

Научная статья

Original article

УДК 656.61.052

DOI 10.55186/27131424_2023_5_4_2



**ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ЗОНАХ МОНИТОРИНГА И
УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
THE ECONOMIC IMPORTANCE OF IMPROVING THE ACCURACY OF
GEOSPATIAL DATA IN AIRCRAFT TRAFFIC MONITORING AND CONTROL
ZONES**

Рудковский Анатолий Михайлович, исследователь, ФГБОУ ВПО «Московский авиационный институт» (национальный исследовательский университет) (125310 Россия, г. Москва, ул. Волоколамское шоссе, д. 4), тел. +7(495)748-77-59, rudkovsky@mai.ru

Anatoly M. Rudkovsky, researcher, Moscow Aviation Institute (National Research University) (4 Volokolamsk Highway st., Moscow, 125310 Russia), tel. +7(495)748-77-59, rudkovsky@mai.ru

Аннотация. Пассажирский самолет часто называют авиалайнером или коммерческим самолетом, основной задачей этих машин является перевозка пассажиров и их багажа. Конкретного определения этой категории не существует, но все же в мире принято называть пассажирским самолетом летательный аппарат, который имеет два и больше двигателей, а салон рассчитан на 20 человек и больше. Масса такого самолета в пустом виде должна быть не менее 20 тонн. Самолеты для

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

местных авиалиний – до 1000 километров. Ближнемагистральные – дальность от 1 до 2,5 тысяч километров (представитель EMB 120). Среднемагистральные – дальность от 2,5 до 6 тысяч километров (представитель CRJ 200). Дальнемагистральные – более 6 тысяч километров. Основа воздушного судна, собирающая все его часть в одно целое – фюзеляж. Конструкторы выделяют несколько схем, по которым можно классифицировать типы пассажирских, грузовых самолетов и других воздушных судов на основе его основной части: Узкофюзеляжный. Воздушное судно диаметром до 4 м. Такие суда имеют небольшую дальность полета и берут на борт небольшое количество пассажиров (максимальное количество – до 289). Широкофюзеляжный. Воздушное судно с фюзеляжем до 6 м и вместимостью до 853 человек. Однопалубный. Воздушное судно с одной палубой для размещения пассажиров, грузов и багажа. Двухпалубный. Аэробусы, предназначенные для перевозки максимального количества человек. Имеют несколько палуб для размещения пассажиров и их багажа. Плоскофюзеляжный. Корпус вытянут по продольной оси. Чтобы присесть в таком транспорте пассажирам необходимо пригнуться, а в проходе можно стоять в полный рост. Гондола (бесфюзеляжный). Имеет обтекаемую форму и предназначен для помещения конструктивных элементов самолета (шасси, двигателя и т.д.). Ферменный с гондолой. Корпус самолета на основе ферм, стоек с обшивкой в виде хлопчатобумажной ткани, дерева или фанеры. Двухбалочный с гондолой. Такие суда имели хвостовое оперение, размещенное на двух балках. Экипаж самолета располагается в крыле или гондоле. Лодка. Корпус воздушного судна, способный взлетать с водной поверхности и приземляться на нее. Несущий фюзеляж. Крылья у таких конструкций не имеют типичной формы и уменьшены до минимальных размеров.

Abstract. A passenger plane is often called an airliner or a commercial aircraft, the main task of these machines is to transport passengers and their luggage. There is no specific definition of this category, but still in the world it is customary to call a passenger aircraft an aircraft that has two or more engines, and the cabin is designed for 20 people or more. The weight of such an aircraft in empty form should be at least 20 tons. Planes for local

