



**ХIII международная научно-практическая конференция  
«Актуальные аспекты развития гражданской авиации»**

**(АвиаТранс-2024), приуроченная**

**к 55-летию со дня основания**

**Ростовского филиала МГТУ ГА**

**21 июня 2024 года**

---

✉ 344009, г. Ростов-на-Дону, пр. Шолохова 262 В. ☎ 8(863)252-67-78

---

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНСТВО ВОЗДУШНОГО ТРАНСПОРТА**

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ  
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ГРАЖДАНСКОЙ  
АВИАЦИИ» (МГТУ ГА)**

**РОСТОВСКИЙ ФИЛИАЛ МГТУ ГА**

---

**ХIII международная научно-практическая конференция  
«Актуальные аспекты развития гражданской авиации»**

**(АвиаТранс-2024), приуроченная**

**к 55-летию со дня основания**

**Ростовского филиала МГТУ ГА**

**21 июня 2024 года**



**Ростов-на-Дону  
2024 года**

**ББК У9(2) 375**  
**УДК 656.70**  
**А 20**

Редакционно-издательская группа:  
В.В. Пашинская, Г.Л. Акопов, И.А. Сизько, В.Я. Ступаков,  
В.В. Дымов-Иванов

**А 20**                    **Актуальные аспекты развития гражданской авиации (Авиатранс-2024):** материалы международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 21 июня 2024 г.) Г.Л. Акопов [и др.]. – Ростов-на-Дону, 2024. – 341 с.

**ISBN 978-5-6052176-3-3**

Материалы международной научно-практической конференции «Актуальные аспекты развития гражданской авиации» (Авиатранс-2024), приуроченной к 55-летию со дня основания Ростовского филиала МГТУ ГА, включают статьи ученых, аспирантов, магистрантов, студентов, а также представителей авиакомпаний, промышленных предприятий, общественных движений и т.д. В них рассмотрены исторические аспекты развития авиации и авиационного образования, инновационные решения и технологии при производстве, эксплуатации и ремонте авиационной техники и в управлении воздушным движением, развитие радиотехнического и пилотажно-навигационного оборудования воздушных судов, актуальные проблемы развития транспортных коммуникаций, вопросы управления и безопасности на транспорте, информационной безопасности объектов гражданской авиации, менеджмента и инноваций в гражданской авиации, а также перспективы развития транспортной отрасли. Материалы публикуются в авторской редакции.

Издание предназначено для ученых, занимающихся проблемами совершенствования гражданской авиации, руководителей, специалистов транспортных предприятий, органов власти и управления, а также для преподавателей и студентов.

**ISBN 978-5-6052176-3-3**

© Ростовский филиал МГТУ, 2024

***Акопов Григорий Леонидович***

*Заведующий кафедрой социально-экономических дисциплин Ростовского филиала Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), д.пол.н., профессор.*

***Пашинская Виктория Викторовна***

*Директор Ростовского филиала Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), доцент кафедры социально-экономических дисциплин, к.пол.н.*

## **ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕДИА В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТА ПРОДВИЖЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОГО ФИЛИАЛА МГТУ ГА)**

**Аннотация.** В работе представлен практический продвижения в СМИ Ростовского филиала МГТУ ГА с использованием интерактивных медиа. Анализируется процесс медиамероприятий и формулируются практические и теоретические рекомендации на основе проведенных публичных мероприятий.

**Ключевые слова.** медиа, медиапродвижение, интерактивные медиа, гражданская авиация, авиатранс, Ростовский филиал МГТУ ГА

***Akopov Grigory Leonidovich,***

*Professor of the Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*

***Pashinskaya Victoria Viktorovna,***

*Director of the Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*

*Associate Professor of the Department of Socio-Economic Disciplines*

## **THE USE OF INTERACTIVE MEDIA AS AN ELEMENT OF AVIATION EDUCATION PROMOTION (ON THE EXAMPLE OF THE ROSTOV BRANCH OF MGTU GA)**

**Abstract.** The paper presents the practical experience of media promotion of the Rostov branch of MSTU GA. The process of media events is analyzed and practical and theoretical recommendations are formed on the basis of public events held.

**Keywords.** media, media promotion, civil aviation, air transport, Rostov branch of MSTU GA

Одной из ключевых задач авиационного образования является обеспечение отрасли высококвалифицированными кадрами и повышения компетентности персонала в гражданской авиации. Для реализации обозначенных задач важно качественно проинформировать социум о возможностях, предоставляемых ВУЗом. В настоящее время дефицит

высококвалифицированных кадров особенно ощутим в гражданской авиации, и вопрос об обеспеченности гражданской авиации специалистами будет актуальным как в ближайшей, так и долгосрочной перспективе. Для покрытия потребности отрасли в персонале необходима подготовка специалистов со школьной скамьи, вот почему так важно привлечь в ВУЗ лучших выпускников школ и ССУЗОВ, которые часто оказываются перед дилеммой куда пойти получать высшее образование и какое направление подготовки выбрать.

Создание и поддержание кадрового потенциала на уровне, обеспечивающем эффективную авиационную деятельность в России, сохранение мощного авиационного потенциала и рациональное его использование являются объективной необходимостью. Обеспечение экспорта авиационного образования видится нам реальной и реализуемой задачей.

Ростовский филиал МГТУ ГА - единственный ведомственный авиационный ВУЗ на Юге России, учредителем которого выступает Федеральное агентство воздушного транспорта. Наш филиал на сегодняшний день является крупным научным, методическим и образовательным центром гражданской авиации на Юге России.

Необходимо отметить, что «гражданская авиация», как транспортная отрасль, является одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации.

Модернизация образовательного процесса в Ростовском филиале МГТУ ГА осуществляется по ряду направлений - прежде всего на основании внедрения инновационных интернет-технологий в образовательный процесс и продвижения образовательных услуг с применением интерактивных медиа. Эти новации получили особое развитие в связи с эпидемиологической ситуацией в мире.

Внедряя сетевые технологии, Ростовский филиал МГТУ ГА получает возможность расширения экспорта образовательных услуг, т.к. с использованием интернет-технологий уходит проблема географической привязки студентов [1].

Вся территория Ростовского филиала МГТУ ГА покрыта сетью Wi-Fi, что позволяет студентам и сотрудникам ВУЗа моментально получать доступ к всемирной сети «Интернет» и обращаться как к глобальным, так и к локальным информационным ресурсам. Для студентов и сотрудников Ростовского филиала МГТУ ГА обеспечен доступ к электронной библиотеке, где представлены учебные пособия по всему спектру изучаемых в ВУЗе дисциплин, функционирует электронный деканат и учет успеваемости студентов. К тому же, в специализированных учебных пособиях, изданных в Ростовском филиале МГТУ ГА, уделяется особое внимание применению сетевых технологий в практической деятельности предприятий гражданской авиации [2], [3], [4], [5], [6].

Благодаря обозначенным интернет-коммуникациям [7] прирост абитуриентов осуществляется и за счет членов интернет-сообществ, сотни



писем и диалоговых сообщений поступают в ВУЗ по сформированным каналам он-лайн коммуникаций и многие интересующиеся работой ВУЗа он-лайн позже становятся студентами Ростовского филиала МГТУ ГА [8].

Одним из основных аспектов модернизации Ростовского филиала МГТУ ГА является развитие научных разработок и организации научно-практических мероприятий с их активным продвижением в СМИ. Только за 2010-2023 годы силами сотрудников Ростовского филиала МГТУ ГА организовано больше сотни научно-исследовательских работ по заказу крупнейших отраслевых предприятий. Проведено несколько студенческих конференций, с ноября 2010 году в стенах Ростовского филиала МГТУ ГА, регулярно проводятся научно-практические конференции в том числе и с международным участием.

На конференциях присутствуют руководители и работники предприятий и организаций гражданской авиации Юга России, научные работники и профессорско-преподавательский состав, а также партнеры ВУЗа из ближнего зарубежья. Генеральным спонсором всех проводимых в Ростовском филиале МГТУ ГА конференций «АвиаТранс» традиционно выступает «Аэрофлот-РА» [9], [10], [11], [12], [13]. На мероприятие регулярно приходят представители СМИ и прежде всего интерактивных медиа, многочисленные блогеры, специализирующиеся на освещении авиационной отрасли, активно освещают научно-практические исследования, публикуют сообщения и фотографии. И сами участники, пресс-службы организаций участников конференции активно постят информационные материалы об участии в конференции. В интерактивных медиа идут перепосты и обсуждения информационных посылов озвученных в рамках публичного дискурса.

Для обсуждения актуальных проблем гражданской авиации в Ростовском филиале неоднократно организовывались и круглые столы, к участию в которых приглашались ведущие специалисты отрасли и специалисты Ростовского филиала МГТУ ГА. Все названные мероприятия находили широкий отклик в СМИ и СМК. Поскольку к участию в мероприятиях приглашаются не только отраслевые специалисты, но и представители медиа-индустрии, которым предоставляется пресс-релиз и пост-релиз, фото и видео-материалы. Так 19 марта 2012 года Круглый стол «Коммуникации в инновационном менеджменте гражданской авиации» был организован совместно с ОАО «Аэрофлот-РА» и с Лабораторией Касперского [14]. Естественно, вниманием СМИ мероприятие не ограничилось, т.к. медиа структуры состроителей мероприятия оказали свою информационную поддержку. А 4 апреля 2014 года в Ростовском филиале Московского государственного технического университета гражданской авиации состоялся круглый стол «Актуальные вопросы прокурорского надзора за исполнением законодательства о безопасности полетов в гражданской авиации», организованный при непосредственном участии Южной транспортной прокуратуры и информация о мероприятии попала в информационные ресурсы ведомства с последующей

ретрансляцией. В 2018 году Ученым советом Ростовского филиала было принято решение создать «учебно-тренировочный центр» и проводить публичные мероприятия на постоянной основе. Так с 2018 года было организовано множество крупных публичных мероприятий, с участием ведущих отраслевых ученых и специалистов практиков, подобные мероприятия проводятся и по сей день.

В 2015 году Ростовский филиал МГТУ ГА при поддержке ряда предприятий и организаций провел выездные научно-практические мероприятия, с участием зарубежных коллег и практикующих специалистов. По результатам большинства проводимых Ростовским филиалом МГТУ ГА научно-исследовательских мероприятий изданы сборники тезисов и выступлений. Что позволило увеличить индекс цитируемости сотрудников Ростовского филиала МГТУ ГА и апробировать проводимые научные исследования. К тому же все эти публикации размещены на сайте ВУЗа и привлекают живой интерес к проводимым Ростовским филиалом МГТУ ГА мероприятиям, а следовательно, и к самому ВУЗу и отраслевому образованию в целом.

В результате освещения проводимых Ростовским филиалом МГТУ ГА мероприятий укрепляется социальный рейтинг Университета, а присутствие ведущих отраслевых специалистов и руководителей крупнейших авиапредприятий Российской Федерации и ближнего зарубежья способствует укреплению имиджа Университета среди специалистов. Перепосты и редиректы со стороны участников проводимых мероприятий увеличили число подписчиков и потенциальных клиентов ВУЗа, а также расширяют аудиторию потребителей контента.

Развитию научно-исследовательской работы в Ростовском филиале МГТУ ГА уделяется особое внимание. ВУЗ не ограничивается организацией научных конференций и исследовательских проектов. Кафедры Ростовского филиала МГТУ ГА разрабатывают различные научные проекты, публикуют научные труды, участвуют в творческих конкурсах и научных конференциях.

В 2012 году Ростовский филиал МГТУ ГА вышел на международный уровень, ВУЗом заключен договор с Ассоциацией гражданской авиации Республики Армения. Ожидалось, что, как и в период СССР, в Ростов-на-Дону будут приезжать учиться студенты из Республики Армения, а планомерное внедрение дистанционных форм обучения должно максимально упростить данный процесс. Представители ассоциации регулярно участвуют в научно-практических конференциях проводимых Ростовским филиалом МГТУ ГА и способствуют привлечению абитуриентов из Республики Армения.

Важным аспектом является выстраивание CRM-отношений с предприятиями партнерами, ВУЗами и ССУЗами, а также средствами массовой информации и коммуникации. Выстраивание CRM позволяет укреплять имидж университета без существенных затрат. Часто сотрудники Ростовского филиала МГТУ ГА выступают экспертами в СМИ, публикуют информационные и новостные материалы, а также проводят встречи с

коллективами профильных предприятий и учебных заведений с целью агитации абитуриентов.

Ростовский филиал МГТУ ГА имеет более сотни договоров о сотрудничестве с отраслевыми предприятиями, многие из которых с радостью принимают студентов ВУЗа на практику и для трудоустройства. Благодаря организованной работе с отраслевыми предприятиями ряд организаций на безвозмездной основе публикуют информацию о ВУЗе в своих корпоративных СМИ и интернет-ресурсах.

В сентябре 2018 года, Ростовский филиал МГТУ ГА впервые принял студентов очной формы обучения, что явилось итогом многолетних реформ и внедрения инновационных технологий в образовательный процесс. Естественно с открытием очной формы обучения возможности ВУЗа существенно расширились.

В рамках развития налаженных международных отношений был организован российско-армянский логистический форум. Форум проводится в рамках Программы международного сотрудничества между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Армения

Форум открылся международной конференцией «Воздушный транспорт — основа логистических коммуникаций». Конференции под общим названием «АвиаТранс» проводятся в Ростовском филиале МГТУ ГА с 2011 года и данная конференция не стала исключением, необычным явилось включение конференции в единый логистический форум, который стартовал 17 ноября 2022 в Ростовском филиале МГТУ ГА и завершился 25 ноября 2022 в Доме Правительства Республики Армения. Обозначенный форум проводился по инициативе министерства экономики в рамках Программы международного сотрудничества между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Армения, подписанной 22.12.2021 г [18].

Обозначенные мероприятия вызвали большой общественный резонанс и оказали существенное медиа продвижение отечественному авиационному образованию, а также способствовали развитию российско-армянских отношений в сфере науки и образования.

К участию в мероприятии были приглашены многие ВУЗы России и Армении. Участвовали и постоянные партнеры ВУЗа из ЮРИУ РАНХиГС, ЮФУ, ДГТУ, Филиалы РГГУ, МТУСИ и Таможенной академии, а также представители ряда ВУЗов, принявших участие в мероприятии впервые: Пятигорский государственный университет, радиотехнический институт имени А.Л. Минца, Южного научного центра РАН, Военная академия Генерального штаба ВС РФ, Краснодарское высшее военное училище, Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет», Институт водного транспорта им.

Г.Я. Седова, Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина и ряд других ВУЗов. Так специально на завершение форума в Ереван прилетела делегация из Российского университета дружбы народов под руководством профессора Валерия Таказова. Российско-армянский университет был представлен профессором Ваге Давтяном и преподавателем Ниной Маргарян, выступления которых вызвали большой интерес и живое обсуждение. Академия государственного управления Республики Армения на мероприятии была представлена Ректором Хачатуром Казеяном и руководителем центра международного сотрудничества и развития Терезой Хечоян. Доцент Армянского государственного экономического университета, экономист Агаси Тавадян в рамках круглого стола продемонстрировал результаты своих исследования по прогнозированию роста грузоперевозок между Россией и Арменией. В дистанционном он-лайн формате в круглом столе активно участвовали коллеги из ЮРИУ РАНХиГС, которые не только задавали вопросы, но и участвовали в дискуссии.

Множество позитивных отзывов участников мероприятий в социальных медиа и десятки публикаций в СМИ, в том числе и на территории Республики Армения качественно улучшили имидж учебного заведения и способствовали продвижению образовательных услуг. По итогам проведенных мероприятий издан сборник тезисов и выводы участников форума нашли свое отражение в СМИ, а также направлены в различные инстанции. Таким образом выводы, сделанные экспертами, доведены до широкой общественности и направлены лицам, принимающим решения [23].

### **Литература**

1. Акопов Г.Л. Модернизация образовательного процесса с применением интернет-коммуникаций в Ростовском филиале МГТУ ГА. Инновационные аспекты развития гражданской авиации. 2016. С. 20-24.
2. Акопов Г.Л., Ремизов Д.К. Государственное регулирование и организация деятельности эксплуатантов на воздушном транспорте. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат, 2011.
3. Акопов Г.Л., Кислицын С.А. Политология: учеб. пособие – Ростов н/Д: Феникс, 2010.
4. Акопов Г.Л. Правовая информатика – Москва: Дашков и К, 2010.
5. Акопов Г.Л. Интернет и политика. Модернизация политической системы на основе инновационных политических интернет-коммуникаций. М.: КНОРУС, 2013.
6. Айдаркин К.К., Акопов Г.Л., Ступаков В.Я., Биндус В.А., Овчаров П.Н., Конкин Б.Б. Гражданская авиация: воздушные суда, двигатели, информационные технологии. Ростов-на-Дону. 2012

7. Акопов Г. Л. Сеть "Интернет" - коммуникативное пространство для политического дискурса//Право и политика.-2011.-№ 5.-С. 842-848.

8. Акопов Г.Л., Пашинская В.В. Разработка инновационной концепции развития интернет-коммуникаций в университете. Ростов-на-Дону. 2014.

9. Актуальные вопросы развития воздушного транспорта "АвиаТранс-2011" Материалы научно-практической конференции. Ответственный редактор Акопов Г.Л. 2011.

10. Проблемы и перспективы развития гражданской авиации России (АвиаТранс – 2014). Материалы международной научно-практической конференции, приуроченной к 45-летию со дня основания Ростовского филиала Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2014.

11. Гражданская авиация: прошлое, настоящее и будущее (АвиаТранс-2015). Международная научно-практическая конференция. Ростов-на-Дону. 2015.

12. Инновационные аспекты развития гражданской авиации (АвиаТранс-2016): материалы Международной научно-практической конференции. 31марта – 1 апреля 2016 г. Ростов-на-Дону. 2016.

13. Актуальные проблемы развития транспортных коммуникаций (Авиатранс-2017). Материалы Международной научно-практической конференции. 2017.

14. Акопов Г.Л., Полозов-Яблонский А.А., Малышев И.Н. и др. Коммуникации в инновационном менеджменте гражданской авиации. Коллективная монография / Под редакцией Г.Л. Акопова. Ростов-на-Дону, 2013.

15. Акопов Г.Л. О проведенном Ростовским филиалом МГТУ ГА исследовании истории гражданской авиации на Дону. В сборнике: Гражданская авиация: прошлое, настоящее и будущее Международная научно-практическая конференция. 2015. С. 26-29.

16. Акопов Г.Л. Модернизация образовательного процесса в Ростовском филиале МГТУ ГА (2009-2014). Проблемы и перспективы развития гражданской авиации России (АвиаТранс-2014). Материалы международной научно-практической конференции. 19-21 июня 2014 г. Ростов н/Д.

17. Актуальные аспекты развития логистических коммуникаций. Российско-армянский логистический форум. Материалы международной научно-практической конференции. Пашинская В.В., Акопов Г.Л. и др. Доступ: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=50375105>

18. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 02.11.2021 г. № 3124-р

***Чичков Борис Анатольевич***

*Профессор кафедры двигателей летательных аппаратов, Московский государственный технический университет гражданской авиации, д.т.н., профессор.*

## **СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ РОТОРОВ И ВИБРАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ**

**Аннотация.** Объектом доклада является динамика роторов и вибрация авиационных ГТД. Основное внимание уделено способам снижения опасности критических частот вращения роторов и вибрации авиационных газотурбинных двигателей в эксплуатации.

Первая часть включает напоминание основных понятий и сведений о роторах, критических частотах вращения и вибрации роторных машин, включая описание конструктивно-компоновочных схем роторов ГТД, геометрических, массовых и определяемых ими характеристик роторов ГТД, а также критических режимов вращения роторов и вибрации турбомашин. Рассмотрены теоретические основы балансировки роторов и особенности процедур балансировки в процессе их производства.

Во второй части доклада рассмотрены конструктивно-технологические способы снижения опасности критических частот вращения роторов и вибрации авиационных газотурбинных двигателей в эксплуатации.

Третья часть посвящена методам и способам оценки критических частот вращения роторов и вибрации роторных машин на стенде, контроля и оценки вибрации авиационных газотурбинных двигателей в эксплуатации.

**Ключевые слова.** балансировка, вибрация, виброскорость, виброускорение, дисбаланс, двигатель авиационный газотурбинный, динамика, двигателя режим работы, опора ротора, ротор, ротора критические режимы вращения

***Chichkov Boris Anatolyevich***

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, Associate Professor of the Department of Aviation Engines  
Moscow State Technical University of Civil Aviation*

## **WAYS OF DECREASE IN DANGER OF CRITICAL FREQUENCIES OF ROTATION OF ROTORS AND VIBRATION OF AVIATION GAS- TURBINE ENGINES IN OPERATION**

**Abstract.** Object of the report is dynamics of rotors and vibration of aviation GTE. The main attention is paid to ways of decrease in danger of critical frequencies of rotation of rotors and vibration of aviation gas-turbine engines in operation.

The first part includes a reminder of the basic concepts and data on rotors, critical frequencies of rotation and vibration of rotor cars, including the description of design-layout schemes of rotors of GTE, the geometrical, mass and determined by them characteristics of rotors of GTE, and also the critical modes of rotation of rotors and vibration of turbomachines. Theoretical basics of balancing of rotors and feature of procedures of balancing in the course of their production are covered.

In the second part of the report constructive and technological ways of decrease in danger of critical frequencies of rotation of rotors and vibration of aviation gas-turbine engines in operation are considered.

The third part is devoted to methods and ways of an assessment of critical frequencies of rotation of rotors and vibration of rotor at the stand, control and an assessment of vibration of aviation gas-turbine engines in operation.

**Keywords.** balancing, vibration, vibrospeed, vibration acceleration, imbalance, aviation gas-turbine engine, loudspeaker, engine operating mode, rotor bearing package, rotor, rotor critical modes of rotation

Авиационные газотурбинные двигатели (ГТД) являются машинами, имеющими в своей конструкции роторы. Газогенераторы также широко используются в составе наземных газотурбинных установок, перекачивающих станций, силовых установок железнодорожного и водного транспорта, военной техники.

При работе перечисленных машин возможны режимы работы, на которых их роторы могут потерять устойчивость. Эти режимы, как и скорости, принято называть критическими [4,5,6,7,8]. Работа на них сопровождается резким увеличением прогибов роторов и усилий, действующих на их элементы, включая опоры. Наблюдается рост вибрации машины в целом. Возникает необходимость исследования критических режимов работы роторов машин и вибрации на различных режимах работы.

Указанные исследования находятся в неразрывной связи и с оценкой вибрационного состояния авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) в эксплуатации и разработкой способов снижения вероятности проявления опасной вибрации и ее последствий.

В настоящее время распространено использование ряда конструктивно-технологических способов влияния на критические частоты вращения роторов и вибрации ГТД.

Упомянутую в первой части доклада статическую и динамическую балансировку роторов при производстве, как и обеспечение соосности опор роторов, относят к технологическим мероприятиям, направленным на снижение вибрации двигателей.

Рассмотрены теоретические основы балансировки роторов ГТД, принимая целью балансировки ротора его нормальную работу после установки на месте эксплуатации [4,5]. В данном случае под «нормальной работой» понимают то, что вибрация ротора, вызванная остаточным дисбалансом, не превышает установленных допустимых пределов. Для

гибкого ротора «нормальная работа» означает также, что для любых скоростей вращения ротора вплоть до максимальной рабочей скорости его динамический прогиб не превышает допустимого.

Упомянуты теоретические основы и особенности процедур статической и динамической балансировки ротора при его изготовлении с использованием дорезонансных и зарезонансных станков.

Показаны способы и примеры конструктивно-технологических решений по балансировке узлов двигателей: использованием сегментов балансировочных, грузов балансировочных, балансировочных болтов, съемом материала с балансировочных поясков, балансировочных винтов, балансировочных проставок под рабочие лопатки вентилятора [1,2,9].

Теоретические основания конструктивных способов влияния на критические частоты вращения роторов и вибрации ГТД обоснованы теоретическим анализом влияния различных факторов на критические частоты вращения.

Если напомнить суть этого влияния, то все факторы, увеличивающие прогибы ротора, приводят к снижению критических частот вращения и наоборот.

Иначе, на критические частоты вращения и величины прогиба ротора можно эффективно влиять через факторы, изменяющие прогиб ротора – собственно жесткость ротора, опор и корпуса двигателя, степень несбалансированности ротора и рассеяния энергии колебаний ротора на критических частотах вращения.

Реализации такого рода влияния показаны во второй части доклада.

В конструкциях ряда двигателей применяют силовые элементы, повышающие жесткость корпуса и обеспечивающие снижение прогибов роторов.

Например, в составе конструкции ТРДД типа ПС-90А [1] тяги горизонтальная и наклонная, поддерживая средний силовой пояс, повышают изгибную жесткость корпуса газогенератора и, таким образом, препятствуют прогибу корпуса газогенератора и роторов двигателя.

В целях снижения опасности критических частот вращения роторов широко применяются упруго-демпферные опоры, которые по своим функциональным свойствам упруго-демпферные опоры разделяются на упругие (с упругим механическим элементом), упруго-демпферные (с гидродинамическим демпфером и упругим элементом типа “беличье колесо”) и демпферы (с гидродинамическим демпфером), что показано на примерах конструкций опор.

Простейший демпфер, применяемый в авиационных ГТД, есть опора с тонким слоем масла, заполняющим кольцевой зазор между обоймой подшипника и стаканом опоры. Радиальный зазор, составляет около 0,2 мм, торцовой — не более 0,1 мм. Поскольку втулка освобождена от упругого элемента, жесткость демпфера определяется возникающим в зазоре гидравлическим сопротивлением в зависимости от частоты вращения и вязкости масляного слоя.



Масляные демпферы включены в состав конструкций опор ТРДД типа Д-18.

При работе двигателя в масляной пленке возникает гидравлическая сила и пленка может передавать радиальные нагрузки со стороны ротора на корпус. Одновременно гидравлическая сила препятствует прецессии ротора в опоре, т.е. появляется сила сопротивления, или демпфирующая сила.

Более высокой демпфирующей способностью обладают ленточные демпферы, представляющие собой набор тонких лент (пластин), свернутых в многослойный пакет, который помещен между обоймой подшипника и стаканом опоры ротора.

Влияние упругости опор на критические скорости вращения роторов учитывается в расчетах увеличением основного прогиба на величину деформации опор под действием опорных реакций.

На изгибные колебания роторов (критические обороты) также оказывают влияние деформации сдвига при изгибе вала, не симметрия корпусов, опор и самого ротора. Наиболее существенными из перечисленных факторов с точки зрения изменения частотных характеристик для ГТД являются деформации сдвига и не симметрия опор (корпусов). Для роторов турбин существенным является влияние термического дисбаланса. Возможно наличие и аэродинамического дисбаланса.

Для практических целей достаточно определить низшие критические частоты поперечных колебаний роторов, попадающие в диапазон рабочих частот.

С учетом отмеченного влияния конструкции и жесткости корпуса двигателя на критические частоты вращения, выполнены элементарные оценки влияния жесткости ротора и корпуса на критические частоты вращения ротора с использованием метода динамической жесткости. В качестве исходных данных использованы характеристики экспериментальной установки, используемой в лабораторном практикуме кафедры двигателей ЛА МГТУ ГА [11].

Она состоит из ротора, представляющего собой вал с закрепленным на нем массивным диском. Одна опора является жесткой, другая – податливой. Она подвешена консольно на шпильках. Для измерений вибрации податливой опоры на ее корпусе смонтированы датчики вертикальной и горизонтальной вибрации.

Объект исследования представляет собой систему с распределенной массой. Для облегчения расчета критической частоты вращения (оборотов) принято приближенно заменять реальную систему со сложным распределением масс некоторой более простой динамически эквивалентной системой, с несколькими сосредоточенными массами.

Результаты оценок представлены в абсолютных и относительных значениях оборотов.

Показано, что жесткость корпуса оказывает большее влияние на величину вторых критических оборотов, а жесткость вала оказывает большее

влияние на величину первых критических оборотов, при этом влияние жесткости вала проявляется интенсивнее влияния жесткости корпуса.

Рассмотрена природа и влияние термического дисбаланса на критические частоты вращения роторов в эксплуатации.

Уровень вибрации и длительность действия при термическом дисбалансе зависят от многих факторов, в частности, от того, в каком положении остановлен ротор, т. е. от взаимного расположения остаточного и термического дисбалансов, от условий и продолжительности охлаждения двигателя после останова, от регламента выхода на рабочие режимы и т.д. Поэтому даже на одном и том же двигателе наблюдается большой разброс в величинах амплитуд вибрации при его последовательных запусках после непродолжительного останова. Наибольший уровень вибрации от термического дисбаланса наблюдается на прогревом двигателе, простоявшем в течение 30...80 мин, а длительность их проявления достигает двух-трех минут.

Для снижения вибрации двигателя, вызываемых термическим дисбалансом ротора, в эксплуатации применяют многократные прокрутки ротора или ложные запуски, при которых температура по ротору несколько выравнивается и величина термического дисбаланса уменьшается. Другим мероприятием по борьбе с данным явлением может быть значительное увеличение демпфирования в опорах ротора, которое позволит погасить возбуждение от термического дисбаланса.

Существенное влияние на изменение уровня вибрации двигателя оказывает и появляющаяся в эксплуатационных условиях дополнительная неуравновешенность роторов не связанная с термическим дисбалансом.

Ее появление может быть вызвано как увеличением массового дисбаланса в связи с разбалансировкой роторов в рабочих условиях, так и воздействием на роторы аэродинамических сил и тепловых потоков, с которыми связано появление аэродинамического и теплового дисбалансов.

Устранение повреждений рабочих лопаток в эксплуатации осуществляется удалением материала рабочей лопатки, что приводит к уменьшению массы ремонтируемой лопатки или заменой лопаток. Так как все рабочие лопатки имеют хоть и близкие, но различные массы, то и после замены лопатки необходимо выполнять процедуру добалансировки узла.

Таким образом, процедура добалансировки роторов ТРДД в эксплуатации рассматривается как способ снижения опасности критических частот вращения роторов и вибрации авиационных газотурбинных двигателей. В докладе показаны особенности добалансировки для нескольких типов двигателей.

Сформирована диаграмма для определения величины компенсирующего груза и получены аналитические зависимости для ее определения.

Несмотря на все описанные конструктивно-технологические решения и процедуры технического обслуживания, в процессе эксплуатации ТРДД всегда имеет место работа на критических частотах вращения роторов. При

этом наблюдается рост вибрации двигателей, хотя и предполагается, что в процессе проектирования стремятся к недопущению совпадения критических частот вращения ротора с основными установившимися режимами работы двигателей.

Анализ поведения вибрации типа ТРДД по режимам работы позволил установить степень справедливости этого предположения о заявляемой необходимой отстройке критических частот вращения роторов от основных режимов эксплуатации двигателей и особенности изменения вибрации и возможные рекомендации по снижению влияния вибрации на его техническое состояние в эксплуатации.

По данным системы автоматической регистрации параметров построены амплитудно-частотные характеристики экземпляров двигателя типа ПС-90А [1,3].

Рассматриваемые регистрируемые данные представляли собой временные ряды [10], полученные с высокой частотой отсчета. В исследовании использовался метод сглаживания с использованием скользящего среднего, линейных регрессионных моделей, построения кусочных аппроксимаций полиномами и метод экспертных оценок связей в характере изменений сглаженных рядов для работы двигателя на малом газе после запуска, взлетном режиме, при наборе высоты (5 км), в конце крейсерского полета, при реверсировании тяги и на режиме малого газа после посадки.

Приводятся результаты анализа связей вибрации с температурой масла на входе в двигатели и температур масла, отводимого от опор. С ростом температуры масла жесткость опор снижается и на более горячем масле наблюдается небольшой рост вибрации.

Вибрации зависят, в основном, только от оборотов ротора и в малой степени от температуры масла на прогревом двигателе.

Получены аналитические зависимости, описывающие связь различных регистрируемой вибрации от оборотов роторов (режима работы двигателя).

Установлены (для исправного двигателя) диапазоны частот вращения роторов, сопровождающиеся ростом вибрации до 15-25 мм/с и основные источники их генерации, а также связи между вибрациями от различных источников и мест регистрации на двигателе.

Представлены результаты анализа регрессионных связей между параметрами вибрации для различных источников генерации.

На режиме малого газа после запуска двигателя вибрации генерируются, в основном, ротором низкого давления (вентилятором) и наблюдаются в двух плоскостях подвески двигателя к воздушному судну.

На взлетном режиме работы двигателя существенная вибрация генерируется ротором высокого давления и фиксируется в передней плоскости подвески двигателя к воздушному судну, что позволяет предполагать ее происхождение в значительной степени от ротора компрессора высокого давления.

На режимах регистрации “5 км-набор высоты” и “конец крейсерского полета” характер проявления вибрации схож с таковым на взлетном режиме работы.

На режиме МГ после посадки, как и при работе на МГ после запуска, существенные вибрации генерируются ротором низкого давления (вентилятором) и фиксируются в обеих плоскостях подвески двигателя к воздушному судну.

Установлен достаточно узкий диапазон (около 0,5 процента) оборотов ротора высокого давления, в котором наблюдается почти двукратный рост виброскорости по сравнению с прочими режимами работы.

Этот диапазон практически совпадает со значениями оборотов режима малого газа как для прямой, так и обратной тяги.

Минимизация времени работы двигателя в установленном диапазоне оборотов могла бы снизить влияние вибрации на техническое состояние двигателя.

Полученные результаты лежат в основе рекомендаций по минимизации времени работы двигателей на режимах, сопровождающихся существенным ростом вибрации.

### Литература

1. Авиационный двигатель ПС-90А: А. А. Иноземцев, Е. А. Коняев, В. В. Медведев, А. В. Нерадько, А. Е. Рясов; Под ред. А.А. Иноземцева. - М.: Либра-К, 2007.
2. Авиационные двухконтурные двигатели Д-30КУ и Д-30КП (конструкция, надежность и опыт эксплуатации) / Л.П.Лозицкий, М.Д.Авдошко, В.Ф.Березлев и др. - М.: Машиностроение, 1988.
3. Бюллетень N 94148-БЭ-Г. Изделие: Двигатель ПС-90А. По вопросу: Внедрения в эксплуатацию 2-й очереди наземной автоматизированной системы диагностирования «АСД-Диагноз-90» двигателя ПС-90А на самолете ИЛ-96-300.- Пермь, 1996.
4. ГОСТ 19534-74. Балансировка вращающихся тел. Термины.- М.: Изд-во стандартов, 1974.
5. ГОСТ 31320-2006. Межгосударственный стандарт. Вибрация. Методы и критерии балансировки гибких роторов. – М.: Стандартинформ, 2006.
6. Динамика авиационных газотурбинных двигателей /Под ред. И. А. Биргера, Б. Ф. Шорра. – М.: Машиностроение, 1981.
7. Иноземцев А.А., Сандрацкий В.Л. Газотурбинные двигатели. – ОАО “Авиадвигатель”. – Пермь, 2006.
8. Лозицкий Л.П. и др. Конструкция и прочность авиационных газотурбинных двигателей. – М.: Воздушный транспорт, 1992.
9. Фельдман Е.Л., Черкасов Л.А. Авиационный двухконтурный двигатель НК-86. - М.: Машиностроение, 1981.
10. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами: Пер. с англ. - М.: Мир, 1973.

11. Чичков Б.А. Конструкция и прочность авиационных двигателей. Исследование динамики и прочности конструкций авиационных ГТД. Методические указания к выполнению лабораторных работ.– М: МГТУ ГА, 2023.

***Эшмурадов Дилшод Эльмурадович***

*Заведующий кафедрой систем электроснабжения, Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хоразми, к.т.н., доцент,*

***Тураева Насиба Мирхамидовна***

*Свободный соискатель при докторантуре Ташкентского университета информационных технологий.*

## **ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СЕТИ ДЛЯ ПРИЁМА И ПЕРЕДАЧИ АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ**

**Аннотация.** Сети для приёма и передачи аэронавигационной информации используется органами управления воздушным движением и авиапредприятиями (аэропорты, авиакомпании, агентства воздушных сообщений, метеорологическими службами и др.) для приема и передачи аэронавигационной и метеорологической информации, планов полётов (флайт-планов), оперативной информации о движении воздушного судна и прочей производственной информации. Она была разработана для управления воздушным движением. В сети для приёма и передачи аэронавигационной информации обрабатываются следующие категории сообщений: сообщения о бедствии; срочные сообщения; сообщения, касающиеся безопасности полетов; метеорологические сообщения; сообщения, касающиеся регулярности полетов; сообщения службы аэронавигационной информации; авиационные административные сообщения; служебные сообщения.

**Ключевые слова.** авиация, телекоммуникация, воздушное судно, аэронавигационная информация, сеть, передача данных.

***Eshmuradov Dilshod Elmuradovich***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of “Power Supply Systems”, Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi*

***Turaeva Nasiba Mirkhamidovna***

*Free applicant for doctoral studies at Tashkent University of Information Technologies*

## BASIC NETWORK REQUIREMENTS FOR RECEIVING AND TRANSMITTING AERONAUTICAL INFORMATION

**Annotation.** Networks for receiving and transmitting aeronautical information are used by air traffic control authorities and airlines (airports, airlines, air services agencies, meteorological services, etc.) for receiving and transmitting aeronautical and meteorological information, flight plans (flight plans), operational traffic information aircraft and other production information. It was developed for air traffic control. The following categories of messages are processed in the network for receiving and transmitting aeronautical information: distress messages; urgent messages; safety messages; weather reports; messages regarding flight regularity; aeronautical information service messages; aviation administrative messages; service messages.

**Key words.** aviation, telecommunications, aircraft, aeronautical information, network, data transmission.

Сети для приёма и передачи аэронавигационной информации – это информационная сеть гражданской авиации, глобальная межсетевая структура, которая позволяет наземной подсети передачи данных, подсети передачи данных «воздух – земля» и подсети передачи данных бортового оборудования обмениваться цифровыми данными в интересах безопасности аэронавигации и регулярного, эффективного и экономичного функционирования служб воздушного движения. До факсов, электронной почты эта сеть была единственной документированной скоростной системой связи для управления воздушным движением. С точки зрения доверительности этот вид связи актуален и сейчас. Доверительность обеспечивается в первую очередь тем, что информация не передается по общедоступным каналам, таким, как Интернет, но по выделенным корпоративным каналам гражданской авиации[1,с.1]. Также контролируется адрес(а) отправителя, который идентифицирует предприятие, службу, должностное лицо.

В апреле 1989 был утверждён исходный вариант интегральной по структуре сети цифровой авиационной электросвязи ATN (Aeronautical Telecommunications Network), предназначенной для обеспечения связи вида «ЭВМ-ЭВМ». Такая сеть, должна была обеспечить, в первую очередь, связь между ЭВМ национальных администраций гражданской авиации и средствами автоматизации авиапредприятий (службами производства и обеспечения полётов)[2,с.338].

Сеть ATN состоит из взаимосвязанных с помощью подсетей обмена данными компьютеров со шлюзами или маршрутными пунктами Routers (рутерами или маршрутизаторами). Такая архитектура позволяет реализовать однородную виртуальную сеть передачи данных при техническом и административном различии её составных частей. Основная цель сети ATN заключается в обеспечении взаимодействия при передаче данных между главными ЭВМ, не зависящего от технологии или протоколов

подсетей более низких уровней как авиационных, так и неавиационных (частных или общего пользования). Это взаимодействие позволяет разрабатывать бортовое оборудование и наземные системы, которые обладают возможностью доступа ко всем располагаемым подсетям передачи данных, обеспечивая максимальную гибкость и надежность связи, например, путем дублирования линии связи и канала связи. Кроме того, использование единой физической среды ATN упрощает оптимизацию структуры бортовых средств передачи данных в результате использования общих микропроцессоров ввода данных, маршрутизации и отображения.

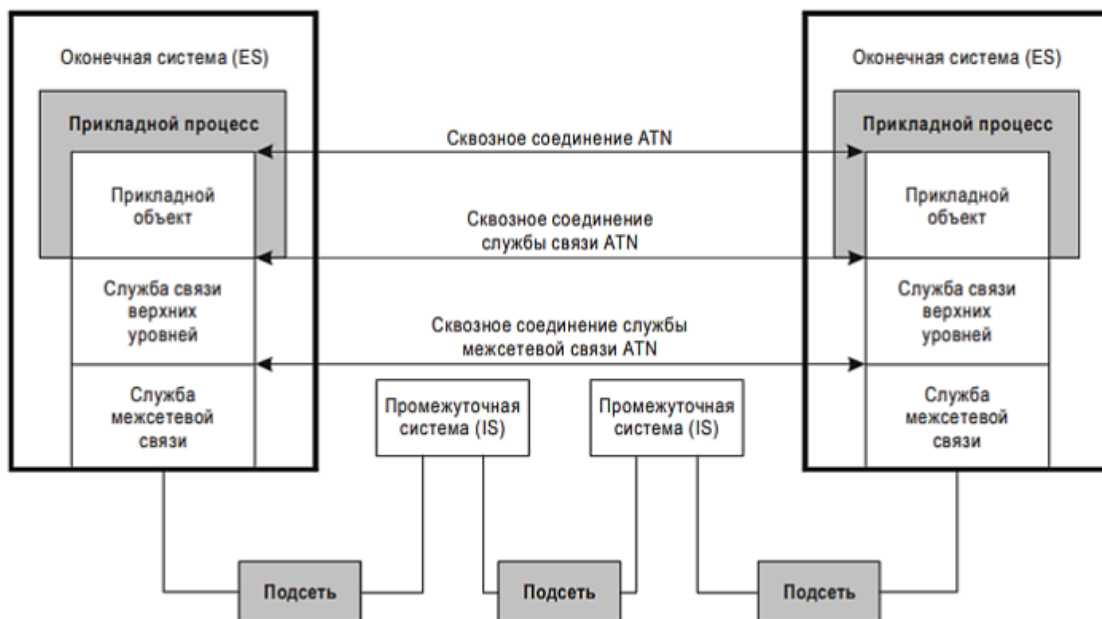


Рисунок 1. Концептуальная модель телекоммуникационной сети авиации

На рисунке 1 показана упрощенная схема телекоммуникационной сети авиации (ATN), которая не отображает всех её функциональных возможностей (например, функции хранения и пересылки информации, обеспечиваемые службой обработки сообщений воздушного судна). Затемнением обозначены элементы выходящие за сферу применения настоящих SARPS (Standarts and Recommended Practices). Требования пользователей определяют интерфейс между объектом прикладного уровня и пользователем и обеспечивают функциональные возможности и взаимную совместимость ATN. Для установления отдельных требований к характеристикам сквозной связи в рамках ATN определены различные точки сквозных соединений. Однако может потребоваться определить иные точки сквозных соединений в целях упрощения оценки реализации указанных функциональных требований. В таких случаях точки сквозных соединений следует чётко определить и увязать с точками, указанными на рисунке. IS - концептуальное представление функциональных возможностей, которое точно не соответствует рутеру. Для рутера, который реализует применение

управления системами, требуются протоколы окончной системы; в этом случае он также выполняет роль окончной системы[3,с.192].

Ссылаясь на документ об утверждении авиационных правил Республики Узбекистан «Аэронавигация гражданской авиации» (АП РУЗ-93) (по согласованию с Министерством юстиции Республики Узбекистан отнесены к техническим документам 8 ноября 2011 г., № 6-24/14-11046/6) информационное обеспечение аэронавигации имеет следующие правила: При выполнении полета на борту воздушного судна должна быть информация, обеспечивающая безопасную аэронавигацию и возможность использования штатного навигационного оборудования данного воздушного судна в соответствии с планом полета. Необходимая для целей аэронавигации информация может содержаться:

- а) в документах аэронавигационной информации;
- б) в предварительных навигационных расчетах, таблицах установочных данных, других документах и справочном материале подготовленных перед полетом;
- в) в документах метеорологической информации;
- г) в навигационных базах данных.

Аэронавигационная информация и результаты навигационных расчетов, а также информация об изменениях в аэронавигационной обстановке предоставляется экипажу до начала выполнения полета. Срочная информация о непредвиденных изменениях в аэронавигационной обстановке, поступившая после взлета воздушного судна, немедленно доводится экипажу органами воздушного судна.

Исходными данными для целей аэронавигационного обеспечения являются:

- а) координаты точек радиотехнических средств и их наименование;
- б) путевые углы, пеленги, азимуты, радиалы, магнитные склонения;
- в) расстояния между навигационными точками;
- г) высоты препятствий, аэродрома;
- д) частоты и позывные радиотехнических средств навигации и органов ОВД;
- е) границы районов и секторов органов воздушного судна;
- ж) другая информация, используемая для аэронавигационного обеспечения.



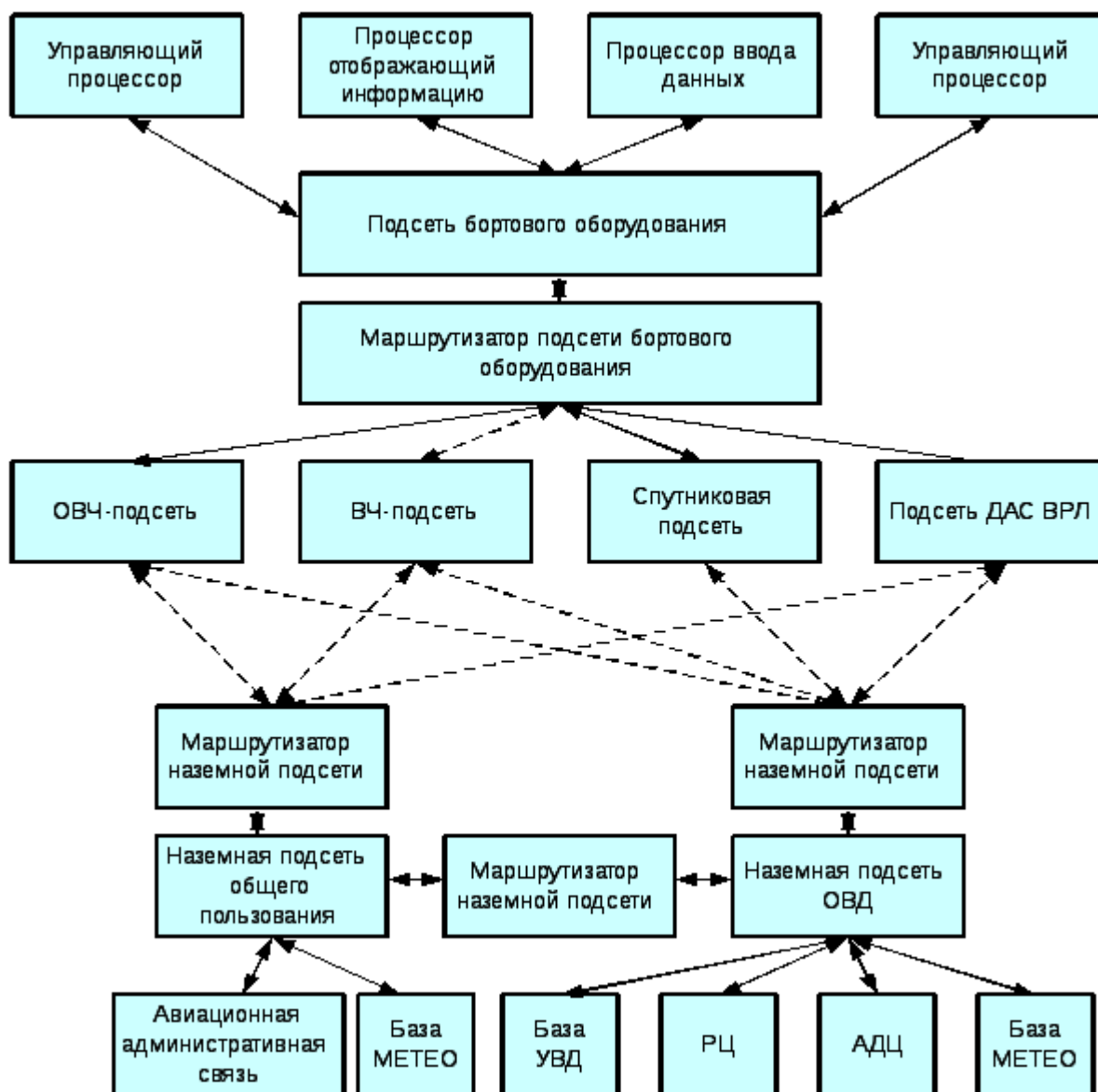


Рисунок 2. Архитектура интегральной авиационной сети цифровой связи ATN

Архитектура интегральной авиационной сети ATN (рис.2) может быть представлена в виде некоторой аппаратно-программной структуры различных взаимосвязанных подсетей, включающей наземные и бортовые подсети, которые взаимодействуют между собой с помощью каналов передачи данных и маршрутизаторов. Маршрутизатор ATN представляет собой средство сопряжения на сетевом уровне эталонной модели открытой системы взаимодействия, которое осуществляет передачу и маршрутизацию пакетов данных в пределах взаимосвязанных сетей на основе единых глобальных адресов сетевого уровня. Требуемое качество обслуживания обеспечивается главной ЭВМ сети ATN, обрабатывающей пакеты данных.

Передача данных по авиационной сети ATN организуется с помощью трех типов систем:

- бортовых;
- наземных;

- воздушных: «борт — Земля» (Downlink) и «Земля — борт» (Uplink).

Требования, налагаемые на подсети сети АТН и соединяющие их маршрутизаторы, можно кратко свести к тому, что любые задействованные маршрутизаторы обязаны:

- использовать общий стандарт межсетевого протокола, включая унифицированное определение качества параметров обслуживания;
- обмениваться информацией о маршрутизации, используя единый стандарт протокола обмена;
- применять общий стандарт глобальной адресации сети.

Все взаимосвязанные подсети должны обеспечивать передачу межсетевого протокола, протокола маршрутизации и форматов глобальной адресации между соседними маршрутизаторами в заранее определенном явном виде. Общий стандарт межсетевого протокола, совместно с общим планом межсетевого адресации и маршрутизации, обеспечивает независимый от вида подсети интерфейс для всех пользователей сети АТН[4,с.11].

В целом, интегральная сеть АТН должна гарантировать надежную и своевременную передачи данных между конечными пользователями, независимую от протоколов и схем адресации, свойственных любой отдельно используемой подсети.

Таким образом, любые способы использования линий передачи данных в сетях авиационной цифровой электросвязи должны являться предметом международной стандартизации, даже если они предназначаются только для национального или регионального применения. Необходимы единые правила упорядоченной разработки прикладных процессов и соответствующих протоколов уровней эталонной модели открытой системы взаимодействия, позволяющие удовлетворить наиболее острые потребности авиационной цифровой электросвязи и постепенно сформировать окончательные требования к видам применяемых линий передачи данных, входящих в сеть авиационной электросвязи АТН.

Источниками исходных аэронавигационных данных являются:

- а) результаты геодезической съемки в системе географических координат, принятой или разрешенной для нужд гражданской авиации Республики Узбекистан;
- б) результаты навигационных расчетов;
- в) информация, предоставленная органами организации воздушного движения, аэродромными и другими службами, обеспечивающими полеты[5,с.844].

При передаче аэронавигационной информации по каналам связи или на внешних носителях, отправитель обеспечивает требуемый уровень целостности передаваемых данных, а получатель — контроль их целостности.

### **Литература**

1. A.U.Mukhammedov, Turaeva Nasiba, D.E.Eshmuradov. Квалиметрический анализ характеристик спутниковых навигационных

систем //Муҳаммад Ал-Хоразмий авлодлари, descendants of Muhammad Al-Khwarizmi scientific-practical and information-analytical journal. – 2022. – Т. 2. – №. 2(20). – С. 152-155.

2. В.В.Конин. Спутниковые системы связи, навигации, наблюдения К.: кафедра АНС, 2007. 350 с.;ил.- Библиограф.

3. Т.А. Назаров. Авиационная электросвязь системы передачи цифровых данных.

4. Т.А. Назаров. Авиационные правила республики Узбекистан авиационная электросвязь правила связи, включая правила, имеющие статус pans (аэ-ii).

5. Sharipov G., Turaeva N. Methods for evaluation and prediction of the state of metrological characteristics of aircraft instruments //Science and Innovation. – 2022. – Т. 1. – №. 8. – С. 843-851.

***Феоктистова Оксана Геннадьевна***

*Заведующий кафедрой вычислительных машин, комплексов, систем и сетей,  
профессор кафедры безопасности полётов и жизнедеятельности,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации, д.т.н., доцент.*

***Лутина Лилия Эмильевна***

*Доцент кафедры организации перевозок на воздушном транспорте,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации, к.т.н.*

***Лутин Аркадий Николаевич***

*Аспирант кафедры безопасности полётов и жизнедеятельности,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации*

**АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ КОМПЛЕКСНОЙ  
ПОДГОТОВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА К ПРОИЗВОДСТВУ ПОЛЁТА  
В УСЛОВИЯХ ВОЗРОЖДЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО  
АВИАСТРОЕНИЯ**

**Аннотация.** Данная статья посвящена анализу комплексной подготовки воздушного судна к полёту в условиях возрождения отечественного авиастроения на примере самолётов нового поколения типа МС-21 и Ту-214, сохранения важности выполнения задач по обеспечению безопасности полётов, их высокой регулярности. Также в данной статье выявлена необходимость обновления документа «Наставления по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в России (НТЭРАТ ГА-93).

**Ключевые слова.** Лётная годность, безопасность полётов, высокая регулярность, нормативно-правовая база, комплексная подготовка

воздушного судна, документация, летательный аппарат, эксплуатационная технологичность.

***Feoktistova Oksana Gennadievna***

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Computing Machines, Complexes, Systems and Networks, Professor of the Department of Flight Safety and Vital Activity, Moscow State Technical University of Civil Aviation

***Lutina Liliya Emilyevna***

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Transportation Organization in Air Transport, Moscow State Technical University of Civil Aviation

***Lutin Arkady Nikolaevich***

Postgraduate student of the Department of Flight Safety and Vital Activity, Moscow State Technical University of Civil Aviation.

**ANALYSIS OF THE SYSTEM OF MODERN INTEGRATED AIRCRAFT PREPARATION FOR FLIGHT PRODUCTION IN THE CONTEXT OF THE REVIVAL OF THE DOMESTIC AIRCRAFT INDUSTRY**

**Abstract.** This article is devoted to the analysis of the comprehensive preparation of an aircraft for flight in the conditions of the revival of the domestic aircraft industry using the example of new generation aircraft such as the MS-21 and Tu-214, maintaining the importance of performing flight safety tasks and their high regularity. Also, this article identifies the need to update the document “Guidelines for the technical operation and repair of aviation equipment in Russia.

**Keywords.** airworthiness, flight safety, high regularity, comprehensive aircraft preparation, documentation, aircraft, operational manufacturability.

Исторически так сложилось, что деятельность всей отрасли гражданской авиации на сегодняшний день абсолютно невозможно представить без нормативно-правовой базы, которая её регулирует. Именно таким образом, был найден подход к управлению одновременно комплексной и сложной ячейкой, не только транспортной, но и экономической системы государств. Ранее решались и на сегодняшний день продолжают решаться монументальные задачи отрасли по поддержанию лётной годности эксплуатируемых авиаперевозчиками воздушных судов, а также высокого уровня безопасности полётов совместно с регулярностью их производства. Выполнение вышеперечисленных задач позволяет показать эффективность работы отрасли гражданской авиации в целом.

Основой международного воздушного законодательства в отрасли гражданской авиации является Конвенция о международной гражданской авиации или Чикагская конвенция, подписанная в одноимённом городе 7 декабря 1944 года, и вступившая в силу 4 апреля 1947 года. Сам

физический смысл этого нормативно-правового акта заключается в постепенном развитии основных принципов работы более 190 стран-участниц Международной организации гражданской авиации ИКАО, таких, как, например, международные стандарты, прописанные в 19 приложениях к конвенции, а также рекомендуемая практика SARPs, которая принимается Советом ИКАО. Если рассматривать документы ИКАО с точки зрения строгой иерархии, то, Чикагская конвенция является «Конституцией», приложения к ней – это «законы», а ICAO Doc являются «рекомендациями». Особенность документации ИКАО состоит в том, что на её нормативно-правовой базе основывается воздушное законодательство стран-членов Организации.



Рис.1. Подписание Чикагской конвенции 7 декабря 1944 года

Важно подчеркнуть, что по состоянию на апрель 2024 года Российская Федерация остаётся одной из 193-х стран-участниц ИКАО на правах правопреемственности СССР, ставшего членом Международной организации гражданской авиации ИКАО в 1970 году, несмотря на ряд существующих проблем, требующих комплексного подхода к решению. Например, наличие у Российской Федерации статуса значительной обеспокоенности в области безопасности полётов (SSC) ИКАО, присвоенного 15 сентября 2022 года по причине наличия так называемой «двойной регистрации» у воздушных судов, эксплуатируемых отечественными авиаперевозчиками [1].

Если рассматривать отечественную систему воздушного законодательства в области эксплуатации и поддержания лётной годности воздушных судов, то необходимо сказать, что регулирующую роль здесь выполняют Федеральные Авиационные Правила, утверждаемые Министерством транспорта Российской Федерации, которое, помимо прочего, выполняет функцию авиационных властей Российской Федерации [2].

Само техническое обслуживание современных летательных аппаратов, эксплуатируемых многочисленными отечественными авиаперевозчиками, безусловно, является важным элементом в системе технической эксплуатации и поддержания лётной годности, безопасности и регулярности полётов. Процесс комплексной подготовки воздушного судна к полёту является не только частью оперативного технического обслуживания авиалайнеров, но и важным элементом всей системы технического обслуживания в целом. Непосредственными частями этого процесса являются: обслуживаемые летательные аппараты, средства механизации, а также оборудование используемые авиационным персоналом и сам авиационный персонал, который имеет профессиональную или специальную подготовку [3, с.6]. В соответствии со статьёй 52 Воздушного Кодекса Российской Федерации, к понятию «авиационный персонал» относятся лица, имеющие профессиональную подготовку, и осуществляющие деятельность по обеспечению безопасности полетов воздушных судов или авиационной безопасности, по организации, выполнению, обеспечению и обслуживанию воздушных перевозок и полетов воздушных судов, выполнению авиационных работ, организации использования воздушного пространства, организации и обслуживанию воздушного движения, а также включены в перечень специалистов авиационного персонала [4]. В дополнение к этому в пункте 5 Приказа Министерства транспорта РФ от 19 октября 2022 г. № 419 «Об утверждении Перечня специалистов авиационного персонала гражданской авиации Российской Федерации» в данный перечень входят специалисты, осуществляющие процесс технического обслуживания гражданских воздушных судов, эксплуатируемых отечественными авиаперевозчиками [5].

Поскольку процесс комплексной подготовки воздушного судна к полёту является завершающим этапом деятельности всех служб, работающих на авиапредприятии по подготовке каждого воздушного судна перед вылетом из аэропорта отправления в аэропорт назначения, целесообразно объяснить его важность. Физический смысл вышеупомянутого этапа заключается непосредственно в оперативной подготовке каждого самолёта к выполнению своей непосредственной задачи – осуществлению воздушной перевозки пассажиров, багажа или груза. В свою очередь, своевременное выполнение подготовки каждого самолёта к выполнению целевой операции зависит, прежде всего, от профессионализма инженерно-технического персонала авиапредприятия, членов экипажа воздушного судна и смежных служб аэропорта [6, с. 471].

В области комплексной подготовки воздушного судна к полёту на сегодняшний день единственным документом, предполагающей соблюдение рекомендаций по безопасному выполнению процедур входящих в перечень операций процесса данной подготовки воздушного судна к полёту является «Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России», сокращённо «НТЭРАТ ГА-93», который вступил в силу 1 января 1995 года. В таблице 1.1. представлены

процедуры, входящие в перечень операций процесса комплексной подготовки воздушного судна к полёту [7, с. 18-30].

Таблица 1.1

Процедуры, входящие в перечень комплексной подготовки воздушного судна к полёту

п/п	Процедура процесса КП ВС к полёту	Глава/пункт
1	Заправка горюче-смазочными материалами.	Глава 5. Пункт 5.1.
2	Заправка спецжидкостями, водой и зарядка газами.	Глава 5. Пункт 5.2.
3	Кондиционирование воздуха в пассажирских салонах и кабине экипажа.	Глава 5. Пункт 5.3.
4	Подогрев авиадвигателей и систем воздушных судов.	Глава 5. Пункт 5.4.
5	Удаление снега и льда с поверхности воздушных судов.	Глава 5. Пункт 5.5.
Продолжение таблицы 1.1		
6	Погрузочно-разгрузочные работы.	Глава 5. Пункт 5.6.
7	Запуск и опробование двигателей.	Глава 5. Пункт 5.7.
8	Буксировка воздушных судов.	Глава 5. Пункт 5.8.
9	Обслуживание бытового оборудования, мойка воздушных судов.	Глава 5. Пункт 5.9.
10	Работы по встрече и обеспечению стоянки воздушных судов	Глава 6. Пункт 6.2.

Предлагается обратить внимание на тот факт, что в следующем году наступает ровно 30 лет со дня вступления в силу данного документа и, в связи с этим, возникает вопрос вполне логического характера по его актуализации, поскольку, за этот временной промежуток отрасль отечественной гражданской авиации шагнула вперёд: во многих аэровокзальных комплексах изменилась инфраструктура, а также появилось большое количество новых авиаперевозчиков, эксплуатирующих воздушные суда.



## НТЭРАТ ГА-93



Рис.2. Документ «НТЭРАТ ГА-93»

Обратим внимание на главного авиаперевозчика нашего государства – авиакомпанию «Аэрофлот». На время вступления в силу документа «НТЭРАТ ГА-93», а именно в начале 1995 года, отечественный эксплуатант имел в своём воздушном парке следующие летательные аппараты: Ту-134, Ту-154, Ту-204, Як-42, Ил-86 и Ил-96-300. По состоянию на апрель 2024 года отечественный авиаперевозчик эксплуатирует самолёты семейства Boeing: 777-300ER, 737-800; семейства Airbus: A350-900, A330-300; A321, A321NEO, A320, A320NEO. Говоря о вышеперечисленных летательных аппаратах, необходимо подчеркнуть, что воздушные суда, эксплуатируемые сегодня, являются более совершенными по своим лётно-техническим характеристикам. В сентябре 2022 года между ПАО «Аэрофлот» и ПАО «Объединённая авиастроительная корпорация» было подписано соглашение о намерениях в отношении приобретения 339 самолётов отечественного производства. В соответствии с данным соглашением в период до 2030 года Группа «Аэрофлот» получит 210 летательных аппаратов типа МС-21, 89 летательных аппаратов типа SJ-100 и 40 летательных аппаратов типа Ту-214. Далее рассмотрим воздушные суда типа Ту-214 и МС-21 [8].

Летательный аппарат Ту-214 является магистральным узкофюзеляжным двухдвигательным самолетом с высокой топливной экономичностью. В соответствии с информацией от представителей разработчика АО «Туполев», данное воздушное судно обладает рядом конкурентоспособных преимуществ:

- 1) Современной аэродинамической компоновкой;
- 2) Высоким аэродинамическим качеством;
- 3) Совершенной конструкцией планера, систем оборудования;
- 4) Современным пилотажно-навигационным комплексом оборудования;
- 5) Современными экономичными двигателями ПС-90А [9].





Рис.3. Образец самолёта Ту-214

Далее рассмотрим авиалайнер МС-21-300. На 2024-2025 годы запланировано начало постепенного ввода в эксплуатацию воздушного парка авиакомпаний Группы «Аэрофлот» проекта отечественной корпорации «Иркут» - семейства среднемагистральных узкофюзеляжных самолётов с расширенными эксплуатационными возможностями и качественно новым уровнем экономической эффективности МС-21-300. В соответствии с информацией, представленной корпорацией «Иркут», преимущества данного самолёта заключаются в:

- 1) Улучшении эксплуатационной эффективности одновременно со снижением операционных расходов;
- 2) Расширенных операционных возможностях авиалайнера;
- 3) Использовании инновационных решений в конструкции агрегатов планера и систем, а также выбор перспективного экономичного и экологического двигателя ПД-14;
- 4) Удовлетворении перспективным требованиям по воздействию на окружающую среду;
- 5) Сокращённом времени оборота в аэропорту [10].



Рис.4. Образец самолёта МС-21-300

Как раз сокращённое время оборота в аэропорту является тем самым преимуществом отечественного воздушного судна нового поколения, которое имеет отношение к процессу комплексной подготовке воздушного судна

к полёту, как элементу оперативного технического обслуживания, а также к важному свойству каждого судна – его эксплуатационной технологичности.

Под эксплуатационной технологичностью понимается свойство конструкции авиалайнера в приспособленности к выполнению комплексов работ по техническому обслуживанию, а также и ремонту с использованием наиболее экономичных технологических процессов. Эксплуатационная технологичность является составной частью надёжности – свойства сохранения летательным аппаратом во время эксплуатации в установленных пределах значений всех его параметров, которые характеризуют возможность авиалайнера выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, ремонта, хранения, и транспортирования. Термин «надёжность» является более широким, чем ремонтпригодность самолёта – свойство приспособленности летательного аппарата непосредственно к обнаружению и устранению отказов и повреждений. Можно построить логическую цепочку: чем современнее эксплуатируемый самолёт, тем лучше его эксплуатационная технологичность, а чем лучше эксплуатационная технологичность, тем меньше экономических, человеческих, а также временных затрат необходимо авиапредприятию для успешного проведения процедур комплексной подготовки воздушного судна к полёту, входящей в процесс оперативного технического обслуживания [11].

Сам процесс комплексной подготовки воздушного судна к полёту является строго контролируемым, поскольку, он выполняется в соответствии с технологическими графиками, нарушение которых строго не допускается во избежание нарушения суточного плана полётов аэропорта. В этой связи возникает вполне справедливый вопрос о целесообразности обновления документа, регламентирующего пошаговое выполнение операций, входящих в комплексную подготовку воздушного судна к полёту одновременно с внедрением новых отечественных воздушных судов в парки российских авиаперевозчиков, поскольку, данный пример демонстрирует наличие важной взаимосвязи между авиационной техникой и документацией.

Предполагается, что отрасли гражданской авиации необходимы обновления взаимного характера, то есть, при улучшении отечественной аэропортовой инфраструктуры, и ввода в воздушный парк авиакомпаний российских воздушных судов нового поколения, необходимо обновление нормативно-правовой базы воздушного законодательства, затрагивающие вопросы технического обслуживания, на примере документа НТЭРАТ ГА-93, регламентирующего проведение ряда операций, входящих в перечень комплексной подготовки воздушного судна к полёту.

## Литература

1. ICAO Safety Audit Results: USOAP interactive viewer [Электронный ресурс] // ИКАО: [сайт]. URL: <https://www.icao.int/safety/Pages/USOAP-Results.aspx> (дата обращения 15.04.2024).
2. Федеральные авиационные правила [Электронный ресурс] // Росавиация [сайт]. URL: <https://favt.gov.ru/dokumenty-federalnye-pravila> (дата обращения 15.04.2024).
3. Найда В.А. Инженерные основы лётно-технической эксплуатации летательных аппаратов: Тексты лекций. – М.: МГТУ ГА, 2003. – 6 с.
4. Воздушный кодекс Российской Федерации. Статья 52 «Авиационный персонал» [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_13744/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_13744/) (дата обращения 15.04.2024).
5. Приказ Минтранса России от 19.10.2022 N 419 «Об утверждении Перечня специалистов авиационного персонала гражданской авиации Российской Федерации» (Зарегистрировано в Минюсте России 28.11.2022 N 71168) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс [сайт]. URL: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_432557/9a5e87488d178aef0667d295c8cfedfeb06b684d/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_432557/9a5e87488d178aef0667d295c8cfedfeb06b684d/) (дата обращения 15.04.2024).
6. Смирнов, Н.Н., Чинючин, Ю.М. Основы теории технической эксплуатации летательных аппаратов: учебник. – М.: МГТУ ГА; 2015. – 471 с.
7. Приказ ДВТ Минтранса РФ от 20 июня 1994 г. N ДВ-58 Об утверждении «Наставления по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России». Наставление по технической эксплуатации и ремонту авиационной техники в гражданской авиации России (НТЭРАТ ГА-93). 1995. – 18-30 с.
8. Самолётный парк [Электронный ресурс] // Аэрофлот: [сайт]. URL: [https://www.aeroflot.ru/ru-ru/about/plane\\_park](https://www.aeroflot.ru/ru-ru/about/plane_park) (дата обращения 16.04.2024).
9. Ту-214 [Электронный ресурс] // АО Туполев: [сайт]. URL: <https://www.tupolev.ru/planes/tu-214/> (дата обращения 16.04.2024).
10. МС-21 [Электронный ресурс] // ОАК Яковлев: [сайт]. URL: <https://yakovlev.ru/products/mc-21//> (дата обращения 16.04.2024).
11. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М. Эксплуатационная технологичность летательных аппаратов: Учеб. Пособие для вузов. – М.: Транспорт, 1994. – 3-5 с.

***Елисеев Александр Вячеславович***

*Профессор кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования,  
Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), д.т.н., доцент*

***Истомина Ирина Андреевна***

*Инженер 2 кат., федеральное государственное унитарное предприятие  
«Ростовский-на-Дону научно-исследовательский институт радиосвязи»*

## **ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА**

**Аннотация.** Рассмотрена задача идентификации технического состояния радиопередающего устройства телекоммуникационной системы. Произведен выбор множества диагностических параметров, таких как мощность на выходе передатчика, коэффициент стоячей волны по напряжению, относительная нестабильность частоты, модуль вектора ошибок. Разработана экспертная система, формирующая на основе множества продукционных правил и нечеткого логического вывода оценку технического состояния радиопередающего устройства.

