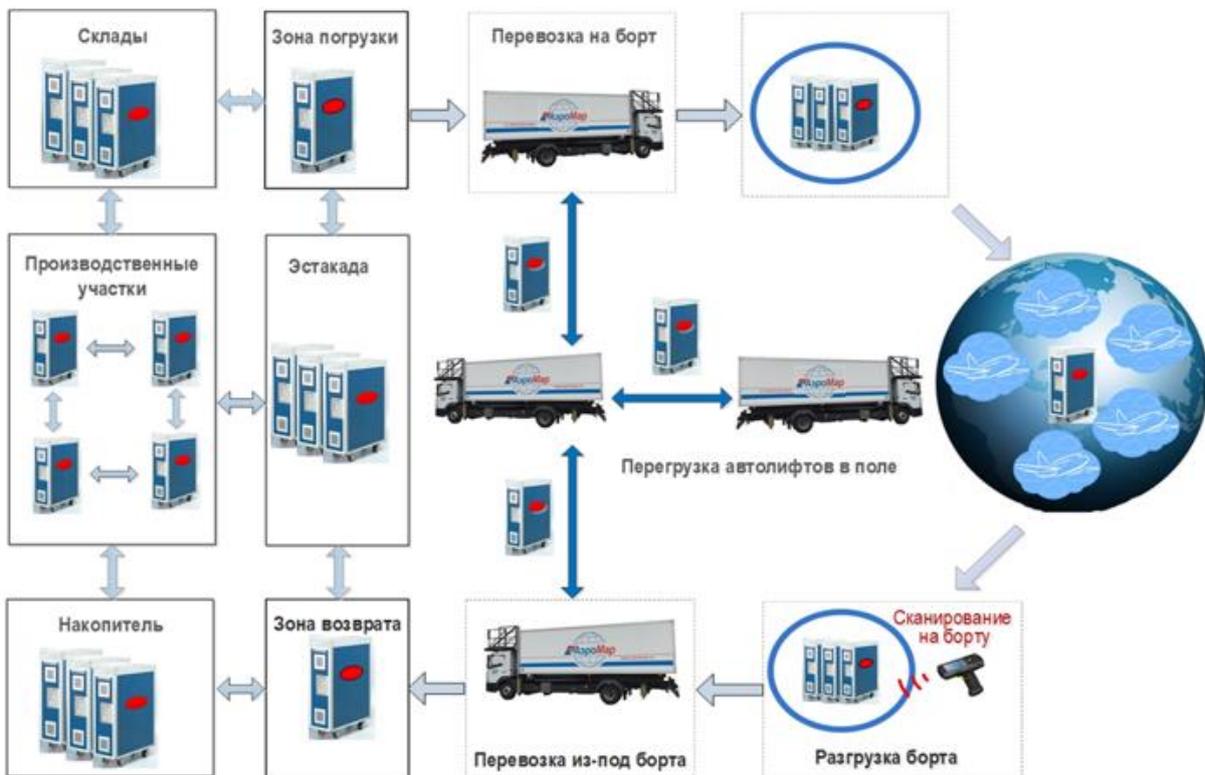


Рисунок 1 – Возможные варианты и способы перемещения мобильного бортового кухонного оборудования

Figure 1 – Possible options and methods for moving mobile on-board kitchen equipment

МБКО перемещается внутри производственных помещений, складов, зон погрузки и разгрузки. Грузится и перемещается в ИТТС от зоны погрузки до борта воздушного судна. Разгружается с прилетевших рейсов и доставляется обратно на предприятие. МБКО может неоднократно перегружаться с одного ИТТС на другое в процессе транспортировки.

Загруженное оборудование в аэропорту отправки, прилетев в пункт назначения, может быть, частично выгружено и храниться там сколь угодно долго. В случае производственной необходимости МБКО может быть отправлено любым рейсом в любой другой аэропорт, а не только в аэропорт первоначальной отправки. В общем случае обращение МБКО не предсказуемо, оно может попасть в любой аэропорт мира. Некоторые существующие системы предприятия хранят историю о том, сколько и какого типа МБКО было отправлено рейсом в каждом конкретном направлении, но у них нет информации о том, сколько вернулось. Отсутствует информация о том, сколько и какое МБКО прилетело фактически на борту воздушного судна. Существуют и другие цепочки обращения МБКО, например, отправка в ремонт и техническое обслуживание, которые вообще никак не учитываются. Все в совокупности приводит к тому, что нет информации, сколько единиц и какое МБКО реально осталось в пункте назначения направления полетов. Проведение инвентаризации проблематично в таких условиях. Отсутствие уникального идентификационного номера, возможность нахождения единицы МБКО в разных местах – на складах производства, в зонах комплектации и погрузки, в кузове ИТТС, бортах воздушного судна, аэропортах назначения, зонах ремонта делает инвентаризацию сложно осуществимой, а ее результаты недостоверными.