airlines – up to 1000 kilometers. Short-haul - range from 1 to 2.5 thousand kilometers (representative of EMB 120). Medium-haul - range from 2.5 to 6 thousand kilometers (representative of the CRJ 200). Long-haul - more than 6 thousand kilometers. The basis of the aircraft, which collects all its parts into one whole – the fuselage. Designers identify several schemes by which it is possible to classify the types of passenger, cargo aircraft and other aircraft based on its main part: Narrow-bodied. Aircraft with a diameter of up to 4 m. Such vessels have a short flight range and take on board a small number of passengers (the maximum number is up to 289). Wide-body. An aircraft with a fuselage up to 6 m and a capacity of up to 853 people. Single-deck. An aircraft with one deck to accommodate passengers, cargo and luggage. Two-deck. Airbuses designed to carry the maximum number of people. They have several decks to accommodate passengers and their luggage. Flat-fuselage. The body is elongated along the longitudinal axis. To sit down in such a transport, passengers need to bend down, and you can stand in full height in the aisle. Gondola (bodyless). It has a streamlined shape and is designed to accommodate structural elements of the aircraft (landing gear, engine, etc.). Truss with a gondola. The aircraft body is based on trusses, racks with lining in the form of cotton fabric, wood or plywood. Double-girder with a gondola. Such vessels had a tail unit placed on two beams. The crew of the aircraft is located in the wing or gondola. A boat. The body of an aircraft capable of taking off from the water surface and landing on it. The main fuselage. The wings of such structures do not have a typical shape and are reduced to a minimum size.

Ключевые слова: *корпус, фюзеляж, крылья, размеры, воздушное судно*

Keywords: *hull, fuselage, wings, dimensions, aircraft*

Воздушные суда могут быть предназначены для разной среды применения и различаться по назначению. В зависимости от этого посадочные органы будут различны. В авиастроении известны 4 вида самолетов, которые имеют разные приспособления для посадки. К ним относятся:

Сухопутные. Такие воздушные суда оснащены шасси, лыжами и другими приспособлениями для посадки на землю, твердую поверхность.

Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral"

Корабельные. Имеют усиленные шасси и тормозной гак, для помощи в прицельной посадке судна на палубу корабля.

Гидросамолёты. Некоторые воздушные суда могут взлетать и приземляться на водную гладь. Раньше назывались гидропланами. Они могут иметь нижнюю часть фюзеляжа в форме лодки из нескольких закрепленных вместо шасси поплавков, подводные крылья или сочетание этих элементов вместе с классическими шасси.

Летающая подводная лодка. Воздушное судно, способное не только садиться на воду, но и продолжать движение под водой.

Воздушные суда разрабатываются под разные виды местности, ситуаций и условий полетов, в которых пилоту предстоит пилотировать. По типу выполняемых полетов суда могут быть:

С визуальным типом ориентирования. Имеют классическую схему ориентирования через увеличенное стекло, установленное в кабине пилотов. Приборы в таких самолетах используются как дополнительные возможности для предотвращения нештатных ситуаций и при ухудшении видимости [2].

С ориентированием по приборам. Предназначены для полетов в условиях отсутствия или затруднения прямой видимости. Применяется чаще всего в военной авиации, для сверхзвуковых машин.

С помощью ИНС движущиеся объекты могут без спутниковой связи с высокой точностью определять местоположение, свою ориентацию и скорость. Кроме того, в отличие от распространенной навигации по GPS инерциальные системы более устойчивы к помехам и перехвату [5].

Устройство ИНС можно разделить на два ключевых элемента: измерительное оборудование, собирающее данные, и навигационный компьютер, обрабатывающий информацию. За измерения в составе ИНС отвечают гироскопы и акселерометры. Гироскопы – они могут быть механическими или лазерными – определяют углы наклона объекта относительно трех основных осей: тангаж, рысканье и крен. Акселерометры считывают линейное ускорение. ИНС может быть дополнена и другими датчиками, например, магнитометром, измеряющим магнитное поле, или барометрическим высотомером [10].