**Ключевые слова.** идентификация технического состояния, диагностические параметры, функция принадлежности, продукционные правила, нечеткий логический вывод.

***Eliseev Alexander Vyacheslavovich***

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor*

*Professor of the Department «Aviation electrical and radio equipment»*

***Istomina Irina Andreevna***

*Engineer 2 cat. FSUE «RNIIRS»*

## **IDENTIFICATION OF THE TECHNICAL CONDITION OF A RADIO TRANSMITTING DEVICE OF A TELECOMMUNICATION SYSTEM BASED ON A FUZZY LOGICAL CONCLUSION**

**Abstract.** The problem of identifying the technical condition of a radio transmitting device of a telecommunication system is considered. A variety of diagnostic parameters were selected, such as the output power of the transmitter, the voltage standing wave coefficient, relative frequency instability, and the error vector modulus. An expert system has been developed that forms an assessment of the technical condition of a radio transmitting device based on a set of production rules and fuzzy logical inference.

**Keywords.** identification of the technical condition, diagnostic parameters, membership function, production rules, fuzzy logical conclusion.

Известно [1], что техническая эксплуатация радиотехнических систем (РТС) различного назначения предполагает применение одной из двух известных стратегий технического обслуживания (ТО) – по наработке, по состоянию. Первая стратегия предполагает проведение ТО или через фиксированные временные интервалы, или через фиксированные интервалы наработки. Достоинствами данной стратегии являются как гарантированное поддержание надежности РТС путем проведения её обслуживания, независимо от состояния, так и отсутствие необходимости проведения контроля диагностических параметров РТС в процессе её применения по целевому назначению. В качестве недостатков стратегии ТО по наработке можно отметить возможность неконтролируемого существенного снижения надежности РТС в интервалах между плановыми ТО, а также относительно низкая экономическая эффективность технической эксплуатации РТС, так как затраты материальных средств производятся в любом случае, независимо от реального состояния системы. Стратегия ТО по состоянию лишена указанных недостатков, но требует для своего применения наличия достоверной системы технической диагностики, реализующей метод функционального диагноза в реальном времени. Таким образом, для практического внедрения технологии ТО по состоянию необходимо совершенствовать системы идентификации технического состояния телекоммуникационных систем (ТКС) – системы технического диагностирования (СТД).

Существующие СТД ТКС основываются, как правило, на применении векторных диагностических показателей и строгих (четких) критериев качества, заключающихся в сравнении отдельного диагностического параметра с полем допусков [1-3]. Такие критерии, с одной стороны, просты в применении – только операция сравнения, а с другой стороны, не учитывают наличие нелинейной связи между диагностическими параметрами, влияющей на общее техническое состояние системы, и позволяющей сформировать дополнительные признаки приближения ТКС к предотказному состоянию. Для преодоления указанного недостатка существующих СТД целесообразно применение нечетких экспертных диагностических систем [4-6].

Цель работы – обеспечение интегральной оценки технического состояния радиопередающего устройства (РПРДУ) ТКС.

Для достижения цели необходимо решение следующих задач:

1. Выбор диагностических параметров.
2. Синтез нечеткой экспертной системы идентификации технического состояния РПРДУ ТКС.

#### **Выбор диагностических параметров**

Разработка СТД предполагает решение следующих частных задач:

1. Выбор диагностических параметров.
2. Задание допусков для диагностических параметров.
3. Выбор состава и типов средств измерений диагностических параметров.

4. Определение критерия для принятия решения о конкретном техническом состоянии объекта диагностики.
5. Разработка алгоритма технического диагностирования.

Рассмотрим более подробно некоторые из перечисленных задач.

При выборе диагностических параметров объекта диагностики, в качестве которого рассматривается РПРДУ базовой станции системы мобильной связи, следует использовать такие критерии как степень влияния параметра на качество передачи информации, а также физическую возможность контроля данного параметра. С учетом этих критериев предлагается следующий набор диагностических параметров: выходная мощность передатчика  $P_{tr}$ , относительная нестабильность частоты  $\delta f$ , коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН), модуль вектора ошибок (EVM).

Для задания допусков диагностических параметров необходимо провести анализ соответствующих нормативных документов [1-3].

Рассмотрим более подробно каждый диагностический параметр и определим на них допуски.

Мощность передатчика  $P_{tr}$  обеспечивает требуемые значения дальности действия и помехоустойчивости передачи информации. В [2] указано, что допустимая мощность передатчика базовой станции локального радиуса действия зависит от количества антенн, так, например, в случае четырех антенн выходная мощность должна удовлетворять условию  $P_{tr} \leq 18 \text{ дБм}$ , обеспечивающему выполнение требований санитарных норм.

Относительная нестабильность частоты  $\delta f$  характеризует уход частоты синтезатора частот телекоммуникационного оборудования за определенный временной интервал:

$$\delta f = \frac{Df}{f_n} = \frac{f_p - f_n}{f_n}, \quad (1)$$

где  $f_p, f_n$  – реальное и номинальное значения частот, соответственно.

В соответствии с требованиями [2] относительное отклонение частоты для базовых станций локального радиуса действия не должно превышать значения  $0,1 \cdot 10^{-6}$ .

Коэффициент стоячей волны по напряжению (КСВН) характеризует режим волн в линии передачи (стоячая волна, бегущая волна), который, в свою очередь, характеризует степень согласованности антенно-фидерного тракта с выходом передатчика.

Формула для расчета КСВН имеет вид:

$$КСВН = \frac{1 + |\rho|}{1 - |\rho|} \geq 1, \quad (2)$$

где  $\rho$  – коэффициент отражения.

В соответствии с руководящим документом [3] на значение КСВН накладывается следующее условие:  $КСВН \leq 1,5$ .

Модуль вектора ошибок – Error Vector Magnitude (EVM) – отношение среднеквадратического отклонения вектора ошибки к средней амплитуде квадратурного радиосигнала, выраженное в процентах [2, 7], в общем случае используется для характеристики помехоустойчивости цифрового канала передачи. Данный параметр характеризует как шумы в канале передачи, так и нелинейные искажения в канале. При этом нелинейные искажения могут быть как в приемнике, так и в передатчике. По этой причине, параметр EVM может быть использован для диагностики передатчика при условии, что его измерение выполняется средством измерений, уровень искажений которого приемлем для данной задачи диагностики. При этом полагается, что средство измерений находится в непосредственной близости к объекту диагностики для исключения влияния на измеренное значение параметра EVM характеристик канала распространения сигнала.

Усредненное значение показателя EVM для кадра длиной  $N$  символов определяется следующим образом [7]:

$$EVM = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |\bar{e}|^2}{\sum_{i=1}^N (I_i^2 + Q_i^2)}} 100\%, \quad (3)$$

где  $|\bar{e}|^2 = (I_i - I_i^*)^2 + (Q_i - Q_i^*)^2$ ,  $I_i, Q_i$  – синфазная и квадратурная составляющие оригинального сигнала  $S_i$ ,  $I_i^*, Q_i^*$  – синфазная и квадратурная составляющие искаженного при прохождении по трактам передающего устройства сигнала  $S_i^*$ ,  $i = \overline{1, N}$ .

Максимально допустимая величина значения вектора ошибки модуляции передаваемого сигнала не должна превышать [2]: 17,5% - при модуляции QPSK; 12,5% - при модуляции 16QAM; 8% - при модуляции 64QAM; 3,5% - при модуляции 256QAM.

Выбор состава и типов средств измерений диагностических параметров – для измерения диагностических параметров потребуются измеритель мощности, измеритель КСВ, измеритель центральной частоты спектра сигнала, измеритель EVM. Следует отметить, что последние два параметра целесообразно измерять с использованием многофункциональных приборов, таких как анализаторы спектра, векторные анализаторы, измерительные приемники.

Для принятия решения об уровне качества или виде технического состояния принято использовать критерий пригодности, в соответствии с которым объект считается пригодным для использования, если реальные значения диагностических параметров  $\gamma_i, i = \overline{1, N}$  удовлетворяют заданным ограничениям  $\gamma_i^*$ , например [8]:

$$K_{QoS} = \begin{cases} I_1, & \text{если } (\gamma_1 \leq \gamma_1^* \text{ и } \gamma_2 \leq \gamma_2^* \text{ и } \dots \text{ и } \gamma_N \geq \gamma_N^*), \\ I_0, & \text{иначе,} \end{cases} \quad (4)$$



где  $I_1, I_0$  – возможные исходы оценки качества ПРДУ, соответственно,  $I_1$  – качество ПРДУ «удовлетворительное» и  $I_0$  – качество РПРДУ «неудовлетворительное».

Однако следует отметить, что критерий (4) не позволяет выявлять предотказные состояния РПРДУ, а также не учитывает имеющуюся неопределенность о степени влияния каждого параметра на общее состояние системы. По этой причине целесообразно для решения задачи технической диагностики использовать нечеткую экспертную систему [3-6, 9].

### Синтез нечеткой экспертной системы идентификации технического состояния РПРДУ ТКС

С учетом выбранных диагностических параметров, а также рассмотренных выше требований к критерию принятия решения о качестве РПРДУ, целесообразно применение следующей схемы СТД, представленной на рисунке 1.

Схема содержит такие основные элементы, как объект диагностики – ПРДУ, состоящее из передатчика (ПРД), фидерного тракта (ФТ), антенны (Ант. ПРД), подсистему технического диагностирования (ПСТД), включающую в себя средства измерений диагностических параметров (измеритель мощности (ИМ), два измерителя коэффициента стоячей волны по напряжению (ИКСВ1, ИКСВ2), измерительный приемник (ИПРМ) с антенной (Ант. ПРМ), оперативно советуемую экспертную систему технического диагностирования (ОСЭС ТД), оператора, принимающего окончательное решение о техническом состоянии ПРДУ.

Рассмотрим более подробно принцип функционирования СТД. Будем считать, что процесс функционирования СТД в каждый момент времени можно охарактеризовать одной из некоторого множества проблемных ситуаций (ПрС) [5, 6], каждая из которого косвенным образом связана с конкретным техническим состоянием системы. Полагаем, что произвольная ПрС характеризуется ситуационным вектором  $sv = [sv_k, k = \overline{1, K}]^T$ , элементы  $sv_k$  которого представлены в виде лингвистических переменных.

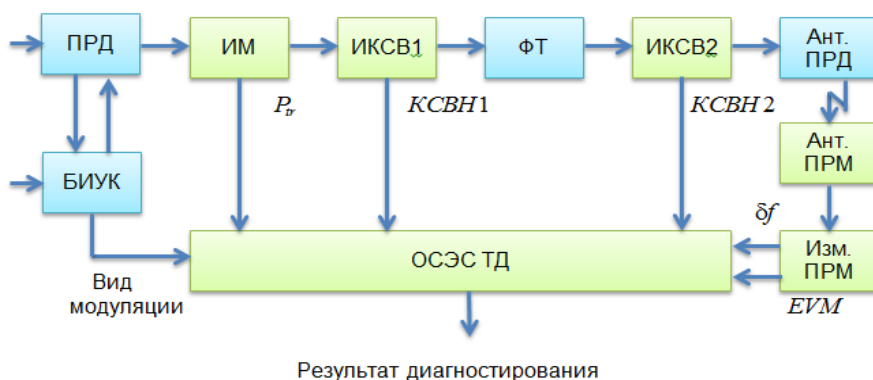


Рисунок 1 – Структурная схема системы технического диагностирования ПРДУ ТКС



С учетом выбранных ранее диагностических параметров, примем, что ситуационный вектор  $sv = [sv_k, k = \overline{1,5}]^T$  содержит следующие элементы – лингвистические переменные:

$sv_1$  – «выходная мощность ПРД ( $P_{tr}$ )»,  $sv_2$  – «относительная нестабильность частоты ( $\delta f$ )»,  $sv_3$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе ФТ (КСВН1)»,  $sv_4$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе Ант. ПРД (КСВН2)»,  $sv_5$  – «модуль вектора ошибок (EVM)».

Для каждой лингвистической переменной  $sv_k, k = \overline{1,5}$  зададим множество термов  $SV_k = \{SV_k^l, l = \overline{1,3}\}$ , определяющих значения переменной в лингвистической форме:

– для переменной  $sv_1$  – «выходная мощность ПРД ( $P_{tr}$ )»

$$SV_1 = \{SV_1^l, l = \overline{1,3}\} = \left\{ \begin{array}{l} SV_1^1 - \text{"низкое значение } P_{tr} \text{ (НЗ\_} P_{tr} \text{)"}, \\ SV_1^2 - \text{"среднее значение } P_{tr} \text{ (СРЗ\_} P_{tr} \text{)"}, \\ SV_1^3 - \text{"предельно допустимое значение } P_{tr} \text{ (ПРДЗ\_} P_{tr} \text{)"}, \end{array} \right\}; \quad (5)$$

– для переменной  $sv_2$  – «относительная нестабильность частоты ( $\delta f$ )»

$$SV_2 = \{SV_2^l, l = \overline{1,3}\} = \left\{ \begin{array}{l} SV_2^1 - \text{"низкое значение } \delta f \text{ (НЗ\_} \delta f \text{)"}, \\ SV_2^2 - \text{"среднее значение } \delta f \text{ (СРЗ\_} \delta f \text{)"}, \\ SV_2^3 - \text{"высокое значение } \delta f \text{ (ВЗ\_} \delta f \text{)"}, \end{array} \right\}; \quad (6)$$

– для переменных  $sv_3$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе ФТ (КСВН1)»,  $sv_4$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе Ант. ПРД (КСВН2)», соответственно

$$SV_3 = \{SV_3^l, l = \overline{1,3}\} = \left\{ \begin{array}{l} SV_3^1 - \text{"низкое значение КСВН1 (НЗ\_КСВН1)"}, \\ SV_3^2 - \text{"среднее значение КСВН1 (СРЗ\_КСВН1)"}, \\ SV_3^3 - \text{"высокое значение КСВН1 (ВЗ\_КСВН1)"}, \end{array} \right\}; \quad (7)$$

$$SV_4 = \{SV_4^l, l = \overline{1,3}\} = \left\{ \begin{array}{l} SV_4^1 - \text{"низкое значение КСВН2 (НЗ\_КСВН2)"}, \\ SV_4^2 - \text{"среднее значение КСВН2 (СРЗ\_КСВН2)"}, \\ SV_4^3 - \text{"высокое значение КСВН2 (ВЗ\_КСВН2)"}, \end{array} \right\}; \quad (8)$$

– для переменной  $sv_5$  – «модуль вектора ошибок (EVM)»

$$SV_5 = \{SV_5^l, l = \overline{1,3}\} = \left\{ \begin{array}{l} SV_5^1 - \text{"низкое значение EVM (НЗ\_EVM)"}, \\ SV_5^2 - \text{"среднее значение EVM (СРЗ\_EVM)"}, \\ SV_5^3 - \text{"высокое значение EVM (ВЗ\_EVM)"}, \end{array} \right\}. \quad (9)$$

Полагаем, что лингвистические переменные  $sv_k, k = \overline{1,5}$  заданы, соответственно, на универсумах  $U_1 = [0, 18]$  дБм,  $U_2 = [0, 2 \cdot 10^{-7}]$ ,  $U_3 = [1, 3]$ ,  $U_4 = [1, 3]$ ,  $U_5 = [0, 20]\%$  а их термы описываются функциями принадлежности  $\{\mu_{SV_k^l}, k = \overline{1,5}, l = \overline{1,3}\}$ .

Зададим термы  $SV_1 = \{SV_1^l, l = \overline{1,3}\}$  лингвистической переменной  $sv_1$  – «выходная мощность ПРД ( $P_{tr}$ )» следующими трапецеидальными функциями принадлежности (рисунки 2-4), параметры которых были выбраны на основе анализа требований, рассмотренных в [2, 3]:

– функция принадлежности терма  $SV_1^1$

$$\mu_{SV_1^1}(P_{tr}, c_{11}, d_{11}) = \begin{cases} 1, & \text{если } P_{tr} < c_{11} \\ \frac{d_{11} - P_{tr}}{d_{11} - c_{11}}, & \text{если } c_{11} \leq P_{tr} \leq d_{11}, \\ 0, & \text{если } P_{tr} > d_{11}, \end{cases} \quad (10)$$

где  $c_{11} = 11$  дБм,  $d_{11} = 12$  дБм;

– функция принадлежности терма  $SV_1^2$

$$\mu_{SV_1^2}(P_{tr}, a_{12}, b_{12}, c_{12}, d_{12}) = \begin{cases} 0, & \text{если } P_{tr} < a_{12} \\ \frac{P_{tr} - a_{12}}{b_{12} - a_{12}}, & \text{если } a_{12} \leq P_{tr} < b_{12}, \\ 1, & \text{если } b_{12} \leq P_{tr} \leq c_{12}, \\ \frac{d_{12} - P_{tr}}{d_{12} - c_{12}}, & \text{если } c_{12} < P_{tr} \leq d_{12}, \\ 0, & \text{если } P_{tr} > d_{12}, \end{cases} \quad (11)$$

где

$a_{12} = 11$  дБм,  $b_{12} = 12$  дБм,  $c_{12} = 15$  дБм,  $d_{12} = 16$  дБм;

– функция принадлежности терма  $SV_1^3$

$$\mu_{SV_1^3}(P_{tr}, a_{13}, b_{13}) = \begin{cases} 0, & \text{если } P_{tr} < a_{13}, \\ \frac{P_{tr} - a_{13}}{b_{13} - a_{13}}, & \text{если } a_{13} \leq P_{tr} \leq b_{13}, \\ 1, & \text{если } P_{tr} > b_{13}, \end{cases} \quad (12)$$

где  $a_{13} = 15$  дБм,  $b_{13} = 16$  дБм.

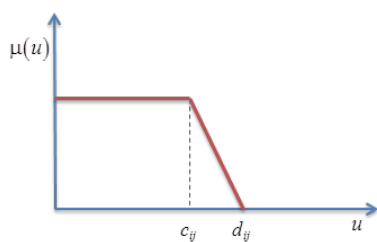


Рисунок 2 – Общий вид функции принадлежности терма  $SV_1^1$

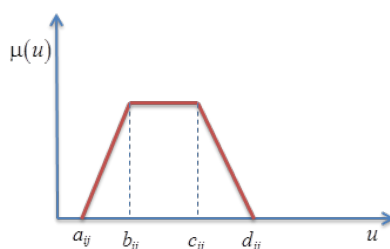


Рисунок 3 – Общий вид функции принадлежности терма  $SV_1^2$

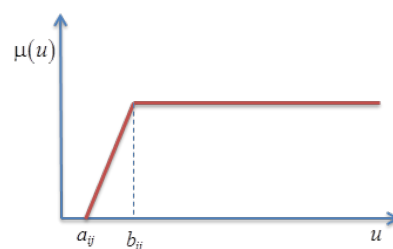


Рисунок 4 – Общий вид функции принадлежности терма  $SV_2^3$

Термы  $SV_2 = \{SV_2^l, l = \overline{1,3}\}$ ,  $SV_3 = \{SV_3^l, l = \overline{1,3}\}$ ,  $SV_4 = \{SV_4^l, l = \overline{1,3}\}$ , лингвистических переменных  $sv_2$  – «относительная нестабильность частоты ( $\delta f$ )»,  $sv_3$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе ФТ (КСВН1)»,  $sv_4$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе Ант. ПРД (КСВН2)», также задаются трапецеидальными функциями принадлежности вида (10)-(12), но с другими параметрами, соответственно:

- для переменной  $sv_2$  – «относительная нестабильность частоты ( $\delta f$ )»

$$\begin{aligned} \mu_{sv_2^1}(P_{tr}, c_{21}, d_{21}) &= \mu_{sv_2^1}(P_{tr}; 0,8 \cdot 10^{-7}; 1 \cdot 10^{-7}), \\ \mu_{sv_2^2}(P_{tr}, a_{22}, b_{22}, c_{22}, d_{22}) &= \mu_{sv_2^2}(P_{tr}; 0,8 \cdot 10^{-7}; 1 \cdot 10^{-7}; 1,5 \cdot 10^{-7}; 1,7 \cdot 10^{-7}), \\ \mu_{sv_2^3}(P_{tr}, a_{23}, b_{23}) &= \mu_{sv_2^3}(P_{tr}; 1,5 \cdot 10^{-7}; 1,7 \cdot 10^{-7}); \end{aligned} \quad (13)$$

- для переменной  $sv_3$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе ФТ (КСВН1)»

$$\begin{aligned} \mu_{sv_3^1}(P_{tr}, c_{31}, d_{31}) &= \mu_{sv_3^1}(P_{tr}; 1,5; 1,75), \\ \mu_{sv_3^2}(P_{tr}, a_{32}, b_{32}, c_{32}, d_{32}) &= \mu_{sv_3^2}(P_{tr}; 1,5; 1,75; 2,25; 2,5), \\ \mu_{sv_3^3}(P_{tr}, a_{33}, b_{33}) &= \mu_{sv_3^3}(P_{tr}; 2,25; 2,5); \end{aligned} \quad (14)$$

- для переменной  $sv_4$  – «коэффициент стоячей волны по напряжению на входе ФТ (КСВН2)»

$$\begin{aligned} \mu_{sv_4^1}(P_{tr}, c_{41}, d_{41}) &= \mu_{sv_4^1}(P_{tr}; 1,5; 1,75), \\ \mu_{sv_4^2}(P_{tr}, a_{32}, b_{32}, c_{32}, d_{32}) &= \mu_{sv_4^2}(P_{tr}; 1,5; 1,75; 2,25; 2,5), \\ \mu_{sv_4^3}(P_{tr}, a_{33}, b_{33}) &= \mu_{sv_4^3}(P_{tr}; 2,25; 2,5). \end{aligned} \quad (15)$$

Термы  $sv_5 = \{sv_5^l, l = \overline{1,3}\}$  для переменной  $sv_5$  – «модуль вектора ошибок (EVM)» задаются следующими функциями принадлежности (применительно к модуляции 256QAM):

- функция принадлежности термов  $sv_5^1$  и  $sv_5^3$  задаются аналогично (10), (12), соответственно,

$$\mu_{sv_5^1}(EVM, c_{51}, d_{51}) = \mu_{sv_5^1}(EVM; 3; 4), \quad \mu_{sv_5^3}(EVM, a_{53}, b_{53}) = \mu_{sv_5^3}(EVM; 4; 5);$$

- функция принадлежности терма  $sv_5^2$  имеет треугольный вид (рисунок 5)

$$\mu_{sv_5^2}(EVM, a_{52}, b_{52}, c_{52}) = \begin{cases} 0, & \text{если } EVM < a_{52} \\ \frac{EVM - a_{52}}{b_{52} - a_{52}}, & \text{если } a_{52} \leq EVM < b_{52}, \\ \frac{c_{52} - EVM}{c_{52} - b_{52}}, & \text{если } b_{52} < EVM \leq c_{52}, \\ 0, & \text{если } EVM > c_{52}, \end{cases} \quad (16)$$

Где  $a_{52} = 3\%$ ,  $b_{52} = 4\%$ ,  $c_{52} = 5\%$ .

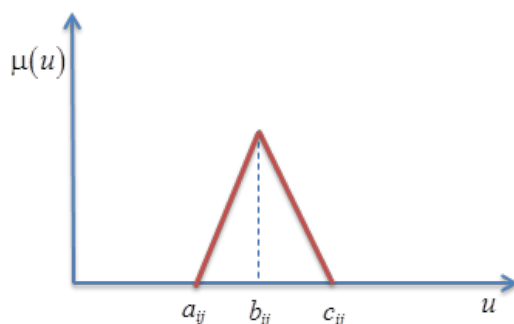


Рисунок 5 – Общий вид функции принадлежности терма  $sv_5^2$

Для других видов модуляции параметры функций принадлежности терм-множества  $SV_5 = \{SV_5^l, l = \overline{1,3}\}$  приведены в таблице 1.

Таблица 3.1 – Параметры функций принадлежности терм-множества  $SV_5$

Вид модуляции	Функции принадлежности		
	$\mu_{SV_5^1}(EVM, c_{51}, d_{51})$	$\mu_{SV_5^2}(EVM, a_{52}, b_{52}, c_{52})$	$\mu_{SV_5^3}(EVM, a_{53}, b_{53})$
64QAM	$\mu_{SV_5^1}(EVM; 8; 9)$	$\mu_{SV_5^2}(EVM; 8; 9; 10)$	$\mu_{SV_5^3}(EVM; 9; 10)$
16QAM	$\mu_{SV_5^1}(EVM; 12; 13)$	$\mu_{SV_5^2}(EVM; 12; 13; 14)$	$\mu_{SV_5^3}(EVM; 13; 14)$
QPSK	$\mu_{SV_5^1}(EVM; 17; 18)$	$\mu_{SV_5^2}(EVM; 17; 18; 19)$	$\mu_{SV_5^3}(EVM; 18; 19)$

В качестве выходной переменной ОСЭС ТД рассмотрим лингвистическую переменную  $p_{v1}$  – «показатель качества ПРДУ (IQ\_RTrD)», заданную на универсуме  $W = [0, 10]$ , и принимающую следующие значения

$$PV = \{PV^p, p = \overline{1;4}\} = \left. \begin{array}{l} \text{"очень низкое значение (ОНЗ\_IQ\_RTrD) "}, \\ \text{"низкое значение (НЗ\_IQ\_RTrD) "}, \\ \text{"среднее значение (СПЗ\_IQ\_RTrD) "}, \\ \text{"высокое значение (ВЗ\_IQ\_RTrD) "} \end{array} \right\}.$$

Термы множества  $PV = \{PV^p, p = \overline{1;4}\}$  зададим трапециевидными функциями принадлежности по аналогии с (10)-(12)

$$\begin{aligned} \mu_{p_{v1}}(IQ\_RTrD, c_1, d_1) &= \mu_{p_{v1}}(IQ\_RTrD; 3; 4), \\ \mu_{p_{v2}}(IQ\_RTrD, a_2, b_2, c_2, d_2) &= \mu_{p_{v2}}(IQ\_RTrD; 3; 4; 5; 6), \\ \mu_{p_{v3}}(IQ\_RTrD, a_3, b_3, c_3, d_3) &= \mu_{p_{v3}}(IQ\_RTrD; 5; 6; 7; 8) \quad (17) \\ \mu_{p_{v4}}(IQ\_RTrD, a_4, b_4) &= \mu_{p_{v4}}(IQ\_RTrD; 7; 8). \end{aligned}$$

Связь между вектором входных переменных  $SV$ , представляющих собой частные показатели технического состояния объекта диагностики – РПРДУ, и выходной переменной  $p_{v1}$  – «показатель качества ПРДУ (IQ\_RTrD)», характеризующей оценку технического состояния в виде баллов, принимающих значения от 1 до 10 (универсум  $W = [0, 10]$ ), задается системой нечетких продукционных правил  $fr_s, s = \overline{1, S_{fr}}$  следующего вида:

- $fr_1$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ\_Pr)$  и  $(sv_2 = НЗ\_df)$  и  $(sv_3 = НЗ\_КCBH1)$  и  $(sv_4 = НЗ\_КCBH2)$  и  $(sv_5 = НЗ\_EVM)$ ,  
то  $(p_{v1} = ВЗ\_IQ\_RTrD)$ ,
- $fr_2$ : если  $(sv_1 = СПЗ\_Pr)$  и  $(sv_2 = НЗ\_df)$  и  $(sv_3 = НЗ\_КCBH1)$  и  $(sv_4 = НЗ\_КCBH2)$  и  $(sv_5 = НЗ\_EVM)$ ,  
то  $(p_{v1} = ВЗ\_IQ\_RTrD)$ ,
- $fr_3$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ\_Pr)$  и  $(sv_2 = СПЗ\_df)$  и  $(sv_3 = СПЗ\_КCBH1)$  и  $(sv_4 = СПЗ\_КCBH2)$  и  $(sv_5 = НЗ\_EVM)$ ,  
то  $(p_{v1} = СПЗ\_IQ\_RTrD)$ ,
- $fr_4$ : если  $(sv_1 = СПЗ\_Pr)$  и  $(sv_2 = СПЗ\_df)$  и  $(sv_3 = НЗ\_КCBH1)$  и  $(sv_4 = НЗ\_КCBH2)$  и  $(sv_5 = НЗ\_EVM)$ ,  
то  $(p_{v1} = СПЗ\_IQ\_RTrD)$ ,

$fr_5$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = H3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = CP3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = H3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = CP3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_6$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = CP3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = H3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = H3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = CP3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_7$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = H3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = H3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = H3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = CP3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_8$ : если  $(sv_1 = CP3_{Pr})$  и  $(sv_2 = H3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = H3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = H3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = CP3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_9$ : если  $(sv_1 = CP3_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = CP3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = CP3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = CP3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{10}$ : если  $(sv_1 = CP3_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = B3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = B3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{11}$ : если  $(sv_1 = CP3_{Pr})$  и  $(sv_2 = B3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = H3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = H3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = B3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,

(18)

$fr_{12}$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = B3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = H3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = B3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{13}$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = H3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = B3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = B3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{14}$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = B3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = B3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{15}$ : если  $(sv_1 = CP3_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = B3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = CP3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{16}$ : если  $(sv_1 = CP3_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = CP3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = B3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{17}$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = B3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = B3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = B3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = B3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{18}$ : если  $(sv_1 = ПРДЗ_{Pr})$  и  $(sv_2 = CP3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = CP3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = CP3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = B3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{19}$ : если  $(sv_1 = H3_{Pr})$  и  $(sv_2 = B3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = B3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = B3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = B3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{20}$ : если  $(sv_1 = H3_{Pr})$  и  $(sv_2 = B3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = CP3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = B3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = CP3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ ,  
 $fr_{21}$ : если  $(sv_1 = H3_{Pr})$  и  $(sv_2 = H3_{\delta f})$  и  $(sv_3 = H3_{КСВН1})$  и  $(sv_4 = H3_{КСВН2})$  и  $(sv_5 = B3_{EVM})$ ,  
 то  $(pv_1 = H3_{IQ\_RTrD})$ .

Для реализации нечеткого логического вывода используем «максимное» правило Мамдани-Заде [9]. В этом случае выражение для выходной функции принадлежности  $\mu_{pv_1s}$  лингвистической переменной  $pv_1$  – «показатель качества ПРДУ (IQ\_RTrD)» принимает вид:

$$\mu_{pv_1s}(pv_1) = \mu_{pv_1s}(pv_1 | \mathbf{sv}^*) = \max_s \min \left( \min \left( \mu_{sv_1(s)}^*, \mu_{sv_2(s)}^*, \mu_{sv_3(s)}^*, \mu_{sv_4(s)}^*, \mu_{sv_5(s)}^* \right), \mu_{pv_1(s)} \right), \quad (19)$$

где  $\mu_{sv_k(s)} \in \left\{ \mu_{sv_k^l}, l = \overline{1, m_k} \right\}$ ,  $\mu_{pv_1(s)} \in \left\{ \mu_{pv_1^p}, p = \overline{1, n_m} \right\}$  – соответственно, функции принадлежности лингвистических переменных  $sv_k, k = \overline{1, 5}$  и  $pv_1$  входящих в состав продукционного правила с номером  $fr_s, s = \overline{1, S_{fr}}$  системы правил (18);

$sv^* = [sv_k^*, k = \overline{1,5}]^T$ ,  $sv_k^*, k = \overline{1,5}$  – четкие значения входных переменных, поступающих на вход ОСЭС ТД,  $\mu_{sv_k(s)}^* = \mu_{sv_k(s)}(sv_k^*)$ ,  $k = \overline{1,5}$ ,  $s = \overline{1, S_{fr}}$ .

Для получения четких значений выходных переменных  $pv_1^*$  – «показатель качества ПРДУ (IQ\_RTrD), выполним процедуру дефаззификации на основе метода определения «центра тяжести» выходной функции принадлежности  $\mu_{pv_1s}(sv_1^*, sv_2^*, sv_3^*, sv_4^*, sv_5^*)$  [9]:

$$pv_1^* = \frac{\sum_{w=1}^{W_1} pv_{1,w}^* \mu_{pv_1s}(pv_{1,w}^*)}{\sum_{w=1}^W \mu_{pv_1s}(pv_{1,w}^*)}, \quad (20)$$

где  $pv_{1,w}^* \in [1,10]$ ,  $W_1$  – число дискретных элементов, заданных на интервале  $[1,10]$ , и используемых при реализации метода фаззификации.

### Выводы

1. Для решения задачи технического диагностирования РПРДУ ТКС целесообразно использовать следующий набор диагностических параметров – выходная мощность передатчика, относительная нестабильность частоты, коэффициент стоячей волны по напряжению, модуль вектора ошибок. Выбор указанных параметров обусловлен их взаимным влиянием на итоговое качество передачи сигнала.

2. Синтезирована нечеткая экспертная система идентификации технического состояния РПРДУ ТКС, представляющая собой систему нечетких продукционных правил, имеющую пять входных переменных и одну выходную переменную, характеризующую интегральную оценку технического состояния ПРДУ ТКС.

3. Формируемая на выходе нечеткой экспертной системы идентификации технического состояния РПРДУ ТКС интегральная оценка позволяет выделить три вида технического состояния, связанного с качеством ТКС, «удовлетворительное», «предотказное», «неудовлетворительное». Возможность формирования оценки «предотказное» состояние позволит обслуживающему персоналу своевременно принять меры по недопущению перехода системы в состояние «неработоспособное» путем проведения ТО по состоянию.

### Литература

1. Калитенков Н.В., Солодов В.С. Надежность и диагностика транспортного радиооборудования и средств автоматики. Уч. пособ. М.: МОРКНИГА, 2012. 521с.

2. Приказ Минкомсвязи от 29.10.2018г. №572. Об утверждении правил применения базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи. Часть VI. Правила применения базовых станций и ретрансляторов сетей подвижной радиотелефонной связи стандарта LTE и его модификации LTE-ADVANCED. Текст: электронный // [сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.05.2024).

3. РД 45.261-2002 Антенны базовых станций систем сотовой подвижной связи. Текст: электронный // [сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 12.05.2024).
4. Jensen T.L., Larsen T. (2013). Robust Computation of Error Vector Magnitude for Wireless Standards // IEEE Trans. Commun., 2013. 61(2), P. 648-657.
5. Елисеев А.В., Погорелов В.А., Строцев А.А., Хуторцев В.В. Теоретические основы телекоммуникационных радиотехнических систем и устройств. Учебник / Под общей редакцией А.А. Косогора. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2023. – 448с.
6. Джамалидинова М.Е., Пищин О.Н. Оценка качества сотовой связи на основе нечеткого вывода // Вестник АГТУ. Сер.: Управление, вычислительная техника и информатика. 2017. №3. С. 65-75.
7. Елисеев А.В. Идентификация модели объекта, заданной в виде нечеткого уравнения в отношениях // Автометрия. 2007. №1. Т43. С. 65-75.
8. Елисеев А.В., Землякова Е.В., Коваленко М.П., Юхнов В.И. Оценка качества цифрового канала связи на основе нечеткой экспертной системы // Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. – Ростов-на-Дону.: ПЦ «Университет» СКФ МТУСИ, 2021. С. 184-190.
9. Леоненков А.В. Нечеткое моделирование в среде MatLab и fuzzyTECH. – СПб.: БХВ-Петербург, 2003. 736с.

***Доненко Иван Леонидович***

*И.о. доцента кафедры естественно-научных дисциплин, Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова, к.ф.-м.н., доцент.*

***Доненко Леонид Николаевич***

*И.о. доцента кафедры естественно-научных дисциплин, Кыргызский авиационный институт им. И. Абдраимова, к.ф.-м.н., доцент.*

***Доненко София Леонидовна***

*Студент, Кыргызско-Российский Славянский университет им. первого президента Российской Федерации Б.Н. Ельцина*

## **ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПОВЕРХНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ БПЛА**

**Аннотация.** Фрактальный анализ -это метод исследования, который позволяет оценить сложность поверхностей или структур, используя понятие фрактальной размерности. Этот метод основан на идее, что многие природные объекты или явления (например, облака, горы, реки) имеют фрактальную структуру, то есть они выглядят одинаково на разных масштабах. В сельском хозяйстве фрактальный анализ может быть

использован для оценки структуры почвы, рельефа участка или роста растений, что в свою очередь может помочь в определении оптимальных методов обработки угодий.

**Ключевые слова.** БПЛА, сельское хозяйство, фрактал, динамический хаос

***Donenko Ivan Leonidovich***

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Natural Sciences, State Professional Educational Institution of Higher Education, Kyrgyz Aviation Institute named after. I. Abdraimova*

***Donenko Leonid Nikolaevich***

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Acting Associate Professor of the Department of Natural Sciences, State Professional Educational Institution of Higher Education, Kyrgyz Aviation Institute named after. I. Abdraimova*

***Donenko Sofia Leonidovna***

*Student, Faculty of Natural Sciences, State Professional Education of Higher Education, Kyrgyz-Russian Slavic University named after. The first President of the Russian Federation B.N. Yeltsin*

## **DETERMINISTIC APPROACH TO SURFACE ANALYSIS IN MODERN UAVS**

**Abstract.** Fractal analysis is a research method that allows you to evaluate the complexity of surfaces or structures using the concept of fractal dimension. This method is based on the idea that many natural objects or phenomena (for example, clouds, mountains, rivers) have a fractal structure, that is, they look the same at different scales. In agriculture, fractal analysis can be used to assess soil structure, site topography, or plant growth, which in turn can help determine optimal cultivation methods.

**Keywords.** UAV, agriculture, fractal, dynamic chaos

**Введение.** Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) стали революционным инструментом в сельском хозяйстве. С помощью камер и датчиков, установленных на БПЛА, фермеры могут получать детальные изображения своих угодий, что позволяет им быстро и точно определять проблемные зоны.

Внедрение искусственного интеллекта (ИИ) в этот процесс делает анализ данных еще более точным. ИИ может автоматически определять нарушения роста растений, вредителей или болезни, а также предлагать оптимальные способы решения этих проблем.

Математическое моделирование фрактальных структур начинается с определения фрактальной размерности. Это показатель, который описывает, как изменяется сложность объекта при изменении масштаба.



Для моделирования фрактальных структур часто используются итерационные алгоритмы, такие как алгоритмы L-системы или алгоритмы случайных блужданий.

Для успешного внедрения фрактального подхода в современное сельское хозяйство с использованием БПЛА и ИИ, следует рассмотреть следующую схему:

*а) Сбор данных с помощью БПЛА.*

Выбор оптимального БПЛА в зависимости от размера угодий и требуемой детализации данных.

Установка датчиков и камер высокого разрешения для получения детальных изображений поверхности угодий.

Регулярные полеты над участком для мониторинга изменений и сбора данных.

*б) Обработка и анализ данных с использованием ИИ.*

Передача собранных данных на сервер или облачное хранилище для дальнейшего анализа.

Применение алгоритмов машинного обучения для распознавания фрактальных структур на изображениях и определения их характеристик.

Использование ИИ для выявления аномалий, таких как засуха, нарушения роста растений или вредители.

*в) Принятие решений на основе анализа.*

На основе анализа данных ИИ предлагает рекомендации по уходу за угодьями: оптимальное время и методы полива, необходимость внесения удобрений или применения средств защиты растений.

Автоматизация процессов: возможность автоматического управления системами полива или дозирования удобрений на основе рекомендаций ИИ.

*г) Оценка эффективности и корректировка подхода.*

Регулярный мониторинг и анализ результатов применения рекомендаций ИИ.

Корректировка алгоритмов ИИ на основе полученных результатов для улучшения точности прогнозов и рекомендаций.

Для более точной разметки поверхности стоит рассчитывать фрактальную размерность поверхностей.

Она показывает, как изменяется сложность объекта при изменении масштаба.

Для простого объекта, например, отрезка,  $D=1$ . Для плоскости  $D=2$ . Однако фрактальные объекты имеют нецелочисленную размерность, которая лежит между двумя целыми числами.

Один из популярных методов определения фрактальной размерности - это метод «box-counting».

Представьте, что вы покрываете объект множеством квадратов (или кубов в 3D) и считаете, сколько из них содержат часть объекта. Затем уменьшаете размер квадратов и повторяете процесс.

Фрактальная размерность  $D$  определяется следующим образом:

$$D = \lim_{\epsilon \rightarrow 0} \frac{\log(N(\epsilon))}{\log \frac{1}{\epsilon}}$$

где  $N(\epsilon)$  - это количество квадратов размером  $\epsilon$ , которые содержат часть объекта.

Для создания фрактальных структур часто используются итерационные алгоритмы.

Примером может служить алгоритм создания криволинейного множества:

$$Z_{n+1} = Z_n^{2n} + Z^n + C$$

где  $Z$  - комплексное число,  $C$  - константа.

Так как при сканировании поверхностей мы используем 2 типа устройств – это камеры и лазерные сканеры (по типу lidar), то в следствии такого сканирования поверхности возникают при дифракции света на фрактальных структурах. Такие структуры описываются дифрактом Фраунгофера, что расписывается при помощи преобразования Фурье от фрактального объекта. Рассмотрим это более подробно:

Предположим, что у нас есть фрактальная структура, которая может быть описана математически определенной функцией  $f(x,y)$ . Дифракционная картина Фраунгофера в дальней зоне может быть описана с помощью двумерного преобразования Фурье от функции  $f(x,y)$ .

$$F(u, v) = \iint_0^{\infty} f(x, y) e^{-i2\pi(ux+vy)} dx dy$$

где  $F(u, v)$  - амплитуда дифракционной картины,  $(u, v)$ - пространственные частоты,  $i$  - мнимая единица.

При рассмотрении поверхности Земли, особенно на макроуровне, можно предположить, что она представляет собой сложное сочетание различных кривых второго и третьего порядков. Например, горные хребты могут быть приближены параболическими или гиперболическими кривыми, в то время как реки и долины могут быть описаны кубическими кривыми.

Кривые второго порядка включают в себя такие фигуры, как эллипсы, параболы и гиперболы. Они описываются уравнениями вида:

$$Ax_2 + Bxy + Cy_2 + Dx + Ey + F = 0$$

Кривые третьего порядка, или кубические кривые, описываются уравнениями вида:

$$Ax^3 + Bx^2y + Cxy^2 + Dy^3 + Ex^2 + Fxy + Gy^2 + Hx + Iy + J = 0$$

Фрактальная закономерность проявляется в том, что при увеличении масштаба поверхности Земли мы продолжаем видеть повторяющиеся структуры. Например, рассмотрение горного хребта на большом масштабе может показать параболическую структуру, но при увеличении масштаба мы можем увидеть множество меньших параболических структур, образующихся из отдельных гор.

Анализируя полученную дифракционную картину, можно изучить свойства исходной фрактальной структуры.

Это может включать определение фрактальной размерности, а также других характеристик фрактального объекта.

Для более точной модели по наведению может быть использован ковёр Серпинского как модель для оптимизации использования земельных участков, позволяя разработать схемы полива или удобрения, которые минимизируют потери и максимизируют покрытие.

Объединение двух фракталов, таких как дифракционный фрактал Фраунгофера и ковёр Серпинского, может привести к созданию сложной криволинейной поверхности с уникальными свойствами.

Для анализа такой поверхности можно использовать дифференциальные уравнения второго порядка.

Дифференциальные уравнения второго порядка для криволинейных поверхностей могут быть представлены в виде:

$$\nabla^2 f(x, y) = g(x, y)$$

где  $\nabla$  - оператор Лапласа,  $f(x, y)$  - функция, описывающая криволинейную поверхность, и  $g(x, y)$  - некоторая заданная функция.

Решая это уравнение для такой структуры получаем следующую модель.

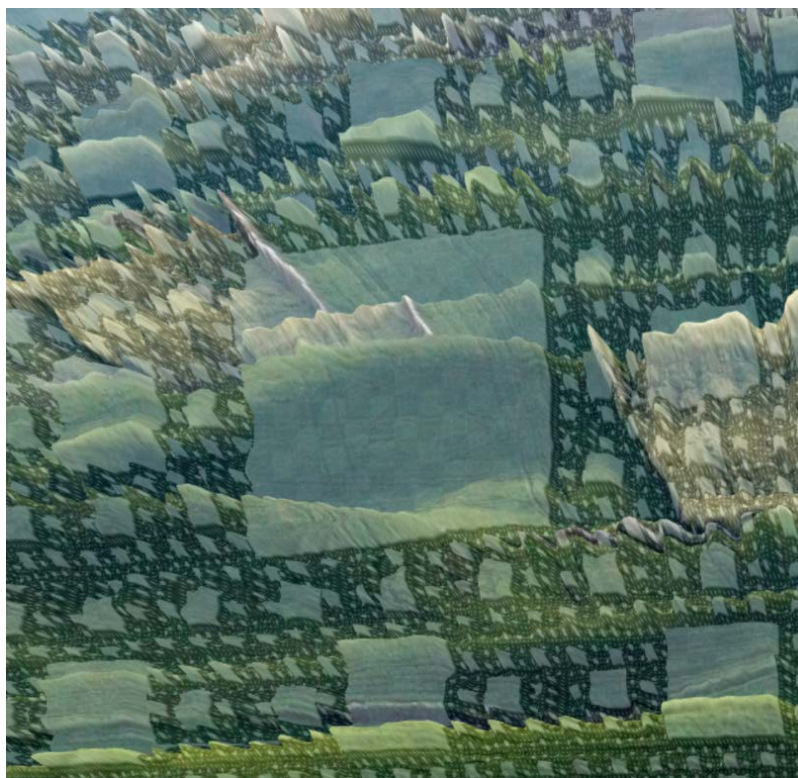


Рисунок 1.3D модель поверхности поля с учетом фрактальной размерности.

Использования такого подхода имеет также несколько обоснований:

1. Дифракционные явления, особенно на фрактальных структурах, чрезвычайно чувствительны к микроструктурам. Это означает, что даже небольшие изменения в поверхности могут вызвать заметные изменения в дифракционной картине. При использовании лазерного или ИК-излучения

это позволяет детектировать и анализировать микроструктуры поверхности с высокой точностью.

2. Инфракрасное излучение имеет способность проникать в некоторые материалы, что позволяет анализировать не только поверхностные слои, но и некоторые подповерхностные структуры. Это может быть особенно полезно для анализа почвы или растительности.
3. Лазерное излучение обладает высокой степенью монохроматичности и когерентности, что делает его идеальным для дифракционного анализа. Когда лазерное излучение отражается или проходит через фрактальную структуру, оно создает уникальную дифракционную картину, которая может быть анализирована для определения свойств этой структуры.
4. Применение дифракционного фрактала Фраунгофера с воздуха, особенно с использованием БПЛА или спутников, позволяет проводить быстрый и эффективный анализ больших территорий. Это может быть особенно полезно для мониторинга сельскохозяйственных угодий, лесов или других природных объектов.

Для анализа и исследования поверхностей разработаем модель ИИ, которая на основе представленных математических моделей будет в реальном времени рассчитывать фрактальную размерность.

Создание такой системы требует несколько этапов и интеграцию различных компонентов. Ниже представлен примерный код для Arduino, который может служить отправной точкой для вашего проекта.

Однако следует отметить, что реализация полной системы потребует дополнительной работы и интеграции.

Мы реализуем связку для работы бпла состоящую из следующих элементов: Arduino и Raspberry Pi.

Ниже представлен программный код написанный для автономной работы БПЛА в воздухе и передаче данных в автоматическом режиме в телеграмм аккаунт фермера (в данном случае нас).

```

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>

// Ваши данные WiFi
const char* ssid = "your_SSID";
const char* password = "your_PASSWORD";

// Токен вашего бота в Telegram
const char* botToken = "your_BOT_TOKEN";
const int chat_id = "@VanTEROR";

WiFiClientSecure client;

void setup() {
  Serial.begin(115200);
  WiFi.begin(ssid, password);

  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(1000);
    Serial.println("Connecting to WiFi..");
  }

  Serial.println("Connected to WiFi");
}

void loop() {
  String surfaceData = analyzeSurface();
  String plantData = recognizePlants();

  String message = "Surface Analysis: " + surfaceData + "\nPlant Recognition: " + plantData;

  sendTelegramMessage(message);

  delay(60000); // Отправка данных каждую минуту
}

String analyzeSurface() {
  // Здесь ваш код для анализа поверхности с помощью датчика или лидара
  return "Sample surface data";
}

String recognizePlants() {
  // Здесь ваш код для распознавания растений с помощью камеры
  return "Sample plant data";
}

void sendTelegramMessage(String message) {
  String url = "https://api.telegram.org/bot" + botToken + "/sendMessage?chat_id=" + chat_id + "&text=" + message;
}

```

Рисунок 2. Программный код для управления БПЛА реализованного на Arduino.

Как видно из данного кода, ардуино как простейший микрокомпьютер может вполне выполнять роль автономного пилота для аналитических дронов.

Далее представим модель которая будет анализировать поверхность с использованием веб-камеры высокого разрешения и датчиков lidar реализованную на Raspberry Pi.

```

# Настройка LiDAR
lidar = RPLidar('/dev/ttyUSB0')

# Настройка камеры
camera = cv2.VideoCapture(0)

# Настройка сокета для передачи данных на компьютер
host = 'your_computer_ip'
port = 12345
client_socket = socket.socket(socket.AF_INET, socket.SOCK_STREAM)
client_socket.connect((host, port))

def analyze_image(frame):
    # Здесь ваш код для анализа изображения на ходу
    # Например, вы можете использовать простые методы обработки изображений для выявления критических изменений
    critical_changes = False
    return critical_changes

def send_data_to_computer(data):
    client_socket.sendall(data)

while True:
    ret, frame = camera.read()
    if not ret:
        break

    critical_changes = analyze_image(frame)
    if critical_changes:
        print("Critical changes detected!")
        # Здесь вы можете добавить дополнительные действия, например, отправить предупреждение

    # Сбор данных с LiDAR
    for scan in lidar.iter_scans():
        # Здесь ваш код для анализа данных с LiDAR

        # Пакуем данные и отправляем на компьютер для детального анализа
        data = {
            'image': frame,
            'lidar': scan
        }
        send_data_to_computer(data)

camera.release()

```

Рисунок 3. Система с машинным обучением для анализа поверхности реализованная на Raspberry Pi.

Для расширения системы с использованием TensorFlow или PyTorch, предположим, что у нас есть предварительно обученная модель, которая может распознавать различные сельскохозяйственные культуры на изображениях. Эта модель может быть обучена на большом наборе данных с изображениями различных культур.

Теперь на основании этих данных представим модель машинного зрения (т.е. посмотрим глазами БПЛА на поверхность).

Она представляет собой структуру выделяющую посеы и другие сельско-хозяйственные насаждения на поверхности земли.





Рисунок 4. Пример анализа и выделения насаждений в условиях горных возвышенностей Кыргызской Республики.

Вывод. В решения математической модели и создания прототипа для анализа была представлена концепция создания системы для БПЛА, реализованной на базе Arduino и Raspberry Pi, с целью анализа сельскохозяйственных угодий.

Основные моменты, которые были рассмотрены:

1. Был представлен подход к анализу поверхности земли с использованием фрактального анализа, включая дифракционный фрактал Фраунгофера и масштабирование ковра Серпинского

2. Приведен код для Arduino, который может собирать данные с датчиков, анализировать их и отправлять в реальном времени на смартфон через Telegram.

3. Для более сложного анализа данных и интеграции с системами машинного обучения был предложен Raspberry Pi. Был представлен код для сбора данных с камеры и LiDAR, а также для распознавания сельскохозяйственных культур с использованием TensorFlow.

4. Обсуждалась возможность использования предварительно обученных моделей машинного обучения для распознавания различных сельскохозяйственных культур на изображениях.

5. Основное внимание уделялось возможности передачи данных в реальном времени, что позволяет оперативно реагировать на изменения и анализировать большие объемы данных на более мощном оборудовании или сервере.

В заключение, создание такой системы для БПЛА требует комплексного подхода, включая аппаратное обеспечение, программирование и машинное обучение.

Однако преимущества, такие как автоматизированный анализ сельскохозяйственных угодий и оперативное реагирование на изменения, делают этот подход перспективным для современного сельского хозяйства.

### Литература

1. Доненко И. Л. Учет фрактальности поверхности земли для нанесения точных бомбовых ударов / И. Л. Доненко, К. Н. Алексеев // Устойчивое развитие науки и образования. – 2018. – № 10. – С. 209-211. – EDN YNRKBN.

2. Доненко А.В. Математическое моделирование для решения краевой задачи эволюции фрактальных отображений световых полей / А.В. Доненко, В.А. Лукьяненко, И.Л. Доненко. Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн 2018. С. 436-442.

3. Доненко И. Л. Инновационный фрактальный подход для обработки сельскохозяйственных угодий с помощью БПЛА / И. Л. Доненко, С. Л. Доненко // Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики - 2023 : Материалы XII Всероссийской научной конференции с международным участием, Томск, 15–17 ноября 2023 года. – Томск: Томский государственный университет, 2023. – С. 241-244.

4. Доненко И. Л. Способы решения некоторых модельных уравнений фрактальной нелинейной оптики / И. Л. Доненко, А. В. Лукьяненко, А. В. Доненко // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : Материалы VIII Международной научно-практической конференции, Тамбов, 12–14 октября 2022 года. Том Выпуск 8. – Тамбов: Издательский центр ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», 2022. – С. 52-55.

5. Доненко И. Л. Создание фрактальных баллистических траекторий для усовершенствования точностных характеристик артиллерийских систем залпового огня / И. Л. Доненко // VIII Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики - 2018» : Материалы конференции, Томск, 26–28 ноября 2018 года / Под редакцией М.Ю. Орлова. – Томск: Закрытое акционерное общество «Издательство «Красное знамя», 2019. – С. 160-163.

6. Доненко, И. Л. Инновационный фрактальный подход для обработки сельскохозяйственных угодий с помощью БПЛА / И. Л. Доненко, С. Л.



Доненко // Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики - 2023 : Материалы XII Всероссийской научной конференции с международным участием, Томск, 15–17 ноября 2023 года. – Томск: Томский государственный университет, 2023. – С. 241-244.

7. Доненко, О. Л. Инновационный фрактальный подход для обработки сельскохозяйственных угодий с помощью беспилотных летательных аппаратов / О. Л. Доненко, И. Л. Доненко, Е. М. Байбагышов // Наука и творчество: вклад молодежи : Сборник материалов IV всероссийской молодежной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Махачкала, 08–09 ноября 2023 года. – Махачкала: Типография ФОРМАТ, 2023. – С. 29-31.

8. Доненко, И. Л. Создание фрактальных баллистических траекторий для усовершенствования точностных характеристик артиллерийских систем залпового огня / И. Л. Доненко // VIII Всероссийская молодежная научная конференция «Актуальные проблемы современной механики сплошных сред и небесной механики - 2018» : Материалы конференции, Томск, 26–28 ноября 2018 года / Под редакцией М.Ю. Орлова. – Томск: Закрытое акционерное общество «Издательство «Красное знамя», 2019. – С. 160-163.

9. Доненко, И. Л. Использование фрактальной оптоэлектроники для усовершенствования современных приборов ночного видения (ПНВ) / И. Л. Доненко, В. В. Линник, Л. Н. Доненко // Взгляд молодых на проблемы региональной экономики - 2018 : Материалы Всероссийского открытого конкурса студентов вузов и молодых исследователей. – Тамбов : Издательский центр ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», 2018. – С. 24-27.

10. Доненко, И. Л. Разработка фрактальной нейронной сети / И. Л. Доненко, Л. Н. Доненко // Шаг в будущее: искусственный интеллект и цифровая экономика. Революция в управлении: новая цифровая экономика или новый мир машин : Материалы II Международного научного форума, Москва, 06–07 декабря 2018 года. Том Выпуск 1. – Москва: Государственный университет управления, 2018. – С. 107-110.

11. Доненко, И. Л. Виртуальное моделирование и исследование оптических фрактальных отображений / И. Л. Доненко, В. И. Шостка // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн : Материалы IV Международной научно-практической конференции, Тамбов, 15–17 ноября 2017 года. Том Выпуск 4, Том I. – Тамбов: Тамбовский государственный технический университет, 2017. – С. 553-556.

***Ступаков Валерий Яковлевич***

*Заведующий кафедрой воздушных судов и авиационных двигателей,  
Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.пед.н.*

## МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОГРАММЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

**Аннотация.** необходимость выполнения требований и предписаний разработчика типа воздушного судна, перечень мероприятий по поддержанию летной годности конкретного типа авиатехники, поиски резервов и возможностей по сокращению средств на поддержание летной годности воздушных судов без снижения безопасности полетов.

**Ключевые слова.** регламент технического обслуживания авиатехники, продление ресурсов и сроков службы, достоверность диагностирования состояния воздушных судов, сохранение и поддержание летной годности, метрологическое обеспечение методы неразрушающего контроля, эффективность технической эксплуатации.

*Stupakov Valery Yakovlevich*

*Head. Department of «Aircraft and aircraft engines»  
Of the «Rostov branch of the Moscow state  
technical University of civil aviation»*

## MEASURES TO IMPROVE THE AIRWORTHINESS MAINTENANCE PROGRAM FOR AIRCRAFT

**Abstract.** the need to comply with the requirements and regulations of the aircraft type developer, a list of measures to maintain the airworthiness of a particular type of aircraft, the search for reserves and opportunities to reduce funds for maintaining the airworthiness of aircraft without reducing flight safety.

**Keywords.** aircraft maintenance regulations, prolongation of resources and service life, reliability of aircraft condition diagnostics, preservation and maintenance of airworthiness, metrological support, non-destructive testing methods, efficiency of technical operation.

Учитывая условия, в которых производится выполнение перевозок пассажиров самолетами, особенно в западной части России, где существует опасность попадания гражданских воздушных судов в зону обстрела с территорий соседних стран, поддержание летной годности не удивляет своей актуальностью.

Чтобы пассажир, оплативший свою доставку в выбранный пункт назначения, был доставлен в этот пункт без проблем, необходимо использовать годный к выполнению полетного задания транспорт (воздушное судно) и операторов, готовых управлять этим транспортом в расчетных условиях. Так вот годность воздушного судна поддерживается большим объемом операций или процессов по техническому

обслуживанию. Мероприятия, входящие в программу по поддержанию ЛГ и структура программы по поддержанию ЛГ будут иметь вид таблицы 1 .

Таблица. 1

Содержание программы поддержания ЛГ ВС

Программа поддержания ЛГ ВС								
Нормативная база	Контроль ЛГ	Корректировка программы ТО и Р	Продление ресурсов и сроков службы	Модификация	Сертификация	Директивы ЛГ	Сохранение целостности конструкции	Метрологическое обеспечение

По мере усложнения авиатехники, увеличения назначенного ресурса и срока службы все большее значение приобретает проблема обеспечения надежности ЛА в целом, а также ее повышение за счет повышения надежности функциональных групп и систем. Важное место при этом занимают этапы и комплексная программа обеспечения надежности и безопасности полетов. Эти этапы подразделяются на:

- проектирование и испытания;
- производство ЛА;
- процесс эксплуатации ЛА;

Этапы проектирования и испытания

При создании конструкции нового типа ЛА проектировщик для повышения надежности должен учитывать основные принципы:

1.увеличение надежности элементов (агрегатов) за счет использования новых, но уже апробированных принципов действия и свойств материалов;

2.защита агрегатов от воздействия отрицательных факторов (вибрация, повышение температуры, влажность ,пыль и т .д. .)

3.введение различных устройств, ограничивающих развитие отказа или повреждения и оповещение об их появлении;

4.обеспечение контролепригодности агрегатов, систем и опасных зон конструкции планера;

5.предупреждение появления отказов, основанное на оценке и прогнозировании технического состояния.

Также, для безотказности систем вводится двух - трехкратное резервирование. Особое внимание уделяется резервированию в целях исключения отказа одного из элементов, но, чтобы резервирование не

приводило к ухудшению функционирования систем из-за появления других видов отказов (из-за усложнения конструкции при резервировании). Так, при увеличении числа насосов перекачки топлива из баков в расходную секцию уменьшается вероятность невыработки топлива, но при этом увеличивается вероятность переполнения расходной секции из-за отказа подкачивающих насосов. Для парирования этих моментов применяются различного рода защитные устройства в виде дросселей и клапанов, но функциональная система усложнилась, у нее увеличилось количество элементов, у которых появятся свои отказы и неисправности, а с этим и увеличивается стоимость обслуживания.

Пристальное внимание конструктор уделяет предотвращению накопления отказов в резервированных системах и агрегатах. Это обеспечивается правильным выбором средств сигнализации об отказах и планированием работ по ТО.

Этапы обеспечения и повышения надежности при производстве ЛА

Процесс производства ЛА включает в себя изготовление нескольких опытных образцов ЛА данного типа. Обеспечение надежности в процессе опытного производства направлено на выявление и устранение недостатков, не смотря на то, что процесс конструирования нового ВС использует данные ВС- прототипов ,но упущения при проектировании нового типа ВС неизбежны. Повышение надежности в период серийного производства обеспечивается совершенствованием технологии, автоматизацией и стабилизацией процессов производства, взаимосвязью их с эксплуатацией. Основные отделы опытного и серийного авиастроительных заводов, такие как отделы главного конструктора, главного технолога и главного металлурга , активно участвуют в разработке рабочих чертежей опытного образца ЛА и в выборе технологических процессов. Таким образом, закладывается база для обеспечения высокого качества и надежности при серийном производстве.

Доля отказов по производственно-технологическим причинам, выявленных в эксплуатации, составляет около 30% . Анализ статистических данных позволяет сделать вывод о том, что производственными причинами снижения надёжности ЛА являются:

- низкое качество полуфабрикатов, готовых изделий и агрегатов;
- нарушение технологии изготовления и сборки;
- отсутствие стабильности производственных процессов из-за отклонения параметров и ненадежности оборудования;
- недостатки системы контроля качества на всех этапах производства и, в том числе, выходной контроль.

На практике используется множество технологических способов, уменьшающих число производственных дефектов ЛА и обеспечивающих его надежность. По мере повышения требований к конструкции современных ЛА роль технологических способов изготовления и сборки возрастает, Это относится, прежде всего, к сварным, клеевым, паяным соединениям конструкции из композиционных материалов, отверстиям и вырезам,

крепежным элементам, антикоррозионной защите конструкции. Например, прокатка крупногабаритных плит, для изготовления крыла самолета проводится с предварительной подпрессовкой для обеспечения заданных значений допусков по толщине. Технологические способы поверхностного деформирования (дробеструйное и виброупрочнение) позволяют существенно повысить долговечность деталей. При химико-термической обработке поверхностей деталей повышается твердость, и остаются остаточные напряжения сжатия, которые снижают общий уровень действующих напряжений растяжения в зоне концентраторов и повышают сопротивление усталости. Различные способы диффузионных покрытий обеспечивают насыщение поверхностного слоя изнашиваемых деталей и повышают их долговечность. Большая часть деталей планера подвергается электролитическому покрытию (хромирование, оксидирование, фосфатирование) для защиты от коррозии.

Качество вышеупомянутых способов определяется конкретными технологическими процессами и уровнем оснащения производства новейшим оборудованием. На этапе сборки совершенствование технологических способов повышения надежности ЛА направлено на точное выдерживание аэродинамических обводов, качественное выполнение заклепочных и болтовых соединений. Стабильность производственных процессов обеспечивает применение автоматизированных линий, использование клепальных автоматов, терморегулирование изготовления клеевых и композиционных конструкций.

Этапы повышения надежности в процессе эксплуатации ЛА

Решение задач обеспечения надежности в процессе эксплуатации ЛА характеризуется тем, что в данной работе участвуют не только эксплуатационные и ремонтные предприятия ГА, но и поставщики авиационной техники. Авторский надзор за надежностью ЛА и условиями его эксплуатации осуществляет организация - разработчик. Основные принципы поддержания уровня надежности, который заложен при проектировании ЛА, реализуется в программе ТО и Р. Программа ТО и Р корректируется в течение длительной эксплуатации и наилучшим образом учитывает изменения условий эксплуатации и технического состояния ЛА. Тщательность выполнения технологии комплексной подготовки ЛА к полету, эффективный визуальный контроль состояния конструкции обеспечивает надежную эксплуатацию ЛА в полете. Эти работы являются простейшими, но от качества и добросовестности их выполнения во многом зависит безопасность каждого полета (человеческий фактор). Соблюдение режимов полета и летных ограничений, также, являются непременным условием обеспечения надежности работы конструкции и систем ЛА. Весьма важную роль в обеспечении безотказной работы выполняет комплекс применяемого при техническом обслуживании ЛА наземного оборудования. Средства механизации и автоматизации ТО не только снижают трудоемкость и облегчают выполнение регламентных работ, но и определяют качество работ. Использование средств бортового

контроля для анализа и прогнозирования технического состояния функциональных систем ЛА и двигателя в сочетании с применением средств неразрушающего контроля элементов конструкции планера определяют качество технической эксплуатации. Учитывая комплексный характер вопросов обеспечения надежности, программа предусматривает техническую и организационную подготовку и периодическую переподготовку ИТС и летного состава.

Таким образом, высокий уровень надежности обеспечивается неукоснительным соблюдением требований летной годности путем сохранения летно-технических характеристик ЛА на протяжении установленных ресурсов и сроков службы, предусматриваемый программой ТО и Р.

С этой целью в процессе эксплуатации реализуется комплекс мероприятий по оценке задач и анализу уровня надежности ЛА в целом, а также его функциональных систем и агрегатов, включающий:

- статистический и инженерный анализ надежности АТ, находящейся в эксплуатации; разработку технических требований по надежности проектируемых изделий АТ и оценку соответствия надежности изделий, поступающих в эксплуатацию, техническим условиям;

- обоснования и предъявление требований к промышленности по совершенствованию серийной АТ. Оценку эффективности ее доработок;

- изучение влияния условий и особенностей эксплуатации АТ на показатели ее надежности, разработку и осуществление мероприятий по уменьшению отрицательного их воздействия на надежность АТ;

- предъявление заводам рекламаций на низкое качество продукции и ремонта АТ; подготовку обоснования для увеличения ресурсов АТ, совершенствование эксплуатационной документации.

При статистическом анализе проводится сравнение фактических значений показателей надежности с нормативными, включенными в эксплуатационную документацию, или контрольными, учитывающими конкретные условия эксплуатации. При этом определяются тенденции изменения значений показателей и степень влияния на них режимов и условий эксплуатации. Инженерный анализ надежности имеет целью определить причины отказов и повреждений, степень их влияния на работоспособность изделий и систем, а также последствия, к которым они могут приводить. На основе анализа определяются мероприятия по предупреждению отказов и повреждений АТ.

Формирование программы поддержания летной годности воздушных судов

. Регламент технического обслуживания (РО) является основным документом, определяющим объем и периодичность выполнения плановых работ по техническому обслуживанию (ТО) планера и его систем, силовых установок, авиационного и радиоэлектронного оборудования (АиРЭО) воздушного судна.

Все работы, предусмотренные РО, а также дополнительные работы должны выполняться в полном соответствии с ФАП и действующими технологическими инструкциями, Руководством по технической эксплуатации (РЭ) конкретного типа ВС, инструкциями по технической эксплуатации (ИТЭ) готовых изделий (в части технологии выполнения работ), бюллетенями заводов-поставщиков, введёнными в действие указаниями и распоряжениями ФАВТ.

Если объём и сроки выполнения работ, указанные в РО, расходятся с объёмом и сроками их выполнения, приведёнными в паспортах и инструкциях по эксплуатации готовых изделий, то при ТО следует руководствоваться РО конкретного типа ВС.

ТО оборудования, вновь установленного на ВС до получения утверждённой ФАВТ документации следует выполнять в соответствии с инструкциями завода-изготовителя типа ВС.

ТО должен выполнять инженерно-технический состав, имеющий допуска к обслуживанию этого типа и несущий ответственность за полноту и качество выполняемых работ.

На каждую форму ТО и дополнительные работы оформляется техническая документация согласно положениям, действующим в гражданской авиации РФ. Точное выполнение требований, заложенных разработчиком, отведет возможность появления отказа или неисправности, а значит и снижения безопасности полетов и главное - авиационных происшествий. Все, что было заложено в структуре отрасли во времена Советского Союза, работает и до сих пор. Тогда было узкоспециализированное транспортное ведомство – Министерство гражданской авиации, включающее и ГУЭРАТ и УЛС, и Инспекцию и др. управления. И каждое из этих подразделений стояло на страже безопасности выполнения полетного задания, а уже потом рассматривались коммерческие интересы. Не экономили на обучении обслуживающего и летного состава, зная, что такое «неготовность экипажа к парированию отказов» в воздухе или поведение экипажа в особых случаях полета, когда в салоне сидят люди, доверившие пилотам свои жизни.

### Литература

1. Техническая эксплуатация летательных аппаратов/Н.Н. Смирнов, Н.И. Владимиров, Ж.С. Черненко и др.-М;Транспорт,1990-423 с.
2. Эксплуатационная технологичность летательных аппаратов/Н.Н. Смирнов, Ю.М. Чинючин.- М; Транспорт,1994, 256 с.
3. Гражданская авиация: вчера, сегодня, завтра/Г.Л. Акопов, В.А. Биндус, П.Н. Овчаров, В.Я. Ступаков и др.-Аскона,2014,312с.
4. Овчаров П.Н., Коробкин С.В. Методы оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 11. С. 141-145.

5. Овчаров П.Н. Показатели эффективности систем смазки и суфлирования двигателя. В сборнике: Авиация: прошлое, настоящее, будущее (Авиатранс-2020). материалы научно-практической конференции с международным участием, приуроченной к 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов. Ростов-на-Дону, 2020. С. 65-70.

