

УДК 629.7.058.6

Перспективная концепция контроля траектории полета воздушных судов в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера

Д.И. Ковалев^{1,2,*}, И.В. Ковалев^{1,2,3,4}

¹Красноярский краевой Дом науки и техники РосСНИО, Красноярск, Россия

²Красноярский государственный аграрный университет, Красноярск, Россия

³Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

⁴Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, Красноярск, Россия

E-mail: kovalev.dw7@gmail.com

Аннотация. В работе представлена перспективная концепция контроля траектории полета воздушных судов в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера. Предлагаемые решения согласуются с Основами государственной политики РФ в Арктике на период до 2035 года, где одной из главных задач в сфере социального развития Арктической зоны РФ является обеспечение круглогодичных магистральных, межрегиональных и местных (региональных) авиаперевозок. Предлагается использовать группировку низкоорбитальных спутниковых систем связи для передачи данных о местоположении воздушного судна на диспетчерский пункт, расположенный на земле. Передача данных возможна как с использованием GSM связи через наземные станции, так и с помощью межспутниковых линий связи.

Ключевые слова: воздушное судно, траектория движения, контроль, спутниковая система связи, арктическая зона

Perspective concept of aircraft flight trajectory control in extreme conditions of the Arctic and the Far North

D.I. Kovalev^{1,2,*}, I.V. Kovalev^{1,2,3,4}

¹Krasnoyarsk Regional Science and Technology City Hall, Krasnoyarsk, Russia

²Krasnoyarsk State Agrarian University, Krasnoyarsk, Russia

³Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

⁴Siberian State University of Science and Technology named after academician M.F. Reshetnev, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: kovalev.dw7@gmail.com

Annotation. The paper presents a promising concept for controlling the flight path of aircraft in the extreme conditions of the Arctic and the Far North. The proposed solutions are consistent with the Fundamentals of State Policy of the Russian Federation in the Arctic for the period up to 2035, where one of the main tasks in the field of social development of the Arctic zone of the Russian Federation is to ensure year-round trunk, interregional and local (regional) air transportation. It is proposed to use a constellation of low-orbit satellite communication systems for transmitting aircraft position data to a control tower located on the ground. Data transmission is possible both using GSM communication through ground stations, and using inter-satellite communication lines.

Keywords: aircraft, trajectory of movement, control, satellite communication system, arctic zone

1. Введение

Вопросы, связанные с повышением эффективности контроля траектории полета воздушных судов в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера, являются актуальными, так как в настоящее время аэродромы, расположенные в Арктической зоне и на территории Крайнего Севера, характеризуются слабым оснащением светосигнальными системами, многие не имеют искусственного покрытия [1]. Высокий процент износа взлетно–посадочных полос (ВПП), аэродромного оборудования, а также дефицит ресурсов для содержания и развития наземной аэропортовой инфраструктуры не способствует эффективному функционированию логистической системы данной территории, для которой характерны экстремальные условия эксплуатации авиационной техники.

В работе [2] также отмечается, что для малонаселенных и труднодоступных районов Арктики со сложными природно–климатическими условиями развитие местных авиаперевозок имеет первостепенное значение. На значительной части территории Арктики авиация зачастую является единственно возможным видом транспорта для поездок как внутри региона, так и в центральные районы страны.

Непосредственно к берегам морей Северного Ледовитого океана подходит не только территория Красноярского края, но и территории еще 7 субъектов РФ – Архангельская, Мурманская области, Республика Карелия, Республика Саха (Якутия), НАО, ЯНАО, Чукотский АО. По данным Минтранса, в этих субъектах базируются 32 авиакомпании, эксплуатирующие 469 воздушных судов (ВС), в том числе 204 вертолета и 114 магистральных самолетов, 151 самолет региональной малой авиации. В этих регионах как нигде актуальны вопросы увеличения объемов пассажирских и грузовых перевозок, повышения экономичности и надежности эксплуатации в жестких климатических условиях.

Важно отметить и основные требования, предъявляемые к полярной авиации, которые включают:

- максимальную автономность,
- работу при низких температурах,
- выполнение полетов на грунтовые, с низкой плотностью ВПП,
- расширенные возможности по трансформации ВС.