### **Задачи системы контроля оборота МБКО и способы их идентификации**

Созданная система контроля оборота мобильного бортового кухонного оборудования (СКО МБКО) решает следующий комплекс задач:

- постановка на учет МБКО;
- учет в зонах хранения;
- контроль перемещения по производственным цехам;
- учет в зонах комплектации;
- контроль погрузки МБКО в ИТТС по вылету;
- контроль погрузки на борт;
- учет прилетевшего МБКО на борту воздушного судна;
- контроль погрузки в ИТТС с борта;
- контроль перегрузки МБКО с одного ИТТС на другое;
- контроль разгрузки ИТТС в зоне возврата МБКО;
- учет МБКО на удаленных складах в аэропортах назначений;
- идентификация и возврат МБКО из любого аэропорта;
- контроль проведения ремонта МБКО;
- списание и вывод из оборота;
- контроль санкционированного доступа к единице МБКО;
- проведение достоверной инвентаризации;
- предоставление в режиме реального времени отчетов о фактическом состоянии и месте нахождения каждой единицы МБКО.

Основная проблема, решаемая системой СКО МБКО – достоверная идентификация единицы оборудования. Теоретические основы построения системы контроля оборота МБКО изложены авторами работы в монографиях [1-2]. Мобильное

оборудование перемещается по всему миру и может попасть в любой аэропорт. Технология подготовки МБКО является многоэтапной. На разных этапах существуют разные ограничения на использование способов идентификации (место идентификации, внешние условия, ограничения по времени и т. д.). На практике использование одного и того же способа идентификации МБКО на всех этапах не эффективно, невозможно и/или нецелесообразно по экономическим и другим причинам. Система контроля оборота СКО МБКО спроектирована и реализована таким образом, чтобы процесс отслеживания МБКО, логика работы алгоритмов системы не зависели от способа идентификации. В системе СКО МБКО сочетаются несколько способов идентификации – ручной, полуавтоматический и автоматический. Используются различные технологии идентификации – оптические методы идентификации и метод радиочастотной идентификации.

Достоверность идентификации единицы оборудования гарантируется сопоставлением информации, получаемой независимыми методами идентификации. Единица МБКО может быть идентифицирована визуально или с помощью ручного сканера по штрих коду. QR-код позволяет получить уникальный номер и описание единицы МБКО, а также ссылку на WEB ресурс, содержащий расширенную информацию. Идентификация по радиочастотным меткам возможна как с помощью ручного сканера в полуавтоматическом режиме, так и полностью в автоматическом. На Рисунке 2 показан пример разработанной визуальной метки для маркировки единицы МБКО.



Рисунок 2 – Пример визуальной метки  
Figure 2 – Example of a visual label

Визуальная метка позволяет проводить идентификацию единицы оборудования. Она может использоваться человеком без каких-либо изменений в существующей технологии. Метка содержит информацию о владельце оборудования, уникальный идентификационный номер и побудительный слоган – просьбу о возврате оборудования. На метке указан адрес сайта, через который можно связаться с владельцем и сообщить информацию о месте нахождения оборудования.

Уникальный идентификационный номер единицы оборудования — это структурированная строка символов:

<код владельца>-<тип оборудования>-<год и месяц><порядковый номер>

Код владельца: 2-3 символа буквенного кода владельца оборудования в соответствии с кодировкой IATA. Тип оборудования: 3 символа буквенного кода типа оборудования в соответствии с кодировкой IATA и внутренней кодировки владельца. Год и месяц: первые 4 цифры – номер года и затем 2 цифры – номер месяца постановки

на учет единицы оборудования. Порядковый номер: 5 цифр порядкового номера единицы оборудования.

QR-код может использоваться двумя способами. Во-первых, при сканировании стандартным приложением на смартфоне, при этом осуществляется переход на сайт поиска мобильного оборудования, на котором можно ввести информацию о единице оборудования и связаться с владельцем. Во-вторых, при сканировании специализированным приложением, при этом осуществляется ввод уникального идентификационного номера для передачи его в систему СКО МБКО и использования в текущей технологической операции.

Визуальная метка позволяет:

- провести индивидуальную идентификацию единицы оборудования, перейти на индивидуальный учет;
- осуществлять визуальную идентификацию единицы оборудования человеком;
- реализовать автоматизированный ввод номера МБКО в систему СКО МБКО;
- вместе с сайтом поиска реализовать систему глобального мониторинга и розыска мобильного оборудования.

К визуальным меткам предъявляются особые требования с учетом особенностей эксплуатации. Они должны быть устойчивы к механическому воздействию в процессе транспортировки и термическому воздействию (высокотемпературная мойка). Метки являются многоразовыми и их срок эксплуатации должен быть сопоставим со сроком эксплуатации единицы оборудования (2-3 года). Метки выполнены на металлической основе методом лазерной гравировки, что обеспечивает их высокую устойчивость к механическим и температурным воздействиям. Для обеспечения стабильного распознавания и считывания меток разработаны специальные методы коррекции изображений штриховых кодов [3]. В основе алгоритма считывания визуальных меток лежит метод семантико-морфологического описания и синтеза изображений с использованием глубоких нейронных сетей [4]. Алгоритм считывания визуальных меток позволяет:

- определить, что камера сканера захватывает именно визуальную метку;
- осуществить контроль положения визуальной метки в кадре перед камерой;
- обеспечить автоматическую съемку при захвате визуальной метки;
- проверить корректность снимка;
- провести разбор полученного изображения и выделить значимые части (уникальный идентификационный номер, QR-код, и т. д.).