6. Овчаров П.Н., Коробкин С.В. Методы оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки» №11 2022 стр. 141-145

7. Коробкин С.В. Высотное оборудование современных воздушных судов гражданской авиации. В сборнике: Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2021). Материалы научно-практической конференции с международным участием. Ростов-на-Дону, 2021. С. 54-59.

***Хорольский Евгений Михайлович***

*Доцент кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н., доцент.*

***Дымов-Иванов Виктор Васильевич***

*Заведующий кафедрой авиационного электрорадиоприборного оборудования, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.ф-м.н., доцент.*

***Половинчук Николай Яковлевич***

*Профессор кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н., профессор.*

**К ПОВЫШЕНИЮ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДЕКАМЕТРОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧАСТОТНОЙ АДАПТАЦИИ**

**Аннотация.** В статье рассматривается математический аппарат, который позволит разработать устройство для идентификации закона замирания огибающей сигнала на входе приемного тракта в декаметровый радиоканал. При его использовании повысится точность определения требуемой выходной мощностью передатчика для обеспечения устойчивости работы канала связи, соответственно, эффективность функционирования декаметрового радиоканала.



**Ключевые слова.** декаметровый радиоканал, мощность передатчика, многолучевость.

***Khorolsky Evgeny Mikhailovich***

*Associate Professor of the Department*

*Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*

***Dymov-Ivanov Viktor Vasilievich***

*Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Electrical and Radio Equipment, Rostov Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

***Polovinchuk Nikolay Yakovlevich***

*Ph.D. Professor. Professor of the Department of Aviation Electrical Systems and Pilotage and Navigation Systems*

## **TO INCREASE THE NOISE IMMUNITY OF THE DECAMETER COMMUNICATION CHANNEL DUE TO THE IMPLEMENTATION OF FREQUENCY ADAPTATION**

**Abstract.** The article deals with the mathematical apparatus that allows to develop a device for identifying the law fading envelope of the signal at the input of the reception path in decameter radio. When using it will increase the accuracy of determining the required output power of the transmitter to ensure the stability of the communication channel, respectively, the efficiency of the decameter radio.

**Keywords.** decimeter radio, transmitter power, multipath.

В настоящее время большое внимание уделяется повышению помехоустойчивости декаметрового канала связи. Несмотря на достоинства этого канала, существенным недостатком, снижающим его эффективность, является его стохастичность [1,2].

Стохастичность декаметрового канала обусловлена двумя основными причинами. Первая из них – замирания сигнала, вызванные многолучевостью распространения радиоволн. В этих условиях, для обеспечения гарантированного превышения уровня сигнала над уровнем шума при заданной вероятности ошибки, требуемое значение мощности передатчика необходимо увеличивать. Вторая причина – стационарные помехи, вызванные работой радиолиний на близких частотах. Снизить уровень таких помех можно лишь уменьшением уровня излучаемой мощности при использовании направленных антенн.

Таким образом, методы устранения негативных воздействий замираний и стационарных помех являются взаимно противоположными, что требует оптимизации уровня излучаемой мощности в зависимости от состояния канала связи. В качестве критерия оптимизации необходимо выбрать минимизацию мощности излучения при заданной вероятности ошибки.

Одним из возможных путей решения такой задачи является использование многопараметрической адаптации на основе использования частотной адаптации, разнесенного приема, применения удаленных ретрансляторов, управления выходной мощностью передатчика [2]. Реализация частотной адаптации, разнесенного приема и удаленной ретрансляции обеспечивают возможность понижения мощности на выходе передатчика и соответственно уровня станционных помех. При этом, для осуществления адаптивного управления уровнем мощности передатчика необходима оценка параметров канала связи при вхождении в связь [2].

Анализ экспериментальных данных показывает [3], что в зависимости от уровня замираний и преобладающей причины многолучевости в декаметровом канале, огибающая сигнала на входе приемного устройства может быть описана райсовским, релеевским и логарифмически нормальным законами распределения. При этом от состояния канала связи, а, следовательно, от вида распределения огибающей сигнала зависит требуемый уровень мощности на выходе передатчика.

Следовательно, в структуру устройства адаптации системы передачи информации целесообразно включить идентификатор закона распределения огибающей сигнала, поступающего на вход приемного устройства. Сигнал с выхода идентификатора будет управляющим для изменения уровня мощности передатчика.

Реализация идентификатора закона распределения огибающей радиосигнала возможна на основе использования метода преобразования моментов [4].

Плотность распределения вероятности огибающей радиосигнала описывается модифицированной системой распределений Пирсона, удовлетворяющей дифференциальному уравнению [4]

$$\frac{dp(x)}{dx} = \frac{a_0 + a_1 x^{2c}}{b_1 x + b_2 x^{2c+1}} p(x) \quad (1)$$

либо

$$\frac{d}{dx} \ln(p(x)) = \frac{a_0 + a_1 x^{2c}}{b_1 x + b_2 x^{2c+1}} \quad (2)$$

где  $a_i$  и  $b_i$  - постоянные параметры распределения,  $c > 0$  - коэффициент, характеризующий показатель степени переменной  $x$ .

Решения уравнения (2) можно записать следующим образом:

$$p(x) = K_n \exp(\varphi(x)) \quad (3)$$

$$\varphi(x) = \int \frac{a_0 + a_1 x^{2c}}{b_1 x + b_2 x^{2c+1}} \cdot dx \quad (4)$$

где  $K_n$  - коэффициент нормировки.

Из выражений (3) и (4) при соответствующих значениях параметров  $a_i$ ,  $b_i$  и  $c$  вытекают семь типов распределений [4], среди которых для решения

поставленной задачи нас будут интересовать обобщенное гамма-распределение и логарифмически нормальное распределение.

Обобщенное гамма-распределения:

$$p(x) = \frac{cx^{ac-1}}{\Gamma(a)\beta^{ac}} \exp\left(-\frac{x^c}{\beta^c}\right), \quad 0 < x < \infty, \quad (5)$$

где  $a > 0, c > 0$  – параметры формы;  $\beta > 0$  – параметр масштаба;  $\Gamma(a)$  – гамма-функция.

Логарифмически нормальное распределение:

$$p(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma x}} \exp\left(-\frac{(\ln x - \mu)^2}{2\sigma^2}\right), \quad \sigma > 0; 0 < x < \infty. \quad (6)$$

При этом логарифмически нормальное распределение является предельным случаем остальных шести распределений при  $\nu \rightarrow \infty, c \rightarrow 0$  и  $a > 0,5/c$ . Здесь  $\nu$  - параметр формы.

При  $a = 1, c = 2$  и  $\beta = 2\sigma^2$ , частным случаем распределения (5) является распределения Релея:

$$p(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right]. \quad (7)$$

Данный закон является также частным случаем распределения хи-квадрат с двумя степенями свободы:

$$p(x) = \frac{x^{n-1}}{2^{(n-2)/2} \cdot \sigma^n \cdot \Gamma\left(\frac{1}{2}n\right)} \exp\left[-\frac{x^2}{2\sigma^2}\right], \quad \text{при } x \geq 0, n = 2 \quad (8)$$

При этом, случайная величина  $x$  представляет собой функцию от независимых гауссовских случайных величин  $y_1$  и  $y_2$ :

$$x = \sqrt{y_1^2 + y_2^2} \quad (9)$$

с нулевыми математическими ожиданиями  $m_{y_2} > 0, m_{y_1} = 0$  и одинаковыми дисперсиями  $\sigma^2$ .

Обобщением релеевского распределения, является распределение Райса на случай, когда случайные величины  $y_1$  и  $y_2$  имеют ненулевые математические ожидания  $m_{y_1} > 0, m_{y_2} > 0$ . В общем случае  $m_{y_1} \neq m_{y_2}$

$$p(x) = \frac{x}{\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + S^2}{2\sigma^2}\right] \cdot I_0\left(\frac{S \cdot x}{\sigma^2}\right), \quad (10)$$

где:

$$I_0\left(\frac{S \cdot x}{\sigma^2}\right) = \sum_{\nu=0}^{\infty} \frac{1}{\nu! \Gamma(\nu+1)} \cdot \left(\frac{S \cdot x}{2 \cdot \sigma^2}\right)^{2\nu} \quad (11)$$

- модифицированная функция Бесселя нулевого порядка:

$$S = \sqrt{m_{y_1}^2 + m_{y_2}^2} \quad (12)$$

Распределение Райса является частным случаем распределения (5) при  $c > 0$ . Кроме того, данный закон является частным случаем распределения хи-квадрат с двумя степенями свободы при  $a = 0, 25n, n = 2, c = 2, \beta = 2$ :

$$p(x) = \frac{x^{n-1}}{2^{(n-2)/2} \cdot \sigma^n \cdot \Gamma\left(\frac{1}{2}n\right)} \exp\left[-\frac{x^2 + S^2}{2\sigma^2}\right] \cdot I_{n/2-1}\left(\frac{S \cdot x}{\sigma^2}\right), \text{ при } x \geq 0, n = 2 \quad (13)$$

Таким образом, распределения Райса и Релея являются частными случаями обобщенного гамма-распределения и для их идентификации необходимо и достаточно оценить параметр распределения  $S$ .

Для идентификации огибающей смеси сигнала и шума на входе приемника, в условиях действия замираний в декаметровом канале связи, а так же межсимвольной интерференции и станционных помех предлагается использовать метод преобразования моментов [4]. При этом ограничимся возможными распределениями огибающей на основе законов.

Решение задачи идентификации разбивается на два этапа [4].

На первом этапе рассчитывают выборочные логарифмические моменты  $\widehat{l}_i$  и  $\widehat{L}_s$ , в соответствии с выражениями:

$$\widehat{l}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i, \quad S = 2, 3, \dots \quad (14)$$

$$\widehat{L}_s = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\ln(x_i) - \widehat{l}_i),$$

где  $n$  – объем выборки.

Далее вычисляются коэффициенты

$$k_1 = \frac{\widehat{L}_3}{\widehat{L}_2^{1,5}}; \quad (15)$$

$$k_2 = \frac{1,5\widehat{L}_3^2 + 6\widehat{L}_2^3}{\widehat{L}_2(\widehat{L}_4 + \widehat{L}_2^2)}.$$

На втором этапе производится непосредственно идентификация:

– Если  $k_1 \approx 1, k_2 \rightarrow 0$ , то для аппроксимации закона распределения огибающей сигнала используется логарифмически-нормальный закон (6).

– Если  $k_1 \approx 1, -2 < k_2 < 0$ , то для аппроксимации закона распределения огибающей используется обобщенное гамма-распределение (5). При этом:

если  $S = 0$ , то для аппроксимации используется закон Релея (7);

если  $S > 0$ , то для аппроксимации используется закон Райса (10).

## Литература

1. Антонюк Л.Я., Игнатов В.В. Эффективность радиосвязи и методы ее оценки. Л.: ВАС, 1994.
2. Савельев М.А., Рябов А.В. Особенности организации управления уровнем мощности передатчика в адаптивном канале радиосвязи декаметрового диапазона // Материалы IX Всероссийской НТК «Повышение эффективности средств обработки информации на базе математического моделирования», 27-28 апреля 2009 г. – Тамбов: ТВВАИУРЭ (ВИ), 2007.
3. Ершов Л.А., Коренной А.В., Шелковников М.А. Марковская модель декаметрового канала связи // Радиотехника, №3, 1998.
4. Карпов И.Г. Методы обобщенного вероятностного описания и идентификации негауссовских случайных величин и процессов. – Тамбов, 2002.

### *Симоненков Сергей Юрьевич*

*Доцент кафедры гуманитарных и социально-политических наук, Московский государственный технический университет гражданской авиации, к.соц.н.*

## **МНОГОДЕТНЫЕ ДИНАСТИИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОССИИ: ВЗГЛЯД СОЦИОЛОГА**

**Аннотация.** Многодетная семья всегда была достоянием России. Распространение опыта, рассказов многодетных семей о жизни, о том, что передается в их семьях из поколения в поколение, о традициях, способствует повышению роли семьи, ее положения в обществе. Комплекс социально-экономических мер, направленных на обеспечение роста численности населения, воспитание физически и нравственно здоровых поколений. Авиационная отрасль, и в частности, гражданская авиация, в этом плане не отстает: многие семейные династии передают традиции в своих семьях из поколения в поколение и способствуют повышению роли семьи, ее положения в обществе.

**Ключевые слова.** многодетная семья, авиационная династия, духовно-нравственные ценности, социология, российское общество, патриотизм.

### *Simonenkov Sergey Yurievich*

*Associate Professor of the Department of Humanities and Socio-Political Sciences, Moscow State Technical University of Civil Aviation, Candidate of Social Sciences.*

## **DYNASTIES WITH MANY CHILDREN IN RUSSIAN CIVIL AVIATION: A SOCIOLOGIST'S VIEW**

**Annotation:** A large family has always been the property of Russia. The dissemination of experience, the stories of large families about life, what is passed down from generation to generation in their families, traditions and contributes to the enhancement of the role of the family, its position in society. A set of social and economic measures aimed at ensuring population growth, education of physically and morally healthy generations.

The aviation industry, and in particular, the civil aviation industry, does not lag behind in this regard: many family dynasties pass on traditions from generation to generation in their families and contribute to increasing the role of the family, its position in society.

**Keywords.** A large family, aviation dynasty, spiritual and moral values, sociology, Russian society, patriotism.

*«Семья — это не просто  
основа государства и  
общества, это духовное  
явление, основа  
нравственности»*

*В. В.*

*Путин*

Многодетная семья всегда была достоянием России. Распространение опыта, рассказы многодетных о жизни, то, что передаётся из поколения в поколение в их семьях, традиции и способствует повышению роли семьи, ее положения в обществе. Комплекс социальных и экономических мер, направленных на обеспечение роста населения, воспитание здоровых в физическом и моральном отношении поколений.

Авиационная отрасль, и в частности, отрасль гражданской авиации, не отстает в это том плане: много семейных династий, передают из поколения в поколение в своих семьях, традиции и способствует повышению роли семьи, ее положения в обществе.

Еще в начале 2020 года, Президент В.В. Путин в ежегодном Послании Федеральному собранию обозначил демографическую проблему одной из главных для страны. И один из ее аспектов – это нежелание людей иметь много детей. Чтобы страна могла развиваться, к 2024 году коэффициент рождаемости должен составлять 1,7, тогда как сейчас он – 1,5.[1]

Еще в апреле 2023 года Вице-спикер Государственной Думы России Анна Кузнецова призвала установить в России единый статус многодетной семьи на федеральном уровне.

Как отметила депутат на большой встрече, организованной Комитетом Госдумы по вопросам семьи, женщин и детей, этот статус важен «для защиты

не только наших семей, но и рубежей нашей страны, внешних и внутренних».

Кузнецова на встрече с парламентариями обсуждала проект закона о мерах государственной поддержки многодетных семей.

Единый статус, который позволит многодетным семьям получать базовый перечень мер поддержки вне зависимости от региона проживания - среди первых необходимых шагов. Нужна прогрессивная система социальной поддержки семей по принципу «плюс ребёнок - плюс ресурс». Предложила при назначении мер поддержки многодетным не учитывать критерии нуждаемости. Ни в коем случае нельзя доводить семью до нуждаемости, а потом анализировать причины отказов в назначении льгот и пособий», - подчеркнула Анна Кузнецова.

По её словам, «к сожалению, ни одно ведомство не обязано нам ответить за такое долгое и поверхностное отношение к важнейшей государственной задаче. Пока координация семейной политики возложена на правительство в целом, мы бегаем от ведомства к ведомству для выработки нужных норм по защите семьи и семейных ценностей, где каждое ведомство имеет другие приоритеты: выдача пособий нуждающимся, образование, здравоохранение и так далее».

Поэтому мы, создав эту группу в Госдуме, будем предлагать меры по повышению благополучия семей с детьми, развития семейной инфраструктуры и воспитания детей в духе традиционных семейных ценностей,

- отметила вице-спикер.

Анна Кузнецова отметила, что «нужно менять парадигму. До сих пор фактор многодетности учитывается государством как фактор социального риска, а должен стать фактором развития. Проект закона о мерах поддержки многодетных семей - это народный проект».

«Решений в этой сфере ждут миллионы семей в России, не только многодетных, но и молодых семей, которые принимают решение, быть ли многодетной семьёй. И мы надеемся уже скоро услышать от профильных федеральных структур достойный ответ. Общественные организации, депутаты, сенаторы, своё слово сказали», - отметила вице-спикер Анна Кузнецова.[2]

Примерами достойного распространение опыта многодетных семей являются следующие семьи:



Глава Якутии Айсен Николаев объявил 2023 год Годом труда. В честь этого события авиакомпания «Якутия» знакомит с историями трудовых династий предприятия. Сегодня хотим рассказать про семью Комовых. Трудовая династия авиаторов началась с ветерана труда и авиации, отличника воздушного транспорта и профобразования Сергея Комова.

Сергей Комов родился в Читинской области. В детстве он с родителями переехал в Якутск, жил в поселке Жатай, а после школы поступил в Рижский институт инженеров гражданской авиации. После получения диплома в 1972 году по распределению попал в Жиганск, но вскоре переехал в Якутск, где начал преподавать аэродинамику в учебно-тренировочном авиационном отряде (УТО-17, далее УТЦ и УО СЦПАП). В 1996 году был назначен заместителем директора по учебной работе, но любимое дело — преподавание — не оставил, а продолжил обучать курсантов не только аэродинамике, но и ряду других предметов. В 2005 году дополнительно окончил Хабаровский педагогический университет по специальности «управление образовательными системами». Сейчас Сергей Александрович Комов уже на заслуженном отдыхе, он — ветеран труда и авиации, отличник воздушного транспорта и профобразования, награжден нагрудным знаком «За заслуги перед городом Якутском».



*Фото предоставлены героями публикации*

Еще в студенческие годы во время прохождения практики на Уральском авиазаводе Сергей Комов познакомился с 17-летней девушкой Верой. Она работала гидом на турбазе в Свердловске. Влюбленный юноша, вернувшись на учебу, писал Вере письма в стихах, а когда она уже стала совершеннолетней, прилетел на Урал и официально сделал предложение. В Жиганск семейная пара прибыла уже в качестве молодых специалистов. Но сельская жизнь длилась недолго — Комовы перебрались в Якутск. Вера устроилась библиотекарем в УТО-17, где преподавал ее муж, и проработала там до 2016 года. Вера Владимировна — ветеран труда и авиации.

Сын супругов Комовых, Александр Сергеевич, как и родители, однажды выбрав место работы, шел вверх по своему профессиональному пути, никуда не отклоняясь. В 1994 году он окончил Иркутское авиатехническое училище ГА и устроился авиатехником на якутское авиапредприятие (сейчас АО «Авиакомпания «Якутия»). Высшее



образование получил в Санкт-Петербургском университете ГА, прошел все ступени роста в АТБ: техник — начальник участка — начальник цеха — главный инженер. Осваивал новые типы самолетов отечественного и зарубежного производства, летал на стажировку во Францию.

Сейчас Александр Сергеевич Комов — начальник АТБ авиакомпании, которая считается одной из самых оснащенных в макрорегионе. «Якутия» имеет сертификат на самостоятельное техобслуживание самолетов SSJ-100 по всем видам регламента, в том числе на выполнение самой сложной процедуры C-check. А в 2022 году был проведен C-check воздушного судна Bombardier Q300. Александр Комов — лауреат премии Кузьмина и почетный работник воздушного транспорта Якутии.

Еще один представитель авиадинастии Комовых — Оксана Сергеевна Тирон (по мужу). Она — выпускник авиационно-транспортного колледжа Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. Сейчас Оксана Сергеевна работает директором по качеству авиакомпании «Якутия».



«Все детство я видела, как папа преподает разные дисциплины летчикам, а мама выдает летно-эксплуатационную литературу мужчинам в красивой форме (пилотам) и аккуратным женщинам (стюардессам). Мне очень нравилось, когда папа надевал свой форменный китель по праздникам, которые мы всей семьей традиционно проводили в УТО-17. С давних пор я слышу за окнами своего дома рев моторов, так как мы жили и продолжаем жить в районе аэропорта. Атмосферой авиации мы с братом дышали с малых лет, впитывали ее и даже подумать не могли о другой сфере деятельности», — вспоминает Оксана Тирон.[3]



Другой пример, из Военной авиации: Семья Бородачевых — настоящая династия военных летчиков. Сначала небо покорила глава семейства, а затем по его стопам пошли оба сына. У них на троих — тысячи часов, проведенные над землей. И одна на всех любовь к своему делу.

Обязательный ритуал всех авиаторов — перед вылетом лично осмотреть самолет.

«Надо его погладить, потому что он как живой, поговорить с ним, тогда каждый вылет заканчивается благополучно», — говорит Андрей Бородачев.

Среди летчиков второе название бомбардировщика Су-34 — «утенок», за внешнее сходство с уткой. «Утенок» с размахом крыла 15 метров. Взлетная масса Су-34 в полной боевой зарядке превышает 40 тонн, поэтому летчики называют эту машину «кораблем». Вместе с тем это сверхманевренный бомбардировщик. Одна из особенностей самолета — это бронированная кабина. Экипажу многоцелевого Су-34 это позволяет вести бой на предельно малых высотах даже в самой сложной боевой обстановке.

Новейший многофункциональный бомбардировщик поколения «4+» летчик Андрей Бородачев освоил два года назад. А в прошлом уже выиграл на нем международный этап конкурса «Авиадартс». Старший лейтенант служит в Липецком авиационном центре. Особенно почетно для Андрея летать в составе парадного строя 9 мая.

«Я с самого детства живу в военных городках, на аэродромах, вижу, как взлетают, садятся самолеты. Плюс у меня брат — летчик, отец — летчик, мне кажется, это в крови», — говорит Андрей Бородачев.

В будущем старший лейтенант планирует поступить в Военно-воздушную академию Жуковского и Гагарина в Воронеже, где сейчас учится его старший брат — капитан Игорь Бородачев. До поступления в военную академию Игорь служил в Липецком авиационном центре. Летал на Су-25. Освоил все модификации штурмовиков. Мастерски ими управляет.

«Человек, грубо говоря, не создан летать, то есть это что-то неизведанное, а людей всегда тянет неизвестность. Почему все раньше открывали моря, планеты? Потому что всегда хочется увидеть то, что можешь представлять себе или о чем можешь мечтать, поэтому эта романтика меня, наверное, и затянула в этот океан», — рассказывает Игорь Бородачев.

А свой первый полет братья Бородачевы совершили на Л-39 (его еще называют «летающей партией») — самолете, на котором учился летать и их отец. Старший в династии — полковник Алексей Бородачев, заслуженный летчик России, действующий летчик-истребитель. Его любимый самолет — Су-24. 34 года в небе Алексей Бородачев отдал ему.

«До этого самолета не было такого самолета в стране, который бы мог применять всю номенклатуру боеприпасов, на котором стояли точные прицелы и который мог бомбить ночью, в сложных метеоусловиях, попадать из-за облаков прямо в круг. И до сих пор эта машина в цене у летчиков», — рассказывает Алексей Бородачев.

Сегодня он не только летает сам, но и контролирует полеты других авиаторов, находясь на службе безопасности Вооруженных сил России. Он хорошо помнит, когда началась его любовь к небу.

«На срезе 60-70 годов в каждом городе был маленький аэропорт, в котором летали «кукурузники» Ан-2. И моя бабушка, у которой я был часто летом, жила там, где проходил посадочный курс. Я залезал на крышу сарая и разглядывал эти самолеты, заходящие на посадку так, чтобы было видно летчиков, знал их номера», — рассказывает Алексей Бородачев.

23 февраля три защитника Отечества встречаются в разных городах. У них вообще на троих тысячи часов в небе и сотни тысяч километров в пути. Кому-то такая жизнь покажется слишком трудной, для Бородачевых это просто судьба.

«Летчик — это состояние души, наверное, больше, но военный летчик — это профессия, это защитник своего Отечества», — говорит Игорь Бородачев.

«Даже не раздумывал над тем, что есть какие-то другие в мире профессии, кроме летчика», — сказал Андрей Бородачев.

«В жизни не выбирают только родину и маму, остальное выбирают, иногда выбор объяснить сложно», — признался Алексей Бородачев.[4]

Семья Серовых начала свой путь в гражданской авиации в 1970 году, когда глава династии Юрий Сергеевич получил должность авиадиспетчера. За ним в профессию пришли все трое его детей!

Сын Сергей с 1998 года продолжает дело отца — он уже руководитель полетов. Его брат Евгений и сестра Ольга тоже диспетчеры, а невестка — бортпроводница VIP-полетов. Сегодня уже третье поколение этой семьи трудится в гражданской авиации!

В крови Серовых не только полеты, но и благотворительность! Они помогают пенсионерам, многодетным и малоимущим семьям. Кроме того, Серовы — активные участники Федерального профсоюза авиационных диспетчеров России.

Еще один яркий пример семейной династии в Гражданской Авиации России: Сегодня герой нашей публикации Егор Грудцын — лучший техник авиационного и радиоэлектронного оборудования Московского авиационного центра.

Четыре поколения семьи техника авиационного и радиоэлектронного оборудования Московского авиацентра Егора Грудцына отдали службе в авиации. Общий стаж семейной династии 200 лет!

Начало этому положил прадед Егора — Степан Лукьянович Грудцын. Во время Великой Отечественной войны он работал водителем легендарной реактивной установки «Катюша». А вернувшись с фронта, устроился в Ташкенте на аэродром Южный и всю свою жизнь прослужил водителем топливозаправщика.

Дед Егора, Василий Степанович Грудцын окончил Челябинское лётное военное училище. Когда в 1941 году началась война, и курсанты перешли на ускоренное обучение, Василий стал их наставником — лётчиком-

инструктором. К слову сказать, за годы войны училище подготовило около 6000 лётчиков-истребителей.

Двоюродный дед Егора — Александр Степанович Грудцын тоже имел самое прямое отношение к авиации, он был лётчиком истребителем, затем служил в Волгограде пилотом-инструктором.

Сам Егор Грудцын пошел по стопам своего отца Владимира Васильевича и дяди. Они были авиационными техниками и всю жизнь готовили пассажирские самолеты к полетам.

«С авиацией я познакомился с самого детства. Как говорит отец, выбора у меня не было(смеётся). Папа меня часто брал на работу. Первый самолёт, в котором я побывал- рабочая лошадка гражданской авиации «Як - 40». На меня это произвело такое впечатление, что я больше ни о чем другом не мог думать. Конечно же, я мечтал стать летчиком!» — вспоминает своё детство Егор Грудцын.

Но судьба распорядилась по-другому, лётчиком Егор не стал по состоянию здоровья, но освоил специальность авиационного техника, окончив Киевский авиационный институт. Начинал молодой специалист с работы техника в Ташкентском аэропорту, потом вместе с семьёй переехал в Ульяновск и устроился на авиастроительный завод –строить новые самолеты.

«Работа была очень интересная. До этого я только обслуживал самолеты, а здесь увидел сам процесс рождения крылатой машины. Винтик к винтику, проводочек к проводочку собирал вместе с коллегами лётный образец модернизированного Ил-76МД-90А. Мне посчастливилось участвовать в строительстве именно тяжелого транспортного самолета «Виктор Ливанов», который в 2016 году показал свою мощь на военном параде 9 мая на Красной площади».[5]

Молодое поколение специалистов гражданской авиации неотстает от старшего, вот яркий пример молодой многодетной династии в ГА России семья Ушангиевич, муж Геннадий, его жена Вера Анатольевна, а также двое сыновей – Максим и Тимур:



На Всероссийском семейном форуме «Родные – Любимые», который проходит в рамках выставки «Россия» на ВДНХ Воронежскую область представила семья Нозадзе. Об этом сообщили в пресс-службе правительства Воронежской области.

По данным властей, на ВДНХ семья осмотрела стенд Воронежской области, приняла участие в интерактивах, а также посетила павильон «Сделано нами», который представлен Министерством промышленности и торговли РФ.

Примечательно, что члены семьи в трех поколениях работают в филиале ПАО «Ил» – Воронежского акционерного самолетостроительного общества (ВАСО). На заводе трудится сам глава семьи Геннадий Ушангиевич, его жена Вера Анатольевна, а также двое сыновей – Максим и Тимур.

Отметим, что Указом президента РФ Владимира Путина 2024 год объявлен Годом семьи. Год семьи открыл Всероссийский семейный форум «Родные – Любимые». Форум проходит в рамках Выставки «Россия» на ВДНХ. Сюда на ближайшие дни съехались династии со всей России.[6]

Династии с размахом: Обстоятельства помешали Александру Скворцову стать космонавтом, но это за него сделал сын

Саша Скворцов даже не мечтал стать космонавтом. Пережившим войну детям космос представлялся чем-то недостижимым. Там ведь еще никто не был. И до полета Юрия Гагарина оставалось больше десяти лет.

- Ни тяги к космосу, ни желания подняться в небо в детстве у меня не было, - вспоминает Александр Александрович. - Я родился в селе, но в войну семья переехала в Воронеж. Здесь в 1959 году я окончил 46-ю школу.

Трое друзей - выпускников, среди которых и Александр, увлеклись спортом и раскопками. Так родилась мечта стать геологами. Приятели договорились поступать на геологический факультет. Но в назначенный день один из товарищей на вступительный экзамен не явился из-за смерти отца. Из солидарности и два его друга отказались от планов стать геологами. Эта, первая из череды, случайность круто изменила жизнь Александра.

#### ЛЕТЧИК ИЗ СОСЕДНЕГО ЦЕХА

- Вместо учебы мы все пошли работать слесарями на радиозавод, который располагался на улице 9 Января, - вспоминает Скворцов. - С нами вместе в соседнем цехе трудился парнишка, который посещал аэроклуб и летал. Он и заразил нас романтикой неба. Мы трое были спортивными ребятами: один гимнаст, второй - велосипедист. У меня было первое место в Воронеже среди юношей по боксу. Мы решили поступать в аэроклуб.

Но медицинскую комиссию прошел только Александр. После аэроклуба поступил в Армавирское летное училище, которое выпускало специалистов с высшим образованием. Увлёкся авиацией вертикального взлета и отправился служить на Север, где освоил сверхзвуковой самолет Су-9.

- И тут я узнал, что объявили набор в школу космонавтов. Ради интереса решил попробовать свои силы. Это был 1965 год. К тому времени у меня уже был первый летный класс, я участвовал в боевых дежурствах, летал до Новой Земли, сопровождая норвежские самолеты. Нас тогда удивило, что за штурвалом этих самолетов сидели исключительно темнокожие пилоты. Из своих наблюдений мы сделали вывод, что на север посылали только

африканцев, белые предпочитали работать в тепле, - смеется Александр Александрович.

### ЗВЕЗДНЫЙ ГОРОДОК

На предварительную медицинскую комиссию в школу космонавтов приехали около 80 выпускников летного училища, а допущены были лишь три человека. У большинства кандидатов здоровье оказалось слабым для таких нагрузок. Несколько друзей Скворцова забраковали. А сам он попал в третий отряд космонавтов.

Тренировки проходили в Звездном городке. В начале шестидесятых он только строился, курсанты жили в палатках и занимались без выходных с раннего утра до отбоя. Подготовка была очень серьезная, и не только физическая. Попутно будущие космонавты овладевали самыми разными профессиями.

- С шести утра и до семи вечера идут занятия, каждую неделю - экзамен по медицине, биологии, астрономии, физике, математике, химии, - говорит Скворцов. - Нашими учителями были такие светила советской науки, как математик Мстислав Келдыш и конструктор Сергей Королев. Мне посчастливилось быть лично знакомым с этими великими учеными.

### МОЙ ДРУГ ЮРИЙ ГАГАРИН

Успешную карьеру Скворцова сломала неожиданная и серьезная болезнь: во время очередного обследования обнаружили лейкоз.

- Год я пролежал в больнице. К счастью, все обошлось, но на карьере космонавта пришлось поставить крест. Оставалось вернуться к полетам, начальство направляло меня назад на север.

Как человек военный Скворцов обсуждать приказы не привык. На север - так на север. Но еще в звездном городке в семье родились два ребенка - сыновья Саша и Юра. Куда с ними на север?!

И тут в судьбе Скворцова принял участие сам Юрий Гагарин.

- Я был знаком с ним: занятия первого отряда, где тренировался Юрий Алексеевич, и нашего, третьего, иногда проводились вместе. Случалось сидеть с первым космонавтом за одной партой. Гагарин, как узнал, что меня на север направляют, прямиком в отдел кадров и генералу говорит: «Отправьте Скворцова туда, куда он сам захочет!». Юрий Алексеевич тогда был авторитет, поспорить с ним никто бы не рискнул.

И отправилась семья Скворцовых в Моршанск Тамбовской области, где глава продолжил осваивать современную авиационную технику.

- Всего за свою жизнь освоил 25 типов самолетов. Это Миги, СУ, Яки, три гражданских самолета. После завершения службы продолжил работу в области науки и образования, читал лекции, публиковался в научных сборниках вузов.

### 13 ЛЕТ В ОЖИДАНИИ ПОЛЕТА

Не довелось Александру Скворцову увидеть Землю из космоса, но его знания и стремления не пропали даром. Оба сына продолжили его дело, а старший, тоже Александр Александрович, смог реализовать мечту отца - стал космонавтом.

- Саша отлично учился, после школы пошел в училище, потом поступил в академию. В 1997 году, когда объявили набор в школу космонавтов, он еще был в академии. Приняли его без проблем, окончил, но полета в космос пришлось ждать 13 лет! Когда запустили международную космическую станцию, американцы установили, что работать там должны лишь космонавты, имеющие опыт полетов, - рассказывает Александр Александрович. – Позже руководство России смогло добиться изменения условий, и в 2010 году сын впервые попал в космос.

Сейчас Александр Скворцов младший на орбите Земли побывал уже в третий раз. Командировка продлится семь месяцев. На космической станции он работает с бортовыми роботами. Кроме того, в его обязанности входит проведение физических и биологических экспериментов.[7]

По данным ВЦИОМ, гражданская авиация России – один из символов мобильности и свободы передвижения в современном мире. В последние 2-3 года каждый третий россиянин летал самолетами различных авиакомпаний (32%, + 4 п.п. к 2022 г.). В том числе 22% летали за это время не более трех раз, а каждый десятый (10%) – четыре раза и более. С 2018 г. активность россиян в перелетах практически не меняется (2018 г. – 29%, 2021 г. – 29%, 2022 г. – 28%, 2023 г. – 32%).[8]

Одним из первых шагов для поднятия престижа профессии и руководством к действию стало поручение от нашего Президент Владимира Путина который, потребовал проработать учреждение государственной награды для представителей заслуженных профессиональных династий. Перечень поручений опубликован на сайте Кремля.

«Администрации президента Российской Федерации совместно с правительством Российской Федерации рассмотреть вопрос об учреждении государственной награды для представителей заслуженных профессиональных династий», - говорится в перечне по итогам рабочей поездки в Свердловскую и Челябинскую области.

Ответственными назначены руководитель администрации президента РФ Антон Вайно и премьер-министр России Михаил Мишустин, глава государства ожидает доклад до 15 июня 2024 года.

Ранее в ходе рабочей поездки в Свердловскую область Путин, общаясь с рабочими «Уралвагонзавода», поддержал предложение одного из участников о создании государственной награды для трудовых династий. Президент отметил, что это хорошая идея и пообещал поручить своей администрации и правительству проработать это предложение.[9]

А закончить статью хочется словами, Дарьи Платовой, ученицы 5Г кл. МБОУ гимназия № 65 г. Ульяновска: «В наше непростое время, когда рушатся все идеалы, необходимо помочь ребятам определиться в этом мире, помочь подрастающему поколению стать социально активной личностью, гражданами своей страны. Лучшим примером для детей всегда были их родители. Поэтому, если ребенок выберет профессию родителей и станет продолжателем трудовой династии – это укрепит не только семью, но и страну, нашу великую Россию!».[10]



\*Все данные в статье приводятся из открытых источников СМИ.

### Литература

1. <https://rg.ru/2024/02/29/ekonomika-demografiia-suverenitet-glavnoe-iz-poslaniia-prezidenta-federalnomu-sobraniuu.html>, дата обращения 04.04.2024г.;
2. <https://rg.ru/2023/11/25/anna-kuznecova-v-god-semi-my-najdem-novye-sposoby-ee-podderzhki-i-zashchity.html>, дата обращения 03.04.2024г.
3. <https://dzen.ru/a/ZGOEj4BsD1tjFIPE>, дата обращения 03.04.2024г.
4. [https://www.1tv.ru/news/2020-02-23/380950-s\\_osobym\\_chuvstvom\\_den\\_zaschitnika\\_otchestva\\_otmechaet\\_semya\\_borodachevyh\\_iz\\_lipetskoy\\_oblasti?ysclid=lttihvkqtj533894669](https://www.1tv.ru/news/2020-02-23/380950-s_osobym_chuvstvom_den_zaschitnika_otchestva_otmechaet_semya_borodachevyh_iz_lipetskoy_oblasti?ysclid=lttihvkqtj533894669), дата обращения 03.04.2024г.
5. [https://vk.com/wall-117821277\\_37058?ysclid=lttj0iqxq7373001602](https://vk.com/wall-117821277_37058?ysclid=lttj0iqxq7373001602), дата обращения 03.04.2024г.
6. [https://voronezhnews.ru/fn\\_1434149.html?ysclid=lttik20b4730987404](https://voronezhnews.ru/fn_1434149.html?ysclid=lttik20b4730987404), дата обращения 03.04.2024г.
7. <https://www.vrn.kp.ru/daily/27050/4115839/>, дата обращения 03.04.2024г.
8. <https://wciom.ru/analytical-reviews/analiticheskii-obzor/grazhdanskaja-aviacija-v-ehpokhu-sankcii>, дата обращения 03.04.2024г.
9. <https://tass.ru/obschestvo/20474717>, дата обращения 03.04.2024г.
10. <https://nsportal.ru/ap/library/drugoe/2014/03/18/moya-trudovaya-semya>, дата обращения 03.04.2024г.

#### *Хорольский Евгений Михайлович*

*Доцент кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н., доцент.*

#### *Иванов Станислав Валерьевич*

*Доцент, Краснодарское высшее военное училище им. С.М. Штеменко, к.т.н.*

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ГРУППОЙ БЛА**

**Аннотация.** Особенностью функционирования автономных мобильных роботов, в том числе и беспилотных летательных аппаратов (БЛА) является высокий уровень неопределенности, что вызвано непредсказуемостью внешней среды, высокой размерностью пространства состояний, отсутствием точных математических моделей, иерархичностью принимаемых решений по управлению. При движении к заданной цели мобильный агент должен



преодолевать различного рода препятствия, избегать столкновений со стационарными и подвижными объектами. Для решения таких задач в автономном режиме система управления подвижного объекта должна обладать способностью интерпретировать, планировать и выполнять полученное задание без вмешательства извне, используя бортовую вычислительную систему[1]. Удовлетворить столь сложным техническим требованиям могут только интеллектуальные системы управления, позволяющие принимать управленческие решения на основе как накопленных знаний и опыта в процессе эксплуатации, так и обработки больших потоков информации в реальном времени. В работе представлена математическая модель, позволяющая определить эффективность системы обработки информации с фиксированными характеристиками входного потока[2].

В работе проведено моделирование большого потока информации, в результате которого были получены графические иллюстрации вероятностно-временных характеристик входного потока информации, показывающие эффективность разработанного подхода к обработке большого объема информации в реальном масштабе времени в современных информационно-телекоммуникационных сетях.

**Ключевые слова.** большой поток информации, робототехнический комплекс, беспилотный летательный аппарат, разнородные информационные ресурсы, многоканальная система обработки информации, пуассоновский поток больших задач, киберфизические системы.

***Khorolsky Evgeny Mikhailovich***

*Associate Professor of the Department*

*Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*

***Stanislav V. Ivanov***

*cand.Tech.Sci., the senior lecturer of chair, « Krasnodar higher military school. S. M. Shtemenko»*

## **A MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE EFFECTIVENESS OF AN INFORMATION PROCESSING SYSTEM BY A UAV GROUP**

**Abstract.** The peculiarity of the functioning of Autonomous mobile robots, including unmanned aerial vehicles (UAVs) is a high level of uncertainty, which is associated with the unpredictability of the environment, the high dimension of the state space, the lack of accurate mathematical models, the hierarchy of management decisions. When moving to a given goal, the mobile agent must overcome various obstacles, avoid collisions with stationary and moving objects. To solve such problems in the Autonomous mode, the control system of the mobile object must have the ability to interpret, plan and perform the task without external interference, using the on-Board computer system [1]. To meet such complex technical requirements can only intelligent control systems that allow to make

management decisions on the basis of both the accumulated knowledge and experience in the process of operation and processing of large flows of information in real time. The paper presents a mathematical model to determine the effectiveness of the information processing system with fixed characteristics of the input stream. The modeling of a large flow of information, as a result of which were obtained graphic illustrations of the probabilistic-temporal characteristics of the input flow of information, showing the effectiveness of the developed approach to the processing of large amounts of information in real time on modern computers.

**Keywords.** large flow of information, robotic complex, unmanned aerial vehicle, heterogeneous information resources, multi-channel information processing system, poisson flow of large tasks, cyberphysical systems.

Автоматизированные и роботизированные системы обладают неразрывной связью между входящими в них вычислительными и физическими элементами. Сегодня представители таких систем могут быть найдены в самых разнообразных областях - космос, автомобильная, химическая технология, гражданская инфраструктура, энергетика, здравоохранение, производство, транспорт, и потребительские устройства. Такой класс систем рассматривается как киберфизические системы[3].

С одной стороны, киберфизические системы за счет распределенной сети датчиков и блоков управления позволяют решить многие практические задачи, позволяющие сэкономить время и уменьшить человеческие потери, за счет выполнения опасных заданий роботизированными системами.

С другой стороны, за счет использования открытых радиоканалов и протоколов киберфизические системы подвержены воздействию компьютерных атак, которые в наилучшем случае могут привести к нарушению работоспособности сети, а в худшем к перехвату управления.

При исследовании реальных или проектируемых систем обработки информации и управления применяют методы математического моделирования.

С учетом того, что системы обработки и управления информационными потоками в мультиагентных робототехнических системах в настоящее время, в основном, имеют многомашинную (многопроцессорную) структуру, целесообразно использовать модели многоканальной системы массового обслуживания. При этом в системах процессоры отождествляются с каналами обслуживания, а задачи - с заявками. Появление систем, адаптируемых к задачам, т.е. меняющих конфигурацию в зависимости от заявок, обусловило необходимость создания адекватных математических моделей систем с перестраиваемой структурой.

В качестве объекта рассматривается мультиагентная робототехническая система, функционирующая в условиях неопределенности внешней среды. В виду того, что масштабность существующих на сегодняшний день задач, стоящих перед роботами мультиагентной системы накладывает серьезные ограничения, связанные с

вопросами обеспечения оперативной передачи и обработки информации, стоит задача построения модели рационального и оперативного перераспределения информационных ресурсов в системе, состоящей из большого количества агентов в составе группы (Рис 1).

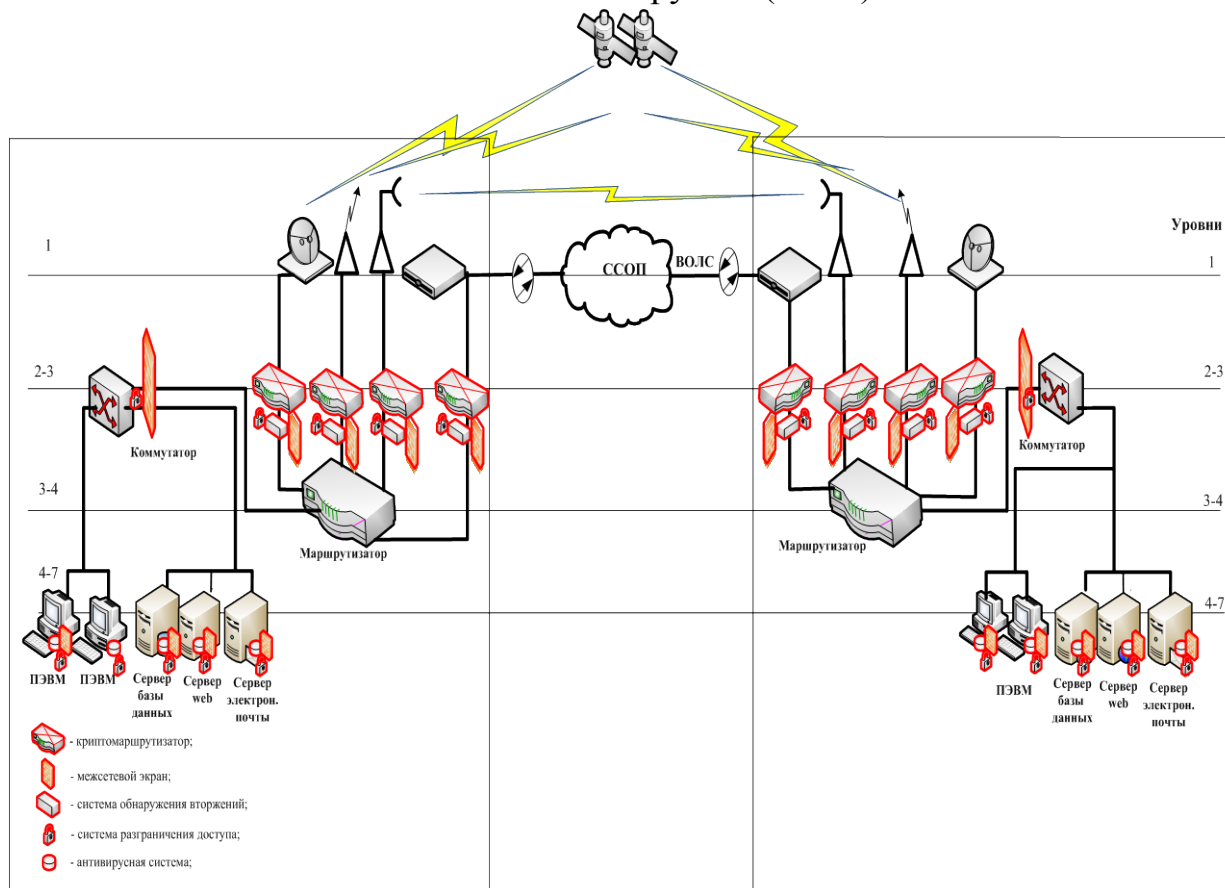


Рис.1. Информационно-телекоммуникационная сеть управления мультиагентной робототехнической системой (группой БЛА)

**Формализация задачи.** В работе рассмотрена модель [4] однородной системы при наличии приоритетного потока больших задач. Задача считается большой, если ее ранг больше  $N/2$  где  $N$  – число агентов (процессоров) в системе. Предположим, что на однородную систему (ОС) из  $N$  агентов поступает пуассоновский поток больших задач с интенсивностью  $\lambda$ . Вероятность поступления задачи с рангом  $n$  если  $\lambda n$  ( $\sum_{n>N/2} \lambda_n = 1$ ,  $\lambda_n > 0$ ).

Задачи обслуживаются в порядке поступления, причем закон обслуживания является произвольным и индивидуальным для каждого ранга. Если система находится в состоянии  $j$ , а  $i$  задач находится в очереди, то вероятность  $G_{ij}(t)$  перехода системы в другое состояние за время  $t$  определяется следующим образом:

$$G_{ij}(t) = \sum_{n>N/2} \lambda \int_0^t [1 - e^{-(t-t_1)}] e^{-at_1} \frac{(a_{t_1})}{j!} dH_v(t_1),$$

$$G_{ij}(t) = \sum_{n>N/2} \lambda \int_0^t e^{-at_1} \frac{(a_{t_1})^j}{j!} dH_v(t_1), \quad (1)$$

$$G_{ij}(t) = \sum_{n > N/2} \lambda \int_0^t e^{-at_1} \frac{(at_1)^{j-i=1}}{(j-i+1)!} dH_\nu(t_1),$$

где  $H_\nu(t_i)$ ,  $\nu > N/2$  – функция распределения времени решения задач  $\nu$ -го ранга системой.

С помощью производящих функций получены условия, при которых период занятости системы имеет конечную длительность – с учетом того, что под периодом занятости понимается разность между  $t_k$  – моментом времени, когда система переходит из занятого состояния в свободное, и  $t'_k$  – наибольшим, не превосходящим его моментом времени перехода из свободного состояния в занятое. Помимо этого, с учетом полученных результатов определяется распределение вероятностей того, что в очереди находится некоторое число задач, ожидающих решения. Эта информация позволяет путем изменения числа агентов системы регулировать длину очереди и время обработки в необходимых пределах. Однако при обработке потоков сложных задач ОС можно предположить, что в системе из  $N$  агентов с заданным объемом памяти время обслуживания программ описывается экспоненциальным законом [5]. Предположим также, что в ОС могут одновременно существовать подсистемы всех рангов – от 1 до  $R$ , т. е.  $N \geq \frac{R(R+1)}{2}$ . Выделим в ОС множество из  $N \in E$  ( $E = \{0, 1, \dots, N\}$ ) элементарных агентов и реструктуризируем ее на подсистемы. Обозначим  $l_{k,n}^{(t)}$  число подсистем ранга  $n$ , образованных в момент времени  $t$  посредством реструктуризации, а  $l'_S(t)$  число  $p$ -программ ранга  $n$ , находящихся в очереди длиной  $S$  в момент  $t$ .

Рассмотрим, как воздействует на систему случайный процесс

$$\Omega(t) = \left\{ l_{k,n}^{(t)}, \frac{l'_S(t)}{k} \in E, n \neq \overline{1, k}, S = 0, \infty \right\}, \quad (2)$$

при условии, что он марковский.

Пусть  $P_k^{l_1, \dots, l_R}$  – вероятность того, что в момент  $t$ ,  $N_l(\sum_{n=1}^R n l_{N_1} n(t))$  агентов занято обслуживанием  $p$ -программ и в очереди занято  $N - N_l(\sum_{n=1}^R n l_{N_1} n(t))$  мест, при том, что в системе  $k$  ветвей.

Требуется вычислить:  $P_{kN}$  – вероятность того, что в ОС находится ровно  $k$  ветвей.

Среднее число занятых агентов определяется в соответствии с выражением:

$$N_{cp} = \sum_{k=1}^N k P_k + N \sum_{S=1}^{\infty} P_{N+S} \quad (3)$$

Коэффициент занятости ОС определяется как:

$$K_3(N) = \frac{N_{cp}}{n}, \quad (4)$$

где  $P_k \sum P_k^{l_1, \dots, l_R} = \sum \lim_{t \rightarrow \infty} P_k^{l_1, \dots, l_R}$  и суммирование ведется по всем возможным разбиениям на подсистемы в предположении, что выполняется условие нормирования  $\sum_{k=0}^{\infty} P_k = 1$ .

Пусть  $K_{k,R}$  – число способов, с помощью которых можно разбить  $N$

агентов  $p$ -программами, максимальный ранг которых равен  $R$ . Тогда, просуммировав  $N_{k,R}$  и ряд  $P_k^{l_1, \dots, l_R}$ , получим искомое значение  $P_k$ .

Значение  $N_{k,R}$  определяется [5] по рекуррентной формуле:

$$N_{k,R} = \sum_{j=1}^R \sum_{i=1}^j N_{k-j,i}, \quad (5)$$

при начальных условиях:  $N_{k,1} = 1, N_{k,k} = 1, N_{k,j} = 0, k < j$ .

Вероятности  $P_k^{l_1, \dots, l_R}$  того, что в ОС ровно  $k$  ветвей, при определенном разбиении  $l_n, l'_n, n = 1, R$ , находятся как решение системы линейных уравнений, составленной с использованием методов теории массового обслуживания [6, 8].

Вероятность занятости агентов ОС в момент времени  $t + \Delta t$  определяется как сумма вероятностей трех несовместных событий:

1) в момент  $t$   $N$  машин соответствующих агентов производят операцию разбиения массива данных  $l$  на некоторые участки, и при этом за время  $\Delta t$  ни одна подсистема не заканчивает обслуживания вспомогательных подпрограмм;

2) в момент  $t$  занято  $(N - N_1)$  агентов, но за время  $\Delta t$  поступила программа ранга  $n, n = \overline{1, R}$ ;

3) в момент  $t$  занято  $(N - N_1)$  агентов, но за время  $\Delta t$  закончилось обслуживание  $p$ -программы ранга  $n, n = \overline{1, R}$  (рис.2).

Переходя к пределу при  $\Delta t \rightarrow 0$ , а затем при  $\Delta t \rightarrow \infty$  получаем систему линейных алгебраических уравнений относительно вероятностей  $P_k^{l_1, \dots, l_R}$ .

Решая эту систему уравнений, определяем  $P_k$  суммированием  $P_k^{l_1, \dots, l_R}$  по различным комбинациям  $l, \dots, l_R$ . С помощью вероятностей  $P_k, (k = 0, \infty)$  определяются следующие характеристики системы:

- вероятность отказа в обслуживании,
- вероятность того, что все машины агентов свободны,
- среднее число занятых агентов.

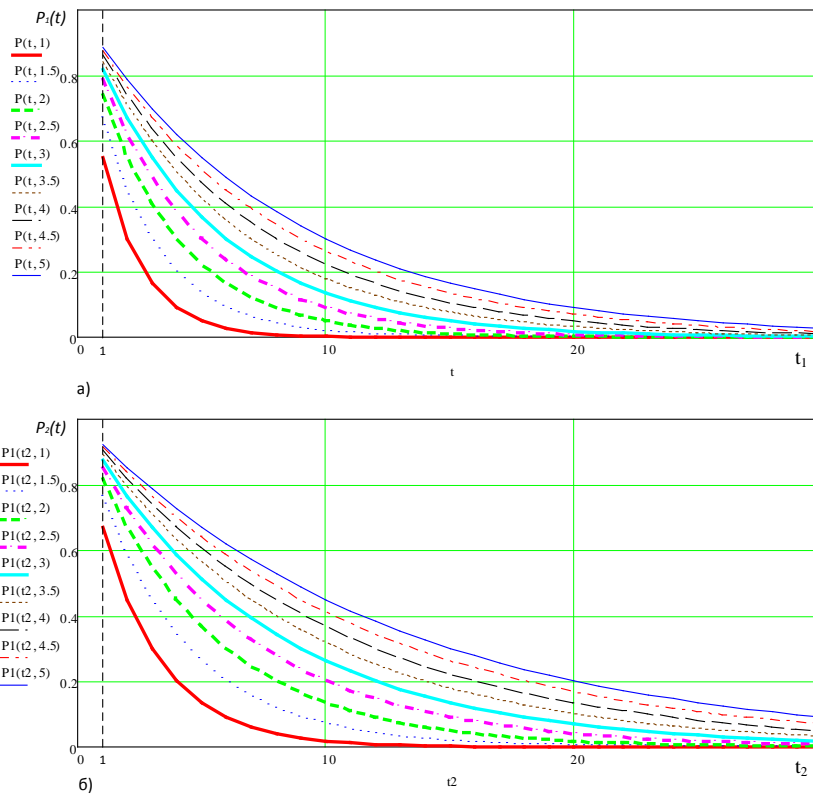


Рис. 2. Зависимость вероятности занятости агентов ОС от времени (а) – в условиях выполнения однородных задач, б) – в условиях выполнения разноплановых задач

Однако при анализе систем, в которых исполнение заявок основано на обработке информации от разнотипных источников (например, микропроцессоры бортовой автономной системы управления робототехническим комплексом), рассмотренные методы исследования ОС не подходят.

### **Разработка модели обработки больших информационных потоков.**

Для анализа таких систем предлагается модель многоканальной системы массового обслуживания, представленная в [6, 8]. Она основана на следующих положениях.

1. Узел обработки информации представляет собой комплекс взаимозавязанных средств обработки и передачи информации, и в системе может быть произвольное, но фиксированное число машин мультиагентной системы каждого типа.

2. В любой момент времени обработка осуществляется одной из нескольких машин и имеет фиксированные требования на ресурсы. Множество состояний обработки задачи определяется классом ее принадлежности и фиксированными требованиями на ресурсы.

3. Заявки поступают на систему из одного или нескольких неограниченных источников; определена средняя интенсивность

поступления заявок с различными начальными состояниями обработки.

4. Возможны три формы распределения ресурсов (без разделения или мультиплексирования; с разделением; стандартное мультиплексирование). Способ распределения ресурсов влияет как на скорость обработки, так и на степень параллельности обработки задач системой.

Введем следующие обозначения:  $J$  – число элементов сети;  $R_i$  – количество элементов  $i$ -го типа в сети,  $i = \overline{1, J}$ ;  $\bar{j}$  – интенсивность нагрузки, обрабатываемой в сети;  $n_o$  – количество маршрутов;  $M$  – число различных векторов требований обработки системой допустимых маршрутов;  $\bar{V}_k$  – вектор требований по обработке маршрутов системой.

Состояние обработки задачи определяется парой  $(j, k)$ , что означает: обработка принадлежит классу  $j$  и требует множество вариантов маршрутов, вырабатываемых  $\bar{V}_k$ . Для удобства обозначений синтезируем изоморфное отображение множества пар  $\{(j, k)\}$  на множество  $\{l\}$  простых индексов;  $L = J \times K$  – число состояний обработки задач,  $S_l$  – состояние  $l$  обработки задач,  $1 \leq l \leq L$ .

Для завершения обработки ОС проходит через последовательность состояний, а ее завершение эквивалентно переходу в заключительное состояние «0», обозначаемое  $S_0$ . Время обслуживания требуемой заявки, перешедшей в состояние  $S_l$  – это время, в течение которого заявка использует ресурсы до перехода в очередное состояние. Пусть  $T_l$  среднее время обслуживания, требуемое задачей в состоянии  $S_l$ ,  $l = \overline{1, L}$ . Оказавшись в состоянии  $S_l$ , заявка остается в нем до истечения времени обслуживания. Следующее состояние определяется дискретным марковским процессом, соответствующим матрице  $\bar{P}$ ;  $P = (L + 1) \times (L + 1)$  – стохастическая матрица переходных вероятностей. Заявки поступают в систему из одного или нескольких неограниченных источников, и интенсивность их поступления в начальном состоянии  $S_l$  есть  $\lambda_l$  – общая интенсивность  $\lambda = \sum_{l=1}^L \lambda_l$ . Зная  $\lambda$ , можно определить вероятность нахождения заявки в начальном состоянии. Распределение начальных состояний заявок определяется вектором  $\bar{F} = [f_1, f_2, \dots, f_L]$ , используя вектор  $\bar{F}$  и матрицу  $\bar{P}$ , можно определить  $\bar{G} = [g_1, g_2, \dots, g_L]$ , где  $g_L$  – среднее число прерываний обработки в состоянии  $S_1$ .

В многоканальной системе обработки информации (МСОИ) предполагается существование постоянных распределений времени обслуживания и интенсивности поступления для каждого класса заявок. Для этого определяется  $P_0(\lambda)$  – вероятность того, что система свободна,  $P_0(\lambda)$  того, что обслуживается комбинация  $m$ ,  $m = \overline{1, M}$ . Если пара –  $g_l$ ,  $l = \overline{1, L}$ , постоянны, распределение времени обслуживания также постоянно и общая интенсивность входного потока не меняется, то анализируемая система имеет фиксированные характеристики потока заявок. Для данного алгоритма распределений заданий и фиксированных характеристик потока заявок мощность системы определяется как интенсивность входного потока.

Граница мощности  $\lambda_{max}$  для МСОИ рассчитывается как инфимум интенсивности входных потоков, при которых гарантируется насыщенное, независимое от используемого алгоритма распределение заявок.

Для определения границы мощности МСОИ предполагается следующий метод[7].

Предположим, что  $g_l$  (среднее число пребывания заявок в состоянии  $V_l$ ),  $K_l$  (среднее число обслуживания заявок в состоянии  $S_l$ ) и  $T_l$  (среднее число пребывания заявок в состоянии  $S_l$ ), ограниченные и положительные для каждого из состояний обработки заданий  $\lambda_{max}$  константы.

Граница мощности является решением задачи линейного программирования:

$$\lambda_{max} = \max_{P(\lambda)} \sum_{m=1}^P D_m P_m(\lambda) \quad (6)$$

Здесь  $P_m(\lambda) \geq 0$ ;  $D_m = (\sum_{l=1}^l g_l T_l)$ ,  $m = \overline{1, M}$ ;  $l = \overline{1, l-1}$ , где  $K_{l,m}$  – число заявок из комбинации  $m$  в состоянии  $S_l$ ,  $V_{m,l}$ , — средняя скорость обработки задачи из комбинации  $m$  в состоянии  $S_l$ .

Если стремиться к достижению максимальной мощности, то следует отдавать предпочтение «желательным» комбинациям[9].

Отметим, что техника определения границы эффективности «желательных» и «нежелательных» комбинаций, информацию о которых полезно использовать при распределении заявок, на практике может применяться только при исследовании систем с числом процессоров до 16, для которых число возможных комбинаций весьма невелико[10].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Полученная аналитическая модель позволяет определить эффективность системы обработки информации с фиксированными характеристиками входного потока. Так как задача линейного программирования содержит  $L$  ограничений, то не более  $L$  переменных ( $P_m(\lambda)$ ) должно быть ненулевыми. ( $P_m(\lambda) \geq 0$  определяет временной промежуток, в течение которого система должна обрабатывать комбинацию  $m$ , чтобы достичь границы  $M$  эффективности. Единственность решения не гарантируется. Если есть несколько экстремальных точек, то любая выпуклая их комбинация также будет экстремальной.

Зная набор  $\{(P_m(\lambda))\}$ , на котором достигается экстремум, можно определить «нежелательные» комбинации ( $P_m(\lambda) = 0$  и «желательные».

## Литература

1. Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г. Модели и алгоритмы коллективного управления в группах роботов. – М.: Физматлит, 2009. – 280 с.
2. Моржов С.В., Хорошко В.А., Бенасер Карим Обработка информационных потоков в многомашинных системах//Проблемы управления и информатики.-2000.-№2.-С.116-120.



3. Гудков М.А., Коцыняк М.А., Нечепуренко А.П., Суетин А.И. Киберфизические системы и способы воздействия на них. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании (АПИНО 2018). VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция. Сборник научных статей. В 4-х томах. Под редакцией С.В. Бачевского. 2018. С. 270-275.
4. Баранов В.В., Гудков М.А., Крибель А.М., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Защита канала управления роботизированных систем. В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения информационной безопасности. труды Межвузовской научно-практической конференции. 2017. С. 32-37.
5. Баранов В.В., Крибель А.М., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Применение метода топологического преобразования стохастических сетей для оценки эффективности средств защиты. В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения информационной безопасности. труды Межвузовской научно-практической конференции. 2017. С. 47-52.
6. Иванов Д.А., Коцыняк М.А., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Модель распределения факторов информационного воздействия по элементам информационно-телекоммуникационной сети. В сборнике: Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. Сборник научных статей: в 4 томах. 2017. С. 420-425.
7. Баранов В.В., Крибель А.М., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Применение метода топологического преобразования стохастических сетей для оценки эффективности средств защиты. В сборнике: Актуальные проблемы обеспечения информационной безопасности. Труды Межвузовской научно-практической конференции. 2017. С. 47-52.
8. Коцыняк М.А., Карганов В.В., Лаута О.С., Нечепуренко А.П. Методика обоснования мер противодействия радиолокационной разведке высокоточного оружия. Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. 2016. № 9-10 (99-100). С. 54-57.

***Тирацуйян Вазген Хоренович***

*Старший научный сотрудник, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.э.н., доцент.*

***Айрапетян Арам Романович***

*Заместитель директора по административно-хозяйственной работе, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.э.н.*

## **ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БАС В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются понятия эффективности, результативности и сельском хозяйстве. Обосновывается необходимость внедрения и более масштабного применения беспилотных авиационных систем на территории Ростовской области.

**Ключевые слова.** БАС, обработка растений, сельское хозяйство, агропредприятия, рентабельность.

***Tiratsuyan Vazgen Khorenovich,***  
*senior researcher*

*FGBOU VO “Rostov branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

***Hayrapetyan Aram Romanovich***

*Associate Professor of the Department of Socio-Economic Disciplines  
FGBOU VO “Rostov branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

## **FEATURES OF THE USE OF UAS IN AGRICULTURE**

**Annotation.** The article discusses the concepts of efficiency, efficiency and agriculture. The necessity of introducing and more extensive use of unmanned aircraft systems in the Rostov region is substantiated.

**Keywords.** UAS, plant processing, agriculture, agricultural enterprises, profitability.

Развитие беспилотных авиа систем (БАС) развивается в различных направлениях и является, в определенной мере, альтернативой классической «пилотируемой» авиации. В сфере гражданского применения БАС применяется в земельных отношениях, в интересах МЧС, логистики и многих других сферах. Одной из самых значимых является применение БАС в сельском хозяйстве

Основные задачи БАС в с/х:

- мониторинг урожайности;
- планирование урожайности;
- картографирование территорий;
- обработка растений;
- оценка посевных площадей;
- борьба с вредителями.

Темпы роста и прогнозы на перспективу свидетельствуют о том, что данная отрасль является растущей и далека от насыщения (Рис 1.)



**Рисунок 1 – Динамика мирового сектора БАС в сельском хозяйстве, млрд. долл. [1].**

Данные графика демонстрируют потенциал роста за 10 лет в 6 раз.

Фундаментальными факторами интереса производителей и потребителей БАС в сфере сельского хозяйства являются:

- рост населения в ряде регионов мира;
- стремление участников агробизнеса к повышению эффективности деятельности, в т.ч., увеличению производительности труда;
- развитая инфраструктура агробизнеса в ряде стран;
- современная научно-техническая база в сфере БАС.

В РФ, в рамках экспериментально-правового режима, действующего в 12 субъектах федерации, территория, обработанная с применениями технологий БАС, составила около 500 тыс. га.

Барьерами для развития отрасли БАС, является:

- усиление конкуренции;
- не рентабельность для небольших агропредприятий;
- дефицит операторов БАС.

Усиление конкуренции является нормальной реакцией участников рынка, с связи с перспективностью и потенциалом данного сегмента рынка.

Не рентабельность для небольших агропредприятий обусловлена тем, что в структуре стоимости услуг по применению БАС, большая доля не зависит от объема обрабатываемой площади. Поэтому, чем больше агропредприятие, тем дешевле стоимость 1 га обработанной площади. И наоборот, при небольших площадях, стоимость услуг обработки при помощи БАС 1 га, возрастает.

Дефицит операторов БАС обусловлен во-первых, общими тенденциями на рынке труда РФ, испытывающем острый дефицит кадров, во-вторых особенностями подготовки компетентного оператора БАС. Основные операции, осуществляемые оператором БАС в сельском хозяйстве:

- техническое обслуживание БАС;
- настройка параметров распыления;
- настройка автоматических полетных заданий;
- контроль и предупреждение нештатных ситуаций;
- смешение растворов и т.д.

Одними из основных направлений является мониторинг состояния сельскохозяйственных культур и внесение удобрений и пестицидов.

По направлению оценка состояния сельскохозяйственных культур выделяются следующие операции;

- мониторинг состояния урожая;
- анализ старения растений;
- индексация площади растений
- оценка урожайности;
- съемка перед посадкой
- оценка засухи.

По направлению внесение удобрений и пестицидов важнейшей задачей является минимизация расходования расхода пестицидов/удобрений без потери качества внесения.

Интересным направлением является синхронизация с другими беспилотными машинами сельскохозяйственного направления. Такими как например комбайн Ростсельмаша «Беспилотная агромашина TORUM 785»[2].

В сельском хозяйстве применяются различные виды БАС. Основными являются:

- БАС самолетного типа;
- БАС мультироторного типа;
- БАС опрыскиватель.

Ростовская область имеет большие перспективы развития БАС. Этому способствует развитие нормативно-правовой базы. Минэком РФ совместно с участниками рынка разработан проект «Методических рекомендации по разработке, содержанию, утверждению и мониторингу программ развития беспилотной авиации в субъектах Российской Федерации»[3]. Так же разрабатывается проект Федеральных Авиационных Правил (ФАП) по эксплуатации беспилотных авиационных систем.

Так же, прорабатывается вопрос о создании в регионе научно-производственного центра в области беспилотных авиационных систем [4].

Так как регион имеет развитый агропромышленный комплекс, наличие крупных агропредприятий, потенциал развития данного направления очень высок. Единственным барьером является текущая политическая ситуация, ограничивающая применение БАС в донском регионе. После решения текущих политических и геостратегических задач на государственном уровне, применение БАС в сельском хозяйстве на территории Ростовской области будет развиваться большими темпами.

## Литература

1. Автайкин А.В. Обзор рынка применения БАС в сельском хозяйстве. <https://unti2035.lms.2035.university/viewer/sessions/134/materials/1856>
2. Ростсельмаш показал в уборке беспилотный комбайн. <https://rostselmash.com/media/news/rostselmash-pokazal-v-uborke-bespilotnyy-kombayn/>
3. [https://www.gtlk.ru/upload/iblock/363/b12a18eknoeiakwaezts082iwpou471u/MR-po-razrabotke\\_-soderzhaniyu\\_-utverzhdeniyu-i-monitoringu-programm-razvitiya-bespilotnoy-aviatsii-v-subektakh-Rossiyskoy-Federatsii.pdf](https://www.gtlk.ru/upload/iblock/363/b12a18eknoeiakwaezts082iwpou471u/MR-po-razrabotke_-soderzhaniyu_-utverzhdeniyu-i-monitoringu-programm-razvitiya-bespilotnoy-aviatsii-v-subektakh-Rossiyskoy-Federatsii.pdf)
4. Голубев: На Дону планируют создать научно-производственный центр БАС. <https://rostov.rbc.ru/rostov/freenews/65705f179a794779bd1de159>

### *Лазуревская Юлия Андреевна*

*Старший преподаватель кафедры социально-экономических дисциплин  
Ростовского филиала Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА).*

## **К 99-ЛЕТИЮ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОСТОВА-НА-ДОНУ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены предпосылки и этапы формирования гражданской авиации на Юге России, выявлены ключевые моменты исторического развития гражданской авиации на Дону, обоснована дата возникновения гражданской авиации в регионе, проанализированы основные тенденции развития первых воздушных линий в регионе.