ИНС бывают платформенными и бесплатформенными. В первом случае измерительная аппаратура устанавливается на гиросtabilизированную платформу, которая вращается независимо от ИНС. Во втором случае акселерометры и гироскопы жестко связаны с корпусом прибора, а функции платформы моделируются математически вычислительной системой. Преимуществом платформенных систем является их более высокая точность, бесплатформенные же варианты более компактны, потребляют меньше энергии и обладают неограниченными углами измерения [13].

В упрощенном виде работу ИНС можно представить по следующей схеме. В блок ввода начальной информации загружаются исходные данные для калибровки навигационной системы и ориентации инерционных датчиков. Затем эти данные попадают в блок измерений, вычислительный блок и блок времени, который синхронизируется с мировым временем. В ходе движения блок измерений регистрирует изменения параметров, на основе которых вычислительный блок определяет скорость и координаты объекта, после чего они передаются в систему управления [4].

Важнейшим параметром в работе ИНС является система отсчета. Она обеспечивает исходную ориентацию для начала навигации. Грубо говоря, система отсчета каждый раз подсказывает прибору, где право, где лево, где верх, а где низ, а также точку старта движения. В качестве системы отсчета могут выступать астрономические объекты, Земля или горизонт, также она может быть произвольной.

Несмотря на довольно высокую точность, инерциальные навигационные системы имеют и свои недостатки. Слабым местом ИНС являются ошибки в измерениях, которые накапливаются с течением времени в получаемой от приборов информации – так называемый дрейф [7]. Так как навигационный компьютер суммирует каждое измерение, чтобы выяснить, как изменилось положение по сравнению с предыдущей оценкой, небольшая погрешность со временем растет, и общая оценка становится все более неточной. Для коррекции подобных ошибок инерциальные системы обычно дополняются GPS-датчиками.

Определение текущего местоположения ВС и его точности является одной из основных задач FMS в полете. Простые FMS для определения местоположения используют одну навигационную систему, обычно это система спутниковой навигации [11]. Но современные FMS для повышения точности определения местоположения используют все доступные навигационные системы, например, такие как DME. Навигационные системы включают:

- 1) Систему спутниковой навигации. Она используется как основная навигационная система, т.к. она имеет наивысшую точность. Будет описана в данной работе далее.
- 2) Средства радионавигации. Они имеют более низкую точность. Такими средствами являются:
- 3) Дальномерная система (DME).

Проведенный анализ показал, что определение текущего местоположения ВС и его точности является одной из основных задач в полете. Используются ССН, дальномерная система, всенаправленный азимутальный маяк. С помощью ИНС самолета можно определить отклонение связанной с корпусом прибора системы координат от ГСК. ИНС делятся на ПИНС и БИНС. Точность определения местоположения именуется «Текущая навигационная характеристика» - Actual Navigation Performance (ANP). Геометрически ANP является радиусом круга, в пределах которого находится ВС.

Необходимо определять точность координат ВС на траектории посадки [9]. В перспективе основным навигационным средством решения проблемы аэронавигационного обеспечения будут ССН. Для ее повышения необходимо будет использовать ФД ГЛОНАСС в виде ПС. Для выполнения задачи исследования необходимо найти подходящую конфигурацию ПС, согласно которой удастся получить требуемую точность.

На первом этапе необходимо провести описание и анализ характеристик подсистемы функциональных дополнений. Сначала требуется описать факторы, влияющие на точность информации СНС. Далее проводится описание состава и виды ФД ГНСС. Указывается на перспективы развития ФД ГНСС. Будет проведен

системный анализ ФД ССН ГЛОНАСС и рассмотрены основные методы повышения точности в дифференциальном режиме. Необходимо привести основные направления совершенствования организации воздушного движения (ВД).

На втором этапе требуется разработать программу для исследований характеристик точности определения местоположения ВС в исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки [3]. Для данного этапа исследования необходимо по данным альманах ССН ГЛОНАСС рассчитать модель движения орбитальной группировки ГЛОНАСС по алгоритму ИКД. После определяются те спутники, которые находятся в зоне радиовидимости. Далее проводится перевод значения ГСК в ТЦСК.