Серьезным ограничивающим фактором дальнейшего развития авиаперевозок в Арктической зоне является состояние парка воздушных судов [3]. Например, в Якутии эксплуатируются 19 единиц Ан-24 (средний возраст 41 год); самолеты должны быть списаны к 2024 году, 9 единиц Ан-2 и Ан-3 и 27 вертолетов Ми-8 (средний возраст этой авиатехники 37 лет), списание – в течение 7–8 лет.

В обзоре [2] отмечается, что в настоящее время ведутся работы по созданию легкого многоцелевого самолета «Байкал», самолета Ил-114-300, предназначенного для эксплуатации на местных воздушных линиях в качестве замены устаревших Ан-24 и Ан-26 и иностранных аналогов, самолеты Л-410 и Л-610. Отмечается, что единственной альтернативой пассажирскому авиасообщению для местных авиалиний является самолет Л-410, который хорошо зарекомендовал себя в условиях Арктики. Однако, этого недостаточно, нужны новые самолеты с пассажироместимостью от 9 до 19 мест и 64 места, которые должны быть адаптированы для суровых условий Арктики

Учитывая состояние парка ВС [4], природно-климатические условия и уровень оснащенности инфраструктуры в Арктической зоне и на территории Крайнего Севера, задача контроля траектории полета ВС является актуальной и требует новых подходов к осуществлению контрольно-измерительных технологий при максимальной автономности ВС в экстремальных условиях.

Согласно концепции CNS/ATM, существующие средства навигации должны быть постепенно замещены глобальными системами. Причиной такого замещения при обеспечении аэронавигации, преимущественно, стало увеличение количества ВС, одновременно совершающих перелеты. Существующие наземные маяки типа DME и VOR имеют ограниченный радиус действия, помимо этого маяки VOR в своём диапазоне частот 108-112 МГц имеют только 160 каналов. В настоящее время глобальными являются спутниковые навигационные системы GPS и ГЛОНАСС.

Исследованию проблем и разработке технологий проектирования бортовых спутниковых навигационных систем для слежения воздушных судов во всем мире, в том числе и в России, придается приоритетное значение. Одним из подходов к построению методики следует считать применение подходов из многих областей знаний, например, в [5] рассматривается оптимизационно-имитационный подход к построению наземных пунктов управления космическими аппаратами. Обзор [6] дает представление о методах передачи информации по спутниковым каналам связи, методах решения задач, касающихся темы представленного исследования и связанных с развитием теории

достоверности передачи информации и т.д. В работе [7] рассматриваются блочно-модульные структуры управления беспилотными летательными аппаратами. По вопросам внедрения автоматического зависимого наблюдения (АНЗ-В) большой вклад внесло Акционерное общество «Ордена Трудового Красного Знамени Всероссийский научно-исследовательский институт радиоаппаратуры» (АО «ВНИИРА»).

2. Перспективные цели и задачи исследования

Цель исследования заключается в повышении эффективности контроля траектории полета ВС в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера за счет повышения скорости и точности обработки информации о местоположении ВС.

Задачи проекта:

- анализ общих принципов определения местоположения ВС с использованием спутниковой радионавигационной системы;
- разработка перспективной концепции контроля траектории движения ВС с учетом многовариантности космического сегмента системы, что обеспечит комплексную интеграцию распределенных аппаратно-программных ресурсов;
- разработка комбинированного варианта системы контроля траектории движения ВС на базе бортового комплекса оборудования с использованием спутниковых радионавигационных систем;
- разработка модельного прототипа аппаратно-программного комплекса бортовой системы обнаружения ВС, обеспечивающей непрерывную связь между объектом и диспетчерским центром при осуществлении контроля траектории движения ВС.

3. Методы исследования

Для решения поставленных задач используются известные методы математического и вероятностного моделирования параметров сложных систем, методы спутниковой навигации, элементы теории вероятностей, структурный и объектно-ориентированный анализ. Мониторинг мобильных объектов, осуществляемый спутниками, основан на активно развивающемся методе обмена информацией между объектами – машинном взаимодействии «Machine-to-Machine» (M2M). Этот метод используется для любых объектов, оснащенных устройствами, с которых необходимо получить оперативную информацию. Для мобильных и отдаленных объектов мониторинга используется беспроводной обмен данными. Такой способ, как правило, подразумевает использование связи GSM для передачи данных в точку мониторинга.