**Ключевые слова.** гражданская авиация, Дон, Ростов-на-Дону, воздушное сообщение, история, авиация, воздухоплавание, воздушные линии, летчики. авиаторы

### *Lazurevskaya Julia Andreevna*

*Senior Lecturer*

*Department of «Socio-economic disciplines»*

*Rostov branch of FGBOU VO «Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

## **TO THE 99TH ANNIVERSARY OF CIVIL AVIATION IN ROSTOV-ON-DON**

**Abstract.** The article examines the prerequisites and stages of the formation of civil aviation in the South of Russia, identifies key points in the historical development of civil aviation on the Don, substantiates the date of the emergence of civil aviation in the region, and analyzes the main trends in the development of the first air lines in the region

**Key words:** civil aviation, Don, Rostov-on-Don, air traffic, history, aviation, aeronautics, air lines, pilots. Aviators.

15 июня 2024 года гражданской авиации Дона исполняется 99 лет, город Ростов-на-Дону в далеком 1925 году стал центром авиасообщения Юга Росси, именно тут возникло первое регулярное сообщение в регионе, были открыты первые гражданские авиалинии осуществляющие пассажирские перевозки и доставку грузов и почты, построен аэродром и необходимые структуры для возможности функционирования новой отрасли государства - гражданской авиации. Однако процесс формирования региональной авиации и выделение авиации из военной авиации гражданского направления на Юге России начался гораздо раньше. В статье рассмотрим предпосылки, которые способствовали формированию гражданской авиации в регионе, выделим основные периоды становления и развития отрасли.

История гражданской авиации на Дону начинается 15 июня 1925 года, однако сам термин «авиация» и «самолеты» только входил в обиход горожан, чаще использовались понятия «воздухоплавание» и «аэропланы», это связано с тем, что аэропланы на Дону появились гораздо раньше 1925 года.



Линейка первых машин Донской авиации. Новочеркасск. Август 1918 [9]  
Еще до событий 1917 года в Российской Империи активно развивалось

воздухоплавание, что было обусловлено необходимостью укрепления обороноспособности страны с помощью набирающей популярность во всем мире новой авиационной отрасли.

С 1910 года в Российской императорской армии появились воздухоплавательные части, офицеры и нижние чины, входившие в состав этих частей стали первопроходцами в новом роде войск – Воздухоплавание, так в то время назывались военно-воздушные силы Российской Империи. А уже с 1912 года на основе структур Российского императорского военного воздушного флота, была сформирована авиация на Дону [5].

В этот период на Юге России появились первые авиационные структуры такие как аэродромы, самолеты, ангары, связь, коммуникации, и кадровый технический и летный состав, способный эксплуатировать воздушные суда не только в условиях военных действий.



Вячеслав Григорьевич Баранов [10]

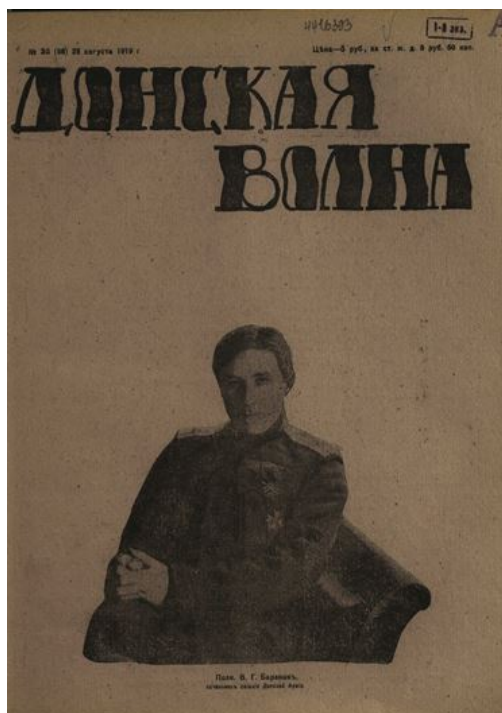


Фото полковника Баранова В. Г. на обложке журнала «Донская волна», со статьями о Донской авиации. № 30, август 1919 [10]

Особую роль в формировании авиации на Дону играет Вячеслав Григорьевич Баранов, именно его принято считать основателем и организатором авиации

Дона. Выходец из семьи дворян округа Войска Донского, родился в станице Луганская, Донецкого округа Войска Донского, в семье офицера Баранова Григория Лукьяновича 26 февраля 1888 года [3]. Вячеслав Григорьевич окончил Гатчинскую авиашколу в 1913 году, был командиром 7-го авиационного дивизиона Донской армии, а в 1920 году стал начальником авиации Донской армии. Именно В.Г. Баранов внес значительный вклад в формирование базы для развития авиации Дона, организовав переброску авиационного имущества на Дон в период Гражданской войны.

Вместе с В.Г. Барановым авиацию Дона создавали русские офицеры, летчики-энтузиасты, все они заложили фундамент для организации в дальнейшем гражданской авиации на Дону.

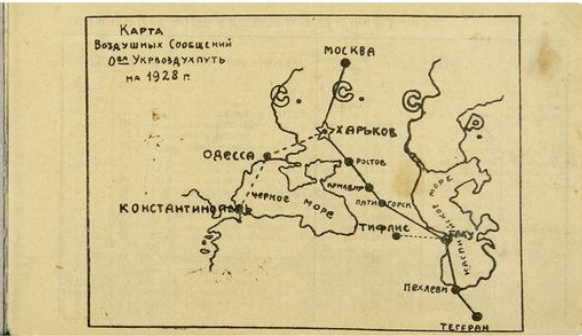
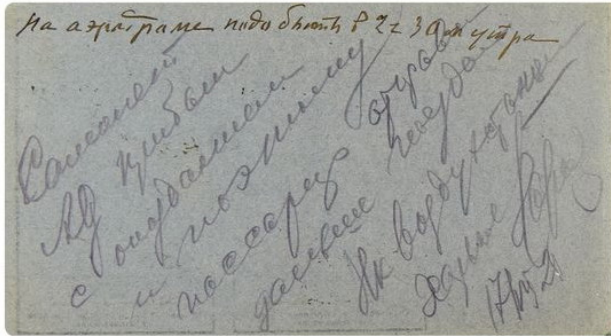
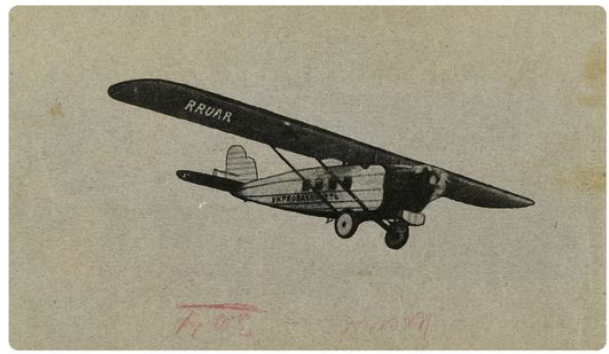
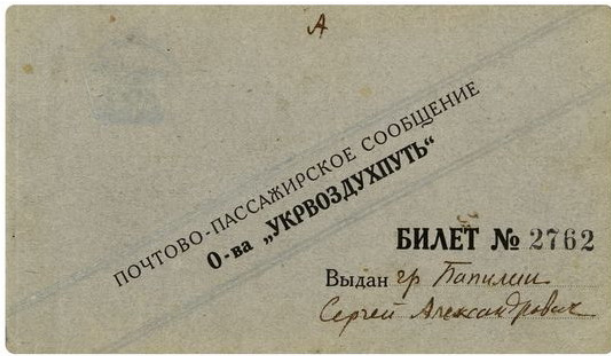
С 1921 года, после принятия новой экономической политики (НЭП) в стране появляются первые авиационные акционерные общества, чья деятельность была связана с организацией перевозок пассажиров, грузов и почты, в истории авиации начинается новый период, когда авиация становится частью транспортной системы, появляется понятие гражданская авиация. Это период популяризации авиации и открытия первых авиалиний для развития коммуникации между регионами, в том числе и на Дону. В 1923 году в СССР активно функционируют 3 авиационных акционерных общества «Добролет» в Москве, «Закавиа» в Баку, «Укрвоздухпуть» в Харькове, для сбора средств на развитие авиации начинают функционировать ячейки общества друзей воздушного флота (ОДФ).

С 1924 года на Дону появляются гражданские авиационные структуры, специалисты, способные профессионально эксплуатировать аэропланы и аэродромные сооружения. Очевидно, что «Добролет» и «Укрвоздухпуть» были организованы на инфраструктурной базе, заложенной в дореволюционное время, сохранившемся кадровом составе и авиапарке, частично обновляемом за счет немецкого импорта техники и специалистов по соглашениям, достигнутым в рамках «Рапальского договора» (1922–1933) [2].

В 1924 году в городе Ростове-на-Дону, за линией Владикавказской железной дороги (в северном направлении между современными станциями Рабочий городок и Ростов Товарный), за дачным поселением, был организован первый аэродром в городе, с июля 1939 года он стал испытательным полигоном Ростовского вертолетного завода.

В 1925 году в городе Ростове-на-Дону было открыто отделение акционерного общества воздушных сообщений «Укрвоздухпуть» - Северо-Кавказская краевая контора. При содействии Краевого Исполнительного комитета, на Дону и Северном Кавказе начинается активное развитие гражданской авиации и сети воздушного сообщения между городами региона.





Авиабилет №2762 общества «Укрвоздухпуть» по маршруту Москва-Армавир 1928 год [8]

Становление гражданской авиации на Дону связано с деятельностью Северо-Кавказской краевой конторы «Укрвоздухпутя», открывшей первые воздушные линии в Ростове-на-Дону. В ходе исследования архивных документов Северо-Кавказской краевой конторы установлена достоверная дата образования гражданской авиации на Дону – 15 июня 1925 года, в этот день была открыта первая регулярная воздушная линия в регионе [6].

Открытие первой воздушной линии из Ростова-на-Дону, подтверждается письмом № 168 от августа 1925 года [12]. Письмо было написано обществом «Укрвоздухпутя» в адрес Северо-Кавказского краевого исполненного комитета, подписанное заведующим Северо-Кавказской краевой конторой «Укрвоздухпутя» Этчин Борисом Савичем [1].

Открытие первой воздушной линии из Ростова-на-Дону широко освещалось в региональных СМИ, так газета «Молот» опубликовала целую серию статей, в которых анонсировалось установление воздушного пассажирского и грузового сообщения на регулярной основе между городами Ростовом-на-Дону, Харьковом и Москвой.



Фото статьи об открытии воздушной линии Ростов -Харьков в газете Молот 1925 год [11]

В одной из статей говорилось: «15 июня 1925 года ровно в 6 утра, с Ростовского аэродрома, на восьмиместном цельнометаллическом пассажирском самолете «Дорнье-Комет-3» германского производства, был выполнен первый прямой пассажирский рейс по маршруту Ростов – Харьков – Орел – Москва».[11] С этого события начался новый период в истории Донской авиации, началась история гражданской авиации региона.

Со временем воздушная трасса расширялась, увеличивалось и количество совершаемых рейсов, расширялось строительство аэродромов и аэропортов в регионе. Уже в 1926 году через столицу Дона прошла важная авиамагистраль Москва-Ростов-Тифлис, а к 1930-му году Ростов-на-Дону был одним из ключевых узловых аэропортов в стране.

История Донской авиации начиналась как военная, была сформирована в условиях трагического в истории страны периода революции, мировой и гражданской войны благодаря первым русским авиаторам, которые заложили основу для нового периода в развитии отечественной региональной авиации и выделении гражданской авиации в отдельную транспортную отрасль. С 15 июня 1925 года началось становление региональной гражданской авиации на Дону, почти вековая история которой стала серьезным фундаментом для развития отечественной гражданской авиации.

### Литература

1. Аверьянов А.В. Из Хроники Ростовского Объединенного Авиатряда и авиакомпания Донавиа 1920 – 1924 Донской временник 2023 №11 Источник: [http://donvrem.dspl.ru//Files/article/m11/0/art.aspx?art\\_id=1944](http://donvrem.dspl.ru//Files/article/m11/0/art.aspx?art_id=1944) (дата обращения 04.06.2024)
2. Акопов Г.Л., Лазуревская Ю.А. История зарождения и развития гражданской авиации на Дону. Ростов н/Д., 2015.
3. Кравец В.С. О становлении авиации на Дону // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Обществ. науки. 2024. № 1. С. 48–52

4. Кравец В.С. О зарождении Гражданской Авиации на Дону. 1912–1917 Ростовчанка 2023 №1  
Источник: <https://rostovchankamedia.ru/novostiinformacziya/obshhestvo/o-zarozhdenii-grazhdanskoj-aviaczii-na-donu-1> (дата обращения 04.06.2024)
5. Кравец В.С. Из Хроники Ростовского Объединенного Авиаотряда и авиакомпании Донавиа Период до 1912 года. Донской временник 2023 №9  
Источник: <http://donvrem.dspl.ru/AuthorDetails.aspx?id=623> (дата обращения 04.06.2024)
6. Лазуревская Ю.А. Этапы становления гражданской авиации на территории Северо-Кавказского края // Общество: философия, история, культура. 2022. № 8. С. 158–162.
7. Лазуревская Ю.А. Предпосылки становления гражданской авиации на Юге России // Наследие веков. 2019. № 4. С. 97–105.
8. История авиационного билета в России. Часть 3 Источник: <https://transptickets.wordpress.com/2015/01/10/>(дата обращения 06.06.2024)
9. Малыхин К. Г. Из хроники Ростовского объединенного авиаотряда и авиакомпании Донавиа. 1916– 1920 // Донской временник. 2023. Вып. 31. URL: [http:// www.donvrem.dspl.ru/Files/article/m11/0/art.aspx?art\\_id=1943](http://www.donvrem.dspl.ru/Files/article/m11/0/art.aspx?art_id=1943) (дата обращения 04.06.2024)
10. Неизвестные воспоминания В. Г. Баранова об авиации на Дону: Посвящается 100-летию Русской военной авиации / Публ. А. В. Махалина, А. А. Литвина // Российский Архив: История Отечества в свидетельствах и документах XVIII—XX вв.: Альманах. — М.: Студия ТРИТЭ: Рос. Архив, 2009. — [Т. XVIII]. — С. 497—556. <https://feb-web.ru/feb/rosarc/rai/rai-497-.htm> (дата обращения 04.06.2024)

#### **Периодические и архивные источники**

11. Молот. 1925. 7 июня  
12. ГАРО. Ф.Р-2709. Оп. 1. Д. 1. Л. 5.

#### ***Чехов Игорь Анатольевич***

*Доцент кафедры управления воздушным движением, Московский государственный технический университет гражданской авиации, к.воен.н.*

#### ***Гаспарян Григорий Арменович***

*Аспирант кафедры управления воздушным движением, Московский государственный технический университет гражданской авиации.*

### **СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ НЕОБХОДИМОЙ ЗАДЕРЖКИ ВС В ПОТОКЕ ПРИБЫТИЯ И НЕОБХОДИМОСТЬ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**Аннотация.** Процесс формирования потоков воздушных судов, прибывающих в аэропорт, начинается на стадиях организации воздушного

пространства и планирования его использования. Этот процесс продолжается на этапах стратегического, предварительно-тактического и непосредственно тактического планирования использования воздушного пространства, и достигает завершения во время оперативного управления воздушным движением. Так, формирование потоков прилета можно рассматривать как комплексный, межэтапный процесс, который включает многоуровневое планирование и направлен на финальную стадию управления воздушным движением, при этом учитывая реальные условия и ограничения, связанные с текущей обстановкой в воздухе. Построить оптимальную очередность воздушных судов помогает менеджер прибытия AMAN. Однако этот инструмент также не лишён недостатков.

**Ключевые слова.** воздушное пространство, аэродром, район аэродрома, эффективность, безопасность, воздушное движение.

***Chekhov Igor Anatolyevich***

*Associate Professor of the Department of Air Traffic Control, Moscow State Technical University of Civil Aviation, Candidate of Military Sciences*

***Grigory Gasparyan Armenovich***

*Postgraduate student of the Department of Air Traffic Control, Moscow State Technical University of Civil Aviation.*

## **MEANS OF DETERMINING THE TIME OF THE REQUIRED AIRCRAFT DELAY IN THE ARRIVAL SEQUENCE AND ITS NECESSITY**

**Abstract.** The process of forming the arriving aircraft sequence to the airport begins at the stages of organizing the airspace and planning its use. This process continues at the stages of strategic, pre-tactical and direct tactical planning of the use of airspace, and reaches completion during operational air traffic control. Thus, the formation of arrival flows can be considered as a complex, inter-stage process that includes multi-level planning and is aimed at the final stage of air traffic control, while taking into account the real conditions and limitations associated with the current situation in the air. The AMAN Arrival Manager helps to build the optimal aircraft order. However, this tool is also not without drawbacks.

**Key Words:** airspace, airfield, airfield area, efficiency, safety, air traffic.

В настоящее время на рынке доступно множество инструментов для управления потоками воздушных судов, особенно в отношении прибывающих рейсов. Среди них выделяются современные программные решения, которые обеспечивают автоматизацию упорядочивания прибывающих воздушных судов и предоставляют необходимые данные и рекомендации службам управления воздушным движением для регулирования прибытий.

Термин «Управление прибытием» (Arrival Management) определяет



процесс эффективного организации порядка прибывающих воздушных судов и создания упорядоченного потока для посадки в аэропорту назначения. Этот процесс наилучшим образом реализуется с использованием автоматизированных систем, известных как «Менеджеры прибытия» (Arrival Managers, AMAN).

AMAN — это системы, разработанные для помощи диспетчерам управления воздушным движением, обеспечивающие автоматизированное планирование последовательности прибывающих рейсов в заданном воздушном пространстве. Они позволяют выполнять непрерывные расчеты времени прибытия, учитывая необходимые интервалы между прибывающими на взлетно-посадочную полосу рейсами.

Основная функция системы AMAN заключается в координации бесконфликтного слияния потоков воздушных судов вблизи аэродрома, обеспечивая диспетчерам поддержку в управлении движением. Система AMAN способствует автоматизации процесса упорядочивания прибытий и регулированию потока воздушного движения при входе в зону подхода или в воздушное пространство аэродрома. Это позволяет оптимизировать пропускную способность взлетно-посадочных полос для прибывающих рейсов и управлять потоками воздушных судов, входящих в зону ответственности аэродрома.

На главной панели системы отображается временная шкала взлетно-посадочных полос аэродрома, что позволяет визуализировать необходимое время для посадки каждого воздушного судна на отдельной шкале. Это обеспечивает четкое представление о временных интервалах и помогает в эффективном планировании последовательности прибытий. Справа от шкал, отвечающих за ВПП, выведена информация о каждом ВС (Рисунок 1).

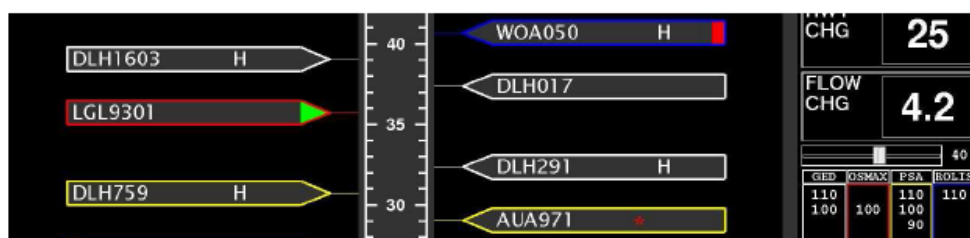


Рисунок 1 – Вид рабочего окна AMAN

AMAN активно взаимодействует с множеством систем, включая систему обработки полетных данных (FDPS – Flight Data Processing System) и системы радиолокационной обработки данных (PCOD). Этот «Менеджер прибытия» интегрирует данные из флайтплана, радиолокационную информацию, сведения о погодных условиях, локальном воздушном пространстве и маршрутах. Он также моделирует траектории на основе технических параметров воздушных судов для точного соблюдения заданных показателей AMAN.

AMAN принимает во внимание специфические условия, такие как требуемые скорости посадки или временные интервалы между взлетно-

посадочными полосами (ВПП), особенно когда несколько воздушных судов ожидают на посадку в схожее или приближенное время прибытия (ETA – Estimated Time of Arrival). Система разрабатывает последовательность подходов, инициируя новый цикл расчетов всех необходимых данных, чтобы эффективно управлять или формировать очередность подхода к посадке (Рисунок 2). [1]

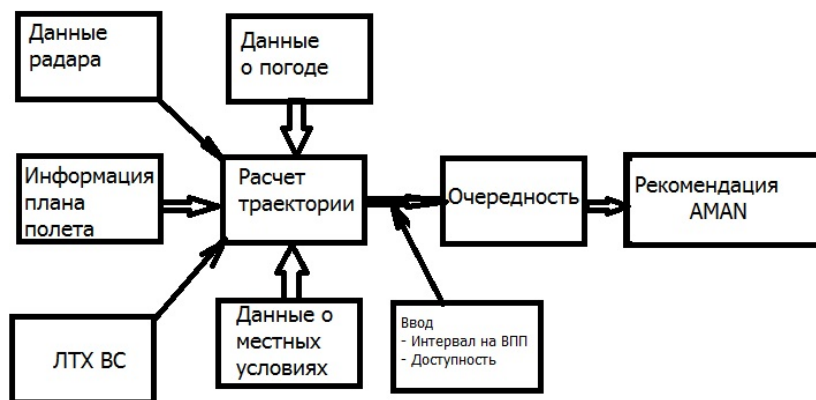


Рисунок 2 – Принцип работы системы AMAN

Вместе с предоставлением информации о порядке прибытия для служб ОВД, система AMAN также предлагает диспетчерам рекомендуемые временные рамки, как, например, необходимое время для замедления или ускорения полета ('–  $\Delta 2$  ', что указывает на необходимость сократить 2 минуты для соблюдения графика). Задача диспетчера заключается в выборе и применении подходящей стратегии (векторизация, изменение маршрута или скорости) для обеспечения соблюдения установленного времени.

Исследования ведутся над трансформацией AMAN из рекомендательной системы в инструмент для управления контролируемым временем прибытия (СТА), позволяющий диспетчеру устанавливать точное время прибытия. Это время затем может быть использовано системой улучшенного визуального восприятия (EVS), которая в сочетании с системой управления полетом (FMS) и другими инструментами гарантирует выполнение требуемого времени прибытия (RTA).

Однако, к основным недостаткам AMAN можно отнести ее ограниченную гибкость. В настоящее время интервалы для посадки, устанавливаемые аэродромным диспетчерским центром, могут значительно варьироваться в короткие сроки. Например, стандартный интервал в 9 км может удвоиться до 18 км в вечерние часы из-за ухудшения погодных условий и обледенения ВПП, что увеличивает дистанцию торможения и требует более длительных интервалов. Эти изменения могут происходить в течение нескольких часов, и AMAN не всегда способна адаптироваться к таким быстрым изменениям, эффективно рассчитывать новую последовательность прибытий под измененные условия. Также система не

предоставляет возможности устанавливать различные интервалы для разных типов воздушных судов, что могло бы минимизировать задержки для вылетающих рейсов. [3]

К прочим недостаткам системы АМАН можно отнести недостаточный учет изменений скорости ветра, особенно при смене его направления, что становится критичным при введении различных ограничений на воздушные пути. Воздушные суда могут быть вынуждены следовать маршрутами с резкими поворотами до 90°. При высоких скоростях ветра путевая скорость судов может изменяться на 80-90 км/ч, что требует моментальной корректировки очередности. Однако, АМАН рассчитывает траектории исходя только из текущей скорости судов, не принимая во внимание такие метеорологические изменения. Система также предусматривает расчет полного маршрута, игнорируя возможности сокращения некоторых участков STAR для оптимизации воздушного движения, а также не предусматривает индивидуальные интервалы для различных типов судов, что могло бы минимизировать задержки. [4]

Дополнительно, АМАН не всегда способна быстро адаптироваться к изменениям интервалов, что может привести к значительным задержкам. Согласно п. 5.1 Приказа Министерства транспорта Российской Федерации от 25 ноября 2011 года №293 «Об утверждении Федеральных авиационных правил «Организация воздушного движения в Российской Федерации», «орган ОВД устанавливает очередность захода на посадку с таким расчетом, чтобы обеспечить прибытие максимального числа воздушных судов с наименьшей средней задержкой».

Далее в приказе говорится, что при определении очередности посадки органу ОВД следует исходить из необходимости предоставления посадки воздушным судам:

- а) выполняющим вынужденную (экстренную) посадку;
- б) экипажи которых сообщили, что предполагается выполнение посадки по причинам, влияющим на безопасность полета данного воздушного судна (отказ двигателя, малый остаток топлива, ухудшение метеоусловий и т.д.);
- в) на борту которых находятся лица, нуждающиеся в срочной медицинской помощи;
- г) занятым в поисково-спасательных операциях;
- д) выполняющим полет в составе группы;
- е) с пассажирами.

Также при установлении очередности заходов на посадку «учитывается необходимость увеличенного интервала продольного эшелонирования между воздушными судами вследствие турбулентности в следе».

Предоставляемая очередность АМАН меняется в следующих случаях:

- при изменении правил или периодичности прибытия на ВПП;
- при введении полета в очередность вручную или удаления из нее;
- при ручном изменении очередности полетов;

- если исходя из оценки обстановки системой было определено, что конкретное ВС не может прибыть в запланированное время посадки (ETA) из-за изменения его траектории или ВПП посадки;
- в случае изменения или отмены слота;
- при изменении приоритет посадки ВС. [2]

Реальное взаимодействие системы AMAN с воздушным судном завершается в момент, когда самолет пересекает начало взлетно-посадочной полосы. Так, AMAN оказывает поддержку диспетчерам секторов подхода, круга и посадки, ассистируя в организации порядка заходов на посадку воздушных судов.

### **Литература**

1. Луговая А.В., Коновалов А.Е. Совместное принятие решения о потоках прилета и вылета воздушных судов при организации воздушного движения // Научный Вестник МГТУ ГА. 2017. Том 20. №4. С.78.
2. Министерство транспорта Российской Федерации. Приказ от 25 ноября 2011 года №293 «Об утверждении федеральных авиационных правил «Организация воздушного движения в Российской Федерации» (<https://favt.gov.ru/dokumenty-federalnye-pravila>)
3. Автоматизированные системы управления воздушным движением. Новые информационные технологии в авиации. Учебное пособие (под ред. С.Г.Пятко и А.И.Красова). Санкт-Петербург, 2004.
4. Вересников Г.С., Егоров Н.А. и др. Методы построения оптимальных очередей воздушных судов на посадку // CONTROL SCIENCES. 2018. №4. С.2-13.

#### ***Овчаров Петр Николаевич***

*Доцент кафедры воздушных судов и авиационных двигателей, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

### **ВНЕДРЕНИЕ В ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

**Аннотация.** в статье основные мероприятия, направленные на внедрение в действие системы качества технического обслуживания воздушных судов.

**Ключевые слова.** система качества, техническое обслуживание, воздушные суда.



***Ovcharov Petr Nikolaevich***  
*Associate Professor of the Department of «Aircraft and aircraft engines»  
Rostov branch of the Moscow state University  
technical University of civil aviation»*

## **THE IMPLEMENTATION OF THE QUALITY SYSTEM OF THE SUN.**

**Abstract.** in article the main actions directed on introduction in action of system of quality of maintenance of aircrafts.

**Keywords.** quality system, maintenance, aircraft.

Задача обеспечения безопасности полетов воздушных судов в гражданской авиации обуславливает определенные требования к системам качества выполняемых предприятиями работ в сфере ТО ВС.

Одним из важнейших аспектов системы качества ТО ВС является система контроля качества выполняемых работ.

Для обеспечения функционирования системы контроля качества технического обслуживания и ремонта воздушных судов предприятия, выполняющие эти работы должны иметь в своей структуре Отдел технического контроля (ОТК).

Основными мероприятиями по внедрению системы качества ТОиР ВС являются:

- разработка политики в области обеспечения качества ТОиР и ее доведение до всего персонала предприятия;
- контроль состояния документации по ТОиР ВС, принятие мер по ее совершенствованию;
- определение перечней операций и работ ТОиР, подлежащих контролю на ВС каждого типа при разных формах обслуживания, и распределение обязанностей по контролю между должностными лицами предприятия, в том числе ОТК;
- непосредственное осуществление оперативного (текущего) и приемочного (заключительного) контроля качества ТОиР и его оформление;
- выборочный контроль ОТК качества выполнения работ по ТОиР ВС;
- оформление установленной документации на принятые и забракованные (отклоненные) работы по ТО, агрегаты и т.п.;
- согласование с ОТК разрабатываемых на предприятии технологических документов на процессы ТОиР ВС;
- участие ОТК в работах по восстановлению (вводу в строй) воздушных судов после повреждений и серьезных отказов авиационной техники.

На отдельных предприятиях вместо ОТК могут быть созданы отделы:

- по управлению качеством продукции,
- по техническому контролю, диагностике и надежности авиационной техники,
- по управлению техническим состоянием.

Перечисленные отделы выполняют функции аналогичные ОТК:

- участие ОТК в проведении инспекторских осмотров (контроля) ВС; после ТО, анализ и обобщение результатов таких осмотров;
- участие ОТК в проверке кондиционности горюче-смазочных материалов, исправности и пригодности спецтранспорта, используемых при подготовке ВС;
- участие ОТК в комиссиях по расследованию авиационных происшествий и инцидентов с ВС;
- инспектирование ОТК условий выполнения работ по ТОиР ВС, а также используемого оборудования, инструмента и т.п. с точки зрения обеспечения высокого качества работ;
- осуществление ОТК периодического контроля за наличием и сроками действия сертификатов у инженерно-технического персонала и за их соответствием выполняемой работе;
- учет и анализ качества и недостатков ТО, систематическое обобщение таких материалов. Доведение до работников предприятия информации по случаям брака в работе, впервые выявленным, а также опасным неисправностям авиационной техники, по положительному опыту работы;
- разработка мероприятий по профилактике нарушений правил и требований при ТОиР, контроль за выполнением этих мероприятий и пр.

Требования к системам контроля качества предъявляются как к подразделениям ОТК, так и в отношении предприятия в целом.

Кроме персонала ОТК, который относится к категории ответственных контролеров, контроль качества технического обслуживания осуществляется инженерно-техническим персоналом производственных участков (начальники и старшие инженера цехов, начальники участков и лабораторий, начальники и инженеры смен, бригадиры авиатехников), относящимся к категории производственных контролеров, а также лицами руководящего состава предприятия, вышестоящих органов инженерно-авиационной службы и инспекторских органов.

На предприятии должны быть разработаны и документально оформлены перечни полномочий и ответственности за контроль качества технического обслуживания АТ каждого сотрудника ОТК, а также производственного персонала, осуществляющих контроль качества ТОиР в соответствии с эксплуатационной документацией.

Штат предприятия должен быть укомплектован специалистами в количестве, достаточном для полного выполнения предусмотренного контроля производимых объемов работ по техническому обслуживанию авиационной техники.

На предприятии должна быть разработана и выполняться система перспективного комплектования штатов, поддержания и повышения квалификации персонала, переучивания на новую технику, подготовки резерва, предусматривающая:

- 1) учет по каждому сотруднику законченных курсов повышения квалификации, переучивания на новую авиационную технику, наличия и

сроков действия сертификатов подготовленности к ТОиР, допусков к самостоятельному ТОиР авиационной техники;

2) наличие и выполнение планов прохождения сотрудниками предприятия учебных сборов по повышению квалификации и переучиванию на новую технику;

3) своевременную подачу и полноту заявок на прохождение учебных сборов;

4) наличие плана укомплектования вакантных должностей, подготовки резерва специалистов;

5) организацию и контроль выполнения самостоятельной учебы и повышения квалификации специалистов;

6) организацию изучения и распространения передового опыта по контролю качества ТО.

Предприятие в целом и ОТК в частности должен располагать всей необходимой нормативной, распорядительной, эксплуатационно-технической, методической и справочной документацией, как общего характера, так и применительно к каждому типу обслуживаемой авиационной техники, регламентирующей техническое обслуживание, проверку технического состояния авиационной техники и контроль качества ее технического обслуживания.

Должны быть обеспечены полнота и своевременность внесения изменений в указанную документацию, назначены ответственные лица за учет и внесение изменений.

На предприятии должен быть разработан Перечень объектов контроля применительно к авиационной технике каждого типа.

Перечень должен учитывать сложность авиационной техники, опыт ее эксплуатации, условия производства, уровень профессиональной подготовки и квалификацию исполнителей и контролеров, а также определять распределение обязанностей по контролю между персоналом ОТК и производственных участков (начальниками и инженерами смен, мастерских, лабораторий, мастерами, бригадирами авиатехников).

На предприятии должна быть налажена система учета и анализа качества и недостатков технического обслуживания и ремонта, обеспечивающая полноту, эффективность контроля и профилактику нарушений.

Для внедрения в действие системы качества ТОиР на предприятии должно быть внедрено «Руководство по качеству ТОиР ВС».

Руководство по качеству должно содержать следующую информацию:

1) Задачи в области качества ТОиР и направления их решения применительно к разным типам ВС и видам работ (т.е. «политика» в области качества);

2) Статус, подчинение, полномочия, функции и ответственность отделов, выполняющих ТО и принимающих работу, и их персонала;

3) Полномочия, функции и ответственность в области качества ТОиР, возлагаемые на других должностных лиц предприятия;

- 4) Организационно-штатная структура предприятия;
- 5) Назначение, области применения, содержание, методы и процедуры систематического и оперативного управления качеством ТООР;
- 6) Перечень объектов авиационной техники, техническое обслуживание которых производится;
- 7) Методы и процедуры в отношении:
  - а) контроля нормативной, распорядительной и производственной документации по ТООР авиационной техники;
  - б) контроля выполнения работ по ТООР, их приемки и отклонения;
  - в) типовых записей для регистрации работ по ТООР, операций по контролю обнаруженных неполадок и нарушений;
  - г) проверки поступления, хранения и выдачи на ВС агрегатов, деталей и материалов, используемых при ТООР;
  - д) проверки содержания и состояния оборудования, диагностической и контрольно-измерительной аппаратуры, инструмента и т.п., используемых при ТООР;
  - е) системы оценок качества ТООР;
  - ж) документации по контролю качества ТООР и порядка ее ведения;
  - з) порядка внесения дополнений, изменений в Руководство по качеству ТООР и его пересмотра.

Таким образом для внедрения в действие системы качества ТО ВС должны быть введены не отдельные требования к качеству выполняемых работ, а целый комплекс вышеперечисленных мероприятий.

### **Литература**

1. Конкурентоспособность - основа инновационного развития российских авиакомпаний/Москавчук С.; Драчук А.; Вестник транспорта. - 2010.
2. Костоглотов А.И., Бендюков В.В., Шевцова Л.А., Овчаров П.Н. Динамическая устойчивость тонкостенных динамических оболочек при локальном действии импульса давления Проблемы машиностроения и автоматизации. 2003. № 4. С. 58-61.
3. Бендюков В.В., Лурье М.М., Ступаков В.Я., Остапенко А.В., Овчаров П.Н., Осяев О.Г. Экспериментальная установка для исследования несущей способности моделей корпусов летательных аппаратов Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2008. № 130. С. 102-106.
4. Овчаров П.Н., Ступаков В.Я., Конкин Б.Б., Биндус В.А., Коробкин С.В. Сохранение летной годности и обеспечение транспортной безопасности В книге: Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования монография. Пенза, 2017. С. 99-114.
5. Овчаров П.Н. Показатели эффективности систем смазки и суфлирования двигателя. В сборнике: Авиация: прошлое, настоящее, будущее (Авиатранс-2020). материалы научно-практической конференции с

международным участием, приуроченной к 75-й годовщине Победы в Великой Отечественной войне 1941-1945 годов. Ростов-на-Дону, 2020. С. 65-70.

6. Овчаров П.Н., Коробкин С.В. Методы оценки эффективности, качества, надежности функционирования системы безопасности воздушных судов при техническом обслуживании. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики: Серия «Естественные и Технические науки» №11 2022 стр. 141-145

7. Коробкин С.В. Высотное оборудование современных воздушных судов гражданской авиации. В сборнике: Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2021). Материалы научно-практической конференции с международным участием. Ростов-на-Дону, 2021. С. 54-59.

8. Овчаров П.Н., Гниздилов Р.В. Структурные изменения топливной системы вертолета, повышающие надежность ее эксплуатации. В сборнике: Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2018). Материалы международной научно-практической конференции. 2018. С. 368-372.

***Рогов Николай Викторович***

*Доцент кафедры восстановления авиационной техники, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.э.н.*

***Болдырева Ольга Николаевна***

*Доцент кафедры восстановления авиационной техники, ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н.*

**РЕМОНТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАНЕРА ИЗ  
КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ**

**Аннотация.** В работе приведен краткий обзор доли применения композиционного материала в авиастроении. Рассмотрены преимущества и недостатки композиционного материала, применяемого в авиастроении. В статье рассмотрена зависимость влияния температуры и продолжительности отверждения на прочность клеевого соединения.

**Ключевые слова.** воздушное судно, композиционный материал, ремонт, температура

***Rogov Nikolai Viktorovich***

*Associate Professor of the Department of Aviation Technology Restoration, VUNTS of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh), Candidate of Economics*

***Boldyreva Olga Nikolaevna***

*Associate Professor of the Department of Aviation Technology Restoration, VUNTS of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh), Candidate of Technical Sciences.*

## **ON THE ISSUE OF REPAIR OF ELEMENTS OF AIRCRAFT STRUCTURES MADE OF COMPOSITE MATERIALS**

**Annotation.** The paper provides a brief overview of the share of the use of composite material in the aircraft industry. The advantages and disadvantages of the composite material used in the aircraft industry are considered. The article considers the dependence of the influence of temperature and duration of curing on the strength of the adhesive joint.

**Keywords.** aircraft, composite material, repair, temperature

В России большой интерес к авиации повысился после успешного полета на самолете братьев Уилбера и Орвилла Райтов, и в сентябре 1910 года в городе Петербурге был проведен «Всероссийский праздник воздухоплавания». На этом празднике участвовали около 50 русских пилотов-авиаторов. В этом же году было открыто Московское общество воздухоплавания, его основателем был профессор Н.Е. Жуковский.

В Первой мировой войне авиацию применяли для разведки в районе нахождения противника, но это привело к необходимости покрытия броней некоторых важных частей самолета и увеличению маневренности. Вопрос увеличения летно-технических характеристик самолетов остается актуальным и в настоящее время. Летно-технические характеристики воздушного судна требуют легких, но прочностных конструктивных материалов. В начале самолетостроения основным конструктивным материалом было дерево (береза, дуб, ель, липа, орех, сосна, тополь и ясень), позже стали применять сталь и различные сплавы.

Совершенствование воздушного судна характеризуется созданием и внедрением новых материалов и технологий. На сегодняшний день в авиастроении перспективным материалом является композиционный материал. Новейшие современные композиционные материалы применяются не только в авиастроении, но и в различных областях техники. Эти материалы обладают свойствами, которые не имеют составляющие его компоненты [1, с.160].

Использование новейших современных композиционных материалов в авиастроении и технике приводит к уменьшению массы конструкции, увеличению удельной прочности, эрозионной и коррозионной стойкости, а также в этих материалах наблюдается медленное и ограниченное распространение усталостных трещин [1–3]. Несмотря на ряд преимуществ у новейших современных композиционных материалов самым большим недостатком является, в сравнении с металлами, высокая стоимость изготовления. При незначительном отклонении от установленной технологии

изготовления элементов конструкции из новейших современных композиционных материалов нередко наблюдаются случаи брака, поэтому при работе с этими материалами требуется осторожность. Для этого на заводах постоянно модернизируют оборудование по изготовлению новейших современных композиционных материалов и подготавливают высококлассифицированные кадры. Использование композиционных материалов в конструкции воздушных судов началось в 60-е годы прошлого столетия.

Анализ доли применения различных видов композиционных материалов в самолетостроении и вертолетостроении представлен на рисунках 1 и 2 [4–7].

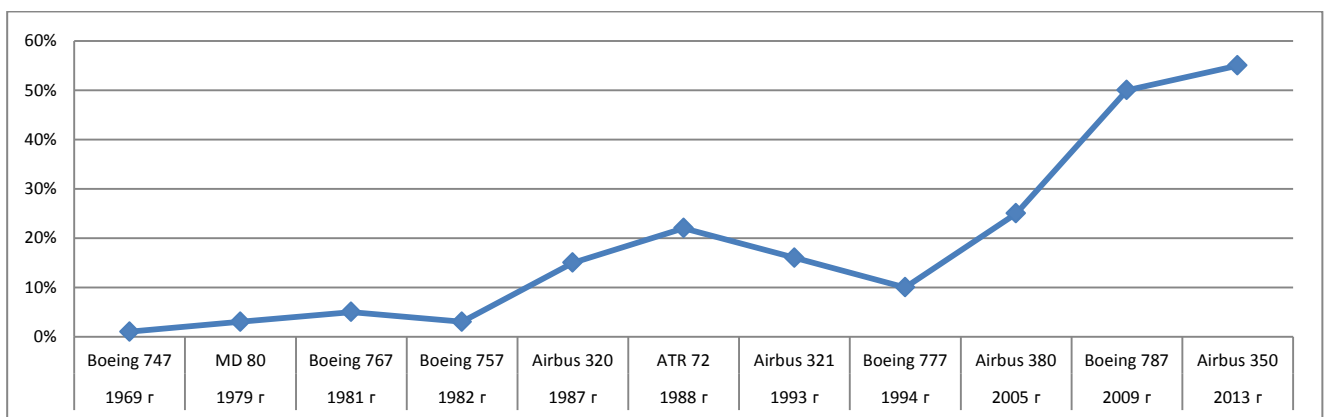
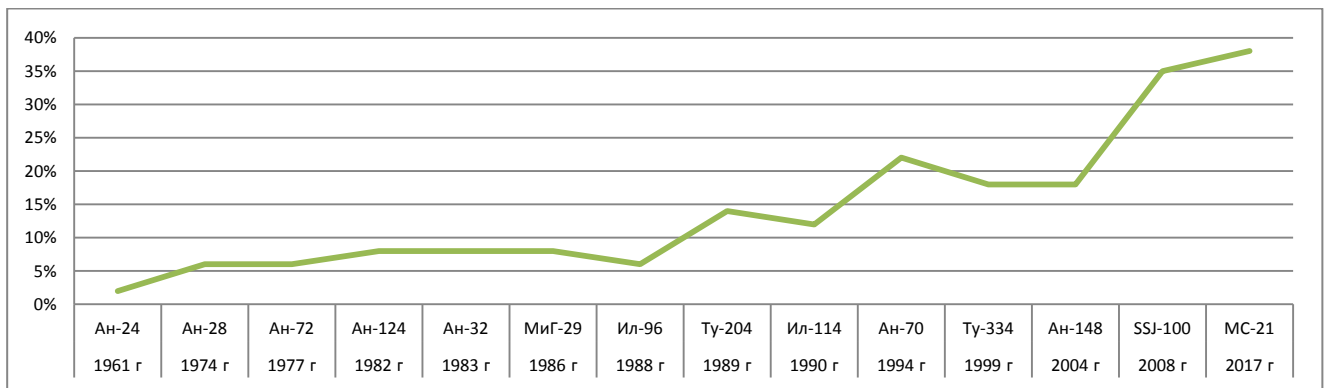


Рисунок 1 – Доля применения композиционных материалов в самолетостроении

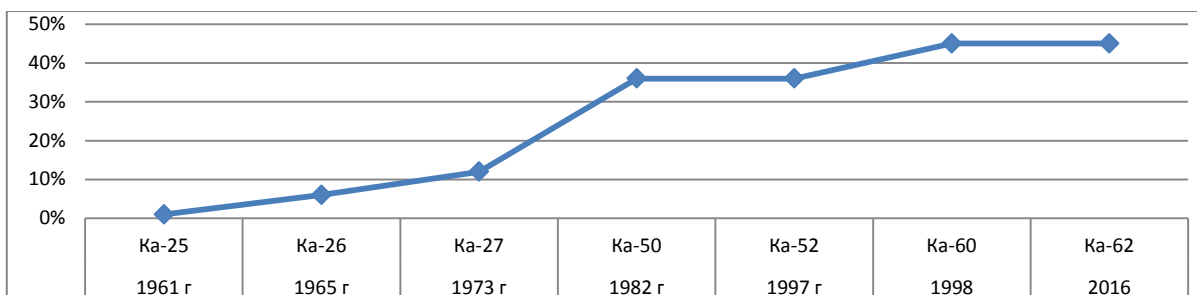


Рисунок 2 – Доля применения композиционных материалов в вертолетостроении

На рисунках 1 и 2 видно, что за последние 20 лет в мировом

авиастроении стали активно использоваться композиционные материалы в малонагруженных элементах конструкций. На надежность воздушного судна в процессе эксплуатации в ряде случаев влияет и его ремонт.

В процессе эксплуатации выявляются дефекты деталей из-за повреждений посторонними предметами. Повреждаемость новейших современных композиционных материалов обусловлена их низкой ударной вязкостью, эти материалы чувствительны к ударам, которые могут возникнуть при эксплуатации воздушного судна. Сквозные и не сквозные пробоины в элементах конструкции воздушного судна резко снижают прочностные характеристики, и представляет угрозу для дальнейшей эксплуатации воздушного судна, поэтому необходимо в кратчайшие сроки устранить дефект [8, с.57]. Ремонт сквозных и не сквозных пробоин производится установкой в поврежденное место вставок или накладок, с использованием препрега, механических, клеевых и клеемеханических соединений.

Самым простым и быстрым в войсковых условиях считается применение способа ремонта сквозных пробоин установкой в поврежденное место внешней накладки с помощью клея. Для этого необходимо, чтобы внешняя накладка максимально соединялась с элементом конструкции воздушного судна. В войсковых условиях ремонт должен производиться в кратчайшие сроки, для реализации этого условия на ремонтируемом участке прогревают клеевое соединение. Существующие способы подвода тепла для ремонта новейшего современного композиционного материала представлены на рисунке 3.

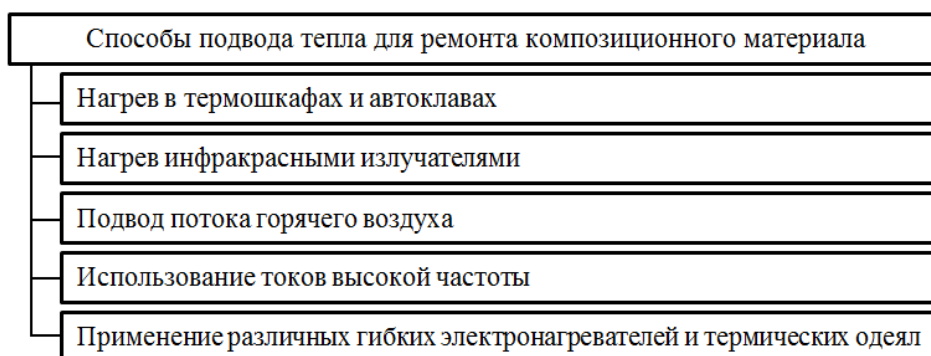


Рисунок 3 – Существующие способы подвода тепла для ремонта новейшего современного композиционного материала

Анализ рисунка 3 позволил выявить, что самым простым способом подвода тепла является способ с применением гибких электронагревателей.

Большинство композиционных материалов обладают низкой теплопроводностью, поэтому температура в зоне нагрева клеевого слоя будет отличаться от температуры нагревательного элемента тем больше, чем выше толщина накладки и чем ниже температура окружающего воздуха.

Целью работы является исследование теплообмена в новейших перспективных композиционных материалах и определение температуры при



ремонте постановкой внешней накладки.

В месте соприкосновения внешней накладки и в зоне ремонтируемой панели необходимо обеспечить оптимальную температуру отверждения клея, поэтому определяем температуру подогревателя  $T_{\Pi}$ .

Удельный тепловой поток определяется выражением:

$$q = q_{\Pi} = \frac{T_{\Pi} - T_{\text{В}}}{\frac{h}{\lambda_{\text{КМ}}} + \frac{1}{\alpha}},$$

где  $q_{\Pi}$  – удельная электрическая мощность нагревательного элемента;  $T_{\Pi}$  – температура нагревательного элемента;  $T_{\text{В}}$  – температура отверждения клея;  $h$  – толщина композиционного материала;  $\alpha$  – температура нагревательного элемента;  $\lambda_{\text{КМ}}$  – коэффициент теплопроводности композиционного материала ремонтируемой поверхности.

Температура нагревательного элемента определяется:

$$T_{\Pi} = T_{\text{КЛ}} + q_{\Pi} \frac{\bar{h} h}{\lambda_{\text{Н}}},$$

где  $\bar{h}$  – отношение толщины накладки к толщине ремонтируемого композиционного материала;  $T_{\text{КЛ}}$  – оптимальная температура отверждения клеевого слоя;  $\lambda_{\text{Н}}$  – коэффициент теплопроводности накладки.

Формула дает возможность, определить температуру нагревательного элемента. Расчеты показали, что время прогрева поверхности новейшего перспективного композиционного материала зависит от толщины накладки и температуры окружающего воздуха. Зная оптимальную температуру нагревательного элемента необходимого для отверждения клеевого соединения определенной толщины внешней накладки, дает возможность построить номограммы для определения удельной электрической мощности нагревательного элемента и его температуры в зависимости от толщины.

Таким образом, проведенная исследовательская работа позволяет определить оптимальную температуру нагревательного элемента, зависящую от толщины внешней накладки, для ремонта элементов конструкций воздушного судна из нового перспективного композиционного материала с помощью внешней накладки с применением клея.

### Литература

1. Александров Д.В. Перспективы применения композиционных материалов в авиастроении / Д.В. Александров, С.Б. Маликов // Идеи и новации. 2020. Т. 8. № 3–4. С. 160–163.
2. Колобков А.С. Полимерные композиционные материалы для различных конструкций авиационной техники (обзор) / А.С. Колобков // Труды ВИАМ. 2020. № 6–7(89). С. 38–44.
3. Иванов Д.А. Композиционные материалы в современной авиации, использование и контроль за их состоянием в эксплуатации / Д.А. Иванов,

Т.В. Петрова, И.А. Давыдов // Вестник Санкт-Петербургского государственного университета гражданской авиации. 2019. № 4(25). С. 108–121.

4. Фейгенбаум Ю.М. Композиционные материалы и история их внедрения в авиационные конструкции / Ю.М. Фейгенбаум, С.В. Бутушин, Д.Г. Божевалов, Ю.С. Соколов // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2015. № 7(318). С. 24–37.

5. Гуняев Г.М. Полимерные композиционные материалы в конструкциях летательных аппаратов / Г.М. Гуняев, В.В. Кривонос, А.Ф. Румянцев, Г.Ф. Железина // Конверсия в машиностроении. 2004. № 4. С. 65–69.

6. Башаров Е.А., Вагин А.Ю. Анализ применения композиционных материалов в конструкции планеров вертолетов / Е.А. Башаров, А.Ю. Вагин // Труды МАИ. Выпуск № 92. С.150–170.

7. Применение полимерных композиционных материалов в конструкции несущих винтов современных вертолетов / С.А. Нацубидзе. Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации. Иркутск: Иркутский филиал ФГБОУ ВО МГТУ ГА. 2022. Т. 1. С. 104–108.

8. Метелкин Е.С. Оценка вероятности случайных ударных воздействий на конструкцию воздушных судов при эксплуатации / Е.С. Метелкин, Д.Г. Божевалов, Ю.С. Соколов, Ю.М. Фейгенбаум // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2015. № 8(319). С. 57–66.

***Бородин Алексей Викторович***

*Доцент кафедры воздушных судов и авиационных двигателей, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.ф-м.н., доцент.*

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В  
АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ**

**Аннотация.** В статье рассмотрены некоторые применения пьезоэлектрических материалов в авиационной технике. Пьезоэлектрические датчики обладают высокой надежностью, хорошими эксплуатационными характеристиками, широкими динамическими и частотными диапазонами, малыми размерами, и не требуют источников питания. Элементы пьезоэлектроники могут быть использованы для измерения целого ряда характеристик воздушного судна.

**Ключевые слова.** пьезоэлектрический эффект, пьезоэлектрические материалы, датчики давления, пьезоэлектрические датчики, механические напряжения.

**Borodin Alexey Victorovich**  
*Associate Professor of «Aircraft and Aircraft Engines»  
of the « Rostov branch of the Moscow state  
Technical University of civil aviation»*

## USE OF PIEZOELECTRIC SENSORS IN AVIATION ENGINEERING

**Abstract.** The article discusses some applications of piezoelectric materials in aviation technology. Piezoelectric sensors have high reliability, good performance characteristics, wide dynamic and frequency ranges, small sizes, and do not require power supplies. Piezoelectronic elements can be used to measure a range of aircraft characteristics.

**Keywords.** piezoelectric effect, piezoelectric materials, pressure sensors, mechanical stress, piezoelectric sensors.

Важное место в современной базе электронных компонентов занимают изделия из пьезоэлектрических материалов. Эти материалы применяются в различных отраслях техники, в том числе, в авиакосмической. Принцип действия пьезоэлектрических датчиков (сенсоров) основан на использовании прямого пьезоэлектрического эффекта. Прямой пьезоэлектрический эффект состоит в появлении на гранях кристалла электрического заряда  $Q$ , пропорционального механическому напряжению  $\sigma$ . Прямой пьезоэффект наблюдается только у кристаллов определенных классов симметрии при действии на них механической нагрузки. В теории пьезоэлектрических материалов обычно принимают, что при нулевой напряженности электрического поля вектор поляризации линейно связан с компонентами тензора механических напряжений  $\sigma_{kl}$  ( $k, l = 1, 2, 3$ ) в виде

$$P_i = d_{ikl} \cdot \sigma_{kl},$$

где  $d_{ikl}$  – пьезоэлектрические модули, образующие тензор третьего ранга.

Элементы пьезоэлектроники изготавливают как из монокристаллических, так и из керамических (поликристаллических) материалов. Пьезоэлектрические свойства таких кристаллов с достаточно высокой повторяемостью можно задавать путем композиции входящих в него компонентов. Выращенные кристаллы определенным образом режутся на пластины, некоторые (сегнетоэлектрики) поляризуются, и из них путем шлифования и нанесения электродов изготавливаются пьезоэлектрические элементы. Благодаря низкой стоимости и возможности синтеза материалов с различными свойствами всё шире используются в современной аппаратуре керамические пьезоэлементы, вытесняя монокристаллические. Керамические пьезоэлементы можно изготовить различных размеров и конфигураций с любым направлением поляризации частей пьезоэлемента, причем по единой технологии можно получить как однослойные, так и многослойные конструкции. По физическим свойствам пьезоэлектрическая керамика это поликристаллический сегнетоэлектрик, представляющий собой химическое

соединение или твердый раствор (порошок) зерен (кристаллитов). По химическому составу это сложный оксид, включающий ионы двухвалентного свинца или бария, а также ионы четырехвалентного титана или циркония.

Путем изменения основного соотношения исходных материалов и введения добавок синтезируют разные составы пьезокерамики, обладающие определенными электрофизическими и пьезоэлектрическими характеристиками. Наибольшее распространение получила группа пьезокерамических материалов типа ЦТС (цирконата-титаната свинца). Также широко используется керамика на основе титаната бария и титаната свинца. Перспективно также использование составов на основе ниобата натрия и ниобата лития. Эти составы в отличие от ЦТС не содержат вредных для здоровья человека свинецсодержащих компонентов. В последние годы разрабатываются новые пьезокерамические материалы со свойствами, позволяющими в некоторых случаях использовать их вместо более дорогостоящих пьезоэлектрических кристаллов. В частности, разработана и производится группа материалов на основе ниобата свинца, которая уже нашла практическое применение благодаря возможности ее использования в диапазоне частот до 30 и более МГц. [1,с.190]

На современном этапе развития гражданской авиации все больше проявляется тенденция к использованию композиционных материалов (композитов) в составе конструкций новейших воздушных судов. Неоспоримыми преимуществами композитов являются высокая прочность, жесткость, износостойкость, усталостная прочность, легкость, вместе с тем, ряд их существенных недостатков значительно усложняет процессы производства и значительно усложняет эксплуатационные качества композита. Низкая ударная вязкость, ремонтнепригодность и высокая цена приводит к необходимости внимательного осмотра композитных частей воздушного судна до и после полета. Одним из способов обнаружения локализации повреждений, помимо визуального осмотра, может служить использование пьезоэлектрических датчиков. Мониторинг состояния конструкций широко применяется в аэрокосмической промышленности как метод повышения безопасности и надежности конструкций самолетов, а также снижения эксплуатационных расходов. Встроенные сети датчиков в конструкции самолета могут предоставлять важную информацию о состоянии, степени повреждения и условиях эксплуатации конструкции. Среди различных типов преобразователей часто используются пьезоэлектрические преобразователи, поскольку благодаря пьезоэлектрическому эффекту они могут применяться либо в качестве исполнительных механизмов, либо в качестве датчиков. [2,с.75]

Датчики динамического давления измеряют нестабильность горения в камерах сгорания газовых турбин. Они могут обнаружить надвигающийся напор или остановку компрессора и контролировать процесс сгорания. Это позволяет операторам получать большую мощность, используя меньше газа, и контролировать выбросы. Например, используются высокотемпературные пьезоэлектрические динамические преобразователи давления для контроля

горения, пара высокого давления, испытаний силовых установок и газовых турбин. Подобные датчики динамического давления могут измерять пульсации давления в компрессоре, камере сгорания или реактивной трубе газотурбинных двигателей. Помимо процесса сгорания, они также могут использоваться для мониторинга резонанса, визга или гула в реактивной трубе. [3,с.43]

Важными параметрами, характеризующими техническое состояние элементов конструкции самолета, силовой установки и самолетного оборудования являются параметры вибрации. Параметрами, характеризующими вибрацию, является ее частота, амплитуда вибро смещения, виброскорость, виброускорение или виброперегрузка. Наиболее широкое применение для измерения виброперегрузок получили пьезоэлектрические и индуктивные акселерометры. Причем первые охватывают по частоте весь спектр исследуемого параметра, начиная с долей герца, тогда как индуктивные акселерометры используются в низкочастотной (0...400 Гц) области. В пьезоэлектрическом акселерометре осуществляется прямое преобразование механической энергии движения в электрическую. Поэтому эти датчики по принципу действия являются генераторами электрических сигналов и не требуют специального источника питания. [4,с.331]

Элементы пьезоэлектроники – это компактные монолитные конструкции, обладающие высокой надежностью, которая включает в себя устойчивость к механическим перегрузкам, радиационную стойкость, временную и температурную стабильность, долговечность и возможность противостоять электрическим перегрузкам. Для их производства не требуется дорогостоящего оборудования и на основе единого технологического процесса можно осуществить выпуск большого количества пьезоэлементов с самыми различными параметрами. При использовании их в радиоэлектронной аппаратуре можно не только разрабатывать новые устройства, но и существенно улучшать параметры выпускаемых изделий.

### Литература

1. Резниченко Л.А., Шилкина Л.А., Разумовская О.Н., Дудкина С.И., Гагарина Е.С., Бородин А.В. Диэлектрические и пьезоэлектрические свойства твердых растворов на основе ниобата натрия. // Неорганические материалы. 2003. Т. 39. № 2. с. 187-199.
2. Бородин А.В. Преимущества использования пьезоэлектрических датчиков. // Материалы научно-практической конференции с международным участием Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2021). г.Ростов-на-Дону, 2021г. с. 74-77.
3. Скиба Д.В., Максимов Д.А., Кашапов Р.С., Харисов Т.С. Особенности контроля пульсаций давления в камерах сгорания наземных газотурбинных установок // Вестник Самарского университета. Аэрокосмическая техника, технологии и машиностроение, 2021г., т.20, №4. с.40-51.

4. Бородин А.В. Преимущества использования пьезоэлектрических трансформаторов. // Материалы международной научно-практической конференции Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2018). Ростов-на-Дону, 2018г. с.330-334.

***Коробецкий Сергей Петрович***

*Старший преподаватель кафедры воздушных судов и авиационных двигателей, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА).*

**АНАЛИЗ ВОЗДУШНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА,  
РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОТНОШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ  
МЕСТА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ  
ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЦЕЛЯХ НЕДОПУЩЕНИЯ РИСКОВ  
ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭРОДРОМА КАК ПОСАДОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ,  
ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ВЫВОДА**

**Аннотация.** Актуальность темы представленной статьи обусловлена необходимостью удостоверения места, предназначенного для взлёта и посадки, а также руления и стоянки воздушных судов самолетного типа, отвечающего требованиям посадочной площадки, возникающей у её владельца при подготовке уведомления о начале деятельности на посадочной площадке в уполномоченный орган в области ГА.

Компонентный (имущественный) состав посадочной площадки, обеспечивающий её функционирование, отвечающий необходимым требованиям, вытекает из её определения, данного пунктом 7 статьи 40 [1] и состоит только из поверхностного участка, предназначенного для взлета, посадки, руления и стоянки воздушных судов.

Однако, формой уведомления о начале деятельности на посадочной площадке [2], декларируется соответствие посадочной площадки требованиям только федеральных авиационных правил [3], которыми допускается использовать в составе посадочных площадок сооружения и оборудование (ИВПП, системы точного захода), что противоречит закону.

Таким образом, возникает ситуация, когда фактически аэродром по своему составу может переводиться в посадочную площадку, при этом операционная заинтересованность заключается в том, что стоимость эксплуатации посадочной площадки будет существенно меньше за счет следующих выгодоприобретений: необязательность использования земель транспортного назначения, как вида разрешенного использования земельных участков, расходов на сертификацию, установления приаэродромной территории, введение хозяйствующего субъекта – оператора аэродрома и его сертификация, упрощения требований к обеспечению

транспортной безопасности. Просмотр средствами «Google карты» посадочных площадок из сервисов [4], [5] показывает, что большинство посадочных площадок для воздушных судов самолётного типа по своему фактическому составу представляют собой тот же имущественный комплекс, включающий в себя здания и сооружения, оборудование, площади искусственных покрытий, что и аэродром, тем более, это касается посадочных площадок, «преобразованных» из бывших аэродромов. Такая ситуация чревата рисками в отношении обеспечения безопасности полетов и транспортной безопасности.

Решение проблемы предлагается законодательным путем упразднением понятия «посадочной площадка» и развитием понятия «несертифицируемый аэродром для воздушных судов пассажироместностью до 20 пассажиров» для воздушных перевозок, выполняющим авиационные работы массой до 5700 кг с введением преференций, упрощающих и уменьшающих стоимость эксплуатации, как для посадочных площадок.

**Ключевые слова.** аэродром, посадочная площадка, участок (земли, поверхности), взлет, посадка, аэродромные здания, аэродромные сооружения.

***Korobetsky Sergey Petrovich***

*Senior Lecturer at the Department of Aircraft and Aircraft Engines, Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation (MGTU GA).*

## **ANALYSIS OF THE AIR LEGISLATION REGULATING RELATIONS IN THE FIELD OF ORGANIZATION OF A PLACE INTENDED FOR TAKE-OFF AND LANDING OF AIRCRAFT IN ORDER TO AVOID THE RISKS OF OPERATING AN AIRFIELD AS A LANDING SITE, SUMMARIZING THE RESULTS AND DRAWING UP A CONCLUSION**

**Annotation.** The relevance of the topic of the presented article is due to the need to certify the place intended for take-off and landing, as well as taxiing and parking aircraft of an aircraft type that meets the requirements of the landing site, arising from its owner when preparing a notification of the start of activities on the landing site to the authorized body in the field of aviation.

The component (property) composition of the landing site, ensuring its functioning and meeting the necessary requirements, follows from its definition given by paragraph 7 of Article 40 [1] and consists only of a surface area intended for take-off, landing, taxiing and parking of aircraft.

However, the form of notification of the start of activities at the landing site [2] declares the compliance of the landing site with the requirements of only federal aviation regulations [3], which allow the use of structures and equipment (IVPP, precision approach systems) as part of landing sites that contradict the law.

Thus, a situation arises when, in fact, the airfield can be converted into a landing site by its composition, while the operational interest lies in the fact that

the cost of operating the landing site will be significantly lower due to the following benefits: the non-necessity of using transport lands as a type of permitted use of land, certification costs, establishment of an aerodrome territory, the introduction of an economic entity – the operator of the airfield and its certification, simplification of requirements for ensuring transport security.

Viewing the landing sites from the services using Google maps [4], [5] shows that most of the landing sites for aircraft of the aircraft type in their actual composition represent the same property complex, including buildings and structures, equipment, artificial turf areas, as the airfield, moreover, it is It concerns landing sites "converted" from former airfields. This situation is fraught with risks in terms of flight safety and transport security.

The solution to the problem is proposed by legislative means by abolishing the concept of "landing site" and the development of the concept of "non-certifiable airfield for aircraft with a passenger capacity of up to 20 passengers" for air transportation, performing aviation work weighing up to 5,700 kg with the introduction of preferences that simplify and reduce the cost of operation, as for landing sites.

**Keywords.** airfield, landing site, site (land, surface), takeoff, landing, aerodrome buildings, airfield facilities.

Эпиграф

*Лётчик над тайгой точный  
курс найдёт,  
прямо на поляну посадит  
самолёт  
(слова из песни)*

Фактически части 1,7 статьи 40 главы VI [1] устанавливают следующие определения понятиям «аэродром» и «посадочная площадка»:

Аэродром - участок земли или акватория с расположенными на нем зданиями, сооружениями и оборудованием, предназначенный для взлета, посадки, руления и стоянки воздушных судов.

Посадочная площадка - участок земли, льда, поверхности сооружения, в том числе поверхности плавучего сооружения, либо акватория, предназначенные для взлета, посадки или для взлета, посадки, руления и стоянки воздушных судов.

Преобразуем данные определения в аналитическую таблицу, позволяющую сравнительным методом визуализировать существенный отличительный признак участка для взлёта и посадки ВС в виде аэродрома от такового в виде посадочной площадки:

Показатели	<b>Аэродром</b> ч. 1 ст. 40 главы VI ВК РФ	<b>Посадочная площадка</b> ч. 7 ст. 40 главы VI ВК РФ
Виды поверхности	<b>участок</b> (часть площади какой-либо поверхности, выделенная по какому-либо признаку или используемая с какой-либо целью)	



	земли	земли	
	–	льда	
	–	поверхн. сооружения (в тч. плав. сооруж.)	
	или, либо		
	акватория	акватория	
Характерный признак	<b>на участке расположены:</b>		
	здания	–	
	сооружения и	–	
	оборудование	–	
Цель использования участка	<b>участок предназначен для:</b>		
	Взлета воздушных судов	Взлета воздушных судов	II тип ПП
	Посадки воздушных судов	Посадки воздушных судов	
	Руления воздушных судов и	Руления воздушных судов и	
	Стоянки воздушных судов	Стоянки воздушных судов	
	или для		
	–	Взлета воздушных судов,	I тип ПП
–	Посадки воздушных судов		

Таким образом, при наличии общих видов поверхности участков и общих целей их использования, установлены существенные признаки, необходимо принадлежащие объекту и выражающие сущность аэродрома и посадочной площадки:

– для аэродрома существенным признаком являются расположение на его участке зданий, сооружений и оборудования;

– для посадочной площадки, наоборот, существенным признаком является отсутствие для неё свойства аэродрома, такого, как расположения на нём зданий, сооружений и оборудования, необходимых для выполнения функций объекта по назначению.

Федеральным законом [6] определены понятия «здания», «сооружения», описано их оборудование для целей обеспечения функционирования по назначению (следует при этом заметить, что данное в части 7 ст. 40 [1] определение поверхности посадочной площадки как «поверхность сооружения, в том числе поверхность плавучего сооружения» исключает из сферы Закона посадочные площадки на крышах зданий и на морских (речных) судах, так как здания и суда по законодательству РФ – это не сооружения).

В нормативных документах воздушного законодательства РФ понятия аэродромные здания, сооружения и оборудование определены следующим образом:

- аэродромные здания – здания, предназначенные для обеспечения удовлетворения нужд воздушного транспорта и находящиеся на служебно-технической территории аэродрома, а также жилые, служебные, культурно-

бытовые помещения и другие объекты, имеющие специальное значение по обслуживанию воздушного транспорта [7];

- аэродромные сооружения включают в себя грунтовые элементы летного поля, грунтовые основания, аэродромные покрытия (ВПП, РД, МС), водоотводные и дренажные системы, а также специальные площадки и конструкции [8];

- аэродромное оборудование - светосигнальное оборудование и средства светоограждения препятствий (заградительные огни), радиотехническое аэронавигационное оборудование и средства воздушной электросвязи, метеорологическое оборудование, автоматизированные системы управления воздушным движением и средства контроля занятости ВПП, оборудование для проведения аварийно-спасательных работ, включая пожарные автомобили, средства измерения эксплуатационных параметров аэродромных покрытий [9].