Алгоритм считывания визуальных меток является частным случаем алгоритма идентификации, реализованного авторами, и обеспечивает высокую степень надежности идентификации единицы МБКО не только по QR-коду, но и по визуальной информации, считываемой с метки [5].

Визуальная метка не позволяет осуществить полностью автоматическую идентификацию, для этого разработаны решения на базе технологии радиочастотной идентификации с использованием пассивных RFID меток [6, 7, 8] и технологии Bluetooth с использованием активных BLE меток [9, 10]. Выбор технологии RFID [11] и пассивных меток был связан с необходимостью выполнения требований авиационной безопасности, так как метки не должны излучать сигналы во время нахождения на борту воздушного судна. Для возможности использования технологии Bluetooth и активных BLE меток [12], потребовалась доработка технологии и разработка специальных меток BLE с

адаптивным поведением [10]. К меткам для автоматической идентификации также предъявляются особые требования с учетом особенностей эксплуатации – устойчивость к механическому и термическому воздействию [12-14]. Для идентификации МБКО под бортом воздушного судна в процессе погрузки/разгрузки требуются специализированные решения [15-18], так как установка дополнительного оборудования в местах стоянок воздушных судов невозможна.

### **Описание технологического процесса автоматизированного контроля оборота мобильного бортового оборудования**

Основная идея предложенного решения состоит в том, что ИТТС, как автономная единица, перемещается от погрузочного окна на эстакаде до борта и обратно, и если оснастить ИТТС идентификационным оборудованием, то возможен контроль процесса погрузки / разгрузки МБКО в любой точке, куда приезжает ИТТС. Таким образом, можно контролировать процессы погрузки / разгрузки на эстакаде, под бортом и перегрузку МБКО из одного ИТТС в другое в любой точке аэропорта. Предложенное решение обеспечивает автоматическую идентификацию мобильного оборудования на всех технологических этапах, позволяет объективно контролировать время выполнения отдельных операций и соблюдения условий выполнения всего технологического процесса, полностью исключает участие человека в процессе учета и минимизирует влияние человеческого фактора в целом.

Программная система ИТТС (ПО ИТТС) управляет работой и осуществляет проактивный контроль состояния интеллектуального транспортно-технологического средства (автолифта). Система контроля погрузки, часть ПО ИТТС, осуществляет контроль погрузки / разгрузки и обеспечивает обмен данными с СКО БКО по универсальному цифровому интерфейсу.

Функционирование GSM/LTE модемов на ИТТС при проведении непрерывного телекоммуникационного взаимодействия с СКО МБКО крайне неустойчиво, в том числе из-за периодического глушения сигналов GSM на территории аэропорта. Это делает практически невозможным использование «облачных» технологий. Полностью автономное ИТТС является вынужденным, но абсолютно необходимым решением.

Наличие средств автоматической идентификации на базе RFID или BLE технологии позволяет осуществить контроль за перемещением МБКО по всей технологической цепочке в пределах аэропорта. Основные контрольные точки технологического процесса, в которых происходит автоматическая идентификация и формируются отчеты о перемещении МБКО показаны на Рисунке 3.

Система СКО БКО получает от ПО ИТТС и системы контроля погрузки отчеты о выполнении технологических операций:

- отчет о погруженном МБКО;
- отчет о загруженном на борт МБКО;
- отчет о фактически загруженном на борт МБКО;
- отчет о фактически прилетевшем на борту МБКО;
- отчет о погруженном с борта МБКО;
- отчет о разгруженном с рейса МБКО.

Идентификация оборудования, фактически находящегося на борту воздушного судна, осуществляется с помощью переносного сканера (в случае RFID технологи), подключаемого к ИТТС или специального оборудования, установленного на ИТТС (в случае BLE технологии). Также СКО БКО получает информацию от стационарных систем идентификации и мобильных сканеров, используемых на производственных участках на территории предприятия. Вместе с информацией, получаемой от

сканирования визуальных меток в удаленных складах, и информацией от сайта поиска, в базе данных СКО МБКО собирается вся необходимая информация о текущем состоянии и месте нахождения каждой единицы оборудования. СКО МБКО визуализирует основные данные на главном экране и предоставляет авторизованным пользователям возможность получать отчеты о состоянии оборудования.