На третьем этапе проводятся исследования характеристик точности местоположения ВС на конкретных аэродромах при заходе на посадку и посадку для определенных точек глиссады [8]. Сначала необходимо определить и обосновать критерий оптимальности для обеспечения повышения уровня контроля точности геопространственных данных в исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки. Далее требуется провести исследование характеристик точности местоположения ВС в исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки в зависимости от количества и расположения ПС. По итогам исследований требуется проанализировать полученные результаты на основе применения критерия оптимальности повышения точности геопространственных данных при разных приемах использования ФД ГЛОНАСС в виде ПС в исследуемой зоне аэродрома на траектории посадки [14].

Несмотря на то, что ВС различных типов могут существенно отличаться друг от друга по составу и точностным характеристикам навигационных средств, диапазону скоростей и высот полета, а также составу экипажа существуют некоторые навигационные принципы деятельности экипажа, соблюдение которых обеспечивает успешное завершение полета и требуемую точность навигации. Основным правилом навигации является комплексное использование навигационных средств в полете [6]. Невыполнение данного условия является

одной из основных причин отклонений ВС от заданного маршрута и потери ориентировки. Под комплексным применением навигационных средств понимается наиболее рациональное использование всей имеющейся на борту ВС навигационной информации в условиях текущей аэронавигационной и метеорологической обстановки в целях повышения точности, надежности и безопасности навигации [12]. Необходимость комплексного применения навигационных средств обусловлено именно тем, что на борту ВС с одной стороны имеется избыточность навигационной информации, так как одни и те же величины могут быть определены с помощью различных приборов, а с другой стороны имеется неопределенность информации, так как всем измерениям присуще свои погрешности и поэтому измеренные навигационные величины с помощью различных датчиков могут отличаться друг от друга. Задачей комплексного применения навигационных средств является:

- 1) Повышение точности навигационных определений, за счет использования избыточности навигационной информации;
- 2) Исключением случаев использования недостоверной информации от отказавшего датчика.

Комплексное применение навигационных средств в полете включает в себя правильный выбор, в зависимости от условий метеорологической и аэронавигационной обстановки, технических средств и методов навигации, которые обеспечат наибольшую точность и безопасность навигации. Непрерывное счисление пути с помощью автоматических систем, графической работы с картой и расчетом в уме по скорости и времени полета; контроль точности и достоверности навигационной информации с помощью дублирующих технических средств и методов навигации [15].

Основы комплексного применения навигационных средств и методов навигации закладывается в процессе штурманской подготовки к полету. Во время предварительной подготовки экипаж должен для каждого участка маршрута в зависимости от условий полета определить основные и дублирующие средства навигации, выбрать соответствующие методы самолетовождения. Важным

правилом самолетовождения, общим для всех типов ВС является контроль выдерживания курса следования. При развороте на заданный курс на очередном участке маршрута необходимо убедиться в его соответствии заданному ПУ и ветру на высоте полета. Необходимо так же систематически контролировать показания курсовых приборов путем сравнения значений курса, полученного от основного датчика с показаниями дублирующего курсового прибора. При наличии расхождений в показаниях необходимо использовать аварийные датчики курса, типа КИ-13, которые хотя и обладают невысокой точностью, но достаточно надежны. Экипаж должен постоянно знать свое МП с точностью достаточной для выполнения полета в пределах ширины трассы. С этой целью необходимо периодически осуществлять контроль пути с использованием всех имеющихся в распоряжении экипажа средств, а при обнаружении отклонения от ЛЗП, осуществлять его исправление. Так как полет выполняется в воздушной среде, то ее характеристики в течение полета могут изменяться, в то же время могут меняться и параметры полета: высота, скорость, курс ВС, режим работы двигателей [1]. В связи с этим периодически необходимо определять навигационные параметры полета и своевременно корректировать расчетный курс следования и время пролета контрольных ориентиров. Какие бы навигационные задачи не решал экипаж ВС неизменным правилом остается обеспечение безопасности навигации. Необходимо следить за выдерживанием высоты полета, не допуская ее уменьшение ниже безопасной, контролировать остаток топлива сравнивая его с расчетным. Для каждого типа ВС РЛЭ и инструкция по применению навигационного оборудования, предписывает определенную технологию навигационной работы членам экипажа, учитывая специфику навигационного оборудования данного типа ВС.