Таким образом, все посадочные площадки, на участках которых расположены здания, сооружения и оборудование, согласно Воздушному кодексу, должны относиться к аэродромам. Но такие места для взлёта-посадки ВС, имеющие здания, сооружения (ВПП, РД, МС, ангары для хранения ВС и т.п.), оборудование (светосигнальное, светоограждения, радиотехническое, метеорологическое, оборудование для проведения АСР и т.п.) фактически составляют 100% от зарегистрированных в РФ через аэронавигационный паспорт как посадочная площадка. Как правило, это «переименованные» в посадочные площадки бывшие аэродромы, когда-то состоявшие в Государственном реестре аэродромов и вертодромов гражданской авиации РФ и совсем не обязательно исключённые из этого реестра на основании решения о закрытии аэродрома гражданской авиации для обслуживания гражданских воздушных судов (да и для новых ПП, ещё на этапе проектирования в проекте наличествуют здания, сооружения и оборудование, но при этом проект именуется как посадочная площадка). Т.е., согласно существенным признакам аэродрома, данным в Воздушном кодексе РФ такой участок – это аэродром, но регистрируется почему-то как посадочная площадка.

Парадокс ещё заключается в том, что все составляющие лётного поля, независимо, аэродромного или посадочной площадки, - ВПП, РД, МС являются плоскостными сооружениями, по законодательству РФ относятся к основным фондам [10] и на них должны быть зафиксированы права собственности как на сооружения, но не как сейчас, смысл чего станет понятен ниже – как на земельный участок.

Правда, пунктом 5 главы II [3] вводится такое понятие как «посадочная площадка, не имеющая четко выделенной ВПП» (подобное выражение встречается в [11]: Chapter 4. «Land aerodromes with out runways» (Глава 4. «Земля аэродромов без взлетно-посадочных полос»), т.е. «посадочная площадка - лётное поле». Например, это сельскохозяйственное поле, на котором временно, по условиям севооборота, организована посадочная площадка, и земли которой могут в дальнейшем включены в севооборот без

рекультивации. Однако такие посадочные площадки, должным образом оформленные, на практике пока не встречались.

Вышеописанное несоответствие юридико-технического характера создает безвыходную ситуацию, вынуждая при регистрации к принятию неправомерного решения по отнесению места для взлёта/посадки к посадочным площадкам, при факте несоответствия требованиям воздушного законодательства по наличию на ней зданий, сооружений и оборудования. *Возможность законного принятия иного решения в силу наличия вышеуказанных объективных признаков, вводит в норму коррупционный фактор.* Коррупциогенность нормы, позволяющей относить или не относить посадочную площадку к аэродромам, заключается в том, что стоимость владения аэродромом относительно посадочной площадки дороже примерно на порядок (в 10 раз). Это обусловлено следующими экономическими факторами:

- размещение аэродрома, в отличие от посадочной площадки, должно осуществляться на землях транспорта, что обусловлено бланкетной диспозицией статьи 43 [1], относящей из двух видов мест для взлёта-посадки только аэродромы в числе перечисленных в статье объектов, размещение которых должно осуществляться на землях транспорта.

- статьёй 43 [1] установлено, что земельный участок, предназначенный для размещения аэродрома, аэропорта или объекта единой системы ОрВД, предоставляется в соответствии с федеральным законом [12]. Посадочной площадки в этом перечне нет. А бланкетность (отсылочность) диспозиции нормы ст. 43 [1], обусловлена, во-первых, частью 1 статьи 90 [12], допускающей возникновение прав на «транспортность» земли, используемой для эксплуатации объектов воздушного транспорта по основаниям, предусмотренным другими федеральными законами, а, значит, и статьёй 43 ВК РФ. Во-вторых, диспозиция (регулирующая часть правовой нормы, включающей само правило поведения, которому должны следовать субъекты правоотношений) части 5 ст. 90 [12] носит характер не обязывающей, а управомочивающий, в силу применения в качестве оператора волевого поведения слова «может»: «в целях обеспечения деятельности организаций и эксплуатации объектов воздушного транспорта *могут* предоставляться земельные участки для размещения аэропортов, аэродромов, аэровокзалов... и далее идет расширенный список объектов, из перечня которых только земельные участки, предназначенные для размещения аэродромов, аэропортов или объектов единой системы организации воздушного движения предоставляются в соответствии с законодательством Российской Федерации.

При этом предельная ставка налога на земли транспортного назначения составляет 1,5% от кадастровой стоимости, что в пять раз больше аналогичного на земли сельхозназначения, земли населённых пунктов (0,3%) [14]. Кроме того, дополнительные расходы для аэродромов возникают от необходимости проведения обязательной сертификации (включая проверку соответствия нормам годности к эксплуатации аэродрома гражданской авиации аккредитованной организацией и получение сертификата соответствия аэродрома), обходящейся в сумму примерно от 400000 и более

руб.; регистрации в Государственном реестре аэродромов (например, размер пошлины, уплачиваемой за государственную регистрацию аэродромов класса Г, Д, Е, в настоящее время составляет 65 тыс. руб. [15]), более жёстких и ресурсозатратных нормативных требований к содержанию, например, обеспечение транспортной безопасности.

Ничего такого для посадочной площадки не требуется, поэтому вышеуказанные факторы, точнее их величина в стоимостном выражении, и определяют заинтересованность собственника/владельца для установления статуса его участка, предназначенному для взлёта/посадки ВС, именно как посадочной площадки.

Следует сказать, что из содержания статьи 8 ВК РФ следует вывод о существовании трёх типов аэродромов:

В отношении аэродромов статьёй 8 [1] определены три типа аэродромов:

- аэродромы, предназначенные для осуществления коммерческих воздушных перевозок на самолетах пассажироместимостью более чем двадцать человек, подлежащие обязательной сертификации и государственной регистрации в Государственном реестре аэродромов и вертодромов гражданской авиации Российской Федерации;

- аэродромы, открытые для выполнения международных полетов гражданских воздушных судов, подлежащие обязательной сертификации и государственной регистрации в Государственном реестре аэродромов и вертодромов гражданской авиации Российской Федерации;

- аэродромы, предназначенные для осуществления коммерческих воздушных перевозок на самолетах пассажироместимостью до двадцати человек включительно, подлежащие государственной регистрации в Государственном реестре аэродромов и вертодромов гражданской авиации Российской Федерации.

Для устранения коллизии, связанной с противоречиями в определениях аэродрома и посадочной площадки п р е д л а г а е т с я:

1. Ввести в [1] ещё один вид аэродромов по критерию максимальной взлётной массы воздушных судов лёгкого класса – аэродромы, предназначенные для осуществления авиационных работ, местных воздушных перевозок по комьютинговой схеме и деятельности авиации общего назначения на самолетах, максимальный взлётный вес которых составляет 5700 и менее кг, включая аэродромы, не имеющие четко выделенной ВПП.

2. Определения посадочной площадки применять только для вертолётов, определение вертодрома из Воздушного кодекса исключить, тем более что с английского название «Heliports» Приложения 14, том II. [13] - Annex 14, Aerodromes — Volume II, Heliports переводится не как «вертодромы», а как «вертолетные площадки» (встречающиеся в документах ИКАО словосочетание «посадочные площадки» применяются исключительно к вертолётам: heliportdeck — вертолетная площадка (напр. на корабле), roof-topheliport — вертолетная площадка на крыше здания, instantheiport — быстросооружаемая сборно-разборная вертолетная

площадка, airdromeheliport — площадка для вертолётов, airfieldheliport — аэродромная вертолётная станция и т.д.).

3. В статье 43 [1] раскрыть слово «аэродром» перечислением всех видов аэродромов, за исключением аэродромов, предназначенных для осуществления авиационных работ, местных воздушных перевозок по комьютинговой схеме (в том числе и для беспилотных аэротакси) и деятельности авиации общего назначения на самолетах, максимальный взлётный вес которых составляет менее 5700 кг, включая аэродромы, не имеющие четко выделенной ВПП.

4. В статье 8 [1] указать на необязательность сертификации аэродромов, предназначенных для осуществления авиационных работ, местных воздушных перевозок по комьютинговой схеме и деятельности авиации общего назначения на самолетах, максимальный взлётный вес которых составляет 5700 и менее кг, включая аэродромы, не имеющие четко выделенной ВПП (как раньше это делалось в отношении так называемых сельхозаэродромов).

5. В статье 41 [1] указать на необязательность государственной регистрации аэродромов, предназначенных для осуществления авиационных работ, местных воздушных перевозок по комьютинговой схеме и деятельности авиации общего назначения на самолетах, максимальный взлётный вес которых составляет 5700 и менее кг, включая аэродромы, не имеющие четко выделенной ВПП, а начало, приостановление или прекращение деятельности на таком аэродроме осуществлять по уведомлению, как это описано частью 5 статьи 49 [1].

6. Описание требований к посадочным площадкам для воздушных судов самолётного типа из [3] исключить, а данные требования включить в Федеральные авиационные правила [18] как для аэродромов, предназначенных для осуществления авиационных работ, местных воздушных перевозок по комьютинговой схеме и деятельности авиации общего назначения на самолетах, максимальный взлётный вес которых составляет 5700 и менее кг, включая аэродромы, не имеющие четко выделенной ВПП.

### Литература

1. Федеральный закон от 19.03.1997 № 60-ФЗ «Воздушный кодекс Российской Федерации».

2. Приказ Минтранса РФ от 19.08.2015 № 250.

3. Федеральные авиационные правила «Требования к посадочным площадкам, расположенным на участке земли или акватории» (утв. приказом Минтранса РФ от 04.03.2011 № 69, зарегистрировано в Минюсте РФ 05.04.2011, регистрационный № 20420, далее ФАП-69).

4. Центр аэронавигационной информации: <http://www.caica.ru/>

5. Информационная база аэродромов, вертодромов и посадочных площадок АОПА-Россия: <https://maps.aopa.ru/#lon/37.616667/lat/55.750000/z/7/11/a/bl/gm>

6. Федеральный закон от 30.12.2009 № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

7. Постановление Совмина СССР 08.01.1981 № 24 «Об утверждении Положения о землях транспорта».

8. Аэродромы. СНиП 32-03-96.

9. Авиационные правила, часть 170. Сертификация оборудования аэродромов и воздушных трасс (АП-170).

10. Основные фонды. Методологические пояснения.

11. Приложение 14 ИКАО «Аэродромы» выпуск 1958 год.

12. Федеральный закон от 25.10.2001 № 136-ФЗ «Земельный кодекс Российской Федерации»

13. Приложение 14, том II. Вертодромы.

14. Земельный налог: ставки-2024:  
<https://glavkniga.ru/situations/k501774?ysclid=lxhxrlfaja4343513>

15. Пошлины за предоставление государственной услуги регистрации аэродромов и вертодромов: <https://special.favt.gov.ru/gosudarstvennaya-registraciya-aerodromov/>

16. «Авиационные правила. Часть 23. Нормы летной годности гражданских легких самолетов» (утв. МАК)

17. Федеральные авиационные правила «Требования к летной годности гражданских воздушных судов. Форма и порядок оформления сертификата летной годности гражданского воздушного судна. Порядок приостановления действия и аннулирования сертификата летной годности гражданского воздушного судна» (утверждены приказом Минтранса России от 27.11.2020 № 519, зарегистрировано в Минюсте России 19.01.2021 № 62130).

18. Федеральные авиационные правила «Требования, предъявляемые к аэродромам, предназначенным для взлета, посадки, руления и стоянки гражданских воздушных судов» (утв. приказом Министерства транспорта РФ от 25.08.2015 № 262, зарегистрировано в Минюсте РФ 09.10.2015, регистрационный № 39264)

***Потапов Илья Александрович***

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н., доцент.*

***Рублёв Александр Александрович***

*Начальник лаборатории кафедры сетей связи и систем коммутации, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого*

***Грецов Валерий Петрович***

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н.,  
доцент.*

***Хорольский Евгений Михайлович***

*Доцент кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.,  
доцент.*

***Базир Геннадий Иванович***

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.ф.-м.н.*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛЯРНО-РАЗРЕЖЕННЫХ СИГНАЛЬНО-КОДОВЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛИНОЮ 8 БИТ**

**Аннотация.** В данной статье приводится методика формирования полярно-разреженных сигнально-кодowych конструкций длиной 8 бит. Другими словами, представлен материал по функционированию кодера блочных 8-мибитных кодов. Проведён анализ обнаруживающей и исправляющей способностей сформированных блочных полярно-разреженных кодов.

**Ключевые слова.** блочный код, полярно-разреженная кодовая комбинация, сигнально-кодowych конструкции, кодер, автокорреляционная функция.

***Potapov Ilya Alexandrovich***

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of  
Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal  
of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

***Rublev Alexander Alexandrovich***

*Head of the Laboratory of the Department of Communication Networks and  
Switching Systems, Federal State Educational Institution of Higher Education  
«Military Orders of Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications  
named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

***Gretsev Valery Petrovich***

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of  
Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal  
of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

***Khorolsky Evgeny Mikhailovich***

*Associate Professor of the Department,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Rostov Branch of the  
Moscow State Technical University of Civil Aviation*

***Gennady Ivanovich Bazir***

## FORMATION OF 8-BIT POLAR SPARSE SIGNAL-CODE STRUCTURES

**Abstract.** This article presents a technique for the formation of 8-bit polar sparse signal-code structures. In other words, the material on the functioning of the encoder of block 8-bit codes is presented. The analysis of the detecting and correcting abilities of the formed block polar-resolved codes is carried out.

**Keywords.** block code, polar-resolved code combination, signal-code constructions, encoder, autocorrelation function.

Рассмотрим и опишем структуру формируемого блочного полярно-разреженного кода, состоящего из 2-х частей:

Полярная часть (информационные биты)	Разреженная часть (добавочные биты)
Полярная кодовая конструкция формируется по схеме формирования на 4 бита (рисунок 1)	Разряженная кодовая конструкция 1100 – при необходимости с заменой двух последних, либо одного последнего или одного предпоследнего бита на противоположный.

После формирования полярной части (4 бита), которая выступает в качестве информационной, необходимо добавить разреженную часть (добавочные биты) – по принципу разреженных кодовых конструкций: 1100. В итоге мы получаем (формируем) блочный код с длиной 8 бит.

На рисунке 1 представлена схема формирования полярной части (информационных битов) блочного кода с длиной 4 бита. Опишем ее работу. На вход подаются биты  $u_0, u_1, u_2, u_3$ . В результате попарного суммирования по модулю 2 битов  $u_0$  и  $u_1, u_2$  и  $u_3$  формируются биты  $l_0$  и  $l_2$  соответственно [1]. В блоке  $V_N$  происходит операция полярного кодирования, т.е. инверсия каждого поступившего бита. Это означает, что на выходе данного блока биты  $s_0, s_1, s_2, s_3$  будут инверсными (обратными) по отношению к битам на входе блока полярного кодирования  $V_N - l_0, l_1, l_2, l_3$ . При этом биты  $s_1$  и  $s_2$  между собой меняются местами. После операции суммирования по модулю 2 битов  $s_0$  и  $s_2$  полученный бит подвергается инверсии в блоке  $P_0$ . В результате получаем информационные биты  $y_0, y_1, y_2, y_3$ , которые содержат в себе полезную информацию и являются полярной частью формируемого блочного кода. К полученным информационным битам  $y_0, y_1, y_2, y_3$  добавляется разреженная часть, так называемые добавочные биты, в виде разреженной кодовой последовательности 1100.

В таблице 1 представлены все возможные варианты сформированных информационных битов  $y_0, y_1, y_2, y_3$  блочного кода с длиной 4 бита с



максимальными значениями боковых пиков автокорреляционной функции (АКФ) сформированных кодовых последовательностей.

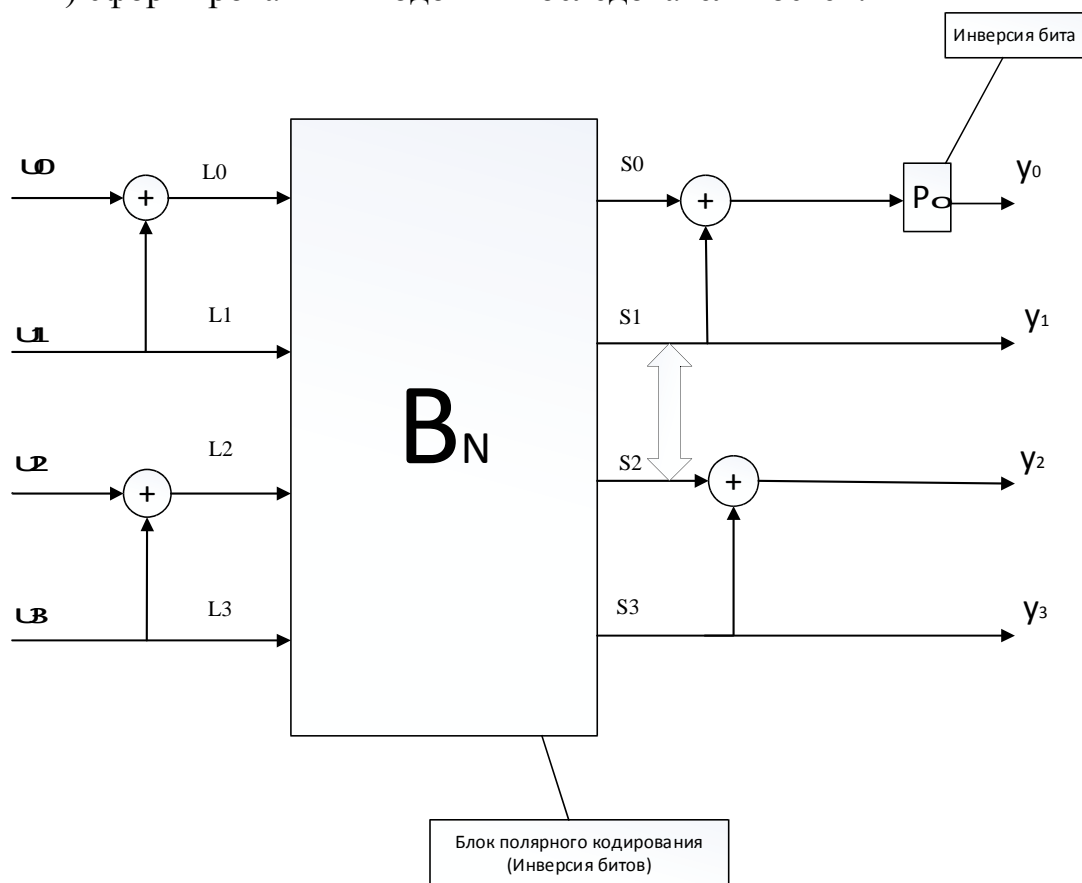


Рисунок 1 - Схема формирования полярной части (информационных битов) длиной 4 бита блочного кода

Таблица 1. - Сформированные информационные биты  $y_0, y_1, y_2, y_3$  блочного кода с длиной 4 бита с максимальными значениями боковых пиков АКФ сформированных кодовых последовательностей

$u_0u_1u_2u_3$	$y_0y_1y_2y_3$	разреж. часть	$R_{ss}(\tau)$
0000	1101	1100	2 – 4-й бит
0001	0010	1100	2 – 6-й бит
0010	0001	1100	2 – 6-й бит
0011	1110	1100	2 – 4-й бит
0100	0111	1100	1 – 7-й бит
0101	1000	1100	3 – 5-й бит
0110	1011	1100	1 – 5-й бит
0111	0100	1100	2 – 4-й бит
1000	0101	1100	1 – 7-й бит
1001	1010	1100	1 – 5-й бит
1010	1001	1100	3 – 5-й бит
1011	0110	1100	3 – 3-й бит
1100	1111	1100	2 – 2-й бит
1101	0000	1100	2 – 6-й бит











В данной статье представлен материал по формированию блочных кодов длиной 8 бит. Другими словами, представлен материал по функционированию кодера блочных 8-мибитных кодов.

Для анализа исправляющей способности сформированных блочных полярно-разреженных кодов необходимо исследовать данное семейство блочных кодов на предмет минимального кодового расстояния кода ( $d_{\min}$ ) [2]. Как известно, минимальное кодовое расстояние кода – это минимальное расстояние Хемминга между всеми возможными парами кодовых комбинаций данного кода [9]. С помощью разработанной программы было установлено, что минимальное кодовое расстояние кода сформированных блочных полярно-разреженных кодов равно 2. Из теории кодирования сообщений известно [5], что количество обнаруженных ошибочных битов равно:  $t_{\text{обн}}=d_{\min} - 1$ . В свою очередь, количество исправляемых ошибочных битов равно:  $t_{\text{испр}}=(d_{\min} - 1)/2$ . Таким образом, количество обнаруженных и исправляемых ошибочных битов равно 1. Очевидно, что такой результат не может устраивать разработчиков данного семейства блочных полярно-разреженных кодов, поэтому было принято решение об исключении из кода тех кодовых комбинаций, расстояние Хемминга которых равно 2 или 3. Для увеличения количества кодовых комбинаций без изменения структуры формирования кода (кодера) можно использовать разреженную часть большей длины. Иметь ввиду, что разреженная часть всегда формируется по одному и тому же принципу: 1100, 110000, 11000000, 1100000000 и т.д.

Таким образом, путём моделирования можно добиться, что минимальное кодовое расстояние кода сформированных блочных полярно-разреженных кодов будет равно 4. В связи с этим количество обнаруженных ошибочных битов равно 3, а исправляемых битов – 2.

Представленная методика формирования полярно-разреженных сигнально-кодовых конструкций длиной 8 бит показывает, что данные кодовые комбинации целесообразно применять как в интересах синхронизации, системы управления, так и для передачи данных. Применение данных кодовых последовательностей будет зависеть от того, битовые поля какого размера в пакетной структуре определены для синхронизации, управления и передачи данных.

### Литература

1. Чилихин Н.Ю. Разработка и моделирование алгоритмов декодирования полярных кодов в системе информационно-управляющих комплексов. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Ульяновский государственный технический университет, 2015 г.
2. Варакин Л. Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. М.: Радио и связь, 1985, 384 с.
3. И. А. Потапов, В. П. Грецев, Е. В. Лебеда, В. П. Головизнин «Расчет и анализ автокорреляционной функции известных бинарных последовательностей». Статья в научно-техническом сборнике «Труды академии». СПб.: ВАС, 2018 г.

4. Трифонов П.В. Методы построения и декодирования многочленных кодов. Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук, 2018 г.
5. Теория электрической связи: учебное пособие / Р.Р. Биккенин, М.Н. Чесноков. – М.: «Академия», 2010. – 336 с.
6. Филимонов В. А., Остроумов О.А., Синюк А.Д. Теория электрической связи: Учебное пособие: в 2 ч. Ч. 2. СПб.: ВАС, 2017, 204 с.
7. Филимонов В. А., Остроумов О.А. Теория электрической связи: Учебное пособие: в 2 ч. Ч. 1. СПб.: ВАС, 2015, 200 с.
8. Бураченко Д.Л., Савищенко Н.В. Геометрические модели сигнально-кодовых конструкций. СПб.: ВАС, 2012. – 388 с.
9. Синюк А. Д., Давыдов А. В., Филимонов В. А., Еременко А. И. Теория электрической связи. Электронное учебное пособие: СПб.: ВАС, 2015.
10. Нефедов В.И., Сигов А.С. Общая теория связи: учебник для бакалавриата и магистратуры

***Цай Светлана Николаевна***

*Заведующий кафедрой метеорологии, экологии и природопользования,  
Филиал Российского государственного гидрометеорологического  
университета в г. Туапсе, к.с.-х.н., доцент.*

***Величко Виталий Андреевич***

*Доцент, Филиал Российского государственного гидрометеорологического  
университета в г. Туапсе, к.ф.-м.н.*

## **ОСОБЕННОСТИ ЯВЛЕНИЯ СДВИГА ВЕТРА В АЭРОПОРТУ ГОР. СОЧИ**

**Аннотация.** в статье рассматриваются особенности явления сдвига ветра в аэропорту гор. Сочи

**Ключевые слова.** аэропорт гор. Сочи, явление - сдвиг ветра

***Tsai Svetlana Nikolaevna***

*Head of the Department of Meteorology, Ecology and Environmental  
Management, Branch of the Russian State Hydrometeorological University in  
Tuapse, PhD, Associate Professor.*

***Velichko Vitaly Andreevich***

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of  
the Department of Meteorology, Ecology and Environmental Management, Branch  
of the Russian State Hydrometeorological University in*

## **FEATURES OF THE WIND SHEAR PHENOMENON AT THE AIRPORT OF THE MOUNTAINS SOCHI**

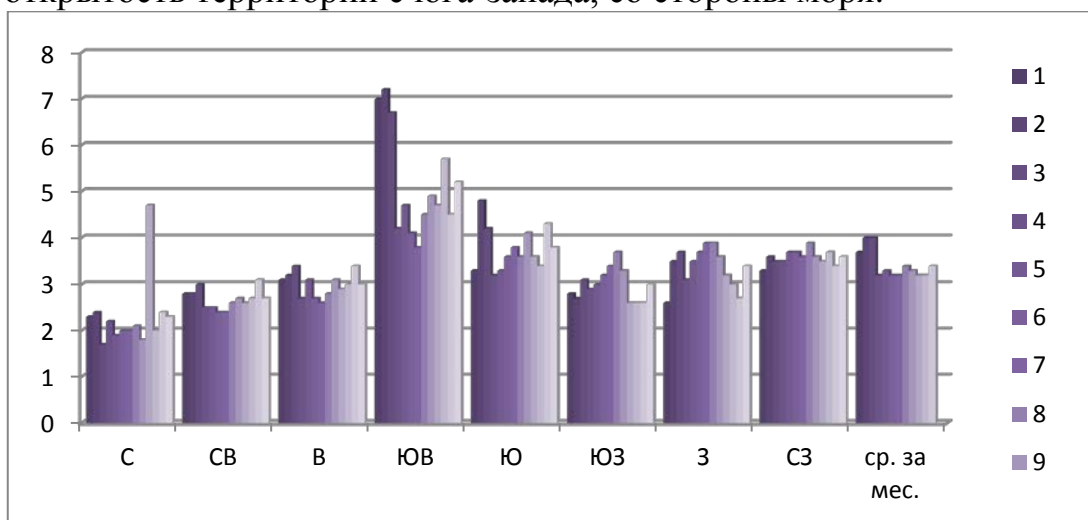


**Abstract.** the article examines the features of the phenomenon of wind shear at the airport of the mountains. Sochi

**Keywords.** airport mountains. Sochi, wind shear

Аэродром Сочи (Адлер) расположен на восточном побережье Черного моря в зоне влажного субтропического климата, в формировании которого существенную роль играют:

- преобладающий перенос воздушных масс с запада на восток;
- защищенность территории с северо-запада, севера, северо-востока и востока;
- горными хребтами Главного Кавказского хребта;
- открытость территории с юга-запада, со стороны моря.



**Рисунок 1 - Средняя скорость ветра по направлениям в аэропорту гор. Сочи**

Известно, что на летательные аппараты любого класса могут оказывать влияние весьма значительные величины сдвига ветра и зачастую причиной болтанки самолетов является турбулентность[1, с.21].

Для обеспечения метеоинформацией параметрами сдвигов и турбулентности при полете воздушных судов, каким является посадка и взлет они снабжаются акустическими анеморумбометрами.

Анализ суточного хода и повторяемости явлений СДВ в 2021-2023 году позволяет отметить (выделить) следующие особенности (характерные результаты):

Возникновение, развитие и завершение СДВ преимущественно приходится на светлое время суток.

В темное время суток явление СДВ наблюдается в холодное время при ЮВ ветрах и теплом воздухе (ночью от +14 до +20°C вместо обычных 2-4°C.

Продолжительность явлений СДВ варьирует от 1-2 часов до 10-12 часов. Максимум повторяемости приходится на интервал времени от 10 до 16 часов (МСК).

Анализ годового хода интенсивности явления СДВ позволяет отметить, что в 2021-2023 максимум СДВ отмечается в холодные месяцы (январь, март и декабрь) и достигает количественно до 24 явлений СДВ, при этом порядка 90% из них имеют место при действии юго-восточного ветра. Минимум явлений СДВ приходится на летнее время (июнь, июль, август) и находится в диапазоне от 2 до 3 явлений СДВ.

**Таблица 1 - Годовой ход сдвига ветров и турбулентности за 2023 год**

месяц	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
СДВ	18	12	24	5	6	8	5	7	8	9	7	12
ТУРБ	25	12	27	9	8	16	5	2	4	7	12	21

Годовой ход сопутствующего явления турбулентности максимален в январе, марте и декабре до 27 (явлений). Минимум турбулентности приходится на июль, август, сентябрь, снижаясь до 2 явлений в июле.

В районе аэропорта г. Сочи максимум явлений СДВ и турбулентности проявляется в холодное время в основном с проявлением существенного контраста температур воздуха и поверхности моря.

Минимум числа явлений наблюдается в теплые месяцы, (июль, август) где разность температур воздуха и поверхности моря составляет до 2-4°C.

Анализ суточного хода зависимости сдвига ветра (на фоне турбулентных процессов) в атмосфере позволяет отметить ряд следующих особенностей:

1. В суточном ходе СДВ максимум активности приходится в основном на период с 10 до 14 ч. Начало и окончание проявления СДВ приходится на светлое время суток. Проявление СДВ в темное время суток (ночью), как правило, обусловлено явлениями изотермии и инверсии, когда при Ю-В ветре поступают воздушные массы с температурой 12-16°C, обычно ночью температура составляет 2-5°C в холодное время года.

2. Анализ суточного хода явлений СДВ по месяцам позволяет отметить, что в холодные месяцы 2021 и 2023 годов количество явлений турбулентности превосходило число явлений СДВ. Можно отметить, что турбулентность (болтанка) - является сопутствующим фактором СДВ и в некоторой степени может быть предвестником СДВ для экипажей.

3. Однако сопоставление суточного хода явлений турбулентности и СДВ за июль, август, сентябрь 2023 года, с такими же явлениями в июне, июле, августе, сентябре 2023 года показывает, что число явлений СДВ превосходит количество явлений турбулентности, и в таких условиях явление СДВ для экипажа будет внезапным.

4. Существующие системы обеспечения различных метеорологических служб предполагают оснащение бортовыми средствами и доплеровскими метеорадарами.

5. Для совершенствования обеспечения пилотов Вс метеоинформацией можно предложить использование приборов наземного лидарного оборудования, при этом следует учесть местоположение высоких

сооружений и других препятствий, провоцирующих возникновение механической турбулентности[2, с.63].

### **Литература**

1. Маховер, З. М., Пенько, А.П. Методические рекомендации для АМСГ (АМЦ) по выявлению местных климатических особенностей аэродромов. - М.: Гидрометеиздат, 1981. - 28 с.
2. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской Авиации России (НМО-ГА-95). – М.: Росгидромет, Министерство транспорта России, 1995. – 92 с.
3. Шметер С.М., Постнов А.А., Безрукова Н.А. Влияние мезометеорологических процессов в нижней тропосфере на условия полетов воздушных судов на малых и средних высотах М., Гидрометиздат 1988, с.57

#### ***Сидорцов Иван Георгиевич***

*Доцент кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования,  
Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

#### ***Дымов-Иванов Виктор Васильевич***

*Заведующий кафедрой авиационного электрорадиоприборного оборудования,  
Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.ф-м.н., доцент.*

#### ***Белоусов Александр Васильевич***

*Доцент кафедры «Техническая механика и физика», Азово-Черноморский  
инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный  
аграрный университет» в г. Зернограде, к.ф-м.н., доцент.*

### **КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ И СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ СЛОЁВ ВАРИАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ**

**Аннотация.** В статье исследовалась возможность контроля толщины и физических свойств оксидных слоев вариацией параметров процесса магнетронного распыления. Показано, что покрытия на основе различных оксидов могут применяться для защиты от негативных внешних воздействий и улучшения характеристик электрооптических приборов, используемых в авиационной технике.

**Ключевые слова.** магнетронное распыление, оксидный слой, однородность, спектр пропускания и отражения, слоиое сопротивление.

#### ***Dimov-Ivanov Viktor Vasilyevich***

*Associate Professor of the Department «Aviation Electro radio instrumentation» of  
the Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation».*

***Sidortsov Ivan Georgievich***

*Associate Professor of the Department «Aviation Electro radio instrumentation» of the Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation».*

***Belousov Alexander Vasilyevich***

*Associate Professor of the Department of Technical Mechanics and Physics, Azov-Black Sea Engineering Institute – branch of the Don State Agrarian University in Zernograd.*

## **CONTROL OF THICKNESS AND PROPERTIES OF OXIDE LAYERS BY VARIATION OF MAGNETRON SPUTTERING PARAMETERS**

**Abstract.** The article investigated the possibility of controlling the thickness and physical properties of oxide layers by varying the parameters of the magnetron sputtering process. It is shown that coatings based on various oxides can be used to protect against negative external influences and improve the characteristics of electro-optical devices used in aviation technology.

**Keywords.** magnetron sputtering, oxide layer, uniformity, transmission and reflection spectrum, layer resistance.

Защита электрооптических приборов и элементов оборудования различных устройств от негативного воздействия внешней среды, электромагнитных полей и облучения до настоящего времени является весьма актуальной задачей. Особенно актуальной эта задача становится при возрастании скорости и высоты движения воздушного судна [1, с.123].

Воздействие встречного воздушного потока и облучение ускоряют нарушение структуры и параметров приборов и элементов оборудования. Возникающие при этом значительные разности потенциалов могут существенно влиять на параметры авиационных приборов воздушного судна [2, с.922 3, с.60]. Поэтому для стабильной работы авиационных приборов и элементов оборудования воздушного судна рекомендуется принимать меры по их защите от этих воздействий. С целью решения данной задачи ведутся работы по разработке защитных слоёв с различными физическими свойствами и структурой (твёрдостью, электропроводностью, прозрачностью, показателем преломления и др.).

В данной работе исследовалась возможность получения магнетронным распылением твёрдофазных оксидных мишеней слоёв определённой структуры и толщины с необходимыми физическими свойствами.

Проводились исследования влияния параметров (давления плазмообразующей смеси, мощности разряда, температуры подложки и времени осаждения) процесса магнетронного распыления твёрдофазных мишеней на толщину, структуру и свойства оксидных слоёв. На основе анализа полученных экспериментальных результатов прогнозировалась возможность их применения для улучшения характеристик приборов и оборудования, повышения надёжности и увеличения их срока службы.

Экспериментальное исследование осаждения оксидных слоёв методом

магнетронного распыления осуществлялось на промышленной установке ВУП-5М с модернизированной рабочей вакуумной камерой по методике, описанной в работе [4, с.147]. Для распыления применялись мишени изготовленные методом горячего прессования смеси из порошков оксидов металлов марки х.ч.. Осаждение слоёв выполнялось в аргоновой плазме тлеющего разряда постоянного тока при рабочем давлении от  $10^{-2}$  до  $6 \cdot 10^{-1}$  Па. Температура осаждаемых слоёв контролировалась дифференциальной термопарой и стабилизировалась с точностью  $\pm 1^\circ\text{C}$ . Спектры пропускания и отражения слоёв снимались на спектрофотометре СФ-26 в области длин волн 0,1...1,1 мкм и спектрофотометре «Spekord» в области – 2,5...25 мкм. Их удельное и поверхностное сопротивление определялось 4-х-зондовым методом с помощью электрометрического усилителя У5-9. Однородность получаемых покрытий контролировалась методом контактной разности потенциалов (КРП) [5, с.50]. Метод КРП позволяет, не разрушая контролируемую поверхность, оценить физико-химическое состояние тонких поверхностных слоёв без нарушения структуры, фазового состава и свойств. Никаких энергетических воздействий при этом на контролируемую поверхность не производится. Структура получаемых слоёв исследовалась на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М.

Экспериментальная зависимость скорости осаждения слоёв на основе оксидов индия и олова от давления представлена на рисунке 1. В диапазоне давлений  $10^{-2} \dots 10^{-1}$  Па их скорость осаждения незначительно спадает, а при давлениях выше 0,27 Па резко уменьшается. По-видимому, при этих давлениях начинает проявляться механизм обратного рассеяния.

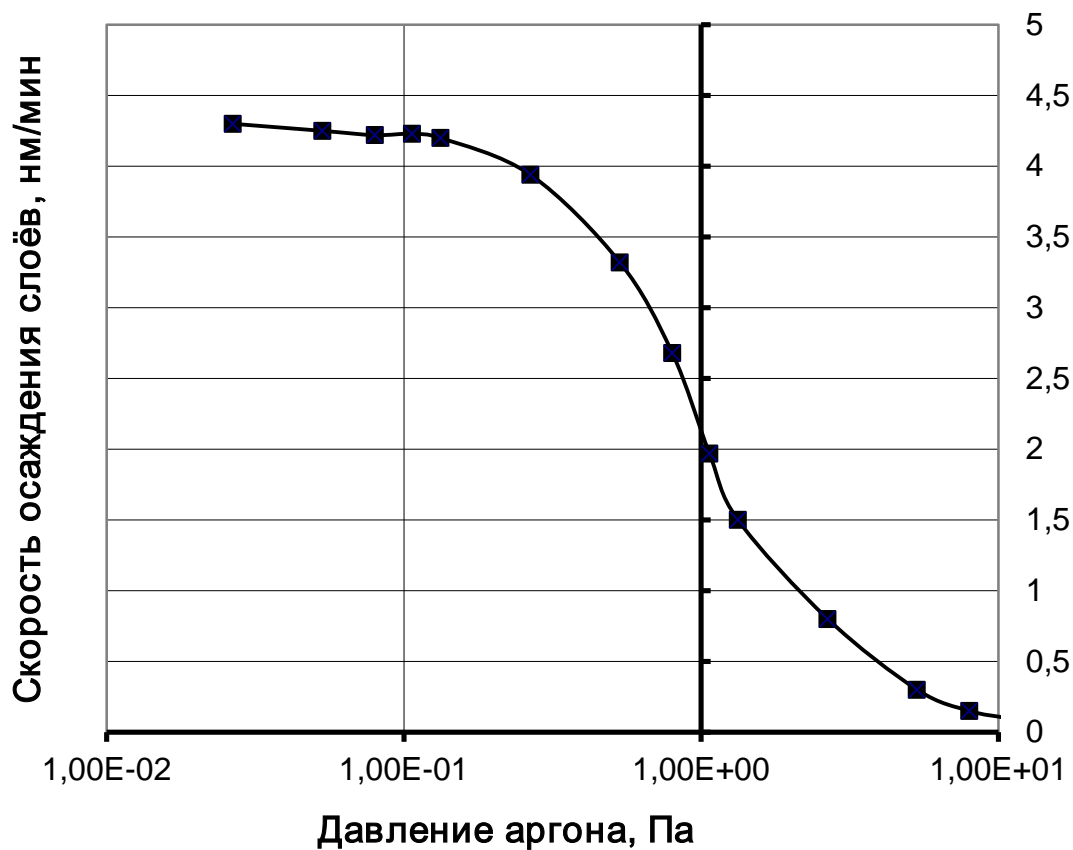


Рисунок 1 Зависимость скорости осаждения слоёв от давления аргона

При давлении в диапазоне  $10^{-1} \dots 10^{-2}$  Па наблюдается существенное уменьшение слоевого сопротивления до 35...5 Ом (рисунок 2). В диапазоне давлений  $>0,5$  Па оно резко возрастает до 300...1000 Ом. Этот рост слоевого сопротивления можно объяснить снижением скорости осаждения и нарушением стехиометрии плёнки из-за уменьшения длины свободного пробега и кинетической энергии расплывённых с мишени частиц.

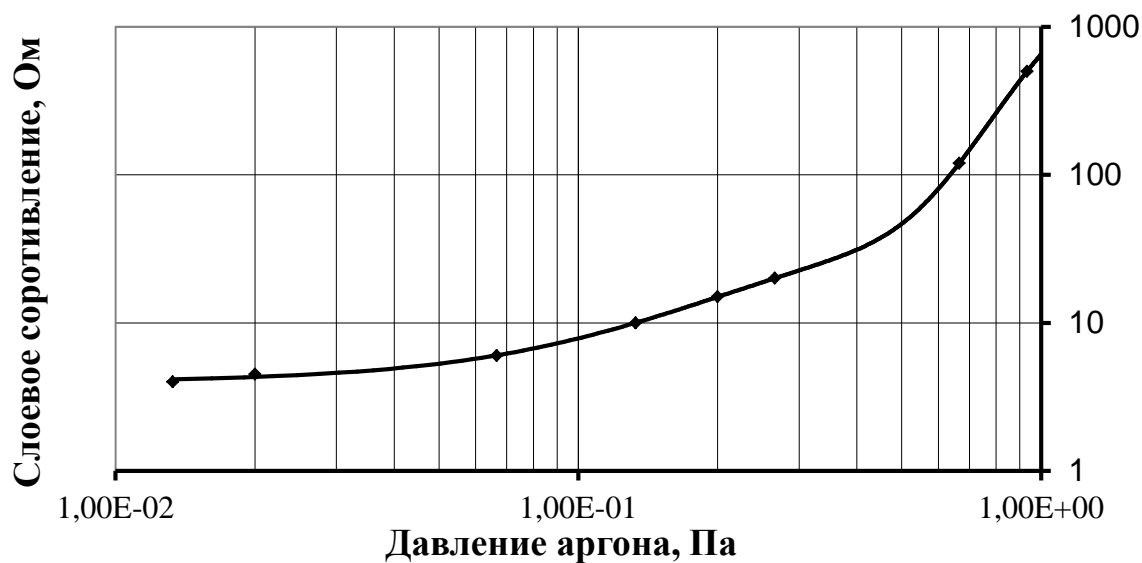


Рисунок 2. Зависимость слоевого сопротивления от давления аргона

Влияние мощности и напряжения разряда при постоянном значении давления плазмообразующей смеси и магнитной индукции на скорость осаждения слоёв показано на рисунке 3. Увеличение мощности разряда приводит к лнейному росту их скорости осаждения при различных напряжениях. Эти зависимости можно объяснить ростом концентрации и энергии ионов аргона, что и приводит к увеличению коэффициента распыления мишени.

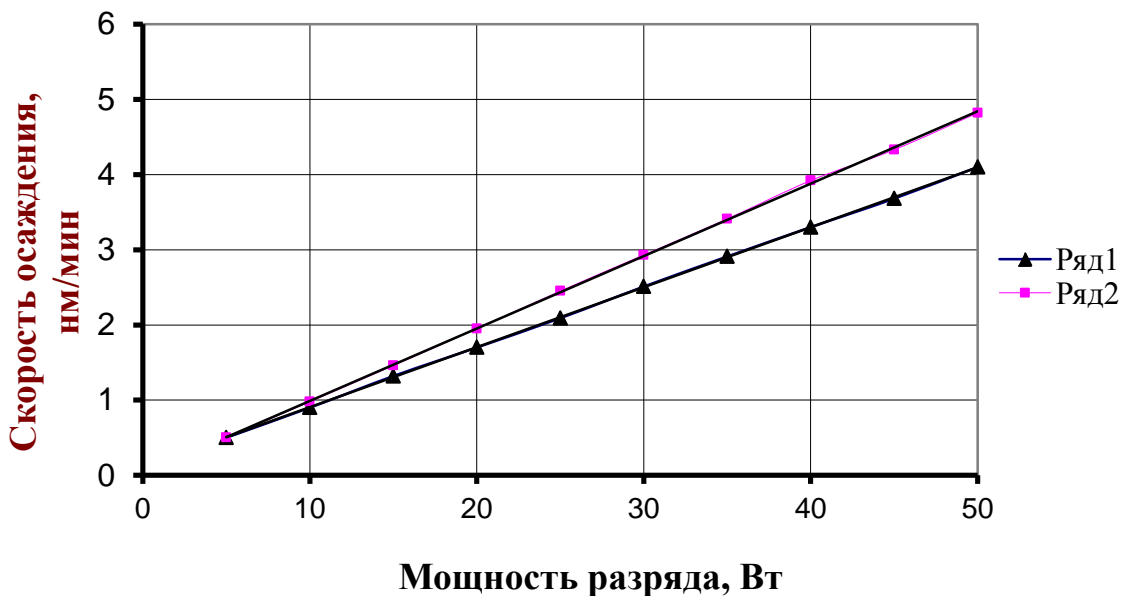


Рисунок 3. Зависимость скорости осаждения слоёв от мощности разряда магнетрона. ряд 1- $U=350$  В; ряд 2- $U=400$  В.

Важнейшими технологическими параметрами, влияющими на скорость роста, свойства и структуру оксидных слоёв, являются температура осаждения слоёв и энергия ионов. Температурная зависимость толщины слоёв представлена на рисунке 4. Эта зависимость имеет чётко выраженный минимум при  $300^{\circ}\text{C}$ .

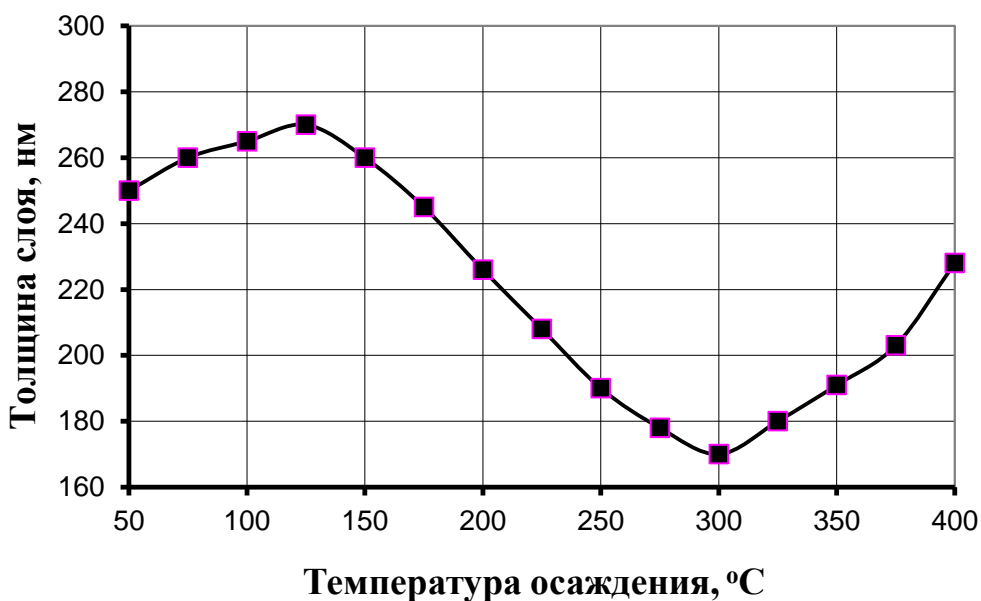


Рисунок 4. Зависимость толщины оксидного слоя от температуры осаждения

Снижение скорости осаждения при увеличении температуры в диапазоне от 150°C до 300°C можно объяснить, по-видимому, уменьшением времени жизни адсорбированных частиц и ростом диффузионного рассеяния, вызванного соизмеримостью кинетических энергий этих частиц и ионов аргона. При дальнейшем росте температуры скорость осаждения увеличивается, что, вероятно, можно объяснить более крупнозернистой структурой слоёв и увеличением подвижности адсорбируемых частиц на их поверхности.

Рентгеноструктурные исследования слоёв подтвердили это предположение. Структура оказалась близкой к структуре поликристаллических оксидов. Изменение размеров блоков кристаллитов  $D$  определялись по зависимостям ширины линии рефлекса  $m$  от температуры и мощности разряда (рисунок 5). Размеры блоков рассчитывались по формуле (1) [6, с.116]:

$$D = \frac{k \cdot \lambda}{m \cdot \cos \theta}, \quad (1)$$

где  $\theta$  – угол дифракции,  $k$  – постоянный для данного вещества коэффициент,  $\lambda$  – длина волны,  $m$  – ширина линии на рентгенограмме.

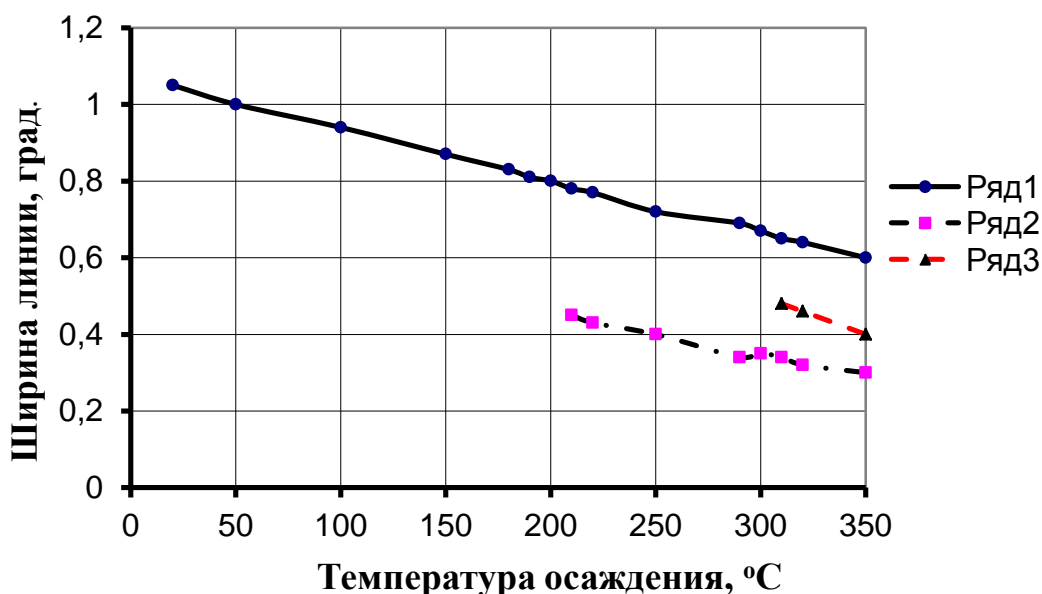


Рисунок 5. Зависимость ширины линии от температуры осаждения: ряд 1 – (001), ряд 2 – (006), ряд 3 – (030)

Из этих зависимостей ширины линии от температуры осаждения, представленных на рисунке 5, видно, что ширина линий практически линейно уменьшается с ростом температуры. Температура осаждения слоёв так же оказывает существенное влияние и на текстуру покрытий. При  $t_d < 210^\circ\text{C}$  наблюдаются только лишь рефлексы (101) (ряд 1) интенсивность которых возрастает, а ширина уменьшается. Это свидетельствует о росте слоя с преимущественной ориентацией зёрен (101). Повышение температуры



приводит к появлению рефлекса (006) (ряд 2) и при  $t_d > 310^\circ\text{C}$  наблюдается рефлекс (030) (ряд 3). Интенсивность этих рефлексов при росте температуры осаждения возрастает, а рефлекса (101) убывает. Эти результаты свидетельствуют о перестройке структуры покрытия в интервале температур осаждения 210...310 $^\circ\text{C}$ .

С увеличением мощности разряда наблюдается уменьшение ширины линии (101) (рисунок 6) и появлению рефлекса (006), что свидетельствует об изменении текстуры и росте величины зёрен оксидного слоя.

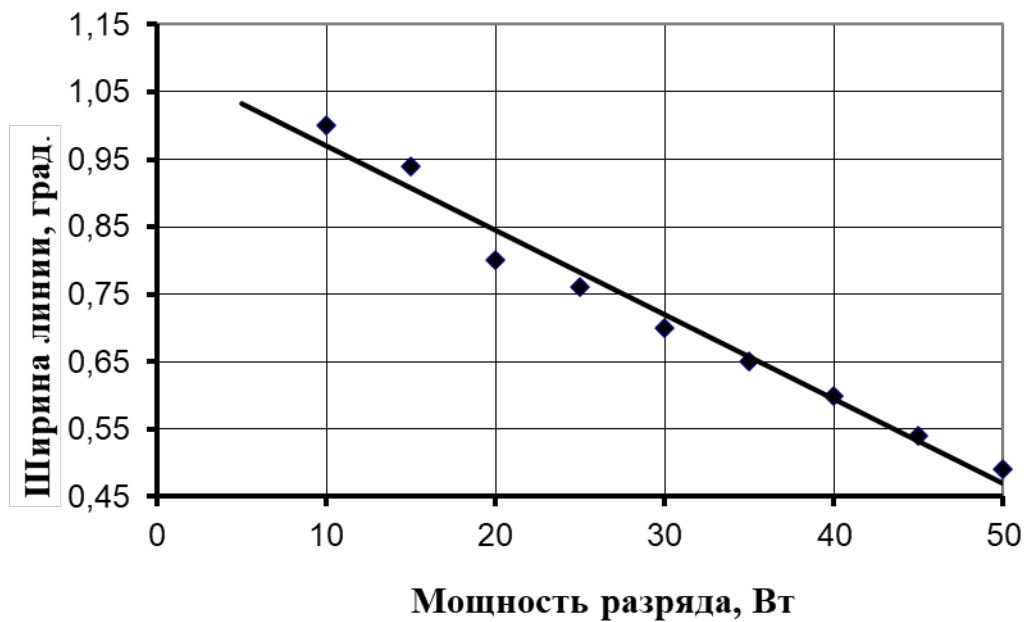


Рисунок 6. Зависимость ширины линии (101) слоёв от мощности разряда

Влияние температуры осаждения слоёв на их сопротивление приведена на рисунке 7. Как видно из рисунка 7, слоевое сопротивление с увеличением температуры осаждения от 200 до 300 $^\circ\text{C}$  уменьшается до 5 Ом, а затем начинает возрастать.

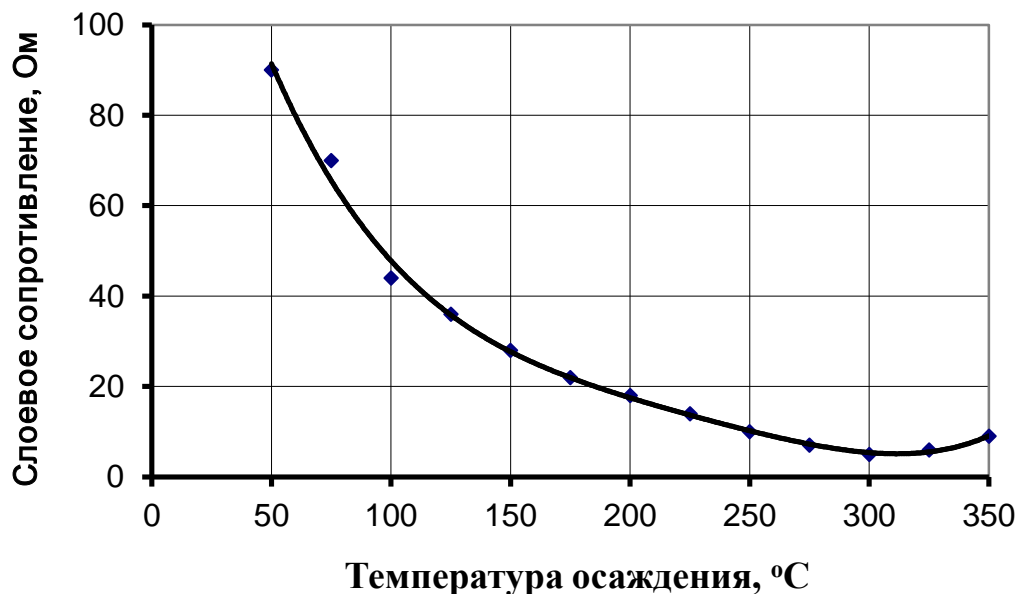


Рисунок 7. Зависимость слоевого сопротивления от температуры подложки

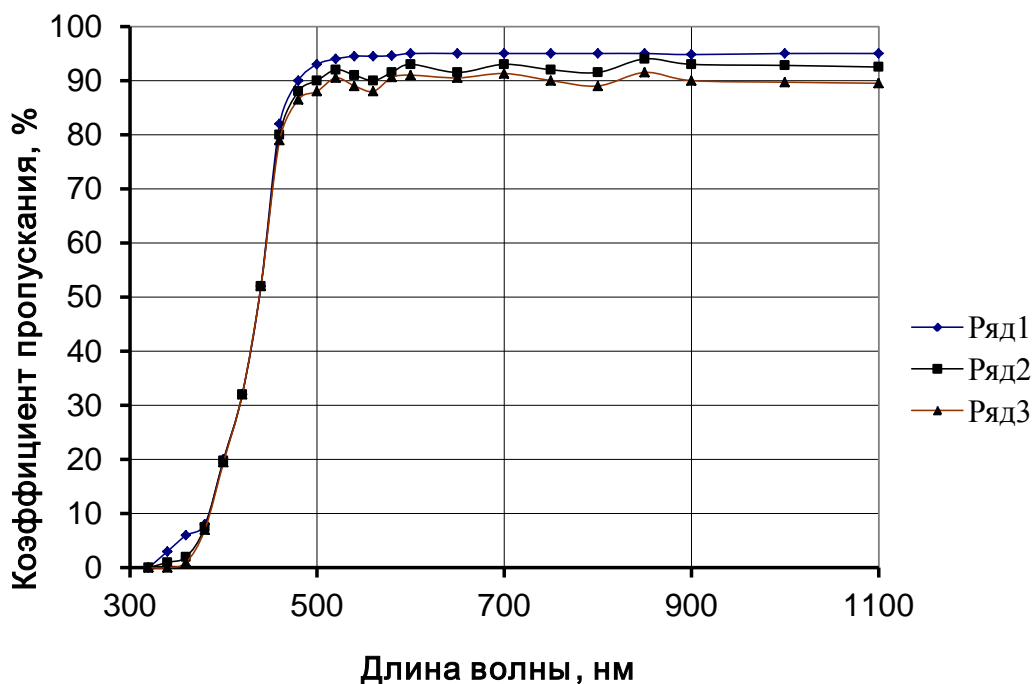
Уменьшение сопротивления с ростом температуры обусловлено увеличением размеров блоков и, соответственно, с уменьшением количества переходов электронов между их границами. Образование поликристаллических оксидных слоёв при температурах 100...200°C можно объяснить влиянием ионной бомбардировки на структуру и свойства растущих слоёв [7, с.15]. В области соударения высокоэнергетического иона (300...1000 эВ) с поверхностью слоя происходит локальное повышение температуры (уравнение (2)) и давления, достаточных для образования высокотемпературных поликристаллических слоёв.

$$T_{(r,t)} = T_o + \frac{E}{(4\pi)^{3/2} \cdot c \cdot \rho \cdot (\alpha \cdot t)^{3/2}} \cdot e^{-\frac{r^2}{4\alpha \cdot t}} \cdot \alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \rho} \quad (2)$$

где  $E$  – энергия иона,  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности,  $c$  – удельная теплоёмкость,  $\rho$  – плотность,  $r$  – расстояние от точки соударения иона.

Оксидные слои имеют прозрачность в видимой области спектра 80...90% (рисунок 8). По интерференционным максимумам на спектральных зависимостях пропускания рассчитывались толщина и показатель преломления слоёв.

Рисунок 8. Типичные спектры пропускания стеклянной подложки (1) и



оксидных слоёв (2,3) на стеклянной подложке.

Варьируя технологические параметры процесса магнетронного распыления можно получать слои с различными значениями пропускания и показателя преломления.

**Заключение.** Полученные результаты показали, что варьируя технологических параметры процесса магнетронного распыления и состав

смесей оксидов твердофазных мишеней можно получать оксидные слои различной толщины, структуры и электрофизических свойств. Они могут применяться в качестве защитных, просветляющих и проводящих покрытий для увеличения срока службы и улучшения характеристик авиационных приборов и элементов оборудования.

### Литература

1. Бертынь, А. В. Исследование электризации модели самолёта потоком увлажнённого воздуха в аэродинамических трубах/А.В. Бертынь, А. С. Подмазов. //Ученые записки ЦАГИ 1977 Т.3. №2. С.123-124.

2. Alemu A. Low temperature deposited boron nitride thin films for a robust anti-reflection coating of solar cells / Alemu A., Freundlich A., Badi N., Boney C., Bensaoula A. // Solar Energy Materials & Solar Cells. 94. 2010. P. 921–923.

3. Полуниин, В.Н. Скорость роста и свойства прозрачных проводящих плёнок станната кадмия. /В.Н. Полуниин, И.Г. Сидорцов, О.В. Сидорцова, Н.Г. Леонтьев. // Изв. ВУЗов «Материалы электронной техники». Т.3, С.58-61, 2001.

4. Сидорцов И. Г., Дымов-Иванов В.В. Покрытия на основе станната кадмия для защиты авиационной техники от статического электричества. //Актуальные аспекты развития логистических коммуникаций. Сборник трудов Международной научно-практической конференции «Воздушный транспорт – основа логистических коммуникаций» (АВИАТРАНС-2022) 17-27 ноября 2022 года. Ростов-на-Дону 2023. – С.146-151.

5. Санников А.А., Терентьев И.В. Портативный прибор для контроля технического состояния поверхностных слоёв металлических деталей. /А.А. Санников, И.В. Терентьев. //Дефектоскопия.– 1982.- №9. – С.48-52.

6. Полуниин, В.Н. Кинетика роста и свойства слоёв оксидов олова (IV) и индия (III). /В.Н. Полуниин, И.Г. Сидорцов, А.И. Арбузова, М.Б. Закс, П.П. Станчула, В.В. Касаткин, Г.И. Юрко. //Изв. СКНЦ ВШ «Технические науки». –1990. -№1. – С.115-118

7. Полуниин, В.Н.  $\alpha$ - $\gamma$  переход в железоникелевом сплаве под действием бомбардировки ионами аргона тлеющего разряда постоянного тока. /В.Н. Полуниин, И.А. Дубовцев, И.Г. Сидорцов, П.П. Станчула, В.И. Шешин. //»Физика и химия обработка металлов» №2,1987г. С.13-17

### **Коробкин Сергей Витальевич**

*Старший преподаватель кафедры воздушных судов и авиационных двигателей, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА).*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕХАНИЗАЦИИ КРЫЛА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ДЛИНЫ РАЗБЕГА И ПРОБЕГА ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА В УСЛОВИЯХ КОРОТКИХ ВЗЛЕТНО–ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС**

**Аннотация.** В статье рассматриваются перспективы использования транспортных самолетов с укороченных взлетно-посадочных полос благодаря применению энергетической системе управления механизацией крыла.

**Ключевые слова.** потребной длины ВПП, традиционной механизацией крыла, увеличения полезной нагрузки, крутых траекторий набора высоты, адаптивной механизации, энергии двигателей летательного аппарата.

*Sergey Korobkin*

*Senior Lecturer, Department of Armed Forces and AD, Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation (MSTU GA).*

## **PROSPECTS OF APPLICATION OF WING MECHANIZATION POWER SYSTEM FOR REDUCTION OF TAKE-OFF RUN AND RUNNING DISTANCE OF TRANSPORT AIRCRAFT IN CONDITIONS OF SHORT RUNWAYS**

**Abstract.** The article examines the prospects of using transport aircraft from shortened runways due to the application of the wing mechanization control energy system.

**Key words:** required runway length, traditional wing mechanization, increased payload, steep climbing trajectories, adaptive mechanization, aircraft engine energy.

Актуальность темы исследования обусловлена перспективными требованиями к транспортным самолетам нового поколения - это дальнейшее повышение безопасности полетов, снижение вредных выбросов в атмосферу, снижение уровня шума на местности, а также сокращение потребной длины ВПП для расширения авиационных перевозок. Перспективное требование сокращения потребной длины ВПП на 30-50% свидетельствует о необходимости создания транспортных самолетов с ЭСУПС, применение которых позволит использовать сеть аэродромов недоступных для транспортных самолетов с традиционной механизацией крыла.

Применение ЭСУПС позволяет повысить транспортную эффективность за счёт увеличения полезной нагрузки, расширения возможностей использования сети аэродромов с длинами ВПП не более 1000 м и сокращения общего времени доставки грузов. Согласно оценкам, проведенным для ТС со средней протяжённостью полёта до 2000 км, увеличение СУатах на 1% может уменьшить прямые эксплуатационные расходы примерно на 0.3% при базировании на нормальных аэродромах.

Если длина ВПП является определяющей, то увеличение СУатах на 5% приводит к повышению платной нагрузки примерно на 20% и снижению прямых эксплуатационных расходов на 1.5-2% . Улучшение аэродинамики транспортного самолета с ЭСУПС может обеспечить решение проблемы уменьшения уровня шума в районе аэропортов вследствие сокращения потребной длины ВПП и использования крутых траекторий набора высоты на взлете и снижения при посадке.

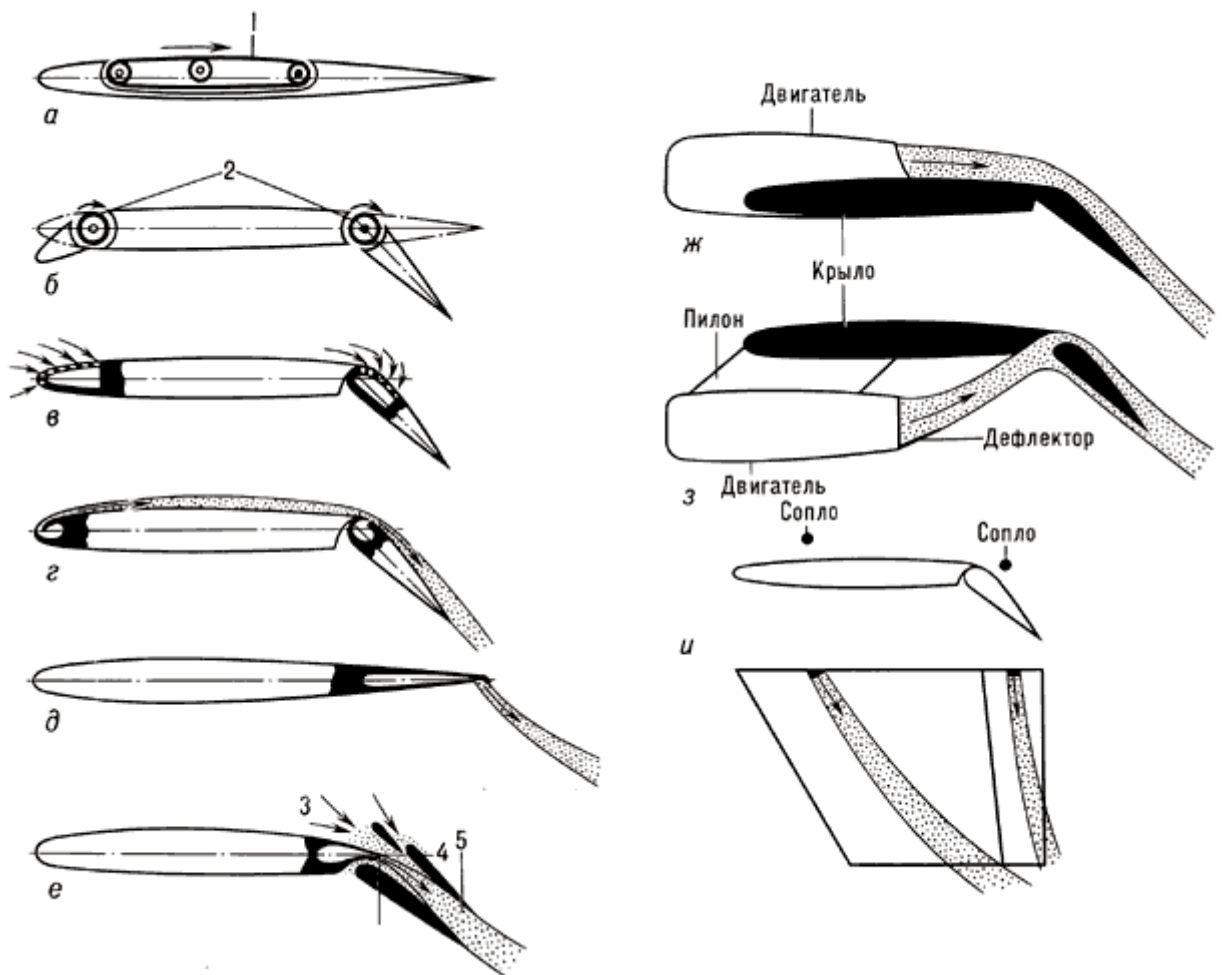
Возможности обычных однощелевых или многощелевых закрылков, как известно, ограничены. На однощелевом закрылке при угле его отклонении  $\delta z \leq 40^\circ$  приращение коэффициента подъемной силы является максимальным и при дальнейшем увеличении угла прекращается вследствие развития интенсивных срывов потока на закрылке. Одной из причин этого является то обстоятельство, что хвостовой участок верхней поверхности основной части крыла слабо искривлен, вследствие чего воздух, проходящий через щель, должен резко изменить направление при большом угле отклонения закрылка, что и приводит к интенсивным отрывам. Эту проблему может решить путем отклонения или искривления хвостового участка основной части профиля, обеспечивая безотрывное обтекание щелевого закрылка до больших углов его отклонения. Применение этой, так называемой адаптивной механизации, приводит к увеличению приращения подъемной силы.

Энергетические методы улучшения аэродинамических характеристик самолетов основаны на использовании газовых (воздушных) струй, выдуваемых из различных частей самолета, включая и основные струи двигателей (воздушных винтов). Принцип действия энергетических систем состоит не только в создании соответствующих реактивных сил, что давно и широко используется в авиационной и ракетной технике, но и прежде всего в положительной интерференции струй с основным потоком и с поверхностью самолета (крылом, оперением, фюзеляжем, мотогондолами). Эта интерференция вызывает образование дополнительной циркуляции потока (суперциркуляции).

Устройства для увеличения подъёмной силы крыла, принцип действия которых основан на использовании энергии двигателей летательного аппарата или дополнительных источников мощности.