Радио и сети Wi-Fi используются реже. Основным преимуществом использования связи GSM над последним является широкий охват и предоставление сотовым операторам особых условий для пользователей. Определение местоположения устройства осуществляется при помощи сигналов спутников GPS и ГЛОНАСС [8]. Координаты объекта привязаны к показаниям датчиков. В результате, различные показания датчиков соответствуют нескольким точкам на карте, которые определяют местоположение движущегося объекта. Модули GSM организуют передачу данных по каналу GSM. При отсутствии сигнала GSM, для передачи данных, как показано в [9], целесообразно использовать систему спутниковой связи Iridium.

Предлагаемые подходы и методы обеспечат возможность реализации цели проекта по повышению эффективности контроля траектории полета воздушных судов в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера, а также решение задач проекта.

4. Результаты

Основные результаты проекта, апробация которых планируется в 2022 году, включают:

- анализ общих принципов определения местоположения ВС, включающий сравнительный анализ характеристик и недостатков спутниковых радионавигационных систем для выявления наиболее подходящей архитектуры наземно-космического сегмента, которая в полной мере отвечает экстремальным условиям Арктики и Крайнего Севера;
- в рамках предложенной концепции контроля траектории движения ВС предлагается обеспечить многовариантность космического сегмента системы, что позволит осуществить комплексную интеграцию распределенных аппаратно-программных ресурсов на борту воздушного судна, как на земле, так и в космосе;
- комбинированный вариант системы контроля траектории движения ВС на базе бортового комплекса оборудования и спутниковых радионавигационных систем;
- для модельного прототипа аппаратно-программного комплекса бортовой системы обнаружения ВС предлагается показать рациональность применения терминального программируемого устройства с установленным дополнительным модулем Iridium, что обеспечит непрерывную связь между объектом и диспетчерским центром при осуществлении контроля траектории движения ВС.

Научно-практическая значимость результатов исследования определяется разработкой модельного прототипа многовариативного аппаратно-программного комплекса бортовой системы обнаружения ВС в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера. В отличие от известных, комплекс основан на контроле траектории движения ВС в автоматическом режиме с использованием разовых команд на бортовом накопителе информации (при необходимости в реальном времени) и обеспечении непрерывной связи между объектом и диспетчерским центром при его осуществлении через спутниковый радионавигационный сегмент.

В результате выполнения работ по проекту будет создана теоретическая основа для разработки новых методов информационного сопровождения летных испытаний, автоматизации обработки и анализа измерений, контроля характеристик воздушных судов и их систем [10-12], обеспечивающего повышение надежности и безопасности полетов, эксплуатационной технологичности и контроле-пригодности воздушных судов, эксплуатируемых в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера.

5. Заключение

Таким образом, в работе предлагается использовать группировку низкоорбитальных спутниковых систем связи для передачи данных о местоположении воздушного судна на диспетчерский пункт, расположенный на земле. Передача данных возможна как с использованием GSM связи через наземные станции, так и с помощью межспутниковых линий связи. Спутники связи имеют полный охват земной поверхности, что делает возможным проводить мониторинг траектории движения воздушных судов в труднодоступных районах (в РФ таковыми, в частности, являются приполярные районы Крайнего Севера, Арктика).

На основании проведенного сравнительного анализа систем передачи полетных данных, систем мониторинга воздушных судов показана целесообразность применения системы Iridium в рамках глобальной системы передачи полетных данных. Превосходство над другими системами определяется такими параметрами как применимость, стоимость и эффективность, быстроедействие и объем передаваемой информации. Было установлено, что существующие системы не позволяют обеспечивать полетную безопасность на требуемом уровне. Существующие системы разделены на мониторинг и на передачу полетных данных, но даже при работе в едином комплексе

они не обеспечивают желаемой скорости, объема необходимой передаваемой информации.

Перспективы дальнейшего развития проекта состоят в том, что разработанное модельно-алгоритмическое и аппаратно-программное обеспечение даст возможность поддерживать сбор и передачу диспетчеру информации о местонахождении ВС, показаниях датчиков, аналогово-цифровых преобразователей и состояния реле на борту ВС как в штатном режиме, так и в аварийном случае для оперативной организации поисково-спасательных работ. Важное значение для дальнейшего развития проекта имеет возможность использования GSM связи, что обеспечит технико-экономическую выгоду при проведении комплексных поисково-спасательных операций в условиях Арктики и Крайнего Севера.