Литература

1. Бородин, В.А. Технология повышения точности геопространственных данных в аэронавигационных системах // Вестник Национального исследовательского университета "МИЭТ". - 201

2. Жуков, А.В. Методы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Автоматика и телемеханика. - 2015.
3. Казаков, А.С. Повышение точности определения координат в системах управления движением воздушных судов // Вестник Удмуртского университета. - 2019.
4. Красовский, В.И. Методы повышения точности геопространственных данных в авиационных системах навигации // Техника и технология авиационного производства. - 2017.
5. Мельник, В.А. Анализ и повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Информационно-управляющие системы. - 2016.
6. Новиков, В.П. Методы и средства повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Известия Тульского государственного университета. - 2018.
7. Павлов, А.Н. Технологии повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Системы управления и информационные технологии. - 2014.
8. Петров, Е.В. Проблемы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Молодой ученый. - 2019.
9. Смирнов, Д.С. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. - 2017.
10. Третьяков, В.В. Методы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Материалы научно-практической конференции "Информационные технологии в авиации и космонавтике". - 2016.
11. Чернышев, А.А. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Наука и образование: научные труды молодых ученых. - 2015.

12. Ширшов, С.В. Технологии повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Вестник Томского государственного университета. - 2018.
13. Якушин, В.П. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Информационные системы и технологии. - 2016.
14. Яковлев, А.А. Методы повышения точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Техника и наука в международном научно-техническом журнале. - 2019.
15. Якушев, С.А. Повышение точности геопространственных данных в системах управления движением воздушных судов // Материалы международной научно-практической конференции "Информационные технологии в авиации и космонавтике". - 2017.

References

1. Borodin, V.A. Technology for improving the accuracy of geospatial data in aeronautical systems // Bulletin of the National Research University "MIET". - 201
2. Zhukov, A.V. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Automation and telemechanics. - 2015.
3. Kazakov, A.S. Improving the accuracy of determining coordinates in aircraft traffic control systems // Bulletin of the Udmurt University. - 2019.
4. Krasovsky, V.I. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aviation navigation systems // Technique and technology of aviation production. - 2017.
5. Melnik, V.A. Analysis and improvement of the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Information and control systems. - 2016.
6. Novikov, V.P. Methods and means of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Izvestiya Tula State University. - 2018.
7. Pavlov, A.N. Technologies for improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Control systems and information technologies. - 2014.

8. Petrov, E.V. Problems of increasing the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Young Scientist. - 2019.
9. Smirnov, D.S. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Actual problems of aviation and cosmonautics. - 2017.
10. Tretyakov, V.V. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Materials of the scientific and practical conference "Information technologies in aviation and cosmonautics". - 2016.
11. Chernyshev, A.A. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Science and education: scientific works of young scientists. - 2015.
12. Shirshov, S.V. Technologies for improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Bulletin of Tomsk State University. - 2018.
13. Yakushin, V.P. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Information systems and technologies. - 2016.
14. Yakovlev, A.A. Methods of improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Technology and Science in the International Scientific and Technical Journal. - 2019.
15. Yakushev, S.A. Improving the accuracy of geospatial data in aircraft traffic control systems // Materials of the International scientific and practical conference "Information technologies in Aviation and Cosmonautics". - 2017.

© Рудковский А. М., 2023 *Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023*

Для цитирования: Рудковский А. М. ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ В ЗОНАХ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ // Международный журнал прикладных наук и технологий "Integral" №4/2023