**Э. м. к.** применяется для улучшения взлётно-посадочных и манёвренных характеристик летательного аппарата, увеличения полезной нагрузки и повышения безопасности полёта. **Э. м. к.** (рис.) базируется на использовании двух основных принципов: предотвращении отрыва пограничного слоя на поверхности крыла и увеличении циркуляции скорости вокруг крыла (эффект суперциркуляции). Системы управления пограничным слоем (УПС), основанные на применении подвижных поверхностей (рис. 1, а, б), отсоса пограничного слоя (рис. 1, в) и его сдува (рис. 1, г), обеспечивают безотрывное обтекание крыла при больших углах атаки и больших углах отклонения закрылков без существенных энергетических затрат. Струйный закр

ылок (рис. 1, д) увеличивает подъемную силу крыла главным образом за счёт эффекта суперциркуляции и вертикальной составляющей реакции струи. Значение коэффициента подъемной силы на крыле со струйным закрылком зависит от затрат мощности и при использовании практически всего располагаемого воздуха, проходящего через двигатель, может достигать 10—15, то есть быть в 2—3 раза выше, чем в случае применения систем УПС.



**Энергетическая механизация крыла летательного аппарата**, устройства для увеличения подъемной силы крыла, принцип действия которых основан на использовании энергии двигателей летательного аппарата или дополнительных источников мощности.

Системы управления пограничным слоем с подвижными поверхностями. Энергетическая механизация крыла применяется для улучшения взлётно-посадочных и манёвренных характеристик летательного аппарата, увеличения полезной нагрузки и повышения безопасности полёта.

Энергетическая механизация крыла базируется на использовании

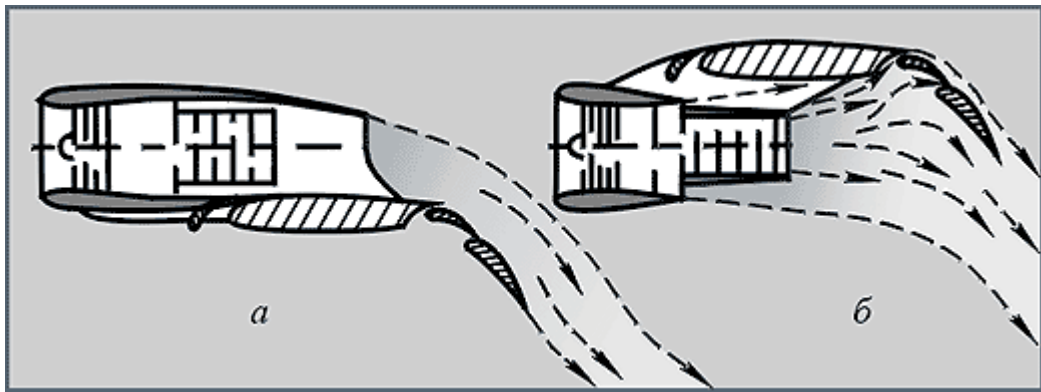
Рис. 2. Системы управления пограничным слоем с отсосом (а) и сдувом (б) пограничного слоя. двух основных принципов:

1) предотвращение отрыва пограничного слоя на поверхности крыла и  
2) увеличение циркуляции скорости вокруг крыла (эффект суперциркуляции). Системы управления пограничным слоем (УПС), основанные на применении подвижных поверхностей (рис. 1, а, б), отсоса пограничного слоя (рис. 2, а) и его сдува (рис. 2, б), обеспечивают безотрывное обтекание крыла при больших углах атаки и больших углах отклонения закрылков без существенных энергетических затрат.

Струйный закрылок (рис. 3) увеличивает подъёмную силу крыла. Рис. 3. Струйный закрылок. главным образом за счёт эффекта суперциркуляции и вертикальной составляющей реакции струи. Значение коэффициента подъёмной силы на крыле со струйным закрылком зависит от затрат мощности и при использовании практически всего располагаемого воздуха, проходящего через двигатель, может достигать 10–15, т. е. быть в 2–3 раза выше, чем в случае применения систем УПС.

Рис. 4. Эжекторная система. Действие эжекторных систем (рис. 4) основано на увеличении импульса первичной струи сжатого воздуха на выходе из камеры смешения, образованной раздвижными элементами крыла, за счёт подмешивания воздуха, отсасываемого с верхней поверхности крыла. Увеличение подъёмной силы происходит из-за увеличения реакции струи, ликвидации отрыва потока на поверхности крыла и отклонённых закрылках, а также за счёт суперциркуляции. При обдуве крыла струями воздушно-реактивного двигателя (рис. 5, а, б) увеличение подъёмной силы происходит вследствие улучшения обтекания поверхности крыла и отклонённых закрылков, обдуваемых струёй, эффекта суперциркуляции и поворота вектор тяги двигателей. Рис. 5. Системы обдува крыла струями воздушно-реактивного двигателя. Самолёт Ан-72 оборудован системой обдува верхней поверхности крыла струями воздушно-реактивного двигателя.

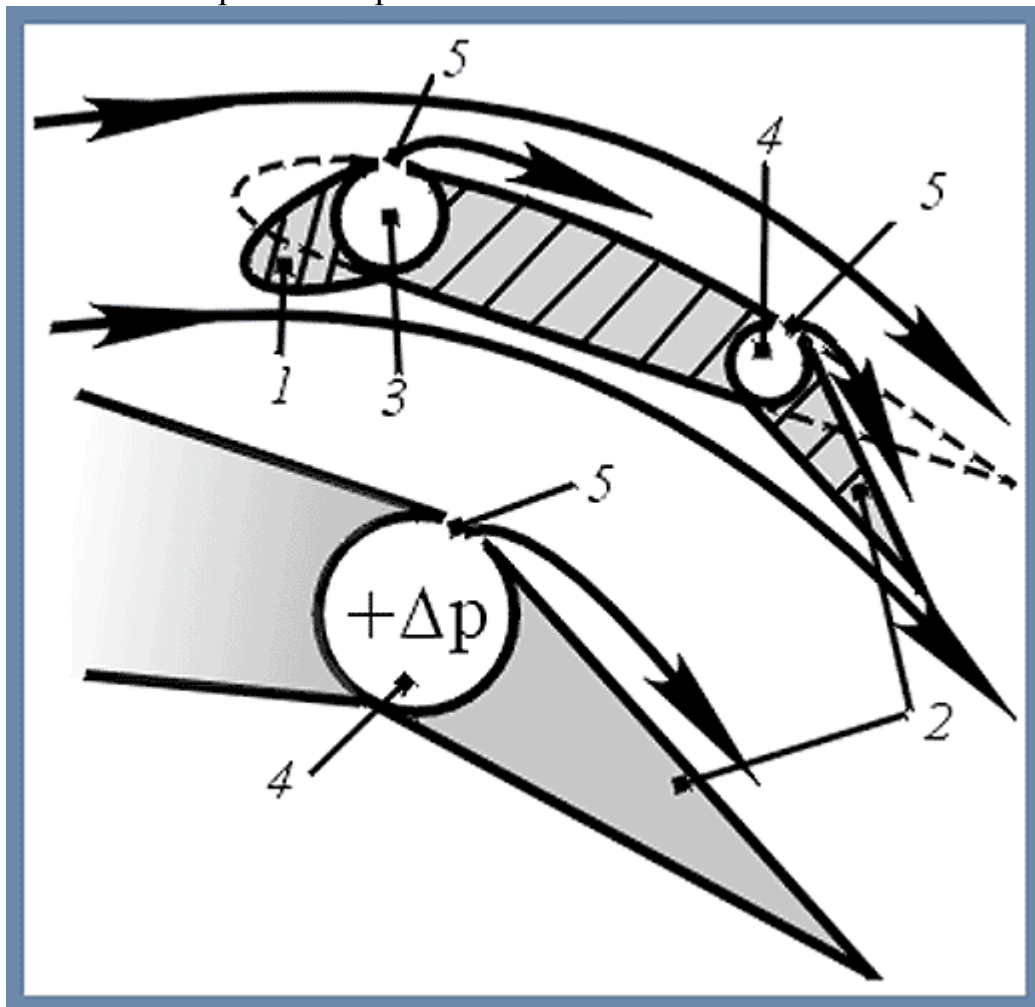
Система выдува струй вдоль размаха крыла (рис. 6) позволяет реализовать устойчивое вихревое течение над Рис. 6. Система выдува струй вдоль размаха крыла. верхней поверхностью крыла и увеличить коэффициент подъёмной силы при больших углах атаки, а также повысить эффективность закрылков и органов управления при больших углах их отклонения. Эти системы отличаются конструктивной простотой и приближаются по эффективности к системам УПС путём тангенциального выдува тонких струй из щелевых сопел при достаточно больших значениях импульса струи.



Компоновочными мероприятиями можно обеспечить обдув части верхней (рис. а) или нижней (рис. б) поверхности крыла струями реактивных двигателей.

Прирост подъемной силы крыла создается за счет отклонения струи вниз при отклонении закрылков и интенсификации обтекания закрылков.

В первом случае (а) реализуется так называемый эффект Коанда (по имени румынского ученого и изобретателя) – прилипание струи к искривленной поверхности крыла.

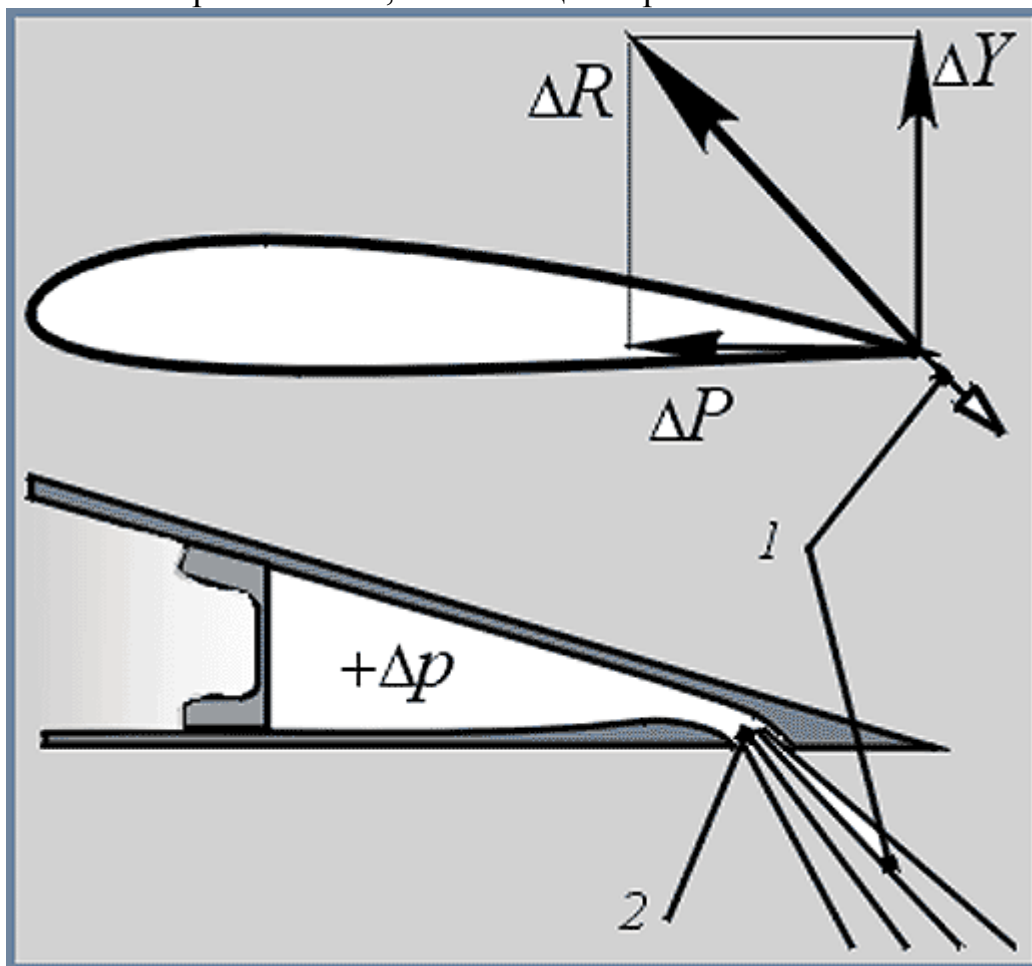


Использование средств взлетно-посадочной механизации с принудительным выдувом (струйной механизации) позволяет обеспечить



выполнение весьма жестких требований ТЗ по взлетно-посадочным характеристикам.

В качестве примеров таких средств можно отметить выдув струй, направленных по касательной к поверхности крыла при отклоненном носке 1 и закрылке 2. Сжатый воздух, отбираемый от компрессора двигателя, по воздушным каналам подается в каналы 3 и 4, идущие вдоль размаха крыла и имеющие щелевые сопла 5, обеспечивающие выдув воздуха и увеличение кинетической энергии потока, обтекающего крыло.



Струйный (реактивный) закрылок – это плоская струя 1 сжатых газов, вытекающих с большой скоростью из узкой щели 2, расположенной вдоль задней кромки крыла.

Струя затрудняет обтекание крыла снизу, в результате чего под крылом повышается давление; в то же время за счет подсосывающего влияния струи скорость потока над крылом увеличивается, а давление уменьшается, как и при отклонении обычного закрылка. Кроме того, за счет реакции вытекающих газов струйный закрылок создает дополнительную силу  $R$ , составляющая  $Y$  которой увеличивает подъемную силу крыла, а составляющая  $P$  является дополнительной силой для преодоления лобового сопротивления.

Система выдува струй вдоль размаха крыла позволяет реализовать устойчивое вихревое течение над верхней поверхностью крыла и увеличить коэффициент подъемной силы при больших углах атаки, а также повысить

эффективность закрылков и органов управления при больших углах их отклонения. Эти системы отличаются конструктивной простотой и приближаются по эффективности к системам УПС путём тангенциального выдува тонких струй из щелевых сопел при достаточно больших значениях импульса струи.

### **Литература**

1 А.В. Петров, Ю.Г. Степанов, Г.А. Юдин «Аэродинамика взлетно-посадочной механизации крыла», ЦАГИ - Основные этапы научной деятельности 1968-1993, Москва, Наука-Физматлит, 1996г., стр. 49-59.

2. Исследование условий устранения попадания газов реверсивных струй и посторонних предметов с поверхности аэродрома в двигатели, расположенные в хвостовой части самолета 2010 год, кандидат технических наук Маргулис, Станислав Гершевич

3. Расчет аэродинамических характеристик самолета с механизацией крыла: учеб. пособие / А.В. Игнатъева, В.Л. Чемезов. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2010 – 46 с.

4. Аэродинамика и динамика полета магистральных пассажирских самолетов / под ред. Г.С. Бюшгенса, Г.П. Свищева. – М.: Машиностроение, 1982

5. Деришев С.Г., Игнатъева А.В., Чемезов В.Л. Расчет аэродинамических характеристик летательного аппарата. – Новосибирск, Изд-во НГТУ, 2008 – 36 с.

### ***Чичков Борис Анатольевич***

*Профессор кафедры двигателей летательных аппаратов, Московский государственный технический университет гражданской авиации, д.т.н., профессор.*

## **МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ КАК ИНСТРУМЕНТ ВИБРОМОНИТОРИНГА**

**Аннотация.** В докладе показана возможность использования микроэлектромеханических систем мобильных вычислительных устройств на платформе “Android” и внешних датчиков типа акселерометр-гироскоп MPU-6050, подключаемых к смартфону или планшету для проведения вибрационного мониторинга, как в учебном процессе, так и с перспективой применения в практической эксплуатации.

**Ключевые слова.** аппаратура контроля вибрации, вибрация, виброскорость, виброускорение, датчик вибрации, датчик

микроэлектромеханический, датчик ускорения, двигатель авиационный газотурбинный, мониторинг вибрационный

***Chichkov Boris Anatolyevich***

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, Associate Professor of the Department of Aviation Engines Moscow State Technical University of Civil Aviation*

## **MICROELECTROMECHANICAL SYSTEMS MOBILE DEVICES AS INSTRUMENT OF VIBROMONITORING**

**Abstract.** Possibility of use of microelectromechanical systems of mobile computers on the Android platform and the external accelerometer gyroscope MPU-6050 sensors connected to the smartphone or the tablet for carrying out vibration monitoring both in educational process, and with application prospect in practical operation is shown in the report.

**Keywords.** Vibration control equipment, vibration, vibrospeed, vibration acceleration, vibration sensor, sensor microelectromechanical, acceleration sensor, engine aviation gas-turbine, vibration monitoring

Наиболее часто в системах контроля вибрации [1,2,3] роторных машин используют датчики: виброперемещения (характеризуют положение контролируемого объекта, используются для низкочастотных объектов), виброскорости (характеризуют быстроту изменения положения объекта во времени, используются для среднечастотных объектов), виброускорения (характеризуют быстроту изменения скорости, используются для высокочастотных объектов).

Рассмотрение характеристик и принципов работы электромеханических и пьезоэлектрических датчиков вибрации, массово используемых в эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей, и датчиков, реализованных в качестве MEMS-сенсоров в современных мобильных устройствах показывает схожесть их принципов функционирования и характеристик. (Microelectromechanical systems (MEMS) - микроэлектромеханические системы - миниатюрные устройства, содержащие микроэлектронные и микромеханические компоненты.) [4,5]

MEMS-сенсоры конструктивно представляют собой миниатюрные устройства, содержащие микроэлектронные и микромеханические компоненты. Составные части таких устройств имеют размеры от 1 до 100 мкм, а размеры готовых систем варьируются от 20 мкм до 5 мм.

В плане архитектуры МЭМС-устройство состоит из нескольких взаимодействующих механических компонентов и микропроцессора, который обрабатывает данные, получаемые от этих компонентов. Какого-то стандарта для механических элементов нет: по своему типу они могут сильно различаться в зависимости от назначения конкретного устройства.

В качестве материалов для производства МЭМС могут использоваться как традиционный кремний, так и другие материалы: например, полимеры, металлы и керамика. Чаще всего МЭМС изготавливаются из кремния. Его основные преимущества заключаются в том, что он может работать в течение триллионов циклов операций и при этом не разрушится.

Обычно MEMS делят на два типа: сенсоры – измерительные устройства, которые переводят те или иные физические воздействия в электрический сигнал, и актуаторы (исполнительные устройства) – системы, которые занимаются обратной задачей, то есть переводом сигналов в те или иные действия.

В рамках доклада представляет интерес первая категория MEMS, реализованная в современных мобильных устройствах в качестве датчиков движения: акселерометров (датчиков ускорения) и гироскопов (датчиков поворота).

На сегодняшний день наиболее распространены датчики движения, основанные на конденсаторном принципе. Подвижная часть системы – классический грузик на подвесах. При наличии ускорения грузик смещается относительно неподвижной части акселерометра. Обкладка конденсатора, прикрепленная к грузику, смещается относительно обкладки на неподвижной части. Емкость меняется, при неизменном заряде меняется напряжение – это изменение можно измерить и рассчитать смещение грузика. Откуда, зная его массу и параметры подвеса, легко найти и искомое ускорение. Практически, MEMS-акселерометры устроены таким образом, что составные части – грузик, подвес, корпус и обкладки конденсатора объединены в одной детали.

Механическая часть датчика включает поликремневую пластину, механически соединенную с подложкой при помощи упругих элементов подвеса, удерживаемых «якорями», способную перемещаться в направлении одной степени свободы под действием ускорения. По краям пластины вытравлены балки, закрепленные на подложке и образующие дифференциальную систему большого числа ячеек парных емкостей.

Перемещение подвижной пластинки относительно этих неподвижных балок позволяет регистрировать ускорение. В отсутствие ускорения емкости в ячейке почти одинаковы, если же ускорение отлично от нуля, пластина смещается, и баланс емкостей нарушается. Кроме того, возможно наличие дополнительных балочных структур, используемых для смещения механики сенсора внешним напряжением — для проверки функциональности датчика (самотестирования). Помимо конденсаторных датчиков, существуют MEMS-акселерометры, использующие иные принципы. Например, датчики, основанные на пьезоэффекте. Вместо смещения обкладок конденсатора, в акселерометрах такого типа происходит давление груза на пьезокристалл – под воздействием деформации пьезоэлемент вырабатывает ток. Из значения напряжения, зная параметры системы, можно найти силу, с которой груз давит на кристалл – и, соответственно, рассчитать искомое ускорение. В микроэлектромеханических системах с пьезоэлектрической архитектурой

широко используются такие материалы, как нитриды кремния, алюминия и титана.

Основные параметры акселерометров оказываются схожими для датчиков вибрации (ускорения) и датчиков ускорения MEMS.

Сведения об используемом в устройстве датчике(-ах) и его некоторых характеристиках можно получить с использованием или штатных программ мобильного устройства, или специализированных программ анализа оборудования устройств или средствами программ анализа ускорений.

Таким образом, с целью расширения возможностей штатных систем вибрационного мониторинга роторных машин - при их наличии, или организации вибрационного мониторинга в случае отсутствия штатных систем оценки вибрации могут быть использованы современные мобильные устройства (например, смартфоны), оснащаемые датчиками ускорений в стандартных комплектациях.

При этом использование указанных устройств значительно дешевле даже собственно самых простых датчиков (пригодный для вибромониторинга смартфон низшего ценового диапазона обходится в 5-15 раз дешевле датчика сейсмического типа, без аппаратуры контроля).

Также при использовании мобильных устройств для вибромониторинга из положительных моментов следует отметить, что:

- осуществима одновременная трехосевая оценка виброускорений и вектора вибрации с графическим и символьным представлением данных в режиме реального времени;

- возможно размещение мобильного устройства на различных местах корпусов и агрегатов роторных машин;

- обеспечивается меньшее запаздывание в оценке виброускорений по сравнению с датчиками сейсмического типа;

- возможна архивация регистрируемых данных на внутренний или внешний накопитель мобильного устройства или мониторинг в режиме реального времени, в том числе, с передачей на внешний монитор графического и символьного представления виброускорений через Miracast-устройства (и аналогичные, имеющие в основе технологию Wi-Fi передачи данных), или с использованием сети Интернет.

При использовании мобильных устройств для вибрационного мониторинга должно быть обеспечено жесткое без демпферное крепление мобильного устройства к корпусу машины. Для авиационных двигателей такое крепление в различных точках может быть осуществлено, например, с использованием набора переходников под временно демонтируемые заглушки, используемые обычно для обеспечения доступа в проточную часть двигателя при проведении оптико-визуального контроля. Съёмная платформа для размещения мобильного устройства должна обеспечивать крепление к компактному трипод-устройству с возможностью фиксации положения головки трипод-устройства для выставления необходимого углового положения мобильного устройства.

Возможно крепление с использованием сильных магнитов и элементов центрирования (выступов), не позволяющих устройству смещаться от вибрации (использовались магниты, извлеченные из отказавших жестких дисков).

Следует отметить особую важность проработки конструкции крепления датчика вибрации к контролируемому объекту.

Наиболее предпочтительным и надежным является резьбовое крепление на шпильку. Для исключения влияния вибропреобразователя на результаты измерений, его масса не должна превышать 10% массы исследуемого объекта.

Питание мобильного устройства может быть как автономным (от штатного аккумулятора, при разовых измерениях), так и организовано через трансформирующее (или зарядное устройство).

Аналогичные результаты могут быть получены с использованием платы Ардуино (Arduino UNO) и датчика типа акселерометр-гироскоп MPU-6050 (мобильного микроэлектромеханического устройства), которую подключают к планшету по интерфейсу USB [6].

В процессе вибромониторинга с использованием мобильных устройств возможно не только представление информации на экране регистрирующего мобильного устройства, но и дистанционная передача информации (трансляция) со смартфона на внешний монитор с использованием WiFi и технологии SmartCast (MiraCast).

С целью проведения собственно вибромониторинга с использованием мобильных устройств на Android рассмотрено программное обеспечение, в основном, среди бесплатных программ, размещенных в хранилище google. Адреса упоминаемых здесь программ могут быть получены с запросом их имени. Так же использовались программы для записи в видео файл экрана смартфона.

Критериями выбора программ для использования в исследовательских и практических целях явились: возможность работы в диапазонах измеряемых величин вибрации, характерных для оцениваемого объекта, возможность калибровки нулевых уровней и границ представления анализируемой информации, возможность “вычитания” значения ускорения свободного падения из представляемых данных, возможность представления получаемых данных не только в виде мгновенных значений, но и в виде временного ряда в режиме реального времени, представление данных в системе координат, позволяющей судить о направлении вектора смещения (скорости, перегрузки), возможность записи получаемых значений временных рядов показателей вибрации в файл для дальнейшей обработки, например, на ПК, да и просто для сжатого документирования оценки вибросостояния установок, в случаях нежелания или невозможности хранить видеофайлы, удобство использования программы и работоспособность в результате апробации.

В качестве параллельной системы контроля использовалась штатная система со стандартными вибродатчиками сейсмического типа и осциллографом.

Были рассмотрены следующие программы: “ $\alpha$ -Tools”, “Accelerometer Monitor”, “Акселерометр”, “Виброметр” (из пакета “Smart Tools”), “Physics Toolbox”, “Vibration Monitor”, “Best Vibrometer for Android”, “Max Vibrometer”.

Из особых характеристик программ следует отметить, что программа “Accelerometer Monitor” имеет функцию сигнализации о достижении задаваемого пользователем опасного уровня вибрации, имеет режим представления данных 120 fps, автомасштабируемую ось ординат, запись данных в файл, но не располагает возможностью представления контролируемых параметров в виде круговой диаграммы.

Данные измерения параметров вибрации могут представлены в виде временных рядов [7]. К этим рядам применяется процедура сглаживания с использованием скользящего среднего. Результаты анализа скользящего среднего позволяют выявить направление вектора вибрации с асимметричным распределением, что может указывать на состояние объекта виброконтроля, отличное от исправного. Данный принцип применим и для анализа сглаженных временных рядов направляющего конуса угла вектора вибрации.

Представление вибрационного сигнала в векторной форме на плоскости есть график в полярных координатах, который используется для одновременного представления модуля и фазы одной из частотных составляющих сложного вибрационного сигнала. Он характеризует истинное изменение вибрации, которое, и, это важно отметить, может существенно превышать значения, при сравнении абсолютных значений вибрации.

Примером положительных результатов апробации использования смартфона для вибромониторинга авиационных ГТД является применение описанного вибромониторинга для одного из типов вертолетных ГТД, не оснащенного штатной системой контроля вибрации.

Выполненные исследования позволили установить связь между износом детали крепления двигателя к воздушному судну, преимущественным направлением вектора вибрации и режимом работы двигателя.

В целом, критерием существенно несимметричного износа вдоль определенной оси, скорее всего может служить явная асимметрия графика, представляющего временной ряд анализируемого вибропараметра.

В отличие от случая износа узла крепления двигателя, при нарушении массово-жесткостных характеристик корпуса наблюдалась асимметрия распределений виброускорений, зафиксированных по всем трем осям.

## Литература

1. ГОСТ Р52526-2006. Национальный стандарт Российской Федерации. Установки газотурбинные с конвертируемыми авиационными двигателями.

Контроль состояния по результатам измерений вибрации на не вращающихся частях. М.: Стандартинформ, 2006.

2. ГОСТ 31320-2006. Межгосударственный стандарт. Вибрация. Методы и критерии балансировки гибких роторов. М.: Стандартинформ, 2006.

3. Randall, Robert Bond. Vibration-based condition monitoring: industrial, aerospace and automotive applications / Robert Bond Randall. A John Wiley and Sons, Ltd., Publication. 2011.

4. Чичков Б.А. Вибродатчики и микро электромеханические системы мобильных устройств, как их аналоги, для оценки вибросостояния роторных машин // Научный вестник МГТУ ГА. № 223(1). М.: МГТУ ГА, 2016. С. 120-125.

5. Чичков Б.А. Способ вибрационного мониторинга роторных машин // Научный вестник МГТУ ГА. Том 21, № 01. - М.: ИД Академии Жуковского, 2018. С. 137-146.

6. Чичков Б.А., Баисов А.А. Вибромониторинг с использованием приспособления на базе микроконтроллерной платы Arduino // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества [Текст]: сборник тезисов докладов. - М.: ИД Академии Жуковского, 2018. С.60.

7. Химмельблау Д. Анализ процессов статистическими методами: Пер. с англ. М.: Мир, 1973.

***Власова Аруся Витальевна***

*Доцент кафедры организации перевозок на воздушном транспорте,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации, к.т.н.*

***Левин Никита Витальевич***

*Магистрант, Московский государственный технический университет  
гражданской авиации.*

## **ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ АЭРОПОРТА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ И НА ОРГАНИЗАЦИЮ ПЕРЕВОЗОК НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ**

**Аннотация.** В данной статье показано влияние работы орнитологической службы на безопасность полетов и на организацию перевозок на воздушном транспорте. Статья основана на реальных статистических данных ущерба мировой авиации от столкновений с птицами. В работе подчеркивается, что орнитологическая служба играет важную роль в предотвращении авиационных инцидентов, связанных с птицами, и является неотъемлемой частью системы обеспечения безопасности полетов воздушных судов.



**Ключевые слова.** Орнитологическое обеспечение безопасности полетов, авиационные инциденты, столкновение воздушных судов с птицами, организация перевозок

**A.V. VLASOVA, N.V. LEVIN**

*Candidate of Science, docent of the Department of Air Transportation Organization, Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

*Master of the 1st year, Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

## **IMPACT OF THE WORK OF THE AIRPORT'S ORNITHOLOGICAL SERVICE ON FLIGHT SAFETY AND ON THE ORGANIZATION OF AIR TRANSPORTATION**

**Abstract.** This article reflects the ornithological service's impact on flight safety and air traffic transportation organization. The article is based on real statistical data on damage to world aviation from bird strikes. It is emphasized that the ornithological service plays an important role in preventing aviation incidents related to birds being an integral part of the flight safety system.

**Keywords.** ornithological support of flight safety, aviation incidents, bird strikes, transportation organization

Основной целью воздушных перевозок является обеспечение безопасной транспортировки пассажиров, багажа, почты и грузов. Безопасность полетов, а именно сведение летно-эксплуатационных рисков к приемлемому и контролируемому уровню – это основное требование для предотвращения потенциальных аварий, гибели людей и материальных убытков [1]. Важность безопасности полетов заключается в минимизации рисков и предотвращении авиационных инцидентов с помощью современных технологий, регулярных проверок и строгих стандартов безопасности. Безопасность полетов и организация перевозок воздушным транспортом имеют прямое экономическое влияние на авиационную индустрию и глобальную экономику. Небезопасные условия и инциденты могут повлиять на репутацию авиакомпаний, на их доходность и в итоге сократить число авиапассажиров.

Ежегодно ущерб мировой авиации от столкновений с птицами достигает до 1,2 миллиарда долларов США. Чаще всего столкновения с птицами происходят при выполнении взлёта или захода на посадку. На высотах до 1500 футов (до 450 метров) случаются 75% всех столкновений, тогда как в диапазоне высоты от 1500 до 4500 футов – 20 %, и только 5% на высотах более 4500 футов (1300 метров). Исследования показали, что в 45% зарегистрированных случаев таких столкновений птицы попадают в двигатель (двигатели) самолёта, что может повлечь за собой его отказ, пожар или помпаж, и в 12% случаев в носовой обтекатель или остекление кабины

пилотов, что при некоторых условиях грозит разгерметизацией воздушного судна.

За 2022 год на территории Российской Федерации было зафиксировано 941 сообщение о столкновении с пернатыми, а также произошли 85 авиационных инцидентов. В период с апреля по октябрь наблюдался максимальный уровень угрозы столкновений воздушных судов с птицами. Самым напряженным месяцем в 2022 году был июль, зафиксировано 204 сообщения, поданные эксплуатантами воздушных судов, и 9 авиационных инцидентов [4].

Повреждения, вызванные столкновением с птицами, могут привести к задержкам рейсов, ремонту или замене оборудования, а значит и дополнительным расходам для эксплуатанта воздушного судна. Нередко столкновение самолета с птицами приводит к посадке на незапланированном аэродроме или прекращению взлета, что также может вызвать серьезные экономические потери, так как авиаперевозчику потребуется заниматься вопросами логистики пассажиров и их багажа, предполетным отдыхом для членов экипажа, обслуживанием самолета на стороннем аэродроме и многим другим. Так, например, 15 января 2009 года Airbus A320 US Airways со 150 пассажирами и 5 членами экипажа приводнился на реку Гудзон в Нью-Йорке. Причиной серьезного авиационного происшествия, которое обошлось без жертв, стало столкновение самолета со стаей канадских казарок, произошедшее на высоте 3000 футов. После потери тяги в обоих двигателях КВС принял, как потом установила комиссия по расследованию, единственное верное решение о приводнении. Другой пример ситуации, которая произошла 15 августа 2019 года: на кукурузное поле в районе аэродрома Жуковский приземлился Airbus A321 «Уральских авиалиний», все 233 человека на борту выжили. Причиной явилось столкновение самолета после отрыва от ВПП на высоте 0,6-1,2 м со стаей чаек индивидуальной массой отдельных особей более 1,13 кг, подпадающих под сертификационную категорию «большая птица», что привело к механическим повреждениям обоих двигателей, снижению их суммарной располагаемой тяги до величины, меньшей тяги одного исправного двигателя на режиме FLEX 49 (режим, на котором выполнялся взлет), невозможности продолжения полета при фактической конфигурации самолета (неубранное положение шасси) и вынужденному приземлению вне аэродрома.

Одним из основных видов птиц, являющихся угрозой для безопасности полетов, называют крупных птиц-хищников, таких как орлы, соколы и ястребы. Кроме того, некоторые виды небольших птиц, такие как голуби и грачи, также могут представлять опасность, особенно при пролете стай в зоне аэродрома, что довольно часто наблюдается и должно обязательно быть донесено до экипажей вылетающих и прибывающих воздушных судов. Перелетные птицы, такие как утки и гуси, тоже могут стать причиной возникновения инцидентов, особенно при миграции. Различные факторы могут влиять на появление тех или иных видов птиц в зоне аэродромов, такие как географическое расположение аэропорта, сезон года, местная экосистема,

маршруты миграции. Миграция птиц, как отмечает ФГБУН институт проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН, связана с глобальным потеплением. Во многих аэропортах Московского авиационного узла орнитологи отмечают некоторые виды птиц, которые раньше не встречались, так как сдвинулись миграционные пути.

Так, с января по май 2023 года количество таких случаев увеличилось на 82% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. На 31 мая в российской гражданской авиации зарегистрирован 31 инцидент, который привёл к повреждению авиатехники. В 2022 году за тот же период зафиксировали 17 происшествий. Кроме того, за первые пять месяцев 2023 года выросло на 7%, до 224 случаев, число сообщений о столкновениях (или их угрозе) воздушных судов с птицами, не приведших к повреждениям авиатехники. Глава Росавиации отметил и увеличение случаев столкновений или угрозы столкновений с другими животными на территории аэродромов. В 12 таких случаях из 21 экипажи уходили на второй круг, чтобы избежать столкновений с ними на взлетно-посадочной полосе.

С точки зрения авиакомпании уход на второй круг потребует дополнительного времени для выполнения посадки. Это может вызвать задержку рейса, что отрицательно скажется на операционной эффективности авиакомпании и уровне удовлетворенности пассажиров. Также это приводит к дополнительным расходам на топливо, что может оказать негативное влияние на финансовую эффективность авиакомпании. Часто возникающие подобные ситуации создают репутационные проблемы для авиакомпании и снижают ее показатели пунктуальности, а следовательно, и лояльность пассажиров [5].

С точки зрения аэропорта при множественных уходах на второй круг может произойти сбой в расписании полетов. Постоянные задержки могут отразиться на репутации аэропорта, а также привести к недовольству пассажиров. Если уход на второй круг случается по вине аэропорта, то убытки, связанные с некачественным и несвоевременным обслуживанием трансферных или транзитных пассажиров, ложатся на плечи аэропорта.

Обеспечение безопасности полетов является общей ответственностью всех участников авиационной индустрии, включая аэропорты [1]. Однако, орнитологическое обеспечение безопасности полетов часто является основной ответственностью аэропортов. Аэропорты должны принимать меры для предотвращения столкновения самолетов с птицами или другими животными на территории аэропорта и в его окрестностях. Это включает в себя установку преград, проведение регулярных мониторингов птиц и животных, применение методов по отпугиванию и устранению источников притяжения птиц. Все эти меры направлены на минимизацию рисков, связанных с наличием птиц и других животных в зоне большей вероятности возникновения риска. В авиации используется такое понятие, как приаэродромная территория (ПАТ) — тридцатикилометровая зона от контрольной точки аэродрома (КТА), в пределах которой устанавливается зона с особыми условиями использования территории. Делится ПАТ на 7

подзон. Согласно статье 47 Воздушного Кодекса Российской Федерации, в шестой подзоне запрещается размещать объекты, способствующие привлечению и массовому скоплению птиц [3]. Серьёзную опасность представляют свалки и другие места захоронения отходов, которые часто привлекают большое число птиц и других животных. Некоторые виды сельскохозяйственной деятельности в непосредственной близости от аэропорта также могут привлекать птиц. Наличие путей миграции, проходящих вблизи или через район аэродрома, создаёт угрозу столкновения ВС с большим количеством птиц. Как отмечают орнитологи, наибольшее столкновение ВС с птицами происходит в восточной части аэродрома. Связано это с перелётом птиц с востока на юг.

Рассчитаем приблизительный расход топлива на самолете Boeing 737-800 при выполнении процедуры ухода на второй круг, который так или иначе составит дополнительные расходы для авиакомпании. Согласно ФАП-128 «Подготовка и выполнение полетов в гражданской авиации Российской Федерации», перед принятием решения о полете КВС должен убедиться в достаточном количестве топлива на борту. Общая масса топлива рассчитывается по следующей формуле:

$$F(\text{общ}) = F(\text{trip}) + F(\text{GA}) + F(\text{ЗА}) + F(\text{30min HOLD}) + F(\text{3\%}) \quad (1)$$

где  $F(\text{trip})$  – полёт по маршруту до а/д назначения;

$F(\text{GA} - \text{go around})$  – топливо для ухода на 2-й круг;

$F(\text{ЗА} - \text{запасной аэродром})$  – полёт до запасного аэродрома (если в плане полёта несколько запасных аэродромов, то учитываем полёт до дальнего с учётом условий погоды);

$F(\text{30min HOLD})$  – 30 минут полёта в зоне ожидания (в стандартных температурных условиях на высоте 450 м);

$F(\text{3\%})$  – дополнительный запас по решению а/к или КВС, который должен быть не меньше 3% от  $F(\text{trip})$ .

В режиме крейсерского полета на эшелоне данный самолет расходует около 2,2 тонн топлива в час. Предположим, что уход на второй круг выполняется с относительной высоты 500 футов. Высота набора при уходе на второй круг различается на разных аэродромах и даже среди ВПП одного аэродрома, для расчетов используем условную цифру 3500 футов. При среднем значении посадочной массы 55 тонн расход топлива в режиме TO/GA (take-off / go-around) в течении двух минут для набора 3500 высоты составит около 200 кг, затем топливо потребуется для выполнения схемы ухода и повторного захода (ориентировочно 10 минут), где самолет затратит еще около 500 кг топлива. Суммарный расход топлива при уходе на второй круг на Boeing 737 составит приблизительно 0,7-1,0 тонны. В качестве примера возьмем цены на авиационное топливо за 2022 год по трем аэропортам страны, которые опубликованы на сайте ФАВТ: Магадан, Волгоград и Сочи. При заправке 1 тонны топлива в аэропорту Магадана авиакомпания затратит 96.958 руб, в аэропорту Волгограда 61.530 рублей, в Сочи 64.417 руб.

Уход на второй круг — это не аварийная ситуация, которая может возникнуть по ряду причин, описанных выше. Однако помимо материальных и репутационных затрат, которые были представлены в качестве примера, уход на второй круг может быть связан с определенными рисками такими как:

- ошибка пилотов (человеческий фактор);
- большая нагрузка на системы ВС;
- несвоевременное начало выполнения процедуры по уходу на второй круг;
- нарушение интервалов между ВС;
- воздействие «спутного» следа и сдвига ветра.

Выше представлен не весь перечень рисков, однако исходя из представленных рисков, можно полагать проблемы с уходом на второй круг в основном приводят к потере управления и контроля над самолетом.

Очень важно сообщать обо всех инцидентах с птицами. Одна из причин, по которой ИКАО требует, чтобы сообщалось обо всех столкновениях с птицами, независимо от того, наносят они ущерб воздушному судну или нет, и о том, какие виды птиц были задействованы, заключается в том, что анализ останков птиц, собранных экспертами после столкновений, дает возможность разработки новых методов борьбы и орнитологического обеспечения полетов [2].

Таким образом качественная работа орнитологической службы аэропорта на прямую влияет как на безопасность полетов, так и на организацию перевозок на воздушном транспорте.

Уровень риска, обусловленного столкновением ВС с птицами, зависит от множества факторов: географии полетов и местоположения аэродромов взлета/посадки, климатических особенностей аэродромной сети, времени года и суток, эксплуатируемых типов ВС, эффективности орнитологического обеспечения аэродромов, осведомленности и компетентности авиаперсонала в области обеспечения орнитологической безопасности полетов ГА [7]. Чаще всего столкновения с птицами происходят при взлете, наборе высоты, заходе на посадку и при посадке. Поэтому необходимо регулярно оценивать риск столкновения воздушного судна с птицами и определять аэродромы (или регионы), где этот риск выше среднего уровня по Российской Федерации.

Исследование показало, что работа орнитологической службы аэропорта играет значительную роль в обеспечении безопасности полетов и организации перевозок воздушным транспортом. Учитывая увеличение количества птиц в воздушном пространстве и их потенциальный риск для безопасности полетов, эффективная работа специалистов орнитологической службы аэропортов становится необходимостью. Разработка стратегий прогнозирования и предотвращения конфликтов с птицами, а также постоянное обучение персонала играют ключевую роль в обеспечении безопасности и стабильности воздушных перевозок. Важно продолжать исследования в этой области и совершенствовать методы работы орнитологической службы, путем внедрения нового оборудования, оценки

уровня безопасности полетов для повышения качества услуг воздушного транспорта.

### Литература

1. ИКАО Doc 9137 Руководство по аэропортовым службам. Часть 5 2009 год [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://online11.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&cacheid=07DD17A611F0962455DA17356D0B95B6&SORTTYPE=0&BASENODE=11&ts=tt88JaTOOI48GYZC1&base=LAW&n=436583&rnd=O0N6PA#jdB9JaTGuKFHXcTL> (дата обращения: 05.12.2023 г.)
2. Федеральная авиационная администрация США. Рекомендации №150/5220-25 по закупке и внедрению радаров для отслеживания птиц, 2010 год
3. Воздушный кодекс [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://online11.consultant.ru/cgi/online.cgi?req=doc&cacheid=07DD17A611F0962455DA17356D0B95B6&SORTTYPE=0&BASENODE=11&ts=tt88JaTOOI48GYZC1&base=LAW&n=436583&rnd=O0N6PA#jdB9JaTGuKFHXcTL> (дата обращения: 05.12.2023 г.)
4. Столкновения с птицами и другими животными ФАВТ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://favt.gov.ru/dejatelnost-bezopasnost-poletov-stolknoveniya-ptici-stat/> (дата обращения: 05.12.2023 г.)
5. Власова А. В. «Проблемы орнитологической службы обеспечения полетов, и пути их решений» Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества. Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации. Москва, 2023, с. 511-512
6. Цены на авиационное топливо ФАВТ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://favt.gov.ru/dejatelnost-ajerorty-i-ajerodromy-ceny-na-aviagsm/?id=7379> (дата обращения: 05.12.2023 г.)
7. Гузий А.Г., Костина А.П. Методологический подход к количественному оцениванию риска, обусловленного столкновением воздушных судов с птицами // Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, № 5. С. 12–24. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-5-12-24
8. Абдурахмонов С.М., Кулдашов О.Х. Автоматизированная система обеспечения орнитологической безопасности аэропорта // Автоматика и программная инженерия. 2020. № 1
9. Елисов Л.Н. Системный подход и человеческий фактор в орнитологической безопасности аэропорта / Л.Н. Елисов, Н.И. Овченков, В.Л. Филиппов, Е.А. Коняев, А.А. Лаптев // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2019. № 29.
10. Алешин С.В., Алпатов И.М., Чунтул А.В. и др. Человек и безопасность полетов: научно-практические аспекты снижения авиационной аварийности по причине человеческого фактора: сборник статей. М.: Когито-Центр, 2013.

***Елисеев Александр Вячеславович***

*Профессор кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования,  
Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), д.т.н., доцент*

***Андреев Максим Николаевич***

*Студент, Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА).*

## **ЦИФРОВАЯ РАДИОЛИНИЯ ФИКСИРОВАННОЙ АВИАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ДЛЯ АЭРОПОРТОВ МАЛОЙ АВИАЦИИ**

**Аннотация.** рассмотрена задача построения широкополосной радиорелейной линии фиксированной авиационной электросвязи для аэропортов малой авиации Ростовской области. Проведен выбор оборудования, расчет запаса по мощности, проверка устойчивости системы связи в условиях замираний.

**Ключевые слова.** малая авиация, авиационная электросвязь, радиорелейная линия связи, обоснование параметров радиолинии.

***Eliseev Alexander Vyacheslavovich***

*Doctor of Technical Sciences, Associate Professor*

*Professor of the Department «Aviation electrical and radio equipment»*

***Andreev Maxim Nikolaevich***

*Student of the department «Aviation electrical and radio equipment»*

*Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*

## **DIGITAL FIXED-LINE AVIATION TELECOMMUNICATION RADIO LINE FOR SMALL AVIATION AIRPORTS**

**Abstract.** the problem of constructing a broadband radio relay line of fixed aviation telecommunications for small aviation airports in the Rostov region is considered. The selection of equipment, calculation of the power reserve, and verification of the stability of the communication system under fading conditions were carried out.

**Keywords.** small aircraft, aviation telecommunications, radio relay communication line, justification of radio line parameters.

Известно, что экономическое и социально-культурное развитие любого региона Российской Федерации, в том числе и Ростовской области, неразрывно связано с развитием её транспортной инфраструктуры, составной частью которой является авиационный транспорт. Учитывая значительные размеры Ростовской области, а также требования реальной экономики в части сокращения времени на выполнение логистических операций, целесообразно развитие малой авиации [1, 2]. С этой целью подготовлено Постановление правительства Ростовской области от 18 февраля 2013 года

№69 «Об утверждении концепции развития малой авиации на территории Ростовской области до 2030 года» [2]. В данной концепции проведен анализ существующей структуры аэропортов малой авиации Ростовской области, намечены задачи по её возрождению.

В настоящее время в качестве судов малой авиации в нашей стране используются самолет Ан-2 и его модификация ТВС-2МС, а также самолет Л-410 «Турболет» (L-410 «Turbolet»). Согласно комплексной программе развития авиационной отрасли РФ до 2030-го года предусмотрены поставки 1036 самолетов (в том числе средне и дальнемагистральных). В их числе малые, но еще не сертифицированные ТВРС-44 «Ладога» и «Байкал» (ЛМС-901) в количестве 20–25 единиц ежегодно (рисунки 1-6) [1].



Рисунок 1 – Самолет Ан-2



Рисунок 2 – Самолет ТВС-2МС



Рисунок 3 – Самолет L-410  
«Турболет»



Рисунок 4 – Самолет ЛМС-901  
«Байкал»



Рисунок 5 – Перспективная модель самолета малой  
авиации ТВРС-44 «Ладога»

На начальном этапе восстановления сети местных воздушных линий на территории Ростовской области наиболее предпочтительным является восстановление инфраструктуры аэропортов, в местах расположения которых сохранились объекты, которые могут быть реконструированы и возведены заново с учетом современных требований и введены в строй с минимально возможными затратами. К ним можно отнести такие аэропорты



и аэродромы, как Волгодонск, Сальск, Вешенская, Белая Калитва, Миллерово и Ремонтное [2].

Для реализации концепции развития малой авиации на территории Ростовской области наряду с модернизацией и строительством зданий и сооружений аэропортов и взлетно-посадочных полос необходимо создание современной системы радиотехнического обеспечения полетов. Одним из элементов такой системы является авиационная электросвязь. В общем случае под авиационной электросвязью понимается система, включающая в себя центр связи, станции связи, оконечные устройства, различные средства связи, соединенные между собой в сетях электросвязи. Сети электросвязи в качестве линий связи используют как проводные, так и радиолинии связи, в том числе – радиорелейные линии связи.

В данной работе поставлена цель – обосновать состав и характеристики широкополосной наземной радиорелейной линии (РЛЛ) связи между планируемыми к возрождению аэропортами «Волгодонск» (г. Волгодонск) и «Сальск-2» (г. Сальск) [3, 4]. Необходимость такой радиорелейной линии обусловлена стремлением повысить надежность системы авиационной электросвязи, основой которой являются проводные и волоконно-оптические линии связи. Кроме того, учитывая, что радиорелейные станции выпускаются промышленностью и в мобильном варианте, то повышается оперативность создания канала связи для новых аэродромов, в том числе и временных грунтовых взлетно-посадочных полос.

Аэропорт «Волгодонск» (рисунок 6) был допущен к приему и обслуживанию воздушных судов ТУ-134, ЯК-42 и классом ниже 26 марта 1983г., свою деятельность осуществлял в составе ростовского объединенного авиаотряда «Аэрофлота». Начиная с 1993 года производственно-экономические показатели деятельности аэропорта значительно снизились по причине резкого снижения спроса со стороны населения из-за увеличения себестоимости перевозок и общего снижения покупательской способности у населения. В октябре 2002 аэродром «Волгодонск» был исключен из государственного реестра гражданских аэродромов Российской Федерации как не прошедший сертификацию в установленном порядке, аэродром был переведен в разряд для выполнения авиационных работ. В ноябре 2016 года в Ростове-на-Дону прошел аукцион по продаже комплекса аэропорта «Волгодонск». На аукционе были представлены все здания и сооружения, сохранившееся оборудование на территории аэропорта. Взлетно-посадочная полоса и земельный участок под аэропортом остались в собственности федерации [3].



Рисунок 6 – Здание аэропорта «Волгодонск» [3]

Аэродром «Сальск-2» являлся аэродромом четвертого класса, был способен принимать самолеты Ан-2 и вертолеты всех типов, выполнявших рейсы в гг. Ростов-на-Дону, Элиста, Ставрополь, Волгодонск и др. Начиная с 90-х годов началось падение спроса со стороны населения на услугу перевозки по причине значительного роста стоимости полета и снижения платежеспособности населения. В октябре 2003 года Сальский объединенный отряд был ликвидирован [2, 4].

Для построения РРЛ авиационной связи необходимо выполнить предварительный выбор физического оборудования, предлагаемого на рынке и удовлетворяющего требованиям технического задания на систему авиационной электросвязи, и затем расчетным путем проверить энергетическую доступность между соседними радиорелейными станциями (РРС). Таким образом, первой задачей является выбор оборудования, удовлетворяющего по скорости передачи техническому заданию. Важным критерием выбора является принадлежность производителя к юридическим лицам, зарегистрированным в Российской Федерации (РФ), этого требует принятая Правительством РФ программа импортозамещения. Среди отечественных производителей радиоэлектроники можно назвать несколько фирм, которые могут предложить качественную замену иностранному радиооборудованию. Например, компании НПФ «Микран», ЗАО «Радиян», АО «РАДИУС-2», ЗАО «НТЦ Натекс» [5, 6].

На основе проведенного анализа было выбрано оборудование фирмы «Микран» (рисунок 7). Система радиорелейной связи «МИК-РЛ Н500» полностью внутреннего размещения – флагманская система семейства «МИК-РЛ», в которой воплощены самые современные достижения инженерной мысли о создании магистральных многослойных линий с максимальной надежностью и долговечностью [5].



Рисунок 7 – Внешний вид оборудования радиорелейных станций МИК-РЛ [5]

Основные характеристики система радиорелейной связи «МИК-РЛ Н500», необходимые для расчета РРЛ, представлены на рисунке 8.

#### Технические характеристики

Обозначение	4	5	6	6,5	7	8	11
Диапазон частот, ГГц	3,70... 4,20	4,40... 5,00	5,925... 6,425	6,42... 7,11	7,25... 7,55	7,90... 8,40	10,70... 11,70
Рекомендация ITU-R	F.382	F.746	F.383	F.384	F.385	F.386	F.387
Дуплексный разнос, МГц	266	312	266	340	161	266	530
Перестройка частоты	программная в пределах полосы литерного СВЧ-фильтра, шаг 250 кГц						
Конфигурация	1+0 / 1+1 / 2+0 / 2+1 / 3+1 / 2x(1+1) / 4+0; конфигурация стволов: ACCP <sup>1</sup> / ACAP <sup>2</sup> / CCDP <sup>3</sup> (XPIC) <sup>4</sup>						
Повышение устойчивости	ЧР — частот. разнесение стволов; ПР — пространст. разнесение стволов; ПРП — пространст. разнесенный прием в каждом стволе						
Резервирование трафика	полное — в соответствии с конфигурацией ЦРПС; частичное (ЧРТ) — защищенная часть трафика передается по схеме N+1, незащищенная часть по схеме N+0 и в резервных стволах						
Полезная нагрузка	до 4 × Gigabit Ethernet (SFP), 4 × STM-1 (SFP), 96 × E1, 4 × Fast Ethernet						
Сервисные каналы	2 × Fast Ethernet (2 × 250 / 1 × 500 кбит/с), служебная связь (FXS)						
Мониторинг и управление	ПО «Мастер М», веб-утилита «Fluto», интеграция в NMS/OSS (опция)						
Протокол управления	NP – фирм. протокол (Ethernet, USB), SNMPv2c (Ethernet)						

#### Максимальная выходная мощность, дБм

Ширина полосы, МГц	28 / 40 / 56 / 80
Обозначение	4...11
16QAM	+35
32QAM	+34
64QAM	+33
128QAM	+32
256QAM	+31
512QAM	+30
1024QAM	+30
Регулировка мощности ручная / автомат	0...-25 дБ, шаг 1 дБ

#### Пропускная способность ствола, Мбит/с

Ширина полосы, МГц	28	40	56
16QAM	89,6	128,0	156,8
32QAM	112,0	160,0	224,0
64QAM	134,4	192,0	268,8
128QAM	156,8	224,0	313,6
256QAM	179,2	256,0	358,4
512QAM	201,6	288,0	403,2
1024QAM	224,0	320,0	448,0

#### Чувствительность приемника при BER10<sup>-6</sup>, дБм

Обозначение	4...8				5 / 11
Ширина полосы, МГц	28	56	28	40	56
16QAM	-83	-80	-83	-81,5	-80
32QAM	-80	-77	-80	-78,5	-77
64QAM	-77	-74	-77	-75,5	-74
128QAM	-74	-71	-74	-72,5	-71
256QAM	-71	-68	-71	-69,5	-68
512QAM	-68	-65	-68	-66,5	-65
1024QAM	-65	-62	-65	-63,5	-62
Динамический диапазон АРУ, дБ					>50

Рисунок 8 – Основные технические характеристики системы радиорелейной связи МИК-РЛ Н500 [5]

Следующей задачей является проверка пригодности данного оборудования для организации РРЛ между аэропортами. Основным критерием проверки является наличие запаса по мощности принимаемого

сигнала на промежуточных станциях и конечной станции. Данный запас будет зависеть от характеристик оборудования, типа рельефа местности, климатических факторов, особенностей пространственного размещения оборудования [6, 7].

Для построения профиля местности и замера высоты подвесов антенн было использовано специальное программное обеспечение *ProfEdit 4.0* [8].

Промежуточные расчеты с использованием программное обеспечение *ProfEdit 4.0* представлены на рисунках 9 и 10.

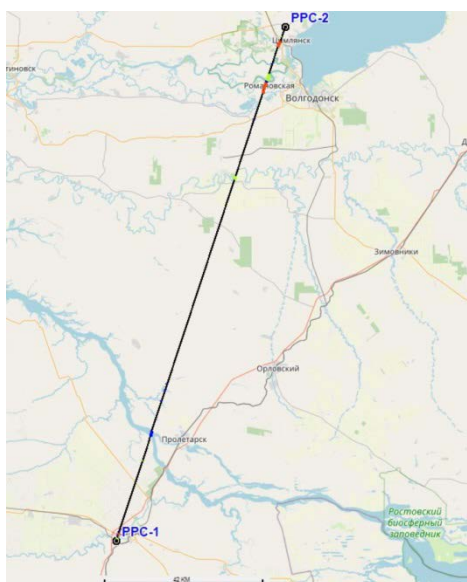


Рисунок 9 – Расположение аэропортов «Волгодонск» и «Сальск» на карте Ростовской области

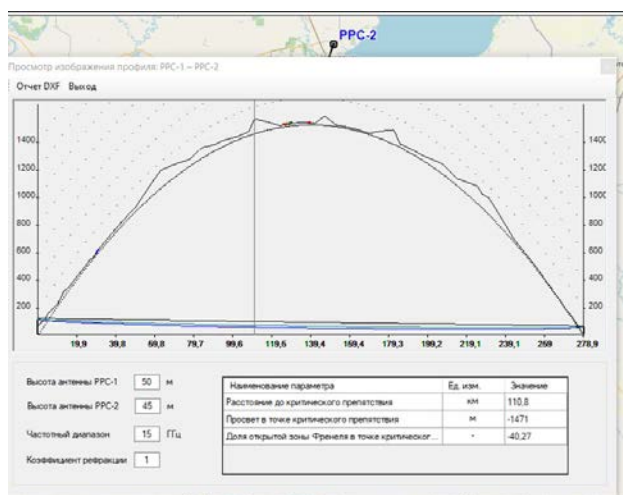


Рисунок 10 – Результаты расчета профиля пролета РРЛ

Из анализа профиля местности между аэропортами «Волгодонск» и «Сальск-2», представленного на рисунке 10, при выбранном размещении антенн и высот их антенных мачт видно, что отсутствует прямая видимость между ними, то есть связь невозможна с заданным качеством. Для устранения недостатка необходимо перейти к использованию РРЛ, состоящей из трех интервалов протяженностью, соответственно,  $\Delta L_1 = 52$  км,  $\Delta L_2 = 50,1$  км,  $\Delta L_3 = 45,1$  км.

При проведении обоснования возможности построения РРЛ на основе выбранного оборудования МИК-РЛ Н500 были взяты следующие исходные данные (рисунок 8): мощность передатчика –  $P_{\text{прд}} = 34$ дБм; чувствительность приемника –  $P_{\text{прм.пред}} = -78,5$ дБм; коэффициент усиления передающей антенны –  $G_{\text{прд}} = 34$ дБ; коэффициент усиления приемной антенны –  $G_{\text{прм}} = 34$ дБ; скорость передачи информации –  $V = 160 \cdot 10^6$  Бит/с; вид модуляции – 32QAM.

В результате расчета, с использованием методики, изложенной в [6, 7], был определен запас по мощности для каждого из трех выбранных на местности интервалов связи при использовании антенн диаметром 0,6 метра, соответственно:  $\Delta W_1 = -26,63$  дБм,  $\Delta W_2 = -23,09$  дБм,  $\Delta W_3 = -15,04$  дБм.

Таким образом, предварительный анализ показал возможность организации связи. Однако известно, что на устойчивость связи РРЛ оказывают гладкие или плоские замирания радиосигнала, которые возникают в момент приема сигнала [6]. Это явление происходит при распределении радиоволны в среде с большим количеством лучей. Устойчивость связи в условиях замираний характеризуется показателем сильно пораженных секунд. Расчеты показали, что при диаметре антенны 0,6 метра устойчивость связи в условиях замираний сигнала не обеспечивается. Причиной этого, скорее всего, является значительное расстояние между РРС. Однако уменьшение расстояния между РРС приведет к необходимости увеличения количества промежуточных интервалов РРС на дистанции между аэропортами «Сальск» и «Волгодонск», что существенно удорожает проект РРЛ.

Для повышения устойчивости было принято решение по использованию антенны диаметром 1,8 метра с коэффициентом усиления 44 дБВт [5]. Характеристики антенных систем, применяемых в составе цифровых РРС МИК-РЛ приведены на рисунке 11.

**Технические характеристики антенных устройств для ЦРРС МИК-РЛ**

		Диапазон частот, ГГц									
		4	5	6	6,5	7	7/8	8	11	13	15
Коэффициент усиления антенны, дБи	0,6 м	—	—	—	—	31,1	30,3	31,8	34,0	35,6	36,8
	1,0 м	—	—	31,0	33,7	35,5	34,7	36,2	38,9	40,0	41,2
	1,8 м	34,5	36,5	37,2	38,8	40,4	39,8	41,0	44,1	45,3	46,0
Ширина диаграммы направленности по уровню -3 дБ, °	0,6 м	—	—	—	—	4,3	4,3	4,2	3,1	2,7	2,3
	1,0 м	—	—	4,3	3,3	2,7	2,7	2,6	1,9	1,7	1,5
	1,8 м	2,8	2,6	2,2	1,7	1,5	1,5	1,5	1,1	1,0	0,8

**Рисунок 11 – Технические характеристики антенных устройств цифровых РРСт МИК-РЛ [5]**

Кроме того, для повышения помехоустойчивости РРЛ принято решение о переходе от использования модуляции 32QAM к более помехоустойчивой модуляции 16QAM. Однако и при таких исходных данных устойчивость канала не обеспечивалась. Было принято решения о применении частотного и пространственного разнесения сигналов, что обеспечивается конструкцией аппаратуры МИК-РЛ Н500. Устойчивость связи при применении разнесения удовлетворила требованиям *ITU-R G821*. Следует отметить, что для обеспечения надежности функционирования предложенной в настоящей работе радиолинии авиационной электросвязи необходимо разработать систему технического диагностирования, позволяющую использовать технологию технической эксплуатации «по состоянию». Для этого могут быть использованы результаты, полученные в работах [9, 10].



## Литература

1. Тимофеев В.И., Пузий Е.А. Современное состояние и инновационные решения в развитии малой авиации в России // Инновации, №9 (275), 2021, С. 33-46.
2. Постановление правительства Ростовской области от 18 февраля 2013г. №69 «Об утверждении концепции развития малой авиации на территории Ростовской области до 2030 года» // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов [сайт]. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/430626457> (дата обращения 27.04.2024).
3. Волгодонск (аэропорт) // Википедия. Свободная энциклопедия: [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Волгодонск\\_\(аэропорт\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Волгодонск_(аэропорт)) (дата обращения 25.04.2024).
4. Сальск-2 (аэродром) // Википедия. Свободная энциклопедия: [сайт]. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Сальск-2\\_\(аэродром\)](https://ru.wikipedia.org/wiki/Сальск-2_(аэродром)) (дата обращения 26.04.2024).
5. Микран: Официальный сайт компании. URL: <https://www.micran.ru> (дата обращения 05.05.2024).
6. Радиорелейные и спутниковые системы передачи / под редакцией А.С. Немировского. – Москва : Радио и связь, 2013.– 264 с.
7. ГОСТ Р 53363-2009 Цифровые радиорелейные линии. Показатели качества. Методы расчета. Текст: электронный // [сайт]. – URL: <http://www.consultant.ru> (дата обращения: 10.05.2024).
8. ProfEdit 4.0 – рабочие инструкции – Текст: электронный // Центр телекоммуникационных технологий [сайт]. – URL: <http://www.cttggroup.ru/#!drrl-51/c7zu> (дата обращения: 10.05.2024).
9. Елисеев А.В., Землякова Е.В., Коваленко М.П., Юхнов В.И. Оценка качества цифрового канала связи на основе нечеткой экспертной системы. Труды Северо-Кавказского филиала Московского технического университета связи и информатики. 2021. №1. С. 144-148.
10. Елисеев А.В., Землякова Е.В., Коваленко М.П. Оценка качества радиолинии передачи информации на основе экспертной системы. В книге: Актуальные проблемы науки и техники. 2020. Материалы национальной научно-практической конференции. Отв. редактор Н.А. Шевченко. 2020. С.1492-1493.

***Сычева Екатерина Геннадьевна***

*Доцент кафедры экономики, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А.*

*Новикова, к.э.н.*

***Салий Валерия Романовна***

*Магистрант высшей школы авионавигации, Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова.*

## **ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО РЫНКА В 2024 ГОДУ**

**Аннотация.** Отрасль транспорта и логистики постоянно меняется из-за таких факторов, как состояние мировой экономики, технологические разработки в логистике и постоянно меняющиеся требования клиентов: происходят как заметные достижения, так и возможные сбои. Некоторые тенденции, возникшие в последние годы, вероятно, вскоре привлекут большое внимание и инвестиции. В данном исследовании рассматриваются тенденции, которые будут формировать сектор логистики в текущем году.

**Ключевые слова.** компания, грузоперевозки, транспорт, товар, груз.

## **TRENDS AND PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS MARKET ON 2024**

**Abstract.** The transport and logistics industry are constantly changing due to factors such as the state of the global economy, technological developments in logistics and constantly changing customer requirements: both notable achievements and possible failures occur. Some trends that have emerged in recent years are likely to attract a lot of attention and investment soon. This study examines the trends that will shape the logistics sector this year.

**Keywords.** company, freight, transportation, product, cargo.

В условиях санкционного давления со стороны недружественных стран логистика экспортно-импортных грузоперевозок России была адаптирована и переориентирована на Азию. Китай и дружественные страны Азиатско-Тихоокеанского региона стали основными поставщиками сырьевых товаров в РФ и основными потребителями российских товаров. Через Восточный полигон проходят основные маршруты контейнерных грузоперевозок. Сложившиеся маршруты и логистические цепочки, привычные для России, начали стремительно трансформироваться в начале 2022 года. Всего за несколько месяцев коренным образом изменились цепочки поставок: потоки, которые раньше были направлены в Европу и из Европы, теперь направлены на Восток. В нынешних условиях у восточных транспортно-логистических компаний есть все шансы занять освободившиеся ниши на российском рынке.

### **Перспективное сотрудничество с азиатскими странами.**

До недавнего времени Россия активно взаимодействовала с европейскими странами, но начало 2022 года принесло кардинальные изменения в российско-европейские торговые отношения. В феврале-апреле 2022 года страны Евросоюза ввели ограничения на деятельность российских

операторов автомобильного, воздушного и морского транспорта. Международные логистические компании были вынуждены прекратить сотрудничество с Россией: Maersk, DHL, UPS, FedEx, MSC, CMA CGM и другие.

Следствием стал окончательный поворот России на Восток. Значительно сократился объем грузов, проходящих через порты Балтийского моря. Сейчас они проходят через Дальний Восток и Турцию. Показательна в этом плане статистика грузооборота контейнерных грузов. На западе России, в Балтийском бассейне, он снизился на 18,4%, а на Дальнем Востоке, наоборот, увеличился на 20,7%.

Одним из ключевых направлений сотрудничества является развитие железнодорожных и морских перевозок. В России имеется обширная железнодорожная сеть, которая может быть использована для перевозки грузов из Азии, особенно из Китая, в различные регионы России и далее в Европу. Также важным аспектом является развитие морских портов и их логистической инфраструктуры для обеспечения эффективных перевозок грузов через Тихий и Северный Ледовитый океаны.

Характерной особенностью в сфере транспортно-логистического сотрудничества России и Китая является заметное преобладание железнодорожного транспорта по сравнению с испытывающим проблемы морским, воздушным и автомобильным транспортом.

Российский бизнес и раньше активно взаимодействовал с Китаем, а 2022 год еще больше укрепил это партнерство. Так, объем грузопотока (трафика) из Китая за это время увеличился на 40%. Количество рейсов со сборными грузами растет, а коммерческое агентство становится все более популярным. В целом торговля с Китаем в 2022 году выросла на 29,3% в годовом исчислении до рекордных 190 млрд. долл. [3]

Сотрудничество между Россией и Турцией в отрасли грузовых перевозок также имеет значительный потенциал и может быть взаимовыгодным для обеих стран. В нынешних условиях Турция выступает транзитным мостом между Россией и Европой. В Россию через Турцию завозятся различные товары разных категорий, в том числе по параллельному импорту. За 9 месяцев 2022 года товарооборот между Россией и Турцией увеличился вдвое, достигнув 47 млрд. долл. Таким образом, Турция стала для России одним из важнейших торговых партнеров.

Сотрудничество между Россией и Казахстаном в отрасли грузовых перевозок в 2024 году может быть направлено на соединение транспортных систем обеих стран, увеличение объемов перевозок и оптимизацию логистики. Продовольственные товары доставляются в Россию через Казахстан, в том числе из южных стран. К апрелю 2022 года рост объемов автомобильного транзита увеличился в 2,5 раза. За 9 месяцев 2022 года товарооборот между Россией и Казахстаном увеличился на 5% по сравнению с аналогичным периодом прошлого года [3].

Помимо этих стран, каналы импорта товаров развиваются через Индию, Пакистан и страны СНГ, благодаря налаженному авиационному сообщению.



Страны с крупными авиаузлами (Узбекистан, ОАЭ) развивают сотрудничество с Россией в сфере доставки грузов воздушным транспортом. По имеющимся прогнозам, переход российских потребителей на товары, произведенные в восточных странах, еще больше усилит эту тенденцию.

Как следствие роста международных объемов перевозок, стоит отметить развитие транспортной логистики внутри России, которое активно стимулируется различными факторами, включая экономические, технологические и социальные аспекты.

#### 1. Рост сегмента электронной коммерции (E-commerce).

На этом фоне значительные перспективы открываются в сфере малогабаритных перевозок. В развитии грузовых перевозок заинтересованы представители онлайн-коммерции – интернет-магазины и маркетплейсы, в частности такие гиганты отрасли, как Wildberries и Ozon. Склады, сортировочные центры и пункты выдачи последних открываются по всей стране. Рост популярности в регионах России формата экспресс-доставки от склада до двери также будет способствовать развитию автомобильных перевозок.

2. Растущая популярность комплексов логистических услуг B2B в сфере дистанционной торговли (так называемые «фулфилмент-сервисы»).