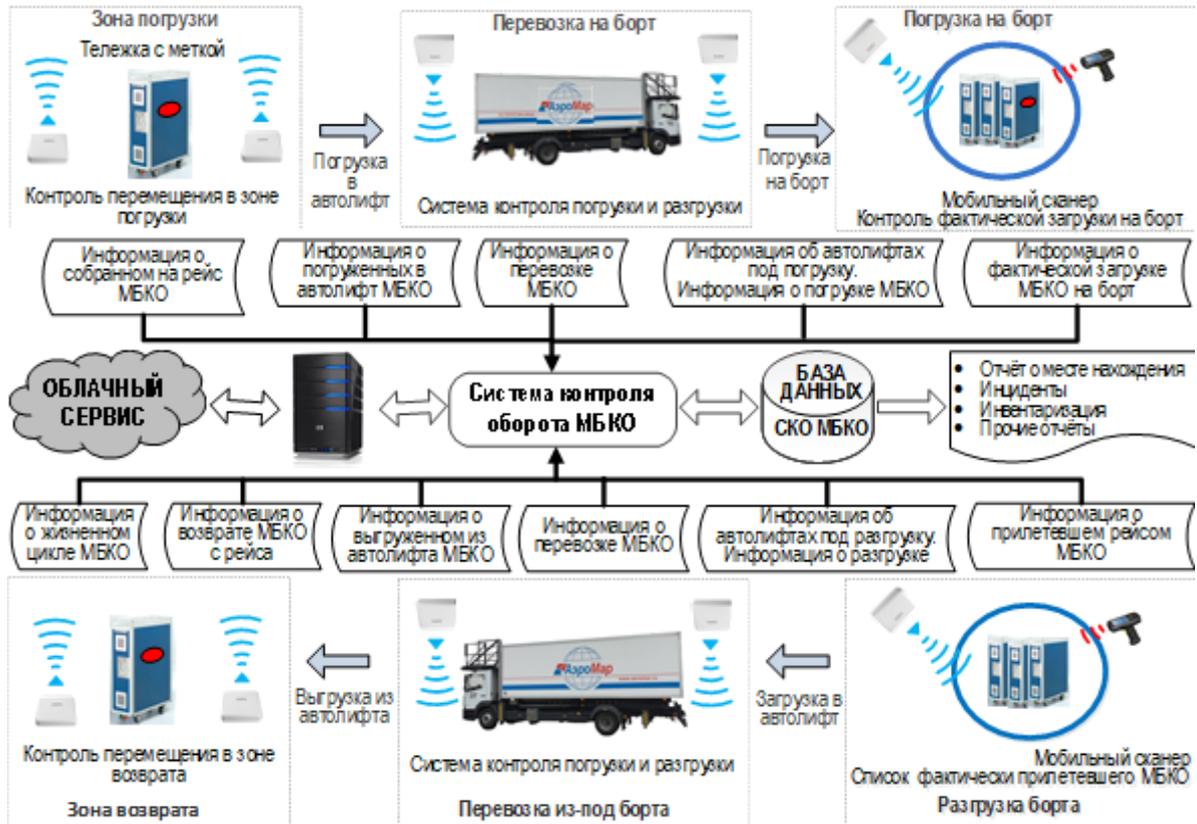


Рисунок 3 – Обобщенная схема технологического процесса автоматизированного контроля оборота мобильного бортового кухонного оборудования

Figure 3 – Generalized scheme of the technological process of automated control of mobile on-board kitchen equipment circulation

Основные отчеты, формируемые в СКО МБКО:

- отчет о месте нахождения МБКО;
- ведомость инвентаризации;
- отчет о пропавшем МБКО;
- загрузочная ведомость;
- данные о жизненном цикле МБКО;
- отчет о нарушениях технологии;
- отчет по невозврату;
- отчет по направлению;
- ведомость постановки на учет;
- ведомость списания.

СКО МБКО позволяет получить достоверную и актуальную информацию не только о фактическом состоянии и месте нахождения каждой единицы оборудования, но и позволяет отследить всю историю эксплуатации. СКО МБКО позволяет оперативно контролировать выполнение технологического процесса, предоставляя объективную,

инструментально собранную информацию для анализа эффективности выполнения отдельных технологических операций.

### Архитектура системы контроля оборота мобильного бортового оборудования

Общая архитектура системы СКО МБКО представлена на Рисунке 4.