Благодарности

Проведение исследований осуществляется при поддержке КГАУ «Красноярский краевой фонд поддержки научной и научно-технической деятельности» в рамках проекта «Контроль траектории полета воздушных судов в экстремальных условиях Арктики и Крайнего Севера» в соответствии с заявкой 2021110907918.

Список литературы

1. Серова, Н.А. Транспортная инфраструктура российской Арктики: специфика функционирования и перспективы развития / Н.А. Серова, В.А. Серова // Проблемы прогнозирования. – 2021. – № 2(185). – С. 142-151.
2. Ларионова, Т. Арктическая авиация: необходим системный подход / Т. Ларионова // Всероссийская транспортная еженедельная информационно-аналитическая газета «Транспорт России». – 2020. <https://transportrussia.ru/item/5722-arkticheskaya-aviatsiya-neobkhodim-sistemnyj-podkhod.html>
3. Федотовских, А., Потеряхин, В. Полярная авиация России. PRO-ARCTIC <https://pro-arctic.ru/16/05/2014/technology/8454>
4. Припадчев, А.Д. Анализ парка воздушных судов авиапредприятия / А.Д. Припадчев // Информатика, телекоммуникации и управление. – 2011. – №3(126).
5. Карцан, И. Построение наземных пунктов управления космическими аппаратами с использованием оптимизационно-имитационной модели / И. Карцан // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – № 1(2). – С. 64-71. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-2-64-71>.

6. Ковалев, И. Обзор III Международной конференции MIST: Aerospace-III-2020: Передовые технологии в аэрокосмической отрасли, машиностроении и автоматизации / И. Ковалев, Н. Тестоедов, А. Ворошилова, // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – (2021). – № 1(1). – С. 1-9. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-1-1-9>
7. Ковалев, И. К вопросу формирования блочно-модульной структуры системы управления беспилотных летательных объектов / И. Ковалев, В. Лосев, М. Сарамуд, А. Калинин, А. Лифарь // Современные инновации, системы и технологии - Modern Innovations, Systems and Technologies. – 2021. – 1(3). – С. 48-64. <https://doi.org/10.47813/2782-2818-2021-1-3-48-64>.
8. Андронов, А.С. Проблема и методы решения определения местоположения воздушных судов в труднодоступных районах / А.С. Андронов, В.В. Перемышленников, А.В. Вишнев // Решетневские чтения. – 2015. –Т. 1. – № 19. – С. 405-407.
9. Akzigitov, A.R. Aircraft monitoring in remote areas via the low-orbit satellite communications system “Iridium” along with the GSM data transmission through ASC-6 telemetry terminal / A.R. Akzigitov, N.I. Stacenko, N.S. Pisarev, A.N. Efimova, A.S. Andronov // Сибирский аэрокосмический журнал. – 2017. – №3. – С. 552-557.
10. Лукьянов, О.Е. Влияние наземного ремонта на надёжность летательных аппаратов / О.Е. Лукьянов, Г.И. Рыжов // «Наука, технологии, общество - НТО-2021»: сборник научных статей по материалам Всероссийской научной конференции (Красноярск, 29-31 июля 2021 г.). Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники. – 2021. – С. 22-28. DOI:10.47813/dnit-nto.2021.22-28.
11. Чижикова, Л.А. Исследование зависимости функций, режимов ЛА и математическое моделирование потоков данных БКУ / Л.А. Чижикова // «Наука, технологии, общество - НТО-2021»: сборник научных статей по материалам Всероссийской научной конференции (Красноярск, 29-31 июля 2021 г.). – Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники. – 2021. – С. 79-87. DOI:10.47813/dnit-nto.2021.79-87.
12. Бирюков, И.Б. Анализ современных методов оценки направления приема сигнала с высоким разрешением / И.Б. Бирюков // «Наука, технологии, общество - НТО-2021»: сборник научных статей по материалам Всероссийской научной конференции (Красноярск, 29-31 июля 2021 г.). Красноярск: Красноярский краевой Дом науки и техники. – 2021. – С. 15-21.