В обществе растет потребность в более быстрой доставке «последней мили». Она есть почти в каждом бизнесе электронной коммерции и становится все более популярной среди предприятий. При этом улучшение доставки на «последней миле» невозможно без развития дополнительных сервисов. Это хранение, упаковка, все этапы взаимодействия с клиентом и весь процесс отправки и получения посылки. Реализацию этих задач гораздо проще передать фулфилмент-операторам, что будет стимулировать рост их количества.

#### 3. Развитие транспортной инфраструктуры

В России активно развивается транспортная инфраструктура, направленная на увеличение торговли с Восточно-Азиатскими странами. Это, например, автомагистраль М-12 Москва-Казань, которая будет введена в эксплуатацию в конце 2024 года. Она расширит торговые возможности России с Китаем и Казахстаном через Казань и Новосибирск. Значительное увеличение числа рейсов авиакомпаний в Красноярский хаб также подтверждает намеченную тенденцию.

В июне 2022 года начал работу пункт пропуска «Каникурган», расположенный на новом мосту через реку Амур, соединяющем Россию и Китай. Проведена техническая модернизация железнодорожного пункта пропуска в Забайкальске. Строятся новые складские помещения для обслуживания расширения внутренних логистических услуг даже в отдаленных регионах. Например, на острове Сахалин будет построен склад класса А площадью 100 000 кв.м.

#### 4. Государственная поддержка отрасли перевозок

Правительство России приняло решение оказать финансовую поддержку транспортной отрасли в размере 511,5 млрд рублей. Также

системообразующие предприятия могут получить кредиты до 10 миллиардов рублей по льготной ставке. Представители органов государственной власти России считают стабильную работу транспортного комплекса одним из обязательных условий функционирования государства.

Основные тенденции развития грузовых перевозок связаны с ростом объемов перевозок, использованием новых технологий, устойчивостью к окружающей среде, повышением безопасности и развитием международной торговли. Ближайшие годы принесут изменения в модели грузовых перевозок, на оптимизацию которой отрасль потратила десятилетия. В 2024 году и в последующие годы новые потребительские запросы, технологические достижения и более широкие изменения, такие как «ниаршоринг» (перемещение деловых операций в соседнюю страну), откроют новые возможности для лидеров логистики в процессе перевозки.

Применяемая в настоящее время модель грузовых перевозок требует большего количества центров выполнения заказов и постоянной ребалансировки запасов на более высоких уровнях цепочки поставок, с большим количеством точек соприкосновения с грузами и повышенной сложностью логистики.

Для минимизации сроков ожидания клиентов грузовые компании всё чаще обращаются к центрам выполнения заказов, паркам трейлеров и оборудованию для подъема, чтобы водители и их грузы постоянно двигались.

По мнениям ведущих экспертов 2024 год должен стать годом переосмысления для более эффективной, устойчивой и быстро реагирующей цепочки поставок. Авторы выделяют три основные тенденции:

1. Ниаршоринг. Тенденция к ниаршорингу может еще больше распространиться на региональный транспорт, что приведет к увеличению спроса на грузовики, прицепы и оборудование внутри страны. Ниаршоринг в грузоперевозках относится к переносу логистических операций или функций, связанных с грузоперевозками, в страны, находящиеся ближе к основной деятельности компании или к рынку сбыта. Это может включать в себя перенос складских операций, управления запасами, транспортировку и другие логистические процессы в ближайшие или смежные страны.

2. Электрификация. На рынке появились легкие грузовые электромобили, и ожидается дальнейшая электрификация и внедрение технологии снижения выбросов для коммерческих грузовиков в течение следующих пяти лет.

По данным Американского института транспортных дорог, если бы дизельные тягачи были заменены гораздо более тяжелыми электрическими грузовиками, треть грузового сектора была бы слишком тяжелой для автомобильных дорог [1]. Представители бизнеса осознают, что для этого перехода потребуется максимальное облегчение и поддержание аналогичного уровня перевозок на грузовых автомобилях.

3. Автономные грузоперевозки. В ближайшие 10 лет ожидается внедрение беспилотных грузоперевозок, особенно на большие расстояния.

Автономные технологии могут облегчить проблему нехватки водителей, снизить неэффективность и сократить количество пустых рейсов.

Следует сделать вывод, что тенденции грузоперевозок имеют свои преимущества. «Ниаршоринг» позволит распределить источники грузов за пределы традиционных портовых городов. Ожидается, что распространение электромобилей приведет к концентрации грузовых потоков по хорошо оборудованной инфраструктуре, а появление автономных транспортных средств предполагает фундаментальные изменения в грузовых перевозках.

Тем не менее грузовые перевозки сталкиваются с серьезными проблемами, связанными с мировым экономическим спадом, а также с непредсказуемостью затрат и декарбонизацией. Ожидается, что в 2024 году европейская экономика будет постепенно восстанавливаться, но вряд ли это произойдет до конца года [2]. В 2024 году многие логистические компании, а также торговля и промышленность сталкиваются со многими проблемами. Перечислим основные из них:

1. Перевозчики сталкиваются с ростом расходов на персонал и эксплуатационных расходов.

Логистические компании смогут переложить лишь часть дополнительных расходов на эксплуатацию недвижимости, транспортных средств, а также уже возросшие затраты на человеческие ресурсы и т. д. в дополнение к дорожным сборам. Эти расходы придется нести перевозчикам и экспедиторам. Текущая экономическая ситуация затруднит повышение загрузки провозных мощностей, чтобы окупить эти затраты, а также сохранить и без того низкую рентабельность.

2. Нехватка водителей.

В 2024 году стало немного проще найти персонал для складирования и администрирования. Однако водителей по-прежнему не хватает, а набирать стажеров затратно и сложно во всех сферах деятельности. В целом расходы на персонал останутся на высоком уровне после того, как в 2023 году зарплаты уже были увеличены во многих направлениях.

3. Перевозка с неполной загрузкой.

Экономический спад приводит к уменьшению потребности в транспорте и уменьшению объемов индивидуальных поставок, а это означает, что спрос на транспортные средства снижается. С этим смогут справиться компании, которые работают эффективно и гибко, беря на себя любую возможную нагрузку. Приобретает большее значение перевозка с неполной загрузкой. Цены на более простые перевозки FTL (полная загрузка) будут очень конкурентоспособными, в то время как перевозки LTL (неполная загрузка), вероятно, будут более прибыльными.

4. Рост банкротств логистических компаний.

В целом мощности остаются прежними, но количество компаний уменьшается. Компании, которые становятся неплатежеспособными или банкротами, как правило, поглощаются конкурентами. В результате консолидация продолжит усиливаться, но новых игроков на рынке практически не появляется. Водители предпочитают работать по найму, чем

становиться самозанятыми. Общие условия и будущие перспективы создания компании в 2024 году останутся стабильными.

#### 5. Усиление ИТ-безопасности и рост хакерских атак.

В 2024 году ИТ-безопасность становится самой важной проблемой. Угроза, исходящая от хакеров для ИТ-систем, значительно возрастает, что можем наблюдать в настоящее время в компании СДЭК. Поскольку инвестиции в меры предотвращения и защиты в большинстве малых и средних компаний далеки от уместных и необходимых стандартов, многие хакеры добиваются успеха. Пострадавшие компании, как со стороны клиента, так и со стороны подрядчика, которые не подготовились к этому сценарию, терпят убытки и могут оказаться в финансовых трудностях.

Таким образом, хотя транспортно-логистическая отрасль России сталкивается с серьезными проблемами, но в то же время она имеет значительные стимулы для роста. Эти стимулы могут способствовать развитию транспортной логистики внутри России, что в свою очередь может повысить эффективность грузовых перевозок автомобильным, авиационным, железнодорожным видами транспорта, снизить издержки и улучшить конкурентоспособность российской экономики. Ведущие транспортные компании отрасли занимают активную позицию, инвестируя в технологические инновации, повышая экологическую устойчивость и разрабатывая стратегии управления трудовыми ресурсами, чтобы обеспечить долгосрочную жизнеспособность важного сектора экономики. Тенденции развития грузоперевозок могут привести к изменениям в подходах к ним, требуя от транспортных компаний адаптации к новым экономическим реалиям, а также к использованию инновационных подходов в логистике.

### Литература

1. Irina Misanova, Maksim Filippov, Dmitry Tarasov, Veronika Viushkova, and Elizaveta Zhukova. Directions and Prospects of Integrated Innovative Development of the Transport Infrastructure of the Russian Federation. DOI: 10.1051/shsconf/20219304010. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.researchgate.net/publication/348426409\\_Directions\\_and\\_Prospects\\_of\\_Integrated\\_Innovative\\_Development\\_of\\_the\\_Transport\\_Infrastructure\\_of\\_the\\_Russian\\_Federation](https://www.researchgate.net/publication/348426409_Directions_and_Prospects_of_Integrated_Innovative_Development_of_the_Transport_Infrastructure_of_the_Russian_Federation)
2. Gunnar Gburek. Logistics trends in 2024. 31.01.2024 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.timocom.co.uk/blog/trends-logistics-transport-market-2024-582330>
3. Russia paves its own way: prospects for transport and logistics industry development. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://transrussia.ru/en/media/news/2023/february/russian-logistics/>

**Грецев Валерий Петрович**

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н., доцент.*

**Рыжов Михаил Викторович**

*Доцент кафедры, Военно-космическая академия имени А.Ф.Можайского, к.т.н., доцент.*

**Потапов Илья Александрович**

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н., доцент.*

**Иванов Сергей Евграфович**

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н., доцент.*

## **СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ МАЛОСИГНАЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ**

**Аннотация.** В данной статье обосновывается необходимость создания автоматической регулировки усиления для усилителя радиочастоты (малошумящего усилителя) как основного элемента приемника обеспечивающего низкий коэффициент шума. Проводится анализ способов реализации чувствительного элемента этой системы автоматического регулирования.

**Ключевые слова.** усилители радиочастоты, перекрестная модуляция, интермодуляция, коэффициент шума приемника, система автоматической регулировки усиления, амплитудный детектор, малосигнальный усилитель, коэффициент гармоник.

**Gretsev Valery Petrovich**

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of  
Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal  
of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

**Ryzhov Mikhail Viktorovich**

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Military  
Space Academy named after A.F.Mozhaisky»*

**Potapov Ilya Alexandrovich**

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of  
Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal  
of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

**Ivanov Sergey Yevgrafovich**

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of  
Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal  
of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

## **A METHOD FOR DETECTING OVERLOAD OF LOW-SIGNAL AMPLIFIERS**

**Abstract.** This article substantiates the need to create automatic gain control for a radio frequency amplifier (low-noise amplifier) as the main element of a receiver providing a low noise coefficient. The analysis of the ways of implementing the sensitive element of this automatic control system is carried out.

**Keywords.** radio frequency amplifiers, cross-modulation, intermodulation, receiver noise factor, automatic gain control system, amplitude detector, low-signal amplifier, harmonic coefficient.

Одним из элементов радиоприёмных устройств (РПУ), обеспечивающих достижение ими требуемой чувствительности, являются усилители радиочастоты (УРЧ). К линейности этих устройств предъявляются жёсткие требования. Следствием указанного требования основным режимом работы активных элементов, на которых они строятся является режим А, а УРЧ являются малосигнальными. При появлении на входе такого усилителя сигнала, амплитуда которого превышает допустимую величину, происходит «перегрузка УРЧ». В результате возникают эффекты, приводящие к сокращению мощности полезного сигнала и уже за счёт этого сокращающие отношение мощности полезного сигнала к мощности шума на входе демодулятора. В их числе, определяемые недостаточно высокой многосигнальной избирательностью входной цепи: блокирование, перекрёстная модуляция и интермодуляция. Кроме того, как будет показано далее подобные же последствия возникают и при превышении допустимых значений полезным сигналом. Кроме того, по причине сокращения усиления, как правило первой гармоники значительно возрастает коэффициент шума приёмника (или его шумовая температура). В некоторых случаях возможно и физическое повреждение УРЧ из-за выхода из строя отдельных его элементов. Все перечисленные явления существенно снижают вероятность демодуляции принимаемого радиосигнала с требуемой достоверностью.

Для предотвращения перегрузки в РПУ используется система автоматической регулировки усиления (САРУ). Однако, прямая АРУ как правило используется для защиты от воздействия в известные интервалы времени. Датчик же обратной АРУ традиционно располагается в тракте промежуточной частоты [1]. Уже поэтому он не способен обнаружить факт относительно небольшой перегрузки УРЧ.

Попытка реализации обратной САРУ для стабилизации амплитуды сигнала на выходе УРЧ на основе амплитудного детектора (АД) сталкивается

с рядом препятствий. В их числе, достаточно малая амплитуда сигнала даже при перегрузке, которой с большой вероятностью окажется недостаточно для нормальной работы АД, в том числе и активного – из-за необходимости обеспечения требуемой мощности на входах и АД, и смесителя. Само собой напрашивается дополнение описанной схемы ещё одним УРЧ, обеспечивающим функционирование АД (рис. 1).

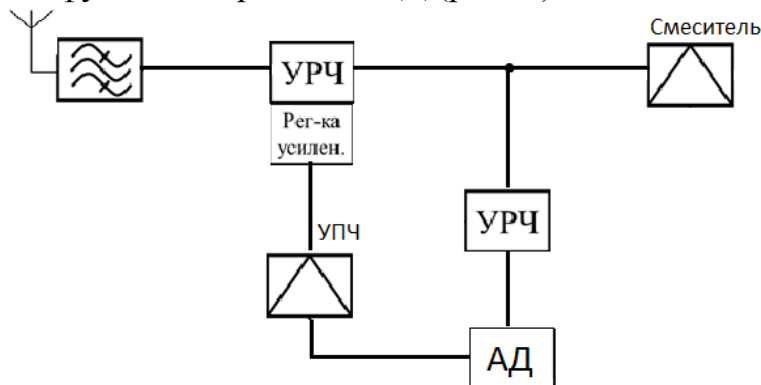


Рис. 1. Функциональная схема САРУ с дополнительным УРЧ

Однако, дополнительный усилитель, как и основной будет перегружен. Причём, уже совокупностью полезного сигнала, шумов и продуктов воздействия мультипликативной помехи. Проблема снижения мощности на входе смесителя так же остаётся нерешённой.

В то же время известно, что перегрузка малосигнального усилителя сопровождается сокращением угла отсечки активного элемента и ростом мощности высших гармоник усиливаемого колебания (рис. 2).

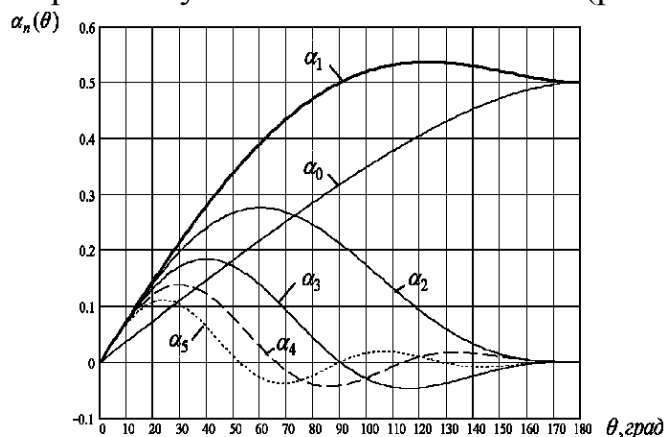
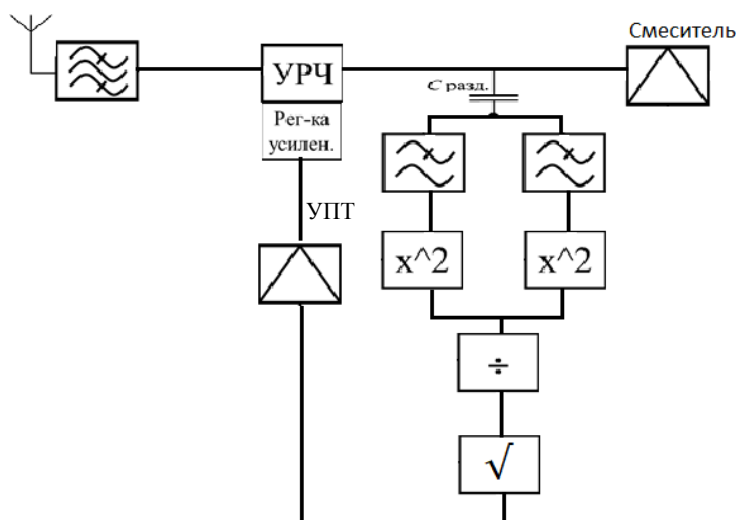


Рис.2. Коэффициенты Берга

Благодаря этому, другой вариант «датчика перегрузки», в отличие от традиционного, обнаруживающего превышение нормального уровня



колебаний при помощи амплитудного детектора, выходной сигнал которого является огибающей амплитуд принимаемого сигнала, может опираться на обнаружение и оценивание изменений спектрального состава выходных колебаний УРЧ посредством вычисления величины коэффициента гармоник выходного сигнала УРЧ (рис. 3).

Рис. 3. Функциональная схема обнаружителя перегрузки УРЧ на основе вычисления коэффициента гармоник

Эта схема представляет собой более сложную систему радиоприемного устройства с дополнительными блоками для обработки сигнала. Поддержание амплитуды усиленного колебания в пределах, характерных для работы усилительного прибора в режиме «А» в ней обеспечивается:

- включенными параллельно фильтрами низких и высоких частот, обеспечивающими выделение первой и высших гармоник. Вкупе с ними  $C_{\text{разд}}$  блокирует участие постоянной составляющей в процессе регулирования;
- блоки возведения в квадрат, деления и извлечения квадратного корня обеспечивают приближённое вычисление коэффициента гармоник.

Возникающая за счёт нарушения порядка вычисления погрешность не превышает 10-11%. Таким образом, описанная схема, во-первых, привязана к наиболее чувствительному к перегрузке параметру, обладает достаточно высокой точностью вычисления регулировочного воздействия, а также меньшей инертностью по сравнению с АД за счёт отсутствия в его составе фильтра низких частот. Однако, проблема деления мощности усиленного УРЧ колебания ею не решается. Более того, она отличается гораздо большей сложностью реализации в сравнении с АД.

В обмен на регулярную (то есть, без труда учитываемую при создании регулирующего устройства УРЧ) ошибку такую схему можно упростить, отказавшись от одной схемы возведения в квадрат, а оставшуюся



использовать для вычисления квадратуры частного совокупности высших и первой гармоники (рис. 4).

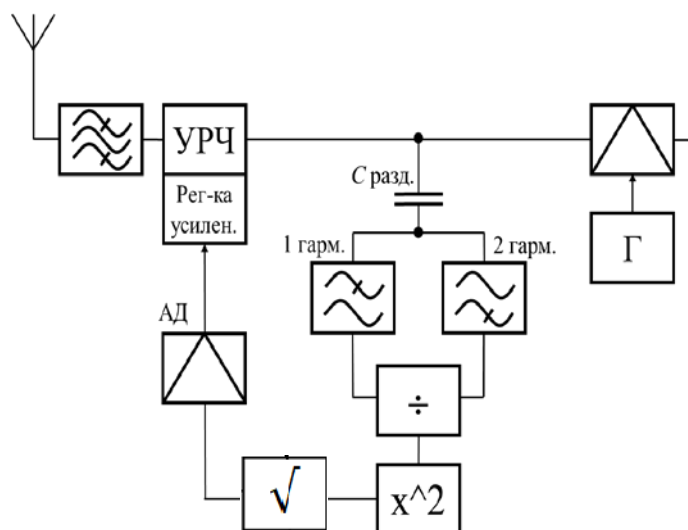


Рис. 4. Функциональная схема обнаружителя перегрузки УРЧ на основе приближённого вычисления коэффициента гармоник

К сожалению, сложность такой схемы остаётся высокой.

Добиться существенного упрощения «датчика перегрузки» оказывается возможным, совместив подходы, представленные на рис. 1, 3 и 4. Для этого можно опереться на оценивание огибающей амплитуд только совокупности высших гармоник усиленного УРЧ колебания (рис.5).

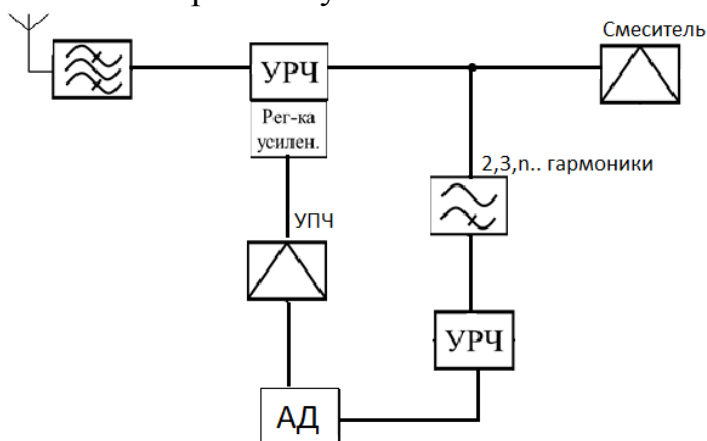


Рис. 5. Функциональная схема обнаружителя перегрузки УРЧ

В представленной схеме фильтром высоких частот выделяются высшие гармоники, они усиливаются дополнительным УРЧ, а затем огибающая выделяется при помощи АД. Такой «обнаружитель», во-первых, может обладать очень высоким входным сопротивлением и оказывать чрезвычайно слабое воздействие на мощность колебания на входе смесителя, во-вторых, он чувствителен исключительно к изменению спектрального состава выходного сигнала УРЧ, что позволяет очень адекватно отслеживать его перегрузку.

Таким образом очевидно, что система АРУ, построенная на основе предлагаемого способа в РПУ позволяет реагировать эффективнее обнаруживать и реагировать на перегрузку малосигнальных усилителей.

### **Литература**

1. Радиоприемные устройства: учебник / Ю.Н. Максимов, П.Ю. Меус, Д.П. Николаев, Д.Ф. Смирнов. – Л.: ВИККИ им. А.Ф. Можайского, 1991.
2. Евдокимов Ф.Е. Теоретические основы электротехники. – М.: Академия, 2004.

***Колычев Сергей Алексеевич***

*Заведующий отделением, Кирсановский авиационный технический колледж – филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации».*

### **ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИУС «ЭРЛАН» В ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ**

**Аннотация.** На сегодняшний момент техническая эксплуатация воздушных судов в России столкнулась серьезной проблемой – прекращением технической поддержки, а в некоторых случаях с запретом использования систем информационного обеспечения технической эксплуатации воздушных судов иностранных производителей. Замещение данных систем информационными системами отечественной разработки является одним из основных факторов повышения эффективности технической эксплуатации воздушных судов. В статье рассмотрены основные задачи, решаемые информационно-управляющей системой обеспечения технической эксплуатации ВС «Эрлан», описана архитектура, внутренние и внешние связи подсистем. Предложено использование данной ИУС в учебном процессе.

**Ключевые слова.** интегрированная логистическая поддержка, техническая эксплуатация ВС, информационно-управляющая система.

***Kolychev Sergey Alekseevich***

*Head of the Department, Kirsanov Aviation Technical College – branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation.*

### **ON THE USE OF THE INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM FOR ENSURING THE TECHNICAL OPERATION OF AIRCRAFT OF THE IUS «ERLAN» IN THE CADET TRAINING PROGRAM**

**Annotation:** At the moment, the technical operation of aircraft in Russia has faced a serious problem – the termination of technical support, and in some cases, the prohibition of the use of information support systems for the technical operation of aircraft of foreign manufacturers. The replacement of these systems with information systems of domestic development is one of the main factors in improving the efficiency of technical operation of aircraft. The article considers the main tasks solved by the information management system for ensuring the technical operation of the aircraft «Erlan», describes the architecture, internal and external communications of subsystems. The use of this IUS in the educational process is proposed.

**Keywords.** integrated logistics support, technical operation of aircraft, information management system.

Сегодня в условиях санкций с уходом или прекращением технической поддержки иностранных систем управления техническим обслуживанием и ремонтом, а также ресурсами, замещение отечественной системой является одним из факторов, определяющих не только показатели безопасности полетов, но и эффективности технической эксплуатации воздушных судов (ВС). Вопрос внедрения отечественной системы интегрированной логистической поддержки российской авиационной техники приобрел определяющее значение [1]. Среди отечественных информационных систем наибольшего внимания заслуживает система, разработанная НПП «Эрлан».

Информационная система обеспечения технической эксплуатации воздушных судов (ИУС «ЭРЛАН») является частью системы поддержки воздушных судов, представляющей собой комплекс организационно-технических мероприятий, а также средств информационной поддержки их технической эксплуатации.

ИУС «ЭРЛАН» имеет архитектуру клиент-сервер. Серверная часть системы построена на основе базы данных СУБД PostgreSQL, которая обеспечивает высокий уровень надежности и безопасности хранения информации, а также совместимость с различными программными платформами. Это упрощает взаимодействие с другими программными продуктами, используемыми эксплуатантами. Клиентская часть системы представляет собой комплекс Linux приложений, разработанных с использованием компонентов прямого доступа к базе данных, обеспечивающих высокую скорость работы приложений, в том числе в конфигурациях с удаленным доступом [2].

Информационная система обеспечения технической эксплуатации воздушных судов (ВС) предназначена для информационного сопровождения процессов технической эксплуатации ВС и решает следующие основные задачи:

- учет, анализ и контроль исправности воздушных судов;
- планирование годового и месячного налетов ВС;

планирование отхода ВС на ремонт и формирование заявки на проведение ремонтов;

формирование годового плана различных форм технического обслуживания (ТО);

корректировка годового плана форм ТО с предложением конкретных дат отхода ВС на ТО;

учет наработки основных изделий (ОИ) и агрегатов, установленных на ВС;

контроль ресурса и других критических параметров;

формирование объема работ на ТО конкретного ВС исходя из типовых и индивидуальных периодических работ; разовых указаний; выработки ресурса агрегатами; ранее выявленных, но оставленных до соответствующей формы отказов;

учет отказов и неисправностей основных и комплектующих изделий ВС, оценка уровня их надежности;

контроля ведения претензионной работы;

учет наличия и состояния агрегатов, находящихся на складе, а также контроль за их перемещением между структурными подразделениями;

формирование заявок на поставку запасных частей на основе прогноза.

ИУС «ЭРЛАН» состоит из 5 комплексов:

- комплекс учета технического состояния ВС и комплектующих изделий («Учёт»);

- комплекс управления техническим обслуживанием ВС («Управление ТО»);

- комплекс планирования использования парка ВС («Планирование»);

- комплекс регистрации отказов и неисправностей («Надежность»);

- комплекс управления запасами комплектующих изделий («Управление запасами»).

Указанные комплексы работают в единой информационной среде и, следовательно, обеспечивают распределение функций и ответственности между субъектами ИУС «ЭРЛАН».

Каждый комплекс, в свою очередь, состоит из функциональных подсистем. Перечень функциональных подсистем приведен в Таблице 1.

Таблица 1. Перечень функциональных подсистем ИУС «ЭРЛАН»

Комплекс	Перечень подсистем
«Учёт»	- Основные изделия (ОИ) - Настройка ОИ - Кодификатор ВС - Агрегаты на ОИ
«Управление техническим обслуживанием (ТО)»	- Подготовка ТО
«Планирование»	- Планирование - График состояния самолетов
«Надежность»	- Отказы авиационной техники

	- Претензия
«Управление запасами»	- Движение агрегатов и запчастей - Прогноз расхода агрегатов и запчастей
«Портал»	- Портал руководителя
«Сервис»	- Администратор - Модуль миграции данных - Модуль объектового доступа

Одним из преимуществ ИУС «ЭРЛАН» является принцип модульности, который позволяет осуществить поэтапное внедрение ИУС, обеспечивая планомерное наращивание её функционала.

Рассмотрим кратко назначение комплексов и функциональных подсистем.

Комплекс «Учет».

Комплекс предназначен для учета технического состояния основных изделий и установленных на них комплектующих изделий. Принцип учета технического состояния объектов основан на ведении формуляров основных изделий и паспортов комплектующих в электронном виде.

Программное обеспечение ИУС «ЭРЛАН» обеспечивает информационное сопровождение эксплуатации любого типа воздушного судна.

Подсистема «Настройка ОИ» является одним из инструментов применения системы к конкретному типу ВС и предназначена для настройки параметров учета основных изделий.

Подсистема «Основные изделия» предназначена для ввода и автоматизированной обработки данных по основным изделиям (планер, двигатель и ВСУ) и обобщенной информации по парку ВС.

Для согласованного функционирования подсистем ИУС «ЭРЛАН», связанных с учетом агрегатов и комплектующих изделий, устанавливаемых на воздушных судах («Агрегаты на ОИ», «Отказы авиационной техники», «Движение агрегатов и запчастей» и т.п.), необходимо формирование описания логической структуры объекта эксплуатации - воздушного судна как совокупности его составляющих частей – систем, подсистем и агрегатов. Для этого используется подсистема «Кодификатор ВС».

Подсистема «Агрегаты на ВС» предназначена для автоматизированного учета ресурсного состояния, местоположения, событий установки и съема и индивидуального обслуживания агрегатов, установленных на основных изделиях. Информация по учитываемым в подсистеме агрегатам ведется в виде «электронного паспорта агрегата» (рис. 1).

Рисунок 1. Электронный паспорт агрегата

Наименование	Широ	Заводской но.	Вид учета	Тип ресурса	Ресурс	Наработка	Остаток
Агрегат запалка	АПД-88-4		час	Назначеный	900	207,24	693
Блок предельных команд	БПК-88-3А	148827653К	час	Межремонтный	550		343
Вентилятор	330118300		час				
Датчик частоты вращения	ДЧВ-2500		час				
Термодатчик газовой камеры ГДК			час				
Коробка агрегатов	380600600	3854112	час	Назначеный	400	253,24	141
Фильтр	812-966-664	8831696	час	Межремонтный	200	150,24	50
Датчик частоты вращения	ДЧВ-2500		час				
Агрегат масляный	380701000	3854108	час	Назначеный	400	253,24	141
Выключатель сигнализатора	БС-11	861758	час	Межремонтный	200		59
Вак. масляный	6211Т.010	0340027	час	Назначеный	1500	200,24	1300
Насос топливонадклевывающий	ДНН-78	43803501479	час	Назначеный	550	251,24	299
Датчик частоты вращения	ДЧВ-2500		час	Назначеный	900	101,24	799
Радиатор топливо-масляный	4700Т	0841482	час	Межремонтный	600		499
Радиатор топливо-масляный	4700Т	0841507	час	Межремонтный	600		499
Агрегат запалка	ОС-224Б-СЕР	6384140003	час	Назначеный	2000	253,24	1741
Датчик температуры	П-77 ВАР-2	0553594	час	Назначеный	2000	253,24	1748
Датчик температуры	П-77 ВАР-2	0151743	час	Назначеный	2000	253,24	1748
Датчик	ДС-11Г	140114	час	Назначеный	1250	251,24	999
Датчик автоконтроля теплоото	ДАТ-2,5А	4409609	час	Гарантийный	550		
Датчик автоконтроля теплоото	ДАТ-2,5А	4409609	час	Гарантийный	2000		
Датчик автоконтроля теплоото	ДАТ-8	47302	час	Назначеный	2000	251,24	1749
Датчик автоконтроля теплоото	ДАТ-8	47302	час	Межремонтный	2000		1767
Датчик автоконтроля теплоото	ДАТ-8	47302	час	Гарантийный	2000		

### Комплекс «Управление ТО»

Подсистема «Управление ТО» предназначена для: подготовки задания по основным изделиям и агрегатам на форму технического обслуживания ВС; контроля готовности ВС к вылету после окончания формы технического обслуживания.

В качестве исходных данных для формирования задания на ТО подсистема использует информацию связанных подсистем.

### Комплекс «Планирование»

Комплекс «Планирование» предназначен для решения задач управления использованием парка ВС и состоит из следующих подсистем:

- «Планирование»;
- «График состояния самолетов».

Подсистема «Планирование ТО» предназначена для расчета месячных наработок ВС с учетом заданной наработки за год, графика отхода в ремонт, списания самолетов, а также для расчета графика выполнения различных форм ТО (рис. 2).

Рисунок 2 График выполнения различных форм ТО

Подсистема «График состояния самолетов» предназначена для отслеживания текущего состояния ВС.

Подсистема обеспечивает:

- учет изменений состояний ВС в парке;
- сбор и хранение информации по истории использования парка ВС;
- получение различного рода отчетов на основе хранимой в подсистеме информации.

### Комплекс «Отказы авиационной техники»

Комплекс учета отказов предназначен для регистрации отказов и неисправностей, статистической обработки информации и ее анализа. В комплекс входят следующие подсистемы:

- «Отказы авиационной техники»;
- «Претензия».

Подсистема «Отказы авиационной техники» предназначена для:

- регистрации отказов и неисправностей (далее - отказов) воздушных судов;
- просмотра зарегистрированных отказов;
- выбора зарегистрированных отказов по условию;
- расчета статистических показателей надежности;
- печати выходных табличных форм различной конфигурации.

Карточка учета неисправности (КУН) является основным информативным документом, содержащим первичные данные о надежности

эксплуатируемых воздушных судов. Она представляет собой упорядоченную совокупность заполняемых по определенным правилам реквизитов.

В подсистеме реализованы следующие основные режимы:  
ввод, редактирование и просмотр информации по отказам;  
расчет статистических показателей надежности.

Подсистема «Претензия» предназначена для информационной поддержки претензионно - рекламационной работы.

Подсистема обеспечивает решение следующих задач:

- регистрацию претензионных карточек, как с привязкой к КУН, так и без привязки;
- регистрацию рекламационных актов;
- просмотр зарегистрированных претензионных карточек и рекламационных актов;
- отбор зарегистрированных претензионных карточек и рекламационных актов по произвольному условию;
- контроль событий связанных с принятием мер по конкретным претензионным карточкам;
- печать выходных табличных форм различной конфигурации и в том числе рекламационных актов.

Комплекс «Управление запасами»

Комплекс предназначен для автоматизации процессов учета наличия, состояния, движения агрегатов, запасных частей и расходных материалов и поддержания их необходимого запаса.

Программное обеспечение комплекса учитывает особенности формализации паспортизируемых и не паспортизируемых комплектующих изделия, запчастей и расходных материалов.

Подсистема «Движение агрегатов и запчастей» предназначена для:

учета наличия и состояния агрегатов и запчастей на складах различного уровня;

упорядочения движения агрегатов и запчастей, выдаваемых по единому требованию;

контроля сроков хранения, переконсервации и проверки агрегатов;

формирование комплектов агрегатов на определенные формы ТО.

Подсистема «Прогноз расхода агрегатов и запчастей» предназначена для формирования долгосрочных прогнозов потребности в запасных частях.

Подсистема является интегральной и использует информацию, накопленную в других подсистемах ИУС «ЭРЛАН», в том числе «Планирование», «Агрегаты на ОИ», «Движение агрегатов и запчастей», «Отказы авиационной техники».

Формирование прогнозов проводится на основе моделей, описывающих ряд случайных процессов, проистекающих при эксплуатации ВС.

Подсистема «Портал руководителя»



Подсистема «Портал Руководителя» предназначена для представления руководящему составу обобщенной информации об эксплуатации и техническом состоянии ВС в удобном для восприятия и принятия решения виде (таблицы, графики, диаграммы и т.п.). Подсистема включает в себя следующие разделы:

- раздел «Активный парк»;
- раздел «Использование парка ВС»;
- раздел «Надежность»;
- раздел «Критические остатки»;
- раздел «Аналитика».

Комплекс «Сервис».

Комплекс включает в себя следующие подсистемы:

- администратор;
- модуль миграции данных;
- модуль объектового доступа.

Подсистема «Администратор» решает задачи администрирования работы в ИУС «ЭРЛАН».

Программный модуль «Модуль миграции данных» предназначен для передачи информации по выбранным самолётам и (или) подразделениям между базами данных (БД).

Программный модуль объектового доступа предназначен для разграничения прав пользователей по использованию информации ИУС «ЭРЛАН».

Итоги внедрения системы «ЭРЛАН» в процесс технической эксплуатации предприятий-эксплуатантов показали, что обеспечивается [3]:

- постоянный мониторинг технического состояния и комплектации ВС;
- мониторинг использования ВС в режиме реального времени (налет, простой и т.п.);
- планирование и управление техническим обслуживанием ВС;
- формирование рациональной структуры запасов запчастей на основе контроля их наличия и прогноза использования;
- контроль надежности авиационной техники;
- снижение затрат на эксплуатацию, сокращение простоя из-за технического состояния ВС и т.п.

Учитывая итоги внедрения ИУС в эксплуатацию, а также значительное количество пользователей данной системой в гражданской авиации России (более 280 предприятий-эксплуатантов), назрела необходимость изучения системы «ЭРЛАН» в учебных заведениях ГА.

Реализовать изучение можно путем включения в профессиональные дисциплины как-то «Техническая эксплуатация ВС», «Организация и сопровождение работ по технической эксплуатации», а также в программу учебной практики.

Это позволит:

- повысить заинтересованность курсантов при проведении занятий;
- закрепить позитивное отношение курсантов к выбранной профессии;

- сформировать умения и навыки для работы в современных условиях технической эксплуатации ВС;
- улучшить профессиональное и личностное развитие курсантов;
- получить навыки использования прогрессивных технологий в профессиональной деятельности;
- совершенствовать практико-ориентированную подготовку курсантов.

### **Литература**

1. Гольц Э.Л. Информационные системы интегрированной логистической поддержки эксплуатации авиационной техники// Известия Самарского научного центра Российской академии наук, т. 14, №4(2), 2012.
2. О системе «Эрлан». Научно-производственное предприятие «Эрлан» [Электронный ресурс], – Режим доступа: <http://www.airlan.ru/products1/history1.php>.
3. Современные технологии позволяют авиакомпаниям снизить эксплуатационные издержки [Электронный ресурс],-Режим доступа: <https://www.aviaport.ru/digest/2010/01/13/188461.html>

#### ***Половинчук Николай Яковлевич***

*Профессор кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н., профессор.*

#### ***Хорольский Евгений Михайлович***

*Доцент кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н., доцент.*

## **ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАНЕВРИРУЮЩИМ В АТМОСФЕРЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

**Аннотация.** Одной из значительных проблем, возникающих при разработке системы управления высокоскоростного летательного аппарата (ВСЛА), является проблема синтеза оптимального управления при его маневрировании в плотных слоях атмосферы. Высокий порядок динамических уравнений пространственного движения таких ЛА, изменение в широком диапазоне его динамических характеристик, сложность взаимосвязей контуров управления в значительной степени затрудняют решение этой задачи в общем виде.

В работе рассматриваются некоторые аспекты решения задачи синтеза алгоритмов оптимального управления траекторией маневра ВСЛА.

**Ключевые слова.** система управления, летательный аппарат, траектория, навигационная система.

*Polovinchuk Nikolay Yakovlevich*

*Ph.D. Professor. Professor of the Department of Aviation Electrical Systems and Pilotage and Navigation Systems*

*Khorolsky Evgeny Mikhailovich*

*Associate Professor of the Department,*

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation*

## **OPTIMAL CONTROL OF A HIGH-SPEED AIRCRAFT MANEUVERING IN THE ATMOSPHERE**

**Abstract.** One of the significant problems that arise in the development of a control system for a high-speed aircraft (HPLA) is the problem of synthesizing optimal control when maneuvering in dense layers of the atmosphere. The high order of the dynamic equations of spatial motion of such aircraft, the change in a wide range of its dynamic characteristics, the complexity of the interconnections of control circuits greatly complicate the solution of this problem in general.

The paper considers some aspects of solving the problem of synthesizing algorithms for optimal control of the maneuver trajectory in the air.

**Keywords.** control system, aircraft, trajectory, navigation system.

Различают два вида маневров в атмосфере: маневр при посадке на поверхность Земли и маневр по изменению плоскости траектории.

Система управления траекторией маневрирующего ВСЛА должна быть автономной, поскольку радиосвязь с аппаратом при полете в атмосфере затруднена из-за возникновения слоя ионизированных газов. Вследствие значительной продолжительности полета ВСЛА в атмосфере (в сравнении с полетом летательных аппаратов по траектории баллистического спуска) и высоких требований к обеспечению терминальных значений параметров маневра для ВСЛА особенно важной является задача учета влияния возмущений на различных участках.

При синтезе алгоритмов оптимального управления траекторией пространственного маневра задачу оптимизации целесообразно рассматривать в стохастической постановке, поскольку на коротких участках траекторий стохастические модели внешних возмущений можно полагать известными достаточно точно. В этом случае пространственное движение ЛА в атмосфере можно описать нелинейным стохастическим дифференциальным уравнением следующего вида

$$\dot{x} = f(x, u, t) + G[x, t] \xi, \quad (1)$$

где  $x$  –  $n$ -мерный вектор состояния;  $u$  –  $r$ -мерный вектор управления, принадлежащей замкнутой области  $U$ ;  $\xi$  –  $p$ -мерный вектор возмущений;  $G[x,t]$  – матрица (размеров  $n \times p$ ) коэффициентов шумов;  $f(x, u, t)$  – Нелинейная вектор-функция правых частей дифференциальных уравнений  $x_i(t) = f_i(x_i, u_j, t)$  ( $i = 1, \dots, n; j = 1 \dots, r$ );  $t$  – независимая переменная.

В качестве возмущающих действий будем учитывать начальные ошибки входа ВСЛА в атмосферу, атмосферные возмущения: случайные флуктуации плотности атмосферы  $\Delta\rho(h)$  и горизонтальные порывы ветра, которые полагаются некоррелированными. Кроме этого, будем учитывать разброс аэродинамических, геометрических и конструктивных характеристик ВСЛА с помощью функций  $\Delta\sigma_x(t), \Delta K(t)$ , где  $\sigma_x = C_x S/m$  – баллистический параметр;  $K_a = C_y/C_x$  – аэродинамическое качество;  $C_y, C_x$  – коэффициенты аэродинамической подъемной силы и силы сопротивления соответственно. Тогда расширенный вектор состояния будет иметь вид

$$x^T = \|\|V \theta \psi_c h \rho W \sigma_x K \|\|,$$

где  $V$  – относительная скорость ГЛА;  $\theta$  – угол наклона траектории,  $\psi_c$  – угол курса;  $h$  – высота;  $\rho$  – плотность атмосферы;  $W$  – скорость горизонтальной составляющей ветра.

Будем считать, что вектор возмущений (белых шумов)  $\xi^T = \|\|0 \ 0 \ 0 \ 0 \ \xi_\rho \ \xi_W \ 0 \ 0 \ \|\|$  имеет следующие стохастические характеристики:

$$M[\xi(t)] = 0 \quad M[\xi(t)\xi^T(\tau)] = N_\xi \delta(t - \tau),$$

где  $N_\xi$  – интенсивность белого шума.

Для учета возмущений используем метод формирующих фильтров. Отклонения  $\sigma_x$  и  $K$  от расчётных значений описываются формальными уравнениями формирующих фильтров [1]

$$\frac{d\Delta\sigma_x}{dt} = \frac{d\Delta K}{dt} = 0$$

Поступающая на вход системы непрерывно или дискретно стохастическая информация о текущем состоянии ВСЛА определяется вектором обратной связи (вектор наблюдений),

$$z = h(x, t) + \varepsilon(t), \tag{2}$$

где  $h(x, t)$  – нелинейная вектор-функция соотношений для измеряемых составляющих вектора кажущегося ускорения (размера  $l$ );  $\xi^T = \|\|\xi_{a_x} \ \xi_{a_y} \ \xi_{a_z} \ \|\|$  – вектор случайных ошибок измерения.

Вектор  $\xi(t)$  имеет стохастические характеристики

$$M[\varepsilon(t)] = 0, \quad M[\xi(t)\varepsilon^T(\tau)] = N_\varepsilon \delta(t - \tau),$$

где  $N_\varepsilon$  – интенсивность белого шума в измерениях.

полагается, что

$$M[\xi(t)\varepsilon(\tau)] = 0,$$

В рассматриваемой задаче маневра необходимо на основе априорных данных и измерений случайного вектора  $z(t)$  определить вектор управления  $u \in U$ , минимизирующий средний риск, определяемый соотношением

$$S = M \left[ \int_{t_0}^{t_k} \tilde{\omega}(x(t_k)) dt \right]$$

и обеспечивающий выполнение заданных конечных условий

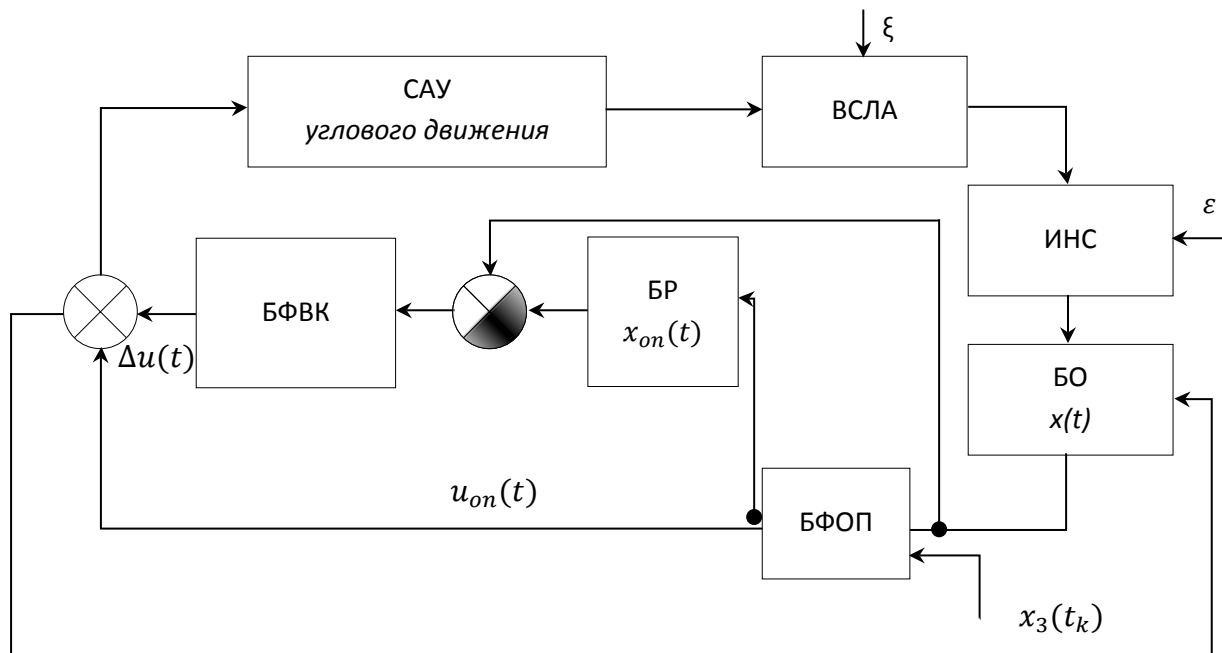


Рис. 1. Структурная схема оптимальной системы управления ВСЛА

САУ – система автоматического управления; ИНС – инерциальная навигационная система; БО – блок оценки вектора  $X(t)$ ; БФОП – блок формирования оптимальной программы; БР – блок расчета вектора  $x_{оп}(t)$ ; БФВК – блок формирования вектора коррекции

$$\Omega(x(t_k), t_k) = 0,$$

где  $\tilde{\omega}$  - заданная неотрицательная функция потерь, соответствующая окончанию маневра;  $M$  – символ операции математического ожидания;  $t_0, t_k$  – моменты начала и окончания маневра.

Решаемая задача относится к типу задач терминального оптимального стохастического управления конечным состоянием нелинейного объекта. Для синтеза практически реализуемых на БЦВМ алгоритмов управления целесообразно использовать принцип стохастической эквивалентности [2]. В этом случае структура оптимальной стохастической системы управления ЛА будет содержать последовательно соединенные: блок оптимальной стохастической обработки информации  $\hat{x}(t)$ , блок формирования детерминированной оптимальной программы и блок управления  $u_{оп}(t)$ . Поскольку в модель движения ВСЛА не включены различные возмущения, то необходимо ввести вектор коррекции детерминированной оптимальной программы управления  $u_{оп}(t)$ . Тогда формируемое управление  $u(t)$  будет определяться в следующем виде

$$u(t) = u_{оп}(x(t_0), x_3(t_k)) + \Delta u(\hat{x}(t) - x_{оп}(t)),$$

где  $x_3(t_k)$  – заданный вектор состояния в конечной точке;  
 $\hat{x}(t)$  - оценка вектора состояния.

С учетом этого структурная схема оптимальной системы управления будет иметь вид, представленный на рис. 1

Характер управления (1) свидетельствует о существенной нелинейности модели системы. Поэтому использование линейризованных относительно опорного режима управления движением ВСЛА при оптимальной обработке информации оказывается неприемлемым вследствие слабой сходимости оценок [1].

В этом случае в качестве блока оптимальной оценки целесообразно использовать расширенный фильтр Калмана [8] с линеаризацией уравнений (1) и (2) относительно оценки на предыдущем шаге [8]. Алгоритмы оптимального фильтра определяются соотношениями

$$\begin{aligned} \frac{d\hat{x}}{dt} &= f(\hat{x}(t), t) + P(t) \frac{\partial h^T(\hat{x}(t), t)}{\partial \hat{x}(t)} N_\varepsilon^{-1} (z(t) - h(\hat{x}(t), t)), \\ \frac{dP}{dt} &= \frac{\partial f(\hat{x}(t), t)}{\partial \hat{x}(t)} P(t) + \frac{\partial f^T(\hat{x}(t), t)}{\partial \hat{x}(t)} + G(\hat{x}(t), t) N_\xi(t) \times \\ &\quad \times G^T(\hat{x}(t), t) - P(t) \frac{\partial h^T(\hat{x}(t), t)}{\partial \hat{x}(t)} N_\varepsilon^{-1} \frac{\partial h(\hat{x}(t), t)}{\partial \hat{x}(t)}, \end{aligned}$$

где  $P$  – ковариационная матрица оценки.

При решении задачи оптимизации программы управления перейдем в системе (1) к другой независимой переменной – углу  $\theta$ . В этом случае понижается порядок системы (1) и появляется возможность решения задачи в конечном виде при малых значениях угла  $\theta$ .

Анализ возможных траекторий маневра ВСЛА показал, что фазовые координаты  $x_i(\theta)$  непрерывны и однозначно определяемые практически на всем интервале  $[\theta_{вх}, \theta_k]$ , за исключением небольшого начального участка траектории маневра.

В качестве оптимизирующего функционала будем принимать соотношение

$$J(x, u, \theta) = V_k - V_{вх}.$$

Аппроксимируя поляру ВСЛА выражением

$$c_x = c_{x_6} + B c_y^n \text{ при } c_y = A\alpha, n > 1$$

и используя упрощенную модель движения ВСЛА, получим с помощью принципа максимума Понтрягина соотношение для определения ориентации вектора управления углы атаки и крена:

$$\begin{aligned} \alpha &= \frac{c_y^* h}{A} \sqrt{1 - \frac{c_h}{(h-1)} \sin\theta}, \\ \gamma_c &= \arcsin(-c_\psi / n (A_\alpha / c_y^*)^{h-1} \cos\theta), \end{aligned} \quad (3)$$

где  $c_h, c_\psi$  – постоянные коэффициенты, определяемые начальными и конечными условиями маневра.

С целью коррекции управления  $U_{оп}(t)$  был проведен с использованием соотношений (3) расчет траекторий оптимального маневра гипотетического ВСЛА для различных условий 1 -  $\theta_{вх} = -1^\circ$  и 2 -  $\theta_{вх} = -4^\circ$  входа ЛА в атмосферу (рис.2).

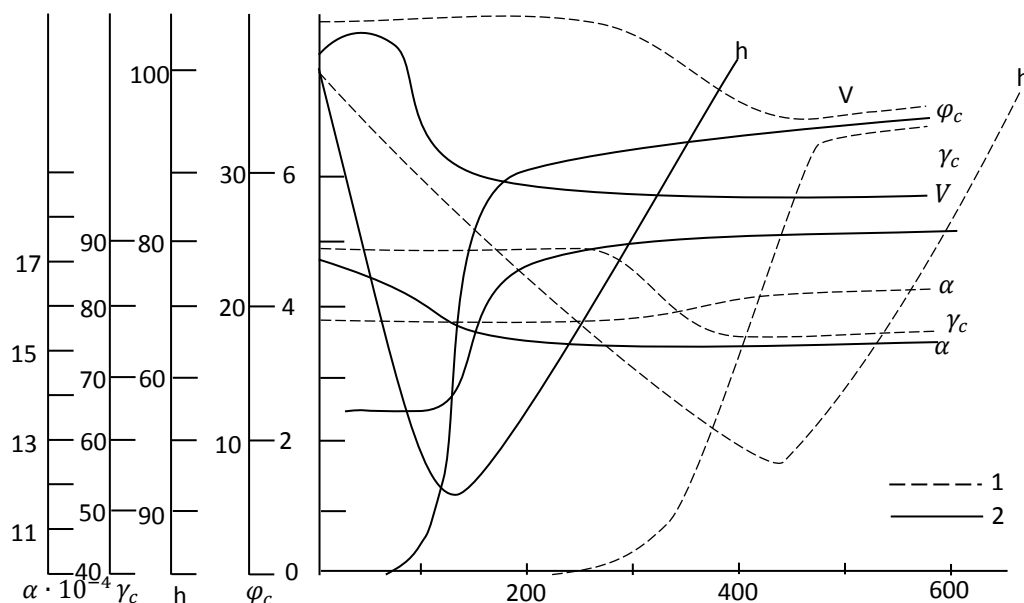


Рис. 2. Графики изменения параметров на траектории оптимального маневра ВСЛА

Параметры траекторий показывают, что в пределах упрощенной модели заданные конечные условия выполняются с требуемой точностью.

С целью анализа точности оптимальной обработки информации о параметрах траектории ЛА с помощью фильтра Калмана [8], был проведен расчет дисперсий ошибок оценки координат расширенного вектора состояния. Расчеты показали, что при принятых значениях разброса условий входа ЛА, заданных ошибок измерения вектора состояния  $z$  и такта решения задачи навигации, т.е. интервала дискретности поступления информации в БЦВМ  $\Delta = 0,02$  с, начиная с некоторого момента, ошибки оценки координат расширенного вектора состояния становятся достаточно малыми.

Требуемое быстродействие БЦВМ, при решении задачи оптимальной фильтрации, должно составлять не менее 200 000 тыс. операций в секунду.

Возмущенное движение ЛА относительно номинальной траектории, определяемой алгоритмами (3), при малых отклонениях описывается линейным дифференциальным уравнением

$$\frac{d\Delta x(t)}{dt} = A(t)\Delta x(t) + B(t)\Delta u(t),$$

где  $A(t) = \partial f / \partial x$  и  $B(t) = \partial f / \partial u$  – матрицы размеров  $n \times n$  и  $l \times r$ , вычисляемые при  $x(t) = x_{оп}$ ,  $u(t) = u_{оп}(t)$ .

В связи с этим синтез алгоритмов коррекции программы управления  $u_{оп}(t)$  проводится с использованием результатов теории оптимального управления линейными системами с квадратичным критерием общего вида:

$$J = \frac{1}{2} \Delta x^T(t_k) C(t) \Delta x(t_k) + \frac{1}{2} \int_{t_0}^{t_k} (\Delta \hat{x}(t) D(t) \Delta x(t) + \Delta u^T(t) M(t) \Delta u(t)) dt,$$

где  $C(t)$ ,  $D(t)$ ,  $M(t)$  – матрицы соответствующих размеров.

Результаты моделирования управляемых траекторий маневра показали, что система управления обеспечивает выполнение конечных условий с заданной точностью и компенсирует влияние действующих возмущений.

В связи с тем, что длительность маневра ВСЛА при спуске весьма значительна, может наблюдаться расхожимость фильтра. Поэтому целесообразным является адаптивный подход к синтезу алгоритмов управления траекторией полета ВСЛА. В этом случае один из возможных подходов к синтезу оптимального управления ЛА может основываться на использовании принципа максимального гарантированного результата [2]. Тогда процесс управления будет рассматриваться при наиболее неблагоприятных условиях, которые могут иметь место в соответствии с располагаемой информацией. В работе [2] показано, что последовательное применение гарантированного результата задачи синтеза оптимального управления ЛА в неопределенных условиях требует перехода от обычных задач оптимизации к задачам двусторонней оптимизации, рассматриваемым в теории дифференциальных игр.

Полагая, что стохастические характеристики таких возмущений, как случайный разброс плотности атмосферы относительно номинальных значений, изменение конструктивных характеристик ВСЛА, неизвестны, целесообразно записать уравнение движения ВСЛА в следующем виде:

$$\dot{x} = f(x, u, v, t), \quad (4)$$

где  $v$  – противодействующие факторы управления, и решать задачу методами дифференциальных игр.

С учетом противодействующего управления, когда в качестве функции платы выбирается функционал, характеризующий точность приведения ВСЛА в заданный район и величин управляемых перегрузок:

$$J = 0,5 \left( \int_{t_0}^{t_k} \lambda_1 n^2 dt + \lambda_3^2 (v_k - v_k(t_k))^2 + \lambda_4 (\theta_k - \theta_k(t_k))^2 + \right. \\ \left. + \lambda_5 (h_k - \theta h_k(t_k))^2 + \lambda_6 (L_{\text{пр}} - L_{\text{пр}}(t_k))^2 + \lambda_7 (L_{\text{б}} - L_{\text{б}}(t_k))^2 \right),$$

где  $\lambda_1 - \lambda_7$  – постоянные,  $L_{\text{пр}}, L_{\text{б}}$  – продольная и боковая дальности, оптимальные управляющие воздействия определяются в следующем виде:

$$u_i = f(x_i, V_{x_i}), \quad v_j = f(\bar{v}_j, x_i, V_{x_i}). \quad (5)$$

Здесь  $V_{x_i}$  – частные производные цены игры по координате  $x_i$ ,  $\bar{v}_j$  – предельные значения противодействующего управления  $V_{x_i}$  определяется уравнением

$$V_{x_i} = - \sum_0 V_{x_j} \frac{\partial f(x, u^*, v^*)}{\partial x_i}. \quad (6)$$

Для определения значений управляющих воздействий необходимо определять значение  $V_{x_i}$  в текущий момент времени, что требует решения



краевой задачи. Поскольку точное решение краевой задачи с помощью БЦВМ выдвигает очень высокие требования к быстродействию, целесообразно строить алгоритмы управления, не требующие решения, близкие к оптимальному.

Для получения субоптимального управления будем использовать гиперповерхность граничных условий  $S=(s_1, \dots, s_{n-1})$ :

$$\begin{aligned} V &= s_1, \quad \theta = s_2, \quad \psi = s_3, \quad h = h_k + \partial \cos s_4, \\ L_{\text{пр}} &= L_{\text{пр}k} - \partial \cos s_5 \sin s_4, \quad L_{\text{Б}} = L_{\text{Б}k} - \sin s_5 \sin s_4, \end{aligned} \quad (7)$$

т.е. процесс управления заканчивается, когда конечные параметры ЛА в фазовом пространстве  $x^T = ||V, \theta, \dots, L_{\text{Б}}||$  соответствуют поверхности радиуса  $\delta$  центром в точке с координатами  $h_k, L_{\text{пр}k}, L_{\text{Б}k}$ . С учетом принятия условий (7) в качестве начальных, получим приближенное решение уравнений в обратном времени  $\tau$  и с его использованием определим субоптимальное управление.

В качестве одного из возможных вариантов построения субоптимальных алгоритмов управления ВСЛА рассматривался случай, когда при условии некоторых допущений ( $\theta$  мало, а изменение аэродинамической силы  $\Delta R = \Delta R(\rho)$  определяется только изменением плотности атмосферы  $\Delta \rho$ ) решение системы уравнений (4) и (6) заменялось приближенными значениями, полученными с использованием метода Пикара:

$$\begin{aligned} V &= s_1 + A_1 \tau, \\ \theta &= s_2 + \frac{g_2 \lambda_4 (s_2 - \theta_k)}{A_1 s_1} - \frac{g_2 \lambda_4 (s_2 - \theta_k)}{A_1 (s_1 + A_1 \tau)} + \frac{g}{A_1} \ln \left( \frac{s_1 + A_1 \tau}{s_1} \right) + \\ &\quad + \frac{g_2 A_9}{A_1^2} \left( \frac{s_1}{s_1 + A_1 \tau} + \ln \frac{s_1 + A_1 \tau}{s_1} - 1 \right) - \frac{s_1}{R} \tau - \frac{A_1}{2R} \tau^2, \\ \psi &= s_3 + \frac{g_2 A_{10}}{A_1^2} \left( \frac{s_1}{s_1 + A_1 \tau} + \ln \frac{s_1 + A_1 \tau}{s_1} - 1 \right), \end{aligned} \quad (8)$$

$$h = h_k + \partial \cos s_4 - s_1 s_2 \tau - (s_2 A_1 + s_1 A_2) \frac{\tau^2}{2} - \frac{A_1 A_2}{s_1} \tau^3,$$

$$L_{\text{пр}} = L_{\text{пр}k} - \delta \cos s_3 \sin s_4 - s_1 \tau \cos s_3 - 1/2 A_1 \tau^2 \cos s_3,$$

$$L_{\text{Б}} = L_{\text{Б}k} - \delta \sin s_3 \sin s_4 - s_1 \tau \sin s_3 - 1/2 A_1 \tau^2 \sin s_3,$$

где  $A_i = A_i(s_1, \dots, s_{n-1}, \tau)$  определяются порядком приближения уравнений;  $g_1, g_2$  – постоянные.

На основе решения на борту ЛА навигационной задачи и, следовательно, вычисления текущих координат ЛА ( $h, \theta, L_{\text{пр}}, L_{\text{Б}}, V$ ), то с использованием БЦВМ рассчитываются значения  $s_i = s_i(V, \theta, \dots, L_{\text{Б}})$ , соответствующие данной точке траектории, и уточняются значения  $V_{x_i}$ , при которых обеспечиваются выход ЛА в заданный район приземления. Для решения этой задачи можно использовать численные методы решения

системы нелинейных алгебраических уравнений, так как реализация их с помощью БЦВМ не представляет трудностей.

В работе для решения системы уравнений (8) относительно  $s_i$  использовался итерационный метод Ньютона. В качестве первого приближения  $s_i$  принимались средние значения параметра, определяемые из допустимой области. Алгоритм уточнения значений  $s_i$  обычно составляет не более 2-3 итераций.

Таким образом, решение краевой задачи заменяется решением системы нелинейных алгебраических уравнений. После вычисления  $s_i$  и  $\tau$  определяются значения производных цены игры в текущей точке траектории:

$$V_{x_1} = \lambda_3(s_1 - V_k) + \left(\frac{2\lambda_4(s_2 - \theta_k)}{R}\right) - g s_2 \lambda_3(s_1 - V_k)/s_1 \tau,$$

$$V_{x_2} = \lambda_3(s_2 - \theta_k) - \tau(g\lambda_3(s_1 - V_k) + s_1 A(s) \operatorname{ctg} s_4 / \cos s_5),$$

$$V_{x_3} = \tau A(s) s_1 (t g s_5 \cos s_3 - \sin s_3),$$

$$\text{где } A = \frac{g\lambda_3(s_1 - V_k)s_2 + g\lambda_4(s_2 - \theta_k)(1 - s_1^2/gR)s_1}{s_1(s_2 \operatorname{ctg} \frac{s_4}{\cos s_5} - \cos s_3 - t g s_5 \sin s_3)},$$

и на основании отношений (5) вычисляются величины оптимальных управляющих воздействий.

Оценка полученных субоптимальных алгоритмов показала, что при длительности маневра  $t \leq 300 \div 500$  с значение функции платы превышает значение, полученное для оптимального управления, не более чем на 12%.

Результаты, полученные при моделировании управляемого движения ВСЛА, показали, что при самой невыгодной для ВСЛА ситуации дает ухудшение значения критерия оптимальности по сравнению со значением, полученным обычными методами оптимизации, и позволяет гарантировать полученный результат при любом воздействии противодействующего управления.

Применение методов стохастической оптимизации и дифференциальных игр к задаче управления маневром ВСЛА в атмосфере позволяет синтезировать субоптимальные алгоритмы автономного управления, обеспечивающую малую чувствительность к разбросу начальных условий от расчетных значений, к изменению параметров ЛА и действию возмущений, характерных для этого участка полета: отклонения параметров атмосферы и аэродинамических характеристик аппарата.

Алгоритмы синтезированного управления обеспечивают выполнение заданных конечных условий маневра с требуемой точностью и затруднений не вызывают при реализации на современных БЦВМ [2,7].

### Литература

1. Андреевский В.В. Динамика спуска в атмосфере. – М.: Машиностроение, 1970г.

2. Половинчук Н.Я, Ардашов А.А. Проектирование систем управления ракет-носителей и межконтинентальных баллистических ракет. – РВИ РВ, 2011. - 316 с.

3. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф., Сихарулидзе Ю.Г. Алгоритмы управления космическими аппаратами при входе в атмосферу. - М.: Наука, 1985. - 400с.

4. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полетом. - М.: Наука, 1987. - 232 с.

5. Ваньков А.И. Использование прогнозирующего математического моделирования для управления ориентацией космического аппарата в условиях неопределенности его параметров // Матем. моделирование. - 1989. - Т.1, № 9. - С. 121

6. Половинчук Н.Я. Терминальное наведение баллистических летательных аппаратов.- РВИ РВ 2001.- 246 с.

7. Половинчук Н.Я., Щербань И.В. Методы и алгоритмы терминального управления летательными аппаратами, МО РФ, 2004, 290с.

8. Половинчук Н.Я., Половинчук В.Н., Чирков В.К., Животиков В.В. Программа алгоритма обработки навигационной информации с помощью фильтра Калмана-Бьюси для системы наведения летательного аппарата. Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ от 09.10.2018г., №2018662476.

### ***Шамина Ольга Алексеевна***

*Старший преподаватель кафедры менеджмента массовых коммуникаций,  
Института Высшая школа журналистики и массовых коммуникаций,  
Санкт-Петербургский государственный университет, к.э.н.*

## **ОСОБЕННОСТИ БОРТОВОГО ЖУРНАЛА КАК ВИДА СМИ**

**Аннотация.** в статье перечислены основные виды популярных печатных изданий по критерию тематической направленности, рассматривается вопрос об отнесении бортовых журналов к тому или иному виду печатных СМИ, делается вывод о том, что бортовые журналы однозначно отнести к тому или иному виду тематических печатных СМИ не представляется возможным, они содержат в себе характеристики как корпоративных СМИ, так и СМИ об увлечениях и хобби или досуговых изданий.

**Ключевые слова.** бортовой журнал, инфлайт-журнал, СМИ

***Shamina Olga Alekseevna***

## **FEATURES OF THE LOGBOOK AS A TYPE OF MEDIA**

**Abstract.** the article lists the main types of popular print media according to the criterion of thematic orientation, considers the issue of attributing on-board magazines to one or another type of print media, concludes that it is not possible to unambiguously attribute on-board magazines to one or another type of thematic print media, they contain characteristics of corporate media, so is the media about hobbies and hobbies or leisure publications.

**Keywords.** on-board magazine, inflight magazine, mass media

Актуальность темы обуславливается тем, что бортовые журналы, являясь печатными медиа, смогли сохранить самоокупаемость за счет продажи полос для размещения рекламы, поэтому более детальное их изучение в дальнейшем позволит обогатить научно-практические основы управления средствами массовой информацией (СМИ).

На данный момент в научной литературе отсутствует общепринятый термин, определяющий журналы, распространяемые на борту самолета. В общемировой практике их называют «inflight-журналом» (от английского inflight magazine – буквально «журнал в полете»). В России чаще всего имеют место два синонимичных термина: «инфлайт-журнал» или «бортовой журнал». Последний используется и в самих медиа данного типа, например, на обложке журнала «Аэрофлот», а также в официальных документах государственных органов, например в отраслевом докладе «Российская периодическая печать. Состояние, тенденции и перспективы развития» ныне упраздненного Федерального агентства по печати и массовым коммуникациям. Стоит также отметить, что в статье 34 Конвенции о международной гражданской авиации, принятой в Чикаго 7 декабря 1944 г., указано, что бортовой журнал предназначен для фиксирования сведений о характеристиках воздушного судна, его экипаже и данных о каждом полете.[4] В данной статье мы будем использовать словосочетание «бортовой журнал», под которым мы понимаем средство массовой информации, распространяемое на борту самолета.

Существует достаточное количество классификаций печатных СМИ по различным критериям. Одной из самых общих и базовых является классификация, предложенная Е.В.Мурюкиной [6], она различает следующие основные виды популярных печатных изданий по критерию тематической направленности:

1. Социально-политическая пресса
2. Экономическая пресса
3. Гендерные издания

4. Издания о кинематографе и ТВ
5. Литературно-художественные издания
6. Профессиональные издания
7. Детско-юношеская самодеятельная пресса
8. Издания, ориентированные на детскую аудиторию
9. Корпоративные издания
10. Издания об увлечениях и хобби или досуговые
11. Издания о здоровье и питании
12. Конфессиональные издания
13. Желтая пресса

Исходя из приведенной выше классификации бортовые журналы могут быть отнесены как к корпоративным изданиям, так и к изданиям об увлечениях и хобби или досуговым. Рассмотрим более подробно этот вопрос.