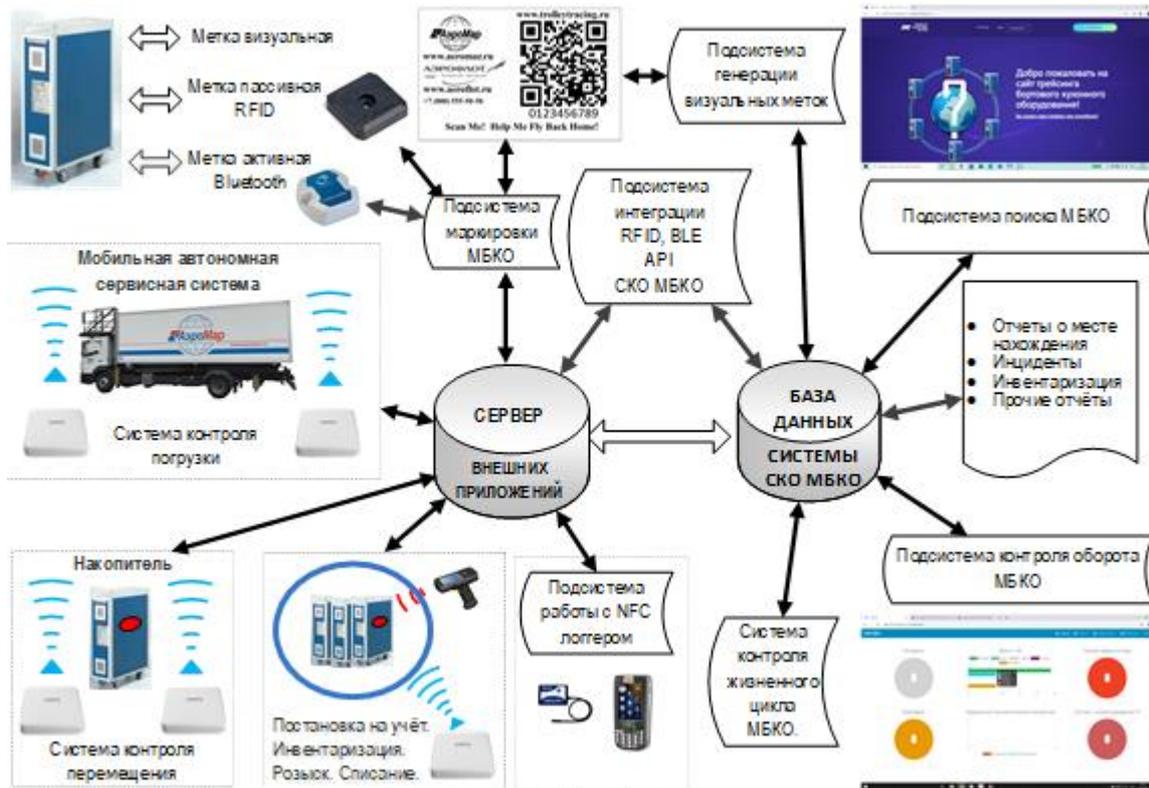


Рисунок 4 – Общая архитектура системы контроля оборота мобильного оборудования  
Figure 4 – General architecture of the mobile equipment circulation control system

Далее рассмотрим основные подсистемы, реализующие контроль и слежение за мобильным оборудованием на всех этапах технологического процесса и жизненного цикла.

Подсистема генерации визуальных меток позволяет автоматизировать процесс создания образов визуальных меток по идентификационным номерам, обеспечивая уникальность каждой метки, исключая возможность дублирования. Затем передает в базу СКО БКО таблицу созданных визуальных меток и использованных идентификационных номеров.

Подсистема маркировки осуществляет процесс программирования идентификационных меток (RFID, BLE) и привязки их к уникальному идентификационному номеру МБКО. Уникальный номер может быть записан в память метки или создается таблица соответствия уникального номера метки (EPC код) уникальному номеру МБКО. В общем случае на единицу оборудования может устанавливаться несколько идентификационных меток. Подсистема маркировки передает в базу СКО БКО таблицу соответствия идентификационных номеров МБКО и уникальных номеров меток.

Подсистема постановки на учет фиксирует факт появления единицы оборудования на территории предприятия, его первичное место нахождения и возможность использования в технологическом процессе. Передает в базу СКО БКО информацию о текущем месте нахождения единицы МБКО.

Подсистема списания фиксирует факт снятия с учета единицы оборудования и недоступности использования его в технологическом процессе. Подсистема передает в базу СКО БКО информацию о недоступности единицы МБКО.

Подсистема контроля погрузки функционирует на автономной ИТТС и обеспечивает автоматическую идентификацию погружаемого и разгружаемого МБКО. Для решения этой задачи могут использоваться разные технологии идентификации (RFID, Bluetooth, QR-код). Подсистема получает информацию от мобильных сканеров, подключенных к ИТТС, с помощью которых осуществляется идентификация МБКО на борту воздушного судна. Осуществляет связь с СКО МБКО по специальному API. Получает от СКО БКО задание на погрузку. В СКО БКО передаются отчеты о погруженном и разгруженном МБКО, отчеты об отсканированных метках на борту, отчеты о ходе выполнения технологических операций и т.д.

Подсистема контроля перемещения обеспечивает идентификацию и контроль перемещения МБКО в пределах производственных помещений. Получает информацию от стационарных систем идентификации. Передает в базу СКО БКО информацию о текущем месте нахождения единицы МБКО.

Подсистема инвентаризации реализует с помощью стационарного идентификационного оборудования и мобильных сканеров функцию инвентаризации. Подсистема передает в базу СКО БКО информацию о наличии МБКО. Обмен информацией с мобильными сканерами осуществляется с помощью API.

Подсистема розыска реализует функцию поиска конкретной единицы МБКО с помощью стационарного идентификационного оборудования и мобильных сканеров. Передает в базу СКО БКО информацию о месте нахождения разыскиваемой единицы МБКО или ее отсутствии в зоне поиска.

Подсистема работы с NFC логгером реализована в виде приложения для промышленного КПК (смартфона). Обеспечивает конфигурирование, управление и сбор информации с логгера, устанавливаемого на торговое оборудование (ТО) и фиксирующего факт открытия и закрытия двери. Так как доступ разрешен только на определенных технологических этапах, совмещая информацию о времени открытия/закрытия двери ТО с информацией о месте нахождения ТО в это время, выявляются факты о несанкционированном доступе к оборудованию. Реализован API, с помощью которого приложение на смартфоне передает данные логгера в базу СКО БКО для анализа.

Подсистема контроля жизненного цикла МБКО обеспечивает контроль за событиями, которые происходили с единицей оборудования на протяжении всего периода использования в технологическом процессе. Помимо использования для отправки на рейсы, фиксируются факты поломок, инцидентов, особых замечаний от бортпроводников и т.п. Фиксируются факты отправки и возврата из ремонта с помощью мобильных сканеров. Для организации, осуществляющей ремонт, предоставляется удаленный облачный сервис по ведению ведомости выполняемых работ и фиксации цены ремонта. Обмен данными СКО БКО с мобильными сканерами осуществляется по API.

Подсистема поиска МБКО обеспечивает возможность получения информации о месте нахождения единицы оборудования из любой точки мира. Сервис реализован как специализированный сайт. Информация с сайта о найденном МБКО поступает в СКО МБКО в виде XML файла. Специалисты, ответственные за отслеживание оборудования,

получают стандартное сообщение на электронную почту. Ведется история обработки полученных сообщений об обнаруженном МБКО.

Подсистема контроля оборота МБКО собирает и обрабатывает полученные данные о месте нахождения оборудования. Контролирует выполнение этапов технологического процесса. Визуализирует основные показатели и обеспечивает генерацию отчетов о состоянии всего имеющегося на предприятии МБКО. Обработка осуществляется в режиме времени близком к реальному.

Подсистема интеграции обеспечивает обмен данными между подсистемами СКО МБКО и взаимодействие с внешними системами предприятия и аэропорта. Реализует API с подсистемами и внешними устройствами. Поддерживает FTP сервер для обмена XML файлами.

СКО МБКО получает информацию от следующих внешних систем:

- диспетчерской аэропорта – сезонное расписание аэропорта, суточное расписание аэропорта, справочник направлений;
- системы учета персонала – информация о сотрудниках;
- системы учета автотранспорта – информация об используемых ИТТС;
- производственной системы – информация о загрузке рейса в ИТТС (накладная);
- системы Sky Shop – информация о загрузке на рейс торгового оборудования TO Sky Shop (накладная);
- диспетчерской предприятия – информация о назначении ИТТС на рейс, информация о назначении ворот на разгрузку.

Все эти внешние системы созданы на различной инструментальной платформе в разное время и используют разные технологии обмена данными. Система СКО МБКО построена на принципах открытой архитектуры, структурирована на отдельные подсистемы, взаимодействующие друг с другом с использованием стандартных протоколов обмена данными. Функционал системы легко расширяется путем добавления новых функциональных модулей и, возможно, новых методов идентификации.

### **Заключение**

Созданная СКО МБКО минимизирует или исключает полностью участие человека в процессе учета и идентификации мобильного оборудования. Существующая организационно-технологическая структура функционирования предприятия не меняется, но производится цифровая трансформация процессов учета и контроля обращения МБКО. Каждая единица оборудования получает свой уникальный цифровой идентификатор, который хранится и отслеживается на протяжении всего жизненного цикла в системе предприятия. СКО МБКО обеспечивает контроль за сервисным обслуживанием и ремонт, что позволяет управлять стоимостью владения единицы МБКО.

Введение системы индивидуальной идентификации позволяет решить важную задачу планирования и управления запасами МБКО. В любой момент времени система СКО МБКО предоставляет достоверную и актуальную информацию о запасах МБКО на складах производства, местах комплектации, МБКО в движение (погруженное на рейсы) и наличие на удаленных складах по всему миру. Актуальная и достоверная информация позволяет управлять запасами на складах, организовывать перемещение между складами и оптимизировать общую численность мобильного оборудования предприятия уменьшив ее на 15-20 %. По данным открытых источников, АК «Аэрофлот» имеет в обороте более 30 000 единиц МБКО общей стоимостью порядка 800 000 000 рублей.

Опытная эксплуатации проводилась на территории аэропорта Шереметьево в феврале и августе 2020 года в реальном технологическом процессе. Контролировался оборот МБКО по рейсу SU1700 Москва – Владивосток. Ежедневно загружалось 8 единиц МБКО, оборудованного визуальными метками с уникальным номером, QR-кодом и метками радиочастотной идентификации. Было проконтролировано 28 рейсов по вылету и 24 рейса по прилету, соответственно 224 единицы МБКО по вылету и 184 единицы по прилету. Всего было идентифицировано 1024 единицы МБКО. Точность идентификации составила 99,4 %. Сканирование визуальных меток и идентификация по QR-коду осуществлялась во Владивостоке с точностью в 100 %.

СКО МБКО контролирует выполнение отдельных технологических этапов и всего процесса сервисного обслуживания воздушного судна. Наличие автоматических систем идентификации и фиксации событий позволяет собирать фактические данные о времени выполнения каждой технологической операции. Все данные сохраняются в базе системы, что позволяет проводить комплексный качественный и количественный анализ и осуществлять оптимизацию технологических процессов.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Желтов С.Ю. *Автоматическая идентификация в управлении цепочками поставок*. М.: НТИ «Машиностроение», 2010:103.
2. Миротин Л.Б., Соколов Б.В., Степанов П.В., Стыскин М.М., Юсупов Р.М. *Инновационные процессы логистического менеджмента в интеллектуальных транспортных системах*. М.: ФГБУ ДПО Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2015.
3. Буряк Д.Ю., Желтов С.Ю. Метод коррекции расфокусированного изображения штрихового кода. *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2011;12(90):34–38.
4. Визильтер Ю.В., Выголов О.В., Желтов С.Ю., Князь В.В. Семантико-морфологическое описание и синтез изображений с использованием глубоких нейронных сетей. *Вестник компьютерных и информационных технологий*. 2019;4(178):13–24.
5. Блохинов Ю.Б., Бондаренко А.В., Горбачев В.А., Желтов С.Ю., Ракутин Ю.О. Определение подлинности банкнот на основе анализа изображений для смартфона. *Компьютерная оптика*. 2017;41(2):237–244.
6. Потрясаев С.А., Соколов Б.В., Джао В.Ю.-Д, Степанов П.В., Стыскин М.М. Особенности использования bluetooth low energy меток для идентификации и определения положения объектов в технологическом процессе наземного обслуживания воздушных судов гражданской авиации. *Информатизация и связь*. 2020;6:106–112
7. Потрясаев С.А., Ронжин А.Л., Соколов Б.В., Джао В.Ю.-Д, Степанов П.В., Стыскин М.М. Полимодельный комплекс мобильной сервисной системы, предназначенной для обслуживания воздушных судов. *Информатизация и связь*. 2020;6:113–118.
8. Ронжин А.Л., Соколов Б.В., Джао В.Ю.-Д., Миронова Е.Г., Стыскин М.М. Применение технологии радиочастотной идентификации для построения системы контроля оборота бортового кухонного оборудования. *Вопросы радиоэлектроники*. Сер. Техника телевидения, 2020;1:3–10.
9. Буряк Ю.И., Желтов С.Ю. RFID на службу сервиса авиатехники. *Логистика*, 2006;1(34):22–23.