Относительно проблемы отнесения бортовых журналов к тому или иному типу СМИ также имеют место разногласия, ведь эти медиа содержат в себе элементы как корпоративных, так и досуговых СМИ. Проанализируем бортовые журналы на предмет отнесения их к корпоративным СМИ.[7] Во-первых, учредителями корпоративных СМИ являются, как правило, компании или организации, для которых издательский вид деятельности не является профильным (банки, заводы, и так далее), при этом создаваться данные СМИ могут издательствами, в том числе специализированными. По данному признаку бортовые журналы являются, конечно, корпоративными. Во-вторых, корпоративные СМИ являются инструментами управления, они выражают и защищают интересы конкретных компаний-учредителей, а не общества в целом или отдельных больших социальных групп. Как правило, такие медиа в дизайне используют логотип компании-учредителя, фирменные цвета, обращение генерального директора, а не главного редактора. Так как это инструмент управления, то он используется в отношении, прежде всего, сотрудников данной компании в части формирования положительного имиджа, сплочения коллектива, разъяснения политики руководства, освещения достижений как компании в целом, так и отдельных сотрудников, и так далее - всё это из области интегрированных корпоративных коммуникаций, а не из журналистики. Бортовые СМИ по данному признаку только отчасти относятся к корпоративным, они демонстрируют свою ангажированность, но задачи, решаемые ими, всё же больше относятся к области журналистики. В-третьих, корпоративные СМИ, как правило, существуют вне рыночной конкуренции и их монетизация необязательна. В то время как учредители бортовых журналов стремятся окупить затраты на них путем продажи рекламного места. Наконец, корпоративные СМИ относятся не к универсальным (для всех обо всем), а к специализированным СМИ. Специализация чаще всего происходит по аудитории и по тематике. В то время как у бортовых СМИ очень разнообразная аудитория и по стилю жизни, и по интересам и так далее и они стремятся быть в этом смысле универсальными. Исходя из результатов анализа мы видим, что бортовые журналы имеют черты корпоративных

СМИ, но полностью отнести их к корпоративным медиа не представляется возможным.

Издания об увлечениях и хобби или досуговые являются развлекательными, они помогают приятно и занимательно провести время. Характерной их чертой является также наличие большого количества иллюстраций, часто красочных, привлекающих внимание. С полной уверенностью бортовые журналы можно отнести также и к досуговым, ведь их основной целью является развлечение пассажира в пути. Так, например, бортовой журнал «Аэрофлот» имеет следующие рубрики, которые мы вполне можем оценить как развлекательные:

1. Рубрика «События» (включает информацию о концертах, выставках, книгах, различные интервью и так далее)
2. Рубрика «Путешествие» (включает информацию о достопримечательностях разных городов и стран)
3. Рубрика «дело вкуса» (включает информацию о ресторанах, моде, гаджетах и так далее)
4. Рубрика «Для детей» (развлекательные материалы для детей)

Таким образом, в результате проведенного анализа можно сделать вывод, что бортовые журналы однозначно отнести к тому или иному виду тематических печатных СМИ не представляется возможным, они содержат в себе характеристики как корпоративных СМИ, так и СМИ об увлечениях и хобби или досуговых изданий.

### Литература

1. Акопов А.И. К вопросу формирования функций журнала как типа периодического издания // Средства массовой информации в современном мире. Петербургские чтения: материалы 52-й международной научнопрактической конференции. 17–19 апреля 2013 г. – СПб.: С.-Петербург. гос. унт, Филол. ф-т СПбГУ, 2013. – С. 9-12.
2. Быкадорова А. С. Бортовой журнал как тип корпоративного издания [Электронный ресурс] // Известия Южного федерального университета. Филологические науки. – 2011. – № 1. – С. 188-192.
3. Играев Б.А. Корпоративные издания: типологические и профильные особенности / Б.А. Играев // Известия Тульского гос. ун-та. – 2011. – №3. – С. 192-201.
4. Конвенция о международной гражданской авиации (заключена в г. Чикаго 07.12.1944) (с изм. от 26.10.1990) (с изм. и доп., вступившими в силу на 01.01.2000) [Электр. ресурс]. – Режим доступа: [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_133602/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_133602/) – Дата обращения: 25.05.2024
5. Мурзин Д.А. Феномен корпоративной прессы / Д.А. Мурзин. – М.: Издательский дом «Хроникер», 2005. – 192 с.
6. Мuryюкина Е.В. Основные виды печатных изданий, применяемые на медиаобразовательных занятиях со студентами.[Электр. ресурс]. – Режим доступа: [https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-vidy-pechatnyh-izdaniy-](https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-vidy-pechatnyh-izdaniy)

primenyaemye-na-mediaobrazovatelnyh-zanyatiyah-so-studentami.–  
обращения: 26.05.2024

Дата

7. Чемякин Ю.В. Корпоративная пресса: определение понятия, типологические критерии, специфика функционирования [Электр. ресурс]. – Режим доступа: <https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/20140/1/iurp-2013-113-10.pdf> .-Дата обращения: 25.05.2024

8. Чемякин Ю.В. Корпоративные СМИ: секреты эффективности / Ю.В. Чемякин. – Екатеринбург: Издательский дом «Дискурс Пи», 2006. – 184с.

***Русанов Роман Игоревич***

*Магистр, Донской Государственный Технический университет,  
свободный исследователь*

## **АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**Аннотация.** Показано, что в настоящее время для решения задачи авиационного наблюдения широко используются данные системы автоматического зависимого наблюдения вещательного типа (АЗН-В). Указано на такой существенный недостаток системы АЗН-В как слабая защищенность от процедуры спуфинга по причине отсутствия явных механизмов для защиты конфиденциальности, целостности и доступности данных. Проведен анализ известных методов защиты данных АЗН-В, предложено дополнительно для этих целей использовать беспроводные самоорганизующиеся сети, так называемые сети FANET, а также использование мультilaterационной системы (MLAT).

**Ключевые слова.** автоматическое зависимое наблюдение вещательного типа (АЗН-В), кибербезопасность, FANET, спуфинг и методы защиты данных.

***Rusanov Roman Igorevich***  
*freelance researcher*

## **ANALYSIS OF CYBER SECURITY ISSUES IN CIVIL AVIATION**

**Abstract.** It is shown that at present, data from a broadcast-type automatic dependent surveillance system (ADS-B) are widely used to solve the problem of aviation surveillance. It is pointed out that a significant drawback of the ADS-B system is weak security against the spoofing procedure due to the lack of explicit mechanisms to protect the confidentiality, integrity and availability of data.

An analysis of known methods for protecting ADS-B data was carried out, and it was proposed to additionally use wireless self-organizing networks for these purposes, the so-called FANET networks, as well as the use of a multilateration system (MLAT).

**Keywords.** broadcast-type automatic dependent surveillance (ADS-B), cybersecurity, FANET, spoofing and data protection methods.

Управление воздушным движением самолетов гражданской авиации основывается на данных авиационного наблюдения. В качестве источников таких данных изначально используются радиолокационные системы двух типов: первичные радиолокаторы и вторичные радиолокаторы. На рисунках 1 и 2 схематично изображены упрощённые принципы работы первичного и вторичного радиолокаторов, соответственно.



Рисунок 1 – Упрощённый принцип работы первичного радиолокатора

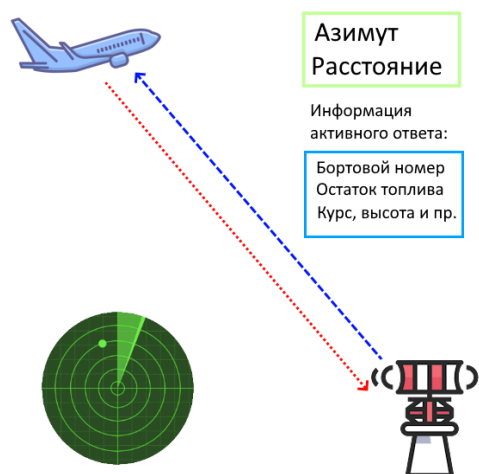


Рисунок 2 – Упрощённый принцип работы вторичного радиолокатора

Первичные радиолокаторы позволяют получить азимут и расстояние до объекта наблюдения. При этом предельная дальность обнаружения составляет ~350 км. Как видно, данных такие радиолокаторы предоставляют ограничено, соответственно было принято решение о создании систем вторичной радиолокации. Вторичные радиолокаторы, помимо азимута и расстояния до воздушного судна (ВС) получают также информацию о бортовом номере, остатке топлива, курсе, высоте и пр.

Наряду с такими достоинствами как автономность решения задачи наблюдения первичными локаторами, значительная дальность действия, точность и возможность получения адресной информации от конкретного воздушного судна как у вторичных локаторов, указанные источники имеют и такие существенные недостатки как высокая стоимость, сложность обслуживания, ограниченные зоны действия. Для преодоления указанных



недостатков были разработаны технологии автоматического зависимого наблюдения вещательного типа (АЗН-В) [1-4, 6]. На рисунке 3 схематично изображен упрощенный принцип работы технологии АЗН-В.



Рисунок 3 – Принцип работы технологии АЗН-В

В настоящий момент происходит активное развитие беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), в частности, использование беспроводных самоорганизующихся сетей, так называемые сети FANET. Эти сети обеспечивают широкий спектр для гражданского и коммерческого применения. Организация такого вида связи необходима не только для выполнения задач по обеспечению наблюдения, мониторинга, но и, например, для эффективной координации движения транспортных средств, повышения уровня безопасности и т.д [5]. Схема организации каналов связи между БПЛА, являющимися мобильными узлами связи, представлена на рисунке 4.

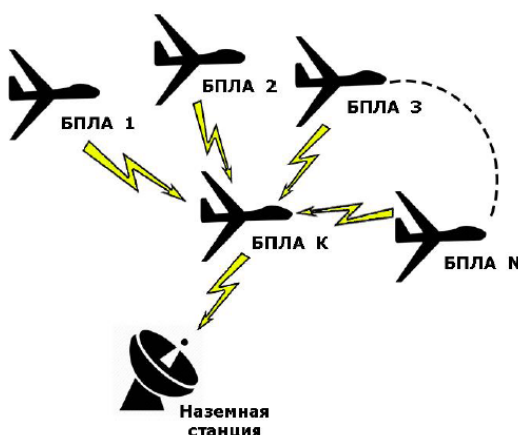


Рисунок 4 – Схема организации канала связи [5]

Тип антенны БПЛА является одним из важных факторов, влияющим на производительность сети FANET.

Существуют два основных типа антенн, используемых в FANET: направленного и всенаправленного действия.

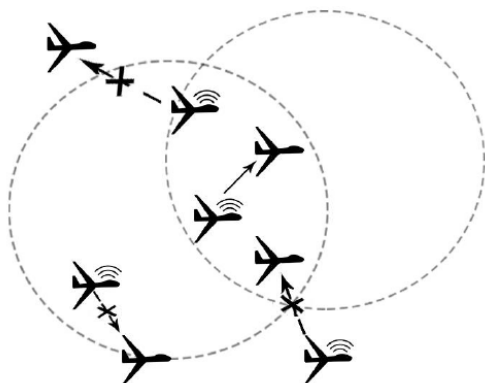


Рисунок 5 – Пример использования всенаправленной антенны [5]

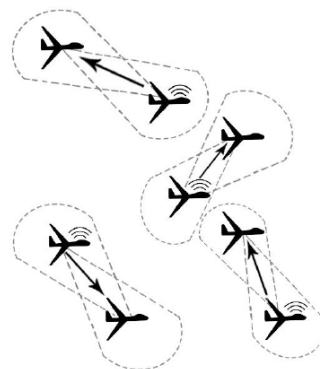


Рисунок 6 – Пример использования направленной антенны [5]

При использовании всенаправленных антенн не требуется иметь информацию о местоположении узла связи, то есть БПЛА. Однако направленные антенны имеют ряд преимуществ по сравнению с всенаправленными антеннами. Во-первых, дальность передачи системы с направленной антенной больше, чем радиус действия сигнала всенаправленной антенны. Это может быть важным преимуществом для FANET, где расстояние между узлами достаточно большое. С увеличением эффективной дальности передачи уменьшается количество переходов, что позволяет увеличить производительность и уменьшить задержку [5].

Из вышесказанного следует, что применение направленных антенн имеет значительное преимущество, однако, для реализации технологии связи, представленной на рисунке 6, требуется знать координаты объектов, а здесь как раз поможет применение технологии АЗН-В.

По этой причине в настоящее время актуальной проблемой является защита данных АЗН-В.

Наряду с достоинствами, АЗН-В имеют и такой существенный недостаток, как отсутствие явных механизмов для защиты конфиденциальности, целостности и доступности данных, передаваемых ВС для наземных диспетчерских пунктов управления, что делает такую систему уязвимой для угроз кибертеррористического характера [1-3, 6].

Наиболее полно известные методы защиты данных рассмотрены в работе [2]. Однако их можно дополнить на основе анализа других методов, позволяющих получить дополнительную информацию о местоположении ВС, и на этой основе подтвердить или опровергнуть гипотезу о достоверности данных АЗН-В.

Актуальность киберзащиты данных АЗН-В подтверждается реальными примерами из практики. Так, в качестве примера спуфинга можно привести

полёт израильского самолёта по маршруту Пхукет (Тайланд) - Тель-Авив в небе над Сомали 18 февраля 2023 года [7]. Пилоты ВС увидели на бортовом компьютере изменённый маршрут, которого изначально в полётном плане не было. Им показалось это странным, они связались с диспетчерами, чтобы уточнить, меняется ли их маршрут. Те подтвердили, что таких указаний не давали, после чего пилоты самостоятельно вернули изначальный маршрут в полётный план [7]. Подобные инциденты, произошедшие на Ближнем Востоке осенью 2023 года, представлены на рисунке 7.



Рисунок 7 – Инциденты нарушения кибербезопасности в авиации, произошедшие на Ближнем Востоке осенью 2023 года [7]

Вопросы кибербезопасности актуальны и для систем авиационной связи. Так, на большинстве ВС гражданской авиации стоит ACARS (адресно-отчётная система авиационной связи). Это система связи, применяемая в авиации для передачи коротких сообщений между ВС и наземными станциями, либо через прямую радиосвязь, либо через спутники. Через эту систему можно передавать сведения о погоде и об изменении плана полёта.

Данные в ACARS передаются по незащищенному радиоканалу УКВ-диапазона (ультракороткие волны), к которому возможно несанкционированное подключение злоумышленников. Единственная защита – бортовой анализатор, который воспринимает сигналы, адресованные только ему, так как он настроен на определенный сервер. Однако серверов на трассе полета ВС может быть несколько, они между собой не связываются, то есть один – легитимный, не знает, какие данные передает другой, который может быть сервером злоумышленника [7]. Пример применения процедуры спуфинга представлен на рисунке 8.

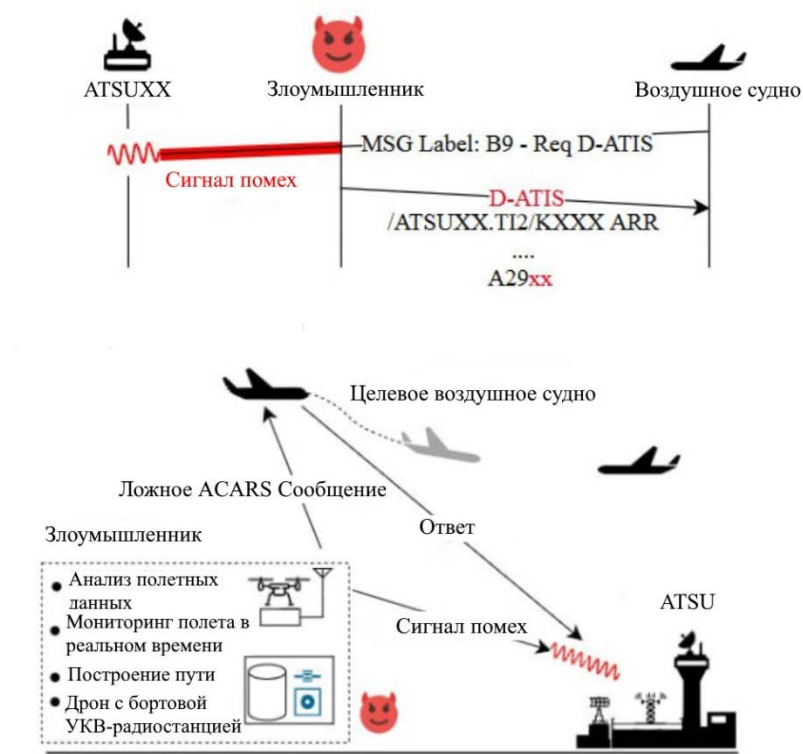


Рисунок 8 – Пример реализации процедуры спуфинга для канала ACARS

В общем случае, все методы защиты вещательных радиосистем от спуфинга (подмены данных) можно разделить на две большие группы [3, 4], представленные на рисунке 9.

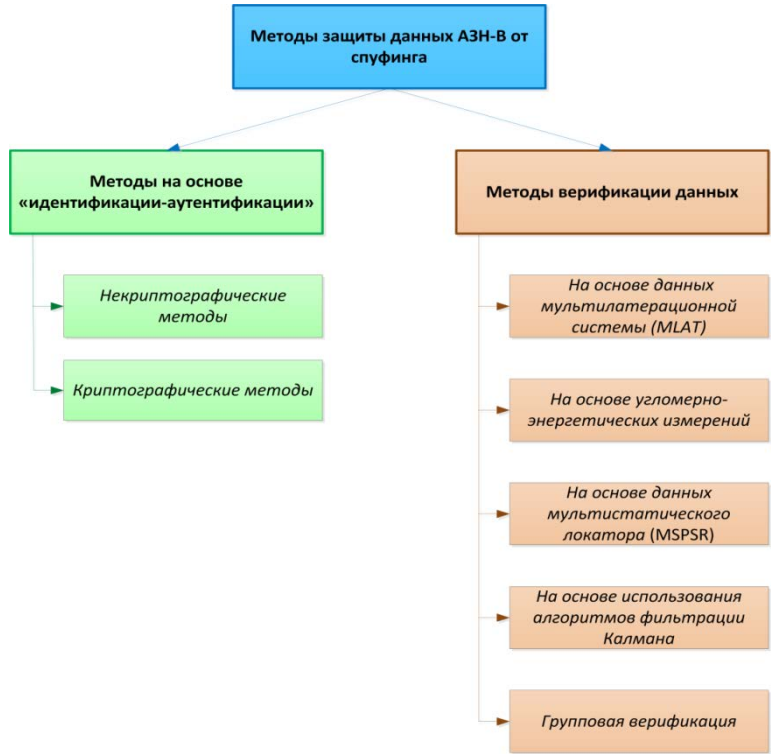


Рисунок 9 – Классификация методов защиты данных АЗН-В от спуфинга [4]

К первой группе относятся методы, основанные на решении задач идентификации и аутентификации абонентов вещательных радиосетей, каковыми являются ВС различных типов. Ко второй группе относятся методы, основанные на верификации данных АЗН-В, передаваемых по вещательным радиосетям абонентами, аутентификация которых не проводилась, или её достоверность не соответствует требуемому значению.

Методы второй группы предполагают использование для верификации данных системы АЗН-В дополнительных данных, полученных по другим каналам авиационного наблюдения или от иных информационных систем. По сути дела, речь идет об информационном резервировании данных АЗН-В. Так, в обновленной второй редакции Руководства по аэронавигационному наблюдению уже имеется непосредственное указание на необходимость, в целях снижения уязвимости от спуфинга, сопоставления данных АЗН-В с другими данными, такими как данные полета, профили полета в системе обработки полетных данных и результаты наблюдения от других источников, таких как первичные и вторичные радиолокаторы и мультилатерационные системы авиационного наблюдения (MLAT) [1-3].

Защита данных на основе данных мультилатерационной системы (MLAT). Система MLAT представляет собой распределенную многопозиционную систему синхронизированных приемных пунктов, связанных линиями связи с центром обработки [2, 3]. Определение местоположения ВС базируется на вычислении разностей моментов времени прихода сигнала на несколько разнесенных в пространстве приемников. Основной принцип функционирования системы мультилатерации проиллюстрирован на рисунке 10.

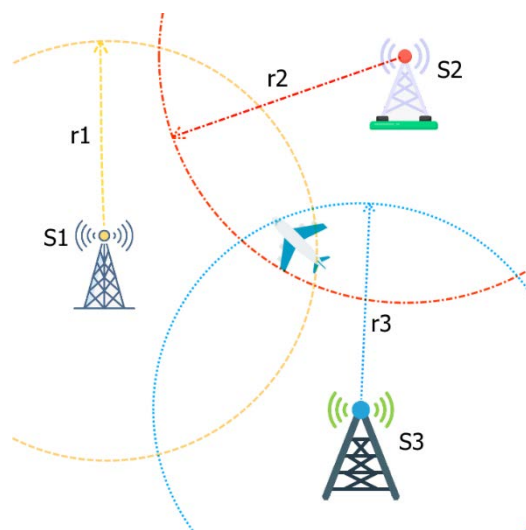


Рисунок 10 – Упрощенная структура и взаимодействие элементов мультилатерационной системы

В настоящее время мультилатерация является наиболее предпочтительным решением для верификации местоположения ВС наземными средствами или службами. Системы MLAT уже эксплуатируются

в США, в Европе и в РФ. Достоинствами мультilaterации являются высокая точность определения местоположения и параметров движения ВС, возможность использования для решения указанных задач радиоизлучений штатных бортовых средств ВС. Таким образом, не требуются специальное дооборудования ВС, что выгодно с экономической точки зрения. Дальнейшим развитием мультilaterационных систем является создание широкозонной мультilaterации на основе применения спутниковой группировки. В качестве недостатков мультilaterационных систем следует отметить их восприимчивость к многолучевому распространению, необходимость решения задачи идентификации сигнала, принадлежащего конкретному ВС, на всех приёмных пунктах, требование наличия отдельной линии связи между центральной станцией обработки и разнесенными в пространстве приемниками, обязательность высокоточной синхронизации шкал времени всех приёмных пунктов и центральной станции обработки.

Учитывая вышеизложенное, можно сделать вывод, что в настоящее время задача обеспечения кибербезопасности в организации управления воздушным движением по-прежнему является актуальной, так как рассмотренные выше методы и средства характеризуются ограниченной эффективностью, как с экономической точки зрения, например, высокой стоимостью MLAT, так и недостаточной отработкой их практической реализации.

## Литература

1. Рабочий документ ИКАО А39-WP/2961 TE/125 26/8/16. Наблюдение дистанционно пилотируемых воздушных судов и вопросы кибербезопасности // [Электронный ресурс]. URL: [http:// www. icao.int /Meetings /a39 /Documents/ WP /wp\\_296\\_ru.pdf](http://www.icao.int/Meetings/a39/Documents/WP/wp_296_ru.pdf) (дата обращения: 18.05.2024).
2. Aeronautical Surveillance Manual. Doc 9924 AN/474. 2nd ed. ICAO. Montreal, 2017.
3. Косьянчук В.В., Сельвесюк Н.И., Хамматов Р.Р. Обзор основных путей повышения безопасности системы АЗН-В // Научный Вестник МГТУГА. 2019. Т.22. №1. С. 40-50.
4. Елисеев А.В., Жуковский А.Г., Клименко М.Я., Разыкова М.Р. Анализ методов верификации данных авиационной телекоммуникационной системы // Труды СКФ МТУСИ. 2023. Т 78. №1. С 26-34.
5. Леонов А.В, Чаплышкин В.А. Сети FANET // Омский научный вестник. 2015. Т 143. №3. С. 297-301.
6. Алипов И.В. Проблемы внедрения вещательного автоматического зависимого наблюдения (АЗН-В) в Российской Федерации // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2015. № 7. С. 86-92.
7. Новостной портал «MASHNEWS». Авиапираты пытаются уводить самолеты с курса, используя спуфинг и джамминг// [Электронный ресурс]. URL: [http:// www.mashnews.ru/avaipiraty-pitayutsya-uvodit-samolety-s-kursa-](http://www.mashnews.ru/avaipiraty-pitayutsya-uvodit-samolety-s-kursa-)



***Цай Светлана Николаевна***

*Заведующий кафедрой метеорологии, экологии и природопользования,  
Филиал Российского государственного гидрометеорологического  
университета в г. Туапсе, к.с.-х.н., доцент.*

***Величко Виталий Андреевич***

*Доцент, Филиал Российского государственного гидрометеорологического  
университета в г. Туапсе, к.ф.-м.н.*

**ГОДОВОЙ И СУТОЧНЫЙ ХОД ПОВТОРЯЕМОСТИ ДАЛЬНОСТИ  
ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВИДИМОСТИ МЕНЕЕ 5 КМ НА АЭРОДРОМЕ  
РОСТОВ-НА-ДОНУ**

***Аннотация.*** в статье рассматривается повторяемость дальности горизонтальной видимости менее 5 км на аэродроме Ростов-на-Дону

***Ключевые слова.*** аэродром Ростов-на-Дону, дальности горизонтальной видимости

***Tsai Svetlana Nikolaevna***

*Head of the Department of Meteorology, Ecology and Environmental Management, Branch of the Russian State Hydrometeorological University in Tuapse, PhD, Associate Professor.*

***Velichko Vitaly Andreevich***

*Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor of the Department of Meteorology, Ecology and Environmental Management, Branch of the Russian State Hydrometeorological University in Tuapse*

**THE ANNUAL AND DAILY COURSE OF THE REPEATABILITY OF  
THE HORIZONTAL VISIBILITY RANGE OF LESS THAN 5 KM AT THE  
ROSTOV-ON-DON AIRFIELD**

***Abstract.*** the article considers the repeatability of the horizontal visibility range of less than 5 km at the Rostov-on-Don airfield

***Keywords.*** Rostov-on-Don airfield, horizontal visibility ranges.

Аэродром Ростов-на-Дону международный, имеет одну искусственную взлетно-посадочную полосу (ИВПП) с магнитными курсами посадки (МКп) 038° и 218°.

Истинные азимуты ИВПП 45°37' и 225° 37'.

Размер ИВПП равен 2501х45м, летной полосы – 2801 х 300м.

Высота (Н абс) ИВПП у порога (торца) 04° = +72.34м, БПРМ = +75.3м,

у порога (торца)  $22^\circ = +85.44\text{м}$ , БПРМ = +94.9м.

Пороги (торцы) совпадают с началом ИВПП, ИВПП понижается с СВ на ЮЗ. Летное поле многоугольной формы, размером 3300x260x1900x1000x 1800м.

Годовой ход повторяемости различных градаций дальности горизонтальной видимости сходен с годовым ходом повторяемости низкой облачности. Наибольшая повторяемость всех пределов видимости приходится на холодный период года с максимумов в декабре (менее 0,2 км - 14%, менее 0,4 км - 15%, менее 0,6 км - 16%, менее 0,8 км - 17%, менее 1 км - 19%, менее 1,5 км - 21%, менее 3 км - 29%, менее 5 км - 44%).

В переходные месяцы повторяемость видимости всех пределов увеличивается, и не превышает 17%, за исключением марта и ноября, когда повторяемость видимости менее 4 км составляет 24-32%.

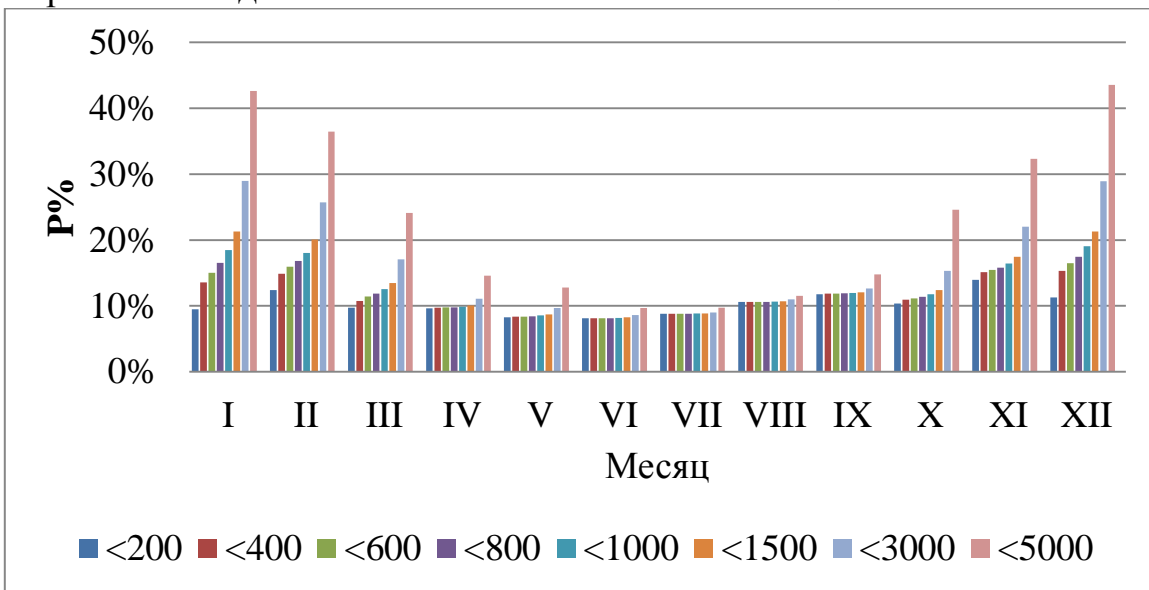


Рисунок 1- Годовой ход повторяемости (%) дальности горизонтальной видимости менее 5 км

В летний период, с апреля по сентябрь, повторяемость всех пределов ограниченной видимости минимальна и не превышает 15%.

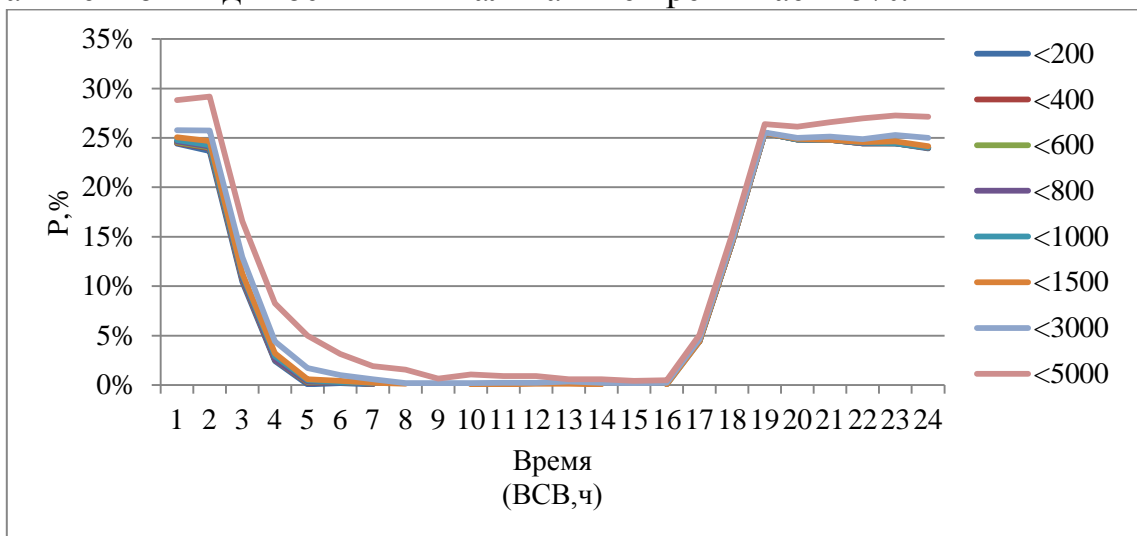


Рисунок 2- Суточный ход повторяемости (%) дальности горизонтальной видимости менее 5 км (май, июнь, июль, август, сентябрь)



В летние месяцы ограниченная видимость имеет четко выраженный суточный ход и наблюдается преимущественно в период с 17 до 2 часов, с максимумом в 00-01 часов, её повторяемость не превышает 29 %. Для видимости 1500 км и менее повторяемость составляет 24 - 25 % и наблюдается в период с 18 до 01 часа.

В остальное время суток ограниченная видимость отмечается крайне редко. Таким образом, летний сезон благоприятен для работы авиации в любое время суток.

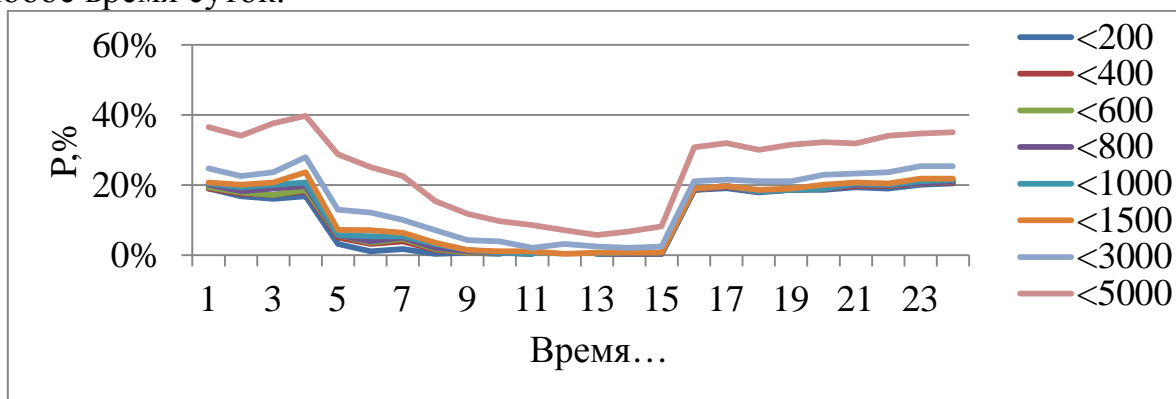


Рисунок 3- Суточный ход повторяемости (%) дальности горизонтальной видимости менее 5 км за октябрь

В октябре повторяемость ограниченной видимости, по сравнению с летом, значительно возрастает, причем, это наиболее ярко проявляется для предела видимости менее 5 км (%), повторяемость остальных пределом видимости не превышает 25%.

Максимальная повторяемость ограниченной видимости в октябре наблюдается в 3 часа, а четко выраженный минимум отмечается в 08-14 часов лишь для предела видимости 3 км и менее и не превышает 4%; с 15 часов для этих пределов вновь наблюдается некоторое возрастание повторяемости за счет образования дымки в момент захода солнца. Этот период и наиболее благоприятен для работы авиации.

В ноябре показатель резко увеличивается, причем, особенно заметно во второй половине ночи и утром.

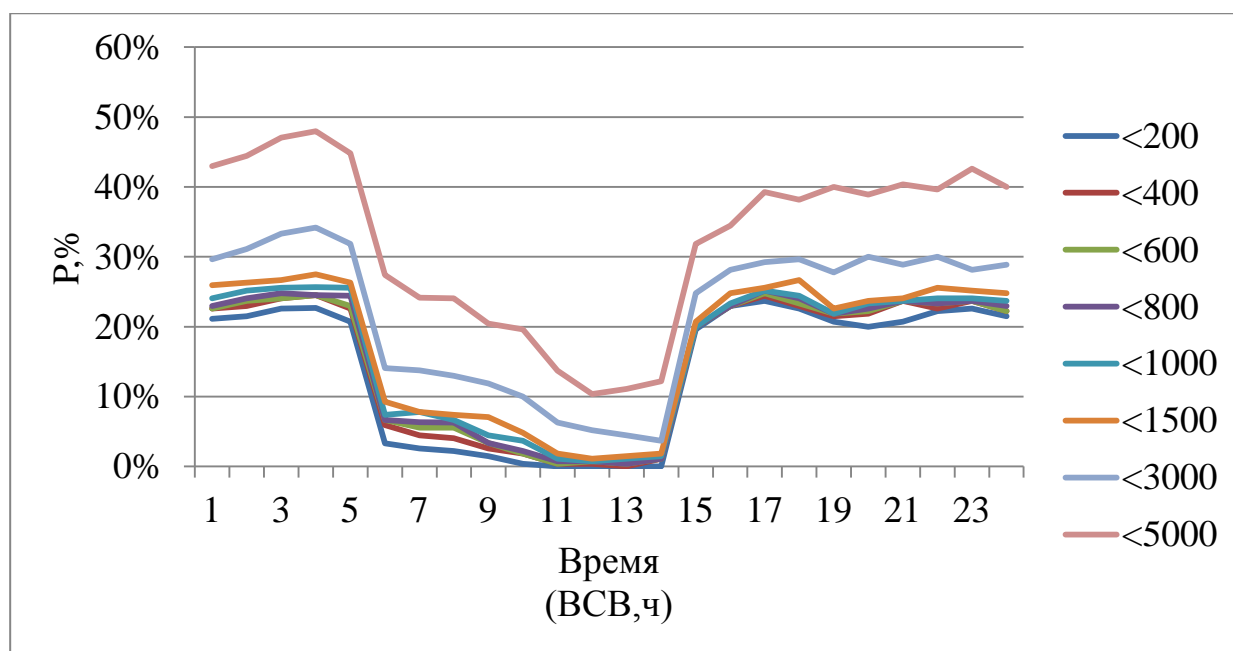


Рисунок 4- Суточный ход повторяемости (%) дальности горизонтальной видимости менее 5 км за ноябрь

В течение суток хорошо просматривается максимум, который для пределов видимости менее 1,5 км – 28%, менее 3 км - 34% , менее 5 км – 48% наблюдается в 3 часов. Для видимости от 1000 м и менее максимумы наблюдаются преимущественно в вечернее и ночное время суток. Минимальная повторяемость ограниченной видимости всех пределов приходится на период с 10 до 13 часов[1, с.21].

В зимний период, по сравнению с остальными сезонами, повторяемость всех пределов видимости менее 5 км наибольшая, причем, увеличение повторяемости ограниченной видимости наблюдается в период с 22 до 04 часов с максимумом для пределов менее 5 км – 51% и менее 3 км – 37% в 04 часа.

Для пределов от менее 1,5 км до менее 400 м максимум достигается преимущественно в 22 часа, а для значений видимости менее 200 м максимум 18 % в период с 15 до 18 часов.

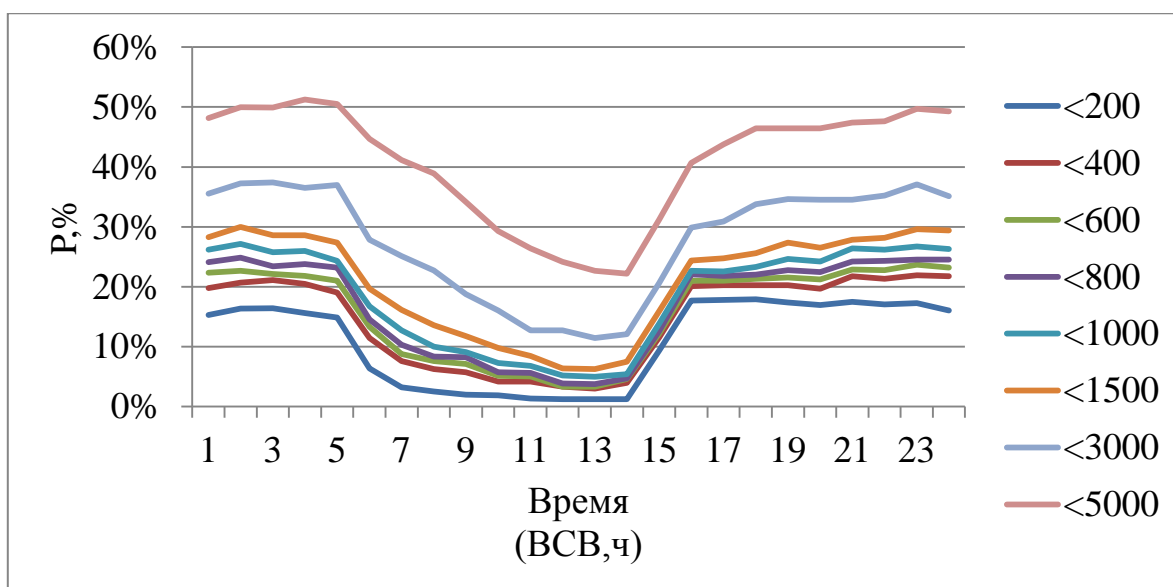


Рисунок 5- Суточный ход повторяемости (%) дальности горизонтальной видимости менее 5 км за холодный период (декабрь, январь, февраль)

В остальное время суток повторяемость видимости менее 5 км колеблется в незначительных пределах, при этом ко времени захода солнца наблюдается небольшое увеличение. Зимний период наиболее неблагоприятен для работы авиации, особенно с 05 до 13 часов[2, с.93].

В марте повторяемость ограниченной видимости значительна. Для пределов видимости от менее 5 км до 600 м отмечается очень четкий максимум в 03 часа. Для видимости менее 200 м максимум достигается в 18 часов и составляет 21%. А для пределов менее 400 м – 21% и менее 600 м – 22% максимум достигается несколько раз в период с 16 до 03 часов.

С 16 до 03 часов повторяемость видимости всех пределов как и зимой, колеблется в незначительных пределах.

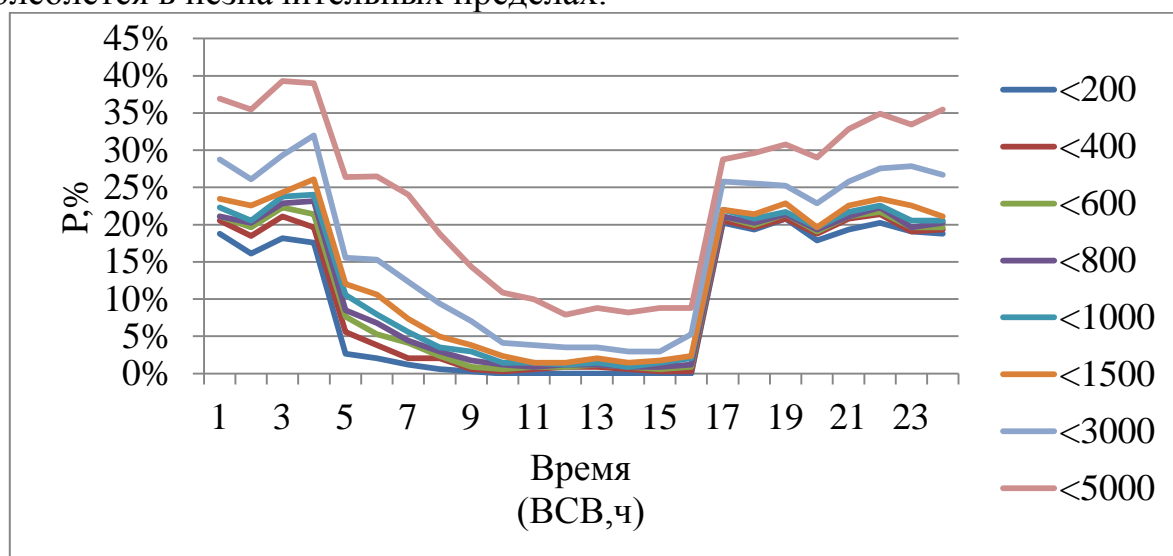


Рисунок 6 - Суточный ход повторяемости (%) дальности горизонтальной видимости менее 5 км за март

Наиболее благоприятным временем суток для работы авиации является период с 06 до 15 часов, когда повторяемость видимости менее 2 км не превышает 7 %, а менее 1км – 6%.

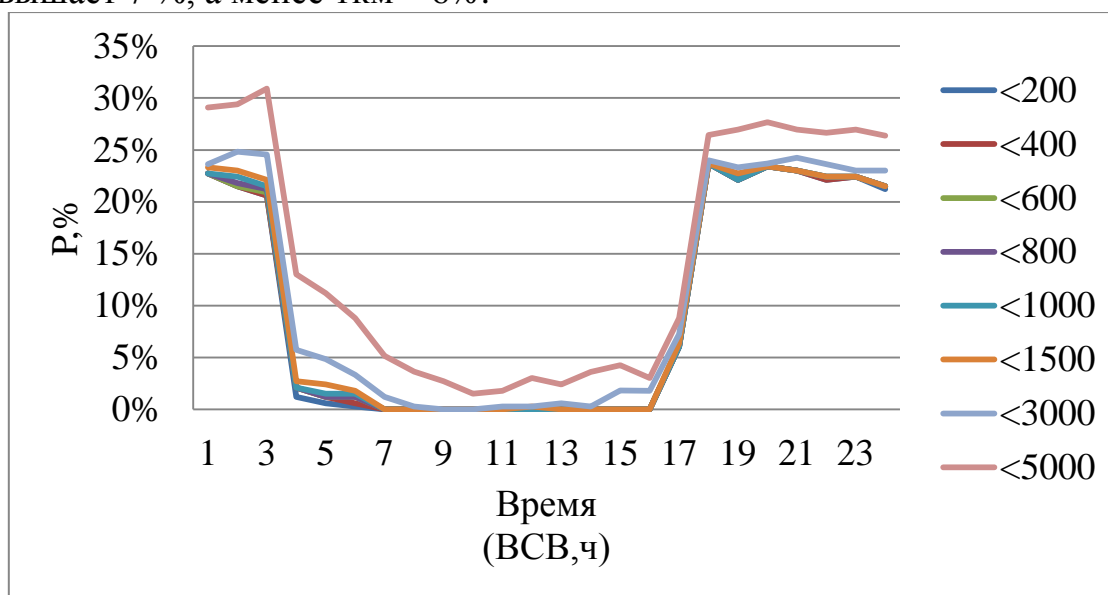


Рисунок 7 - Суточный ход повторяемости (%) дальности горизонтальной видимости менее 5 км за апрель

В апреле повторяемость всех пределов ограниченной видимости резко уменьшается и не превышает 7%, причем, четко выраженный максимум отмечается только для видимости менее 4 км, в 07 часов, минимум её отмечается с 12 до 17 часов (менее 1%).

Видимость менее 2 км наблюдается лишь в период с 23 до 09 часов, однако, повторяемость её очень мала (не более 2%). В апреле работа авиации возможна в любое время суток.

Наибольшая повторяемость всех пределов облачности отмечается в холодную половину года (с ноября по март) с максимумом в декабре. В теплую половину года (с апреля по октябрь) повторяемость всех пределов облачности невелика[3, с.27].

### Литература

1. Метеорологическое обеспечение полетов воздушных судов гражданской авиации. - Л.: ОЛАГА, 1980. - 80 с.
2. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской авиации России (НМО ГА-95). - М.: Росгидромет, 1995. - 160 с.
3. Особенности метеорологического обеспечения полетов на международных трассах / ЛГМИ. - Л., 1989. - 71 с.

**Ступаков Валерий Яковлевич**

*Заведующий кафедрой воздушных судов и авиационных двигателей,  
Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.пед.н.*

## **КАЧЕСТВО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ**

**Аннотация.** под эксплуатационной технологичностью (ЭТ) понимается свойство конструкции ЛА, заключающееся в приспособленности его к выполнению всего комплекса работ по ТО и Р с использованием наиболее экономичных технологических процессов.

**Ключевые слова.** эксплуатационная технологичность, свойство конструкции, контролепригодность, доступность, легкосъёмность, регулируемость, приспособленности конструкций.

**Stupakov Valery Yakovlevich**

*Head. Department of «Aircraft and aircraft engines»  
Of the «Rostov branch of the Moscow state  
technical University of civil aviation»*

## **THE QUALITY OF AIRCRAFT MAINTENANCE, DEPENDING ON ITS OPERATIONAL MANUFACTURABILITY**

**Abstract.** operational manufacturability (ET) is understood as a property of the aircraft design, which consists in its adaptability to perform the entire complex of maintenance and repair works using the most economical technological processes.

**Keywords.** operational manufacturability, design property, controllability, accessibility, ease of removal, adjustability, adaptability of structures

В единственном вузовском учебном пособии для будущих инженеров-эксплуатационников (не могу называть: «бакалавров-эксплуатационников») известнейшие основоположники науки об эксплуатации воздушных судов (ВС) Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М., Чичерин А.С. просто и четко объясняют очевидную и скрытую зависимость эксплуатационной технологичности от качества технического обслуживания воздушных судов: «...Понятие эксплуатационной технологичности не является неизменным для всех случаев. Оно определяется назначением машины (изделия), особенностями ее конструкции, конкретными условиями эксплуатации, принятой программой ТО и Р.»

Под эксплуатационной технологичностью (ЭТ) понимается свойство конструкции ЛА, заключающееся в приспособленности его к выполнению

всего комплекса работ по ТО и Р с использованием наиболее экономичных технологических процессов .

ЭТ зависит от ряда факторов, которые учитываются при создании ВС, когда учитывается назначение и условия его эксплуатации. На уровень ЭТ решающее влияние оказывают две взаимосвязанные группы факторов: конструктивно-производственные и эксплуатационные (КПФ и ЭФ).

К КПФ относятся: контролепригодность, доступность, легкосъёмность, взаимозаменяемость, регулируемость, преемственность средств наземного обслуживания и контрольно-измерительной аппаратуры, а также унификация ФС и агрегатов. Эти факторы определяют свойства самой конструкции и должны учитываться при создании ВС.

В группу ЭФ входят: формы организации выполнения ТОиР, состояние производственно-технической базы, квалификация обслуживающего персонала, полнота обеспечения запчастями, материалами и качественной эксплуатационно-технологической документации (ЭТД). ЭФ определяют среду, в которой проявляются свойства конструкции, и должны учитываться как при создании, так и в процессе эксплуатации ВС.

При оценке уровня ЭТ ВС, обычно, осуществляется её качественный анализ и количественная оценка.

Качественный анализ заключается в оценке приспособленности конструкций ВС к выполнению всех операций ТО и Р, предусмотренных технологией, определяются состав и вид применяемого инструмента, КПА и средств наземного обслуживания, а также, оценивается полнота и качество ЭТД. При этом, оценка степени совершенства конструктивных решений, применённых на данном ВС, осуществляется путём сравнения этих решений, достигнутых на лучших образцах ВС подобного класса.

С точки зрения качественной оценки ТЭ ВС<sub>2</sub> можно отметить следующие положительные конструктивно - технические и технологические решения:

сравнительно малое использование средств ТО при транзитном обслуживании самолёта;

удобный доступ ко всем заправочно-зарядным устройствам;

широкое применение стандартных и унифицированных узлов и агрегатов, панелирования и агрегирования монтажей;

применение закрытой ЦЗТ ( до 1500 л/мин, при  $\Delta P = 4,5 \text{ кг/см}^2 = 0,45 \text{ Мпа}$ ), маслом и спецжидкостями, с размещением щитков заправки и слива в местах, удобных для осуществления заправки и её контроля;

использование встроенного контроля бортовых ФС, включая РТО и пилотажно-навигационное оборудование;

техническая обеспеченность одновременного подключения всех средств наземного оборудования, необходимых для обслуживания при подготовке самолёта к полёту;

применение контейнерной перевозки грузов с механизацией погрузочно-разгрузочных работ;

приспособленность самолёта к ТО в ночное время.

Вместе с тем, в процессе ТО и Р самолётов в некоторых авиапредприятиях, были отмечены следующие недостатки, относящиеся к качественной оценке ТЭ большинства ВС:

сравнительно высокая трудоёмкость работ при замене двигателей из-за низкой технологичности операций;

не все технологические лючки имеют легкосъёмные крышки;

для ТО ВСУ не предусмотрены специальные люки;

на некоторых типах ВС затруднено снятие РН из-за отсутствия люков в несъёмных замках стабилизатора под опору приспособления;

для замены жгутов металлизации требуется демонтаж элеронов и РВ;

не предусмотрено приспособление для крепления страховочного пояса при ТО стабилизатора;

ЗИП наземного оборудования не укомплектован угломером для проверки улов отклонения рулевых поверхностей;

в ЭТД не на все агрегаты и узлы имеются иллюстрации, поясняющие их устройство и работу, а также отсутствуют монтажные схемы на некоторые ФС и пр.

Необходимо отметить- для количественной оценки ЭТ ВС используются обобщённые и единичные (частные) показатели.

Обобщённые показатели (ОП) характеризуют ЭТ с точки зрения затрат времени, труда и материальных средств на проведение ТО и Р ВС.

Единичные (частные) показатели характеризуют отдельные стороны ЭТ конструкции объекта эксплуатации.

Состав ОП для количественной оценки ЭТ ВС выбирается, исходя из принятых структур и совокупности показателей эффективности процесса технической эксплуатации (ПТЭ) ВС, которые вытекают из совокупности общепринятых показателей эффективности деятельности ГА в целом по направлениям: БП, регулярность вылетов, интенсивность использования и экономичность эксплуатации.

Например, с точки зрения БП показателем эффективности деятельности ГА будет наработка на отказ в полёте, а соответствующие ему показатели эффективности ПТЭ являются: общее число отказов в полёте на 1000 ч налёта ( $K_{1000 \text{ пол}}$ ), число отказов в полёте, приведённых к инцидентам ( $K_{1000 \text{ ин}}$ ) и др.

В целом, совокупность показателей эффективности ПТЭ даёт возможность определить соответствующую ей совокупность ОП ЭТ ВС, приведённую в таблице № 1.

**Таблица № 1.**

Показатели эффективности ПТЭ	Показатели ЭТ
Коэффициент использования $K_{\text{и}}$	Удельная оперативная продолжительность ТОиР $K_{\text{оп}}$
Коэффициент исправности $K_{\text{испр}}$	Удельная опер-я прод-ть ТОиР в цикле восстановления $K_{\text{оп п}}$
Коэффициент техн-го использования $K_{\text{ти}}$	Удельная оперативная продолжительность
Удельная суммарная продолжительность	

<p>ТОиР <math>K_{\Pi}</math>  Удельная продолжительность ТОиР в цикле восстановления <math>K_{\Pi, \Pi}</math>  Удельная стоимость ТОиР <math>C_{уд}</math>  Удельная стоимость зап. частей и матер-в, потребных для проведения ТОиР <math>K_3</math>  Удельная суммарная трудоёмкость ТОиР <math>K_T</math>  Удельная трудоёмкость ТОиР в цикле восстановления <math>K_{\Pi\Pi}</math></p> <p>Коэффициент регулярности вылетов (с учётом ЗР по техническим причинам) <math>P_{\Pi\Pi}</math></p> <p>Коэффициент готовности <math>K_T</math>  Среднее время плановой стоянки ВС в оперативном цикле <math>t_{ст}</math>  Наименьшее время плановой стоянки ВС в транзитных аэропортах <math>t_{ст, м}</math></p>	<p>ТО и непланового текущего ремонта в оперативном цикле <math>K_{оп, о}</math></p> <p>Удельная стоимость зап. частей и материалов, расходуемых при проведении ТОиР <math>K_{о3}</math></p> <p>Удельная сумм <small>Продолжение Табл. 1.2.</small> <math>K_{от}</math>  трудоёмкость ТОиР <math>K_{от}</math></p> <p>Удельная оперативная трудоёмкость ТОиР в цикле восстановления <math>K_{от, \Pi}</math>  Удельная оперативная трудоёмкость ТО в оперативном цикле <math>K_{от, о}</math></p> <p>Вероятность выполнения непланового текущего ремонта за заданное время</p> <p><math>P(t \leq t_3)</math>  Среднее оперативное время устранения отказа (восстановления) в оперативном цикле <math>t_y</math>  Интенсивность устранения отказов в оперативном цикле <math>\mu</math></p>
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Для определения ОП, как правило, используются единичные свойства конструкции ВС (доступность, легкосъёмность, взаимозаменяемость и др.), характеризующие совокупностью таких частных показателей ЭТ, как коэффициенты: доступности  $K_d$ , легкосъёмности  $K_l$ , взаимозаменяемости  $K_v$ , контролепригодности  $K_{ки}$  и др.

Так, например, удельная суммарная оперативная продолжительность ТО и Р определяется выражением:

$$K_{оп} = \frac{T_{mn} + T_n + T_{mM}}{T_{mf...o}} + \frac{T_{..M} \cdot \eta}{T_{mf...B} \cdot (1 - \alpha_{\bar{B}})}, \quad (1)$$

где  $T_{оп}$  и  $T_{\Pi}$  - соответственно, суммарная продолжительность выполнения всех форм оперативного и периодического ТО;

$T_{РЕС.Л}$  - межремонтный ресурс ВС, ч;

$T_{РЕМ}$  - средняя продолжительность ремонта ВС, ч;

$T_{СМ}$  - средняя продолжительность смены двигателя, ч;

$K_d$  - коэффициент досрочных замен двигателей;

$\eta$  - коэффициент внеплановых замен двигателей;

$$T_{оп} = t_{пр.п} \cdot n_{пр.п} + t_{к.с} \cdot n_{к.с} + t_{п.п} \cdot n_{п.п}, \quad (2)$$

$$T_{\Pi} = t_{\phi 1} \cdot n_{\phi 1} + t_{\phi 2} \cdot n_{\phi 2} + \dots + t_{\phi i} \cdot n_{\phi i}, \quad (3)$$

где  $t_{пр.п}$ ,  $t_{к.с}$ ,  $t_{п.п}$  - средняя продолжительность оперативных форм ТО: предполётного, кратковременной стоянки и послеполётного;  
 $n_{\phi 1}$ ,  $n_{\phi 2}$ ,  $t_{\phi 3}$ , ... и  $n_{\phi i}$  - средняя продолжительность и общее число периодических форм ТО.



## Среднее оперативное время устранения отказов

$$t_y = \sum_{i=1}^k q_i t_{yi}, \quad (4)$$

где  $q_i$  - условная вероятность отказа изделий  $i$  - той группы (ФС) ВС;  
 $t_{yi}$  - среднее время устранения отказа изделия  $i$  - й группы;  
 $k$  - число групп изделий (ФС) ВС;

$$q_i = \frac{\omega_i}{\sum_{i=1}^k \omega_i}; \quad t_{yi} = \frac{1}{r} \sum_{i=1}^r t_{yi},$$

где  $\omega_i$  - параметр потока отказов изделий  $i$  - той группы;  
 $r$  - число отказов изделий  $i$  -той группы;  
 $t_{yi}$  - время устранения  $i$ - го отказа.

Вероятность выполнения непланового текущего ремонта за заданное время  $t_3$  простоя ВС можно определить исходя из экспоненциального закона распределения времени текущего ремонта, то есть:

$$P_y\{t \leq t_3\} = 1 - e^{-\mu t_3}, \quad (5)$$

где  $\mu = 1/t_y$  - интенсивность текущего ремонта.

Удельная суммарная оперативная трудоёмкость ТО и Р в человеко-часах на 1 час налёта определяется по формуле:

$$T_{OT} = \frac{T_{OP} + T_{П} + T_{РЕМ.Л}}{T_{РЕС.Л}} + \frac{(T_{СМ} + T_{РЕМ.Д}) \cdot n_{Д}}{T_{РЕС.Д}(1 + K_{Д})} + \sum_{i=1}^{N_{И}} \frac{T_{РЕМ.И_i} \cdot n_{И_i}}{T_{РЕС.И_i}(1 - K_{И_i})}, \quad (6)$$

где  $T_{OP}$  и  $T_{П}$  - суммарные трудоёмкости всех форм оперативного и периодического ТО за  $T_{РЕС.Л}$  [чел-ч];

$T_{РЕМ.Л}$ ,  $T_{РЕМ.Д}$ ,  $T_{РЕМ.И}$  - трудоёмкости ремонта ВС, двигателя и  $i$  - того изделия соответственно;

$T_{РЕС.Д}$ ,  $T_{РЕС.И}$  - межремонтные ресурсы двигателя и  $i$  - того изделия соответственно;

$K_{Д}$ ,  $K_{И_i}$  - коэффициенты досрочных замен двигателя и  $i$ - того изделия соответственно;

$n_{Д}$  и  $n_{И_i}$  - число двигателей и изделий каждого типа на ВС, заменяемых в пределах  $T_{РЕС.Д}$  и  $T_{РЕС.Л}$ ;

$N_{И}$  - число типов изделий, заменяемых за  $T_{РЕС.Л}$ .

Удельная стоимость запасных частей и материалов, расходуемых при проведении ТОиР в рублях на 1 час налёта, определяется зависимостью

$$K_{O3} = \frac{C_0 + C_{PEM.L}}{T_{PEC.L}} + \frac{C_{PEM.D} \cdot n_D}{T_{PEC.D}(1 - K_D)} + \sum_{i=1}^{N_{II}} \frac{C_{PEM.I_i} \cdot n_{I_i}}{T_{PEC.I_i}(1 - K_{I_i})}, \quad (7)$$

где  $C_0$  - средняя суммарная стоимость запасных частей и материалов расходуемых за  $T_{PEC.L}$  (руб) при ТО;

$C_{PEM.L}$ ,  $C_{PEM.D}$ ,  $C_{PEM.I_i}$  - средняя стоимость запасных частей и материалов, расходуемых при ремонте ВС, двигателей и  $i$  - того изделия соответственно, руб.

Среднее значение трудовых затрат на текущий ремонт в оперативном цикле эксплуатации ВС определяется из выражения:

$$\bar{T}_{TP} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_{T.P_i}, \quad (8)$$

где  $n$  - число отказов в оперативном цикле между двумя смежными формами периодического ТО;

$T_{T.P_i}$  - трудоёмкость устранения  $i$  - того отказа.

Единичные (частные) показатели выражаются в виде безразмерных коэффициентов, которые должны быть близкими к единице.

Коэффициент доступности к объекту ТОиР

$$K_D = 1 - \frac{T_{ДОП}}{T_{ДОП} + T_{ОСН}}, \quad (9)$$

где  $T_{ДОП}$  - средняя трудоёмкость дополнительных работ, чел-ч;

$T_{ОСН}$  - средняя трудоёмкость основной работы, чел-ч.

Коэффициент лёгкосъёмности изделия

$$K_L = 1 - \frac{\Delta T_{DM}}{T_{DM}}, \quad (10)$$

где  $\Delta T_{DM}$  - отклонение трудоёмкости демонтажно-монтажных работ рассматриваемого изделия в сравнении с базовым показателем, чел-ч.

Коэффициент контролепригодности отдельных ФС и ВС в целом определяется по формуле:

$$K_K = 1 - \frac{\sum_{j=1}^{n_r} T_j K_j}{\sum_{i=1}^{n_{II}} T_i K_i + \sum_{j=1}^{n_r} T_j K_j}, \quad (11)$$

где  $T_j$ ,  $T_i$  - трудоёмкости разового контроля  $j$ - того изделия, требующего обязательного демонтажа и  $i$ -того изделия, не требующего демонтажа с ВС, чел-ч;

$n_T$  и  $n_H$  - числа изделий (ФС), требующих и не требующих демонтажа с ВС, чел-ч;

$K_j$  и  $K_i$  - частота контроля изделий требующих и не требующих демонтажа в течение  $T_{PES.L}$ .

Коэффициент приемственности средств наземного ТО ВС

$$K_{пр} = 1 - \frac{C_{H.O}}{C_{H.O} + C_{C.O}}, \quad (12)$$

где  $C_{H.O}$  и  $C_{C.O}$  - стоимости комплектов нового и старого (имеющегося) оборудования, необходимого для ТОиР ВС данного типа.

При количественной оценке уровня ЭТ обычно дают относительную характеристику, основанную на сравнении совокупности показателей ЭТ оцениваемого объекта с соответствующей совокупностью эталонных (базовых) показателей. В качестве эталона может приниматься реально существующая конструкция или ТТ к ЭТ ВС.

За меру сравнения принимают относительные показатели  $\beta$ , определяемые, как

$$\beta_i = K_{iЭ} / K_i \quad (13)$$

$$\text{или} \quad \beta_i = K_i / K_{iЭ} \quad (14)$$

где  $K_i$ ,  $K_{iЭ}$  - значения  $i$ -того показателя оцениваемого и эталонного.

Уровень ЭТ по основным показателям  $K_{O.П}$ ,  $K_{O.Т}$ ,  $K_{O.З}$  оценивается по выражению (13), так как увеличение значения этого показателя указывает на улучшение ЭТ.

Оценку уровня ЭТ по вероятностным показателям вида  $P_Y\{t \leq t_3\}$  и всем единичным показателям (за исключением легкосъемности) следует выполнять по выражению (14), так как в этом случае улучшение ЭТ происходит при увеличении значения  $\beta$ . Положительная оценка дается в тех случаях, когда  $\beta_i \geq 1$ , а отрицательная, когда  $\beta_i < 1$ .

Очевидно, что все приведенные выше зависимости для оценки и анализа ЭТ ВС выстраданы и, как говорится «написаны кровью». Так вот, чтобы они выполнялись чернилами, а не кровью, нужно, в погоне за прибылью, выискивать резервы в операциях по проводимому ТО и Р, которые позволят и выполнить качественно ТО и не повысить расходы на его проведение и, главное, не уронить уровень безопасности полетов.

### Литература

1. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М., Эксплуатационная технологичность летательных аппаратов. Изд-во «Транспорт».2006.

2. Воздушный Кодекс Российской Федерации. - М.: Авиаиздат, 1997 г.
3. Руководство по летной годности. Том 1 и 2, ИКАО, 2001 г.
4. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. - М.: МАК, 1993 г.
5. Овчаров П.Н., Ступаков В.Я., Конкин Б.Б., Биндус В.А., Коробкин С.В. Сохранение летной годности и обеспечение транспортной безопасности В книге: Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования монография. Пенза, 2017. С. 99-114.
6. Биндус В.А., Овчаров П.Н. Обеспечение безопасности производственной среды процессов технического обслуживания авиатехники как составляющая требования комплексной безопасности на воздушном транспорте. Инновационные процессы в современном мире (иннофорум-2016) Материалы международной научно-практической конференции. 2016
7. Биндус В.А., Овчаров П.Н. Производственные процессы технического обслуживания в условиях возможной реализации опасностей факторов производственной среды. Инновационные процессы в современном мире (иннофорум-2016) Материалы международной научно-практической конференции. 2016.

***Хороших Владимир Алексеевич***

*Ведущий преподаватель, Рыльский авиационный технический колледж – филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации», к.и.н.*

## **АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РОССИИ**

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальность создания авиационного образования в юго-западных регионах России. Автор дает обзор профессиональной ориентационной деятельности учебных заведений и авиапредприятий гражданской авиации. Показана совместная работа педагогических коллективов Ростовского и Рыльского филиалов московского государственного технического университета гражданской авиации по организации приема абитуриентов.

**Ключевые слова.** авиация, образование, профессиональная ориентация абитуриент, Ростов на Дону, Рыльск, филиал, курсант, пилот, авиатехник.

***Khoroshikh Vladimir Alekseevich***

*Candidate of Historical Sciences, Leading teacher, Rylsk Aviation Technical College - branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

## **CURRENT ASPECTS OF THE CREATION AND DEVELOPMENT OF EDUCATIONAL INSTITUTIONS FOR CIVIL AVIATION IN THE SOUTH - WESTERN PART OF RUSSIA**

**Abstract.** The article discusses the relevance of creating aviation education in the southwestern regions of Russia. The author gives an overview of the professional guidance activities of educational institutions and civil aviation enterprises. The joint work of teaching staff of the Rostov and Rylsk branches of the Moscow State Technical University of Civil Aviation in organizing the admission of applicants is shown.

**Keywords.** aviation, education, vocational guidance, applicant, Rostov-on-Don, Rylsk, branch, cadet, pilot, aircraft technician.

В соответствии первому пятилетнему плану развития гражданского воздушного флота принятого 15.02 1929 г. Советом Труда и Оборона СССР В течении 1930 - 1931 гг. в ГВФ были созданы 15 новых учебных заведений В южной части РСФСР в 1930 г. были открыты Воронежский учебно-строительный комбинат и первая Батайская школа пилотов и техников, которые участвовали в создания образовательного учреждения ГВФ в г. Ростове на Дону [4, с. 89].

Изучение архивных документов показывают, что строительство авиационного завода в г. Воронеже – центре центрально-черноземного округа потребовали большого количества авиационных специалистов разного профиля. В состав Воронежского учебно – строительного комбината входили институт и техникум

Директором института был назначен студент первого курса Подпоринов Василий Николаевич. Это был зрелый человек, который принимал участие в гражданской войне и восстановлении народного хозяйства в Курской области. Личный состав и учащиеся учебного заведения кроме основной деятельности внесли большой вклад в строительство Воронежского авиационного завода. В 1934 г. после ввода его в эксплуатацию, учебно-строительный комбинат был передан Наркомату тяжелой промышленности [ 7.Д.473.Л.4-12.].

Подпоринов В.Н. 03.10. 1933 года в должности начальника Киевского авиационного института (КАИ), приступил к созданию главного ВУЗа гражданского воздушного флота имея незаконченное высшее образование и опыт создания Воронежского образовательного учреждения ГВФ [1,с.9].

В Уставе Киевского института инженеров гражданской авиации (КИИ ГА) 1965 г. было записано, что он находится в подчинении МГА и организован 25 августа 1933 г. постановлением СНК СССР № 1815 п.1 с целью:

- подготовки научно - педагогических кадров и повышения квалификации специалистов работавших в ГА СССР;

- распространения научных и политических знаний среди трудящихся; изучение вопросов связанных с использованием специалистов окончивших институт и повышения качества их подготовки по специальностям: 0618 – математические и счетно-печатающие устройства; 0621 – Техническая эксплуатация авиационных приборов и электрооборудования самолетов; 0706 – ТЭ авиационного радиооборудования; 1610 – ТЭ самолетов и двигателей. В структуре института состояло 6 факультетов и 37 кафедр, Московский филиал КИИ ГВФ по заочному отделению, Одиннадцать учебно-консультационных пунктов (УКП) расположенных городах: Киев, Якутск, Хабаровск, Иркутск, Новосибирск, Ташкент, Ростов на Дону, Алма-Ата, Москва (Внуково), Магадан, Минск, где оказывали помощь студентам заочного отделения [9].

Мы имеем документ, подтверждающий начальный этап деятельности Ростовского УКП в системе высшего образования. Предположительно с преподавательским составом проблем не было, так как в 14 километрах находилась Батайская первая объединенная школа пилотов и авиатехников ГВФ. Комплексная школа была организована 14. 11. 1930 г на пустом и совершенно непригодном месте, но уже 01. 04. 1931 г. здесь приступили к занятиям 176 человек по специальности «пилот» и 111