10. Степанов П.В. Методика использования Bluetooth технологии для решения задач идентификации и определения положения объектов. *Информатизация и связь*. 2021;5:97–103.
11. Степанов П.В. Алгоритм идентификации мобильного бортового кухонного оборудования с использованием технологии радиочастотной идентификации. *Информатизация и связь*. 2021;7:14–20.
12. Финкенцеллер К. *Теоретические основы и практическое применение индуктивных радиоустройств, транспондеров и бесконтактных чип-карт*. Справочник по RFID. Москва: Додэка – XXI, 2008:496.
13. Львович Я.Е. Об некоторых особенностях моделирования в автомобильных системах. *Сборник научных статей 6-й Всероссийской научно-технической конференции с международным участием*. Курск, 2021:158–161.
14. Мещеряков Р.В., Исхаков С.Ю. О проблемах анализа данных в системах управления инцидентами безопасности роботов. *Информационные технологии и системы. Труды Восьмой Всероссийской научной конференции с международным участием*. Ханты-Мансийск, 2020:108–114.
15. Kravets A.G., Salnikova N., Mikhnev I., Solovieva N. Relevant image search method when processing a patent array. *Communications in Computer and Information Science*. 2021;1448:70–84.
16. Mekelleche F., Haffaf H. Classification and comparison of range-based localization techniques in wireless sensor networks. *Journal of Communications*, 2017;12(4):221–227.
17. Сумин В.И., Смоленцева Т.Е., Громов Ю.Ю., Тютюнник В.М. Анализ функционирования и структурная декомпозиция информационных систем специального назначения. *Научно-техническая информация. Серия 2: Информационные процессы и системы*, 2021;8:5–14.
18. Чопоров О.Н. В кн.: А.А. Горохов. *О некоторых особенностях автоматизированных систем на производстве: Прогрессивные технологии и процессы*. Курск, 2021:196–199.

## REFERENCES

1. Zheltov S.Ju. *Avtomaticheskaja identifikacija v upravlenii cepochkami postavok*. М.: NTI Mashinostroenie, 2010:103.
2. Mirotin L.B., Sokolov B.V., Stepanov P.V., Styskin M.M., Jusupov R.M. *Innovacionnyye processy logisticheskogo menedzhmenta v intellektual'nyh transportnyh sistemah*. М.: FGBU DPO Uchebno-metodicheskij centr po obrazovaniju na zheleznodorozhnom transporte, 2015.
3. Burjak D.Ju., Zheltov S.Ju. Metod korrrekcii rasfokusirovannogo izobrazhenija shtrihovogo koda. *Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij*. 2011;12(90):34–38.
4. Vizil'ter Ju.V., Vygolov O.V., Zheltov S.Ju., Knjaz' V.V. Semantiko-morfologicheskoe opisanie i sintez izobrazhenij s ispol'zovaniem glubokih nejronnyh setej. *Vestnik komp'juternyh i informacionnyh tehnologij*. 2019;4(178):13–24.
5. Blohinov Ju.B., Bondarenko A.V., Gorbachev V.A., Zheltov S.Ju., Rakutin Ju.O. Opredelenie podlinnosti banknot na osnove analiza izobrazhenij dlja smartfona. *Komp'juternaja optika = Computer Optics*. 2017;41(2):237–244.
6. Potrjasaev S.A., Sokolov B.V., Dzhaov V.Ju.-D, Stepanov P.V., Styskin M.M. Osobennosti ispol'zovanija bluetooth low energy metok dlja identifikacii i opredelenija

- polozhenija obyektov v tehnologicheskom processe nazemnogo obsluzhivaniya vozdušnyh sudov graždanskoj aviacii. *Informatizacija i svjaz'*. 2020;6:106–112
7. Potrjasaev S.A., Ronzhin A.L., Sokolov B.V., Dzhaov V.Ju.-D., Stepanov P.V., Styskin M.M. Polimodel'nyj kompleks mobil'noj servisnoj sistemy, prednaznachennoj dlja obsluzhivaniya vozdušnyh sudov. *Informatizacija i svjaz'*. 2020;6:113–118.
  8. Ronzhin A.L., Sokolov B.V., Dzhaov V.Ju.-D., Mironova E.G., Styskin M.M. Primenenie tehnologii radiochastotnoj identifikacii dlja postroenija sistemy kontrolja oborota bortovogo kuhonnogo oborudovanija. *Voprosy radiojelektroniki. Ser. Tehnika televidenija*. 2020;1:3–10.
  9. Burjak Ju.I., Zheltov S.Ju. RFID na sluzhbu servisa aviatehniki. *Logistika*. 2006;1(34):22–23.
  10. Stepanov P.V. Metodika ispol'zovanija Bluetooth tehnologii dlja reshenija zadach identifikacii i opredelenija polozhenija obyektov. *Informatizacija i svjaz'*. 2021;5:97–103.
  11. Stepanov P.V. Algoritm identifikacii mobil'nogo bortovogo kuhonnogo oborudovanija s ispol'zovaniem tehnologii radiochastotnoj identifikacii. *Informatizacija i svjaz'*. 2021;7:14–20.
  12. Finkenceller K. *Teoreticheskie osnovy i praktičeskoe primenenie induktivnyh radioustrojstv, transponderov i beskontaktnykh chip-kart*. Spravochnik po RFID. Moskva: Dodjeka – XXI, 2008:496.
  13. L'vovich Ja.E. Ob nekotoryh osobennostjah modelirovanija v avtomobil'nyh sistemah. *Sbornik nauchnyh statej 6-j Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Kursk, 2021:158–161.
  14. Meshherjakov R.V., Ishakov S.Ju. O problemah analiza dannyh v sistemah upravlenija incidentami bezopasnosti robotov. Informacionnye tehnologii i sistemy. *Trudy Vos'moj Vserossijskoj nauchnoj konferencii s mezhdunarodnym uchastiem*. Hanty-Mansijsk, 2020:108–114.
  15. Kravets A.G., Salnikova N., Mikhnev I., Solovieva N. Relevant image search method when processing a patent array. *Communications in Computer and Information Science*. 2021;1448:70–84.
  16. Mekelleche F., Haffaf H. Classification and comparison of range-based localization techniques in wireless sensor networks. *Journal of Communications*, 2017;12(4):221–227.
  17. Sumin V.I., Smolenceva T.E., Gromov Ju.Ju., Tjutjunnik V.M. Analiz funkcionirovanija i strukturnaja dekompozicija informacionnyh sistem special'nogo naznachenija. *Nauchno-tehnicheskaja informacija. Serija 2: Informacionnye processy i sistemy=Automatic Documentation and Mathematical Linguistics*, 2021;8:5–14.
  18. Choporov O.N. V kn.: A.A. Gorohov. O nekotoryh osobennostjah avtomatizirovannyh sistem na proizvodstve: *Progressivnye tehnologii i process*. Kursk, 2021:196–199.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Стыскин Марк Михайлович**, начальник отдела перспективных разработок, ЗАО «Универсал-Аэро», Москва, Российская Федерация  
e-mail: [markmobile@bk.ru](mailto:markmobile@bk.ru)  
ORCID: [0000-0002-7026-0153](https://orcid.org/0000-0002-7026-0153)

**Styskin Mark Mikhailovich**, Head of Advanced Development Department, CJSC "Universal-Aero", Moscow, Russian Federation,

**Степанов Павел Викторович**, главный эксперт, ЗАО «Универсал-Аэро», Москва, Российская Федерация

**Stepanov Pavel Viktorovich**, Chief Expert, CJSC Universal-Aero, Moscow, Russian Federation,

*e-mail:* [p.v.stepanov@hotmail.com](mailto:p.v.stepanov@hotmail.com)

ORCID: [0000-0001-5398-7599](https://orcid.org/0000-0001-5398-7599)

**Желтов Сергей Юрьевич**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по науке, Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», Москва, Российская Федерация

*e-mail:* [zhl@gosniias.ru](mailto:zhl@gosniias.ru)

**ZheltoV Sergey Yurievich**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Deputy General Director for Science, Federal State Unitary Enterprise "State Research Institute of Aviation Systems", Moscow, Russian Federation,

**Соколов Борис Владимирович**, доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории информационных технологий в системном анализе и моделировании, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук (СПб ФИЦ РАН), Санкт-Петербург, Российская Федерация

*e-mail:* [sokol@iias.spb.su](mailto:sokol@iias.spb.su)

ORCID: [0000-0002-2295-7570](https://orcid.org/0000-0002-2295-7570)

**Sokolov Boris Vladimirovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher, Laboratory of Information Technologies in System Analysis and Modeling, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), St. Petersburg, Russian Federation,

**Ронжин Андрей Леонидович**, доктор технических наук, профессор, директор, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук (СПб ФИЦ РАН), г. Санкт-Петербург, Российская Федерация,

*e-mail:* [ronzhin@iias.spb.su](mailto:ronzhin@iias.spb.su)

ORCID: [0000-0002-8903-3508](https://orcid.org/0000-0002-8903-3508)

**Ronzhin Andrey Leonidovich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Director, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (SPC RAS), St. Petersburg, Russian Federation,

*Статья поступила в редакцию 25.01.2022; одобрена после рецензирования 07.02.2022;  
принята к публикации 16.02.2022.*

*The article was submitted 25.01.2022; approved after reviewing 07.02.2022;  
accepted for publication 16.02.2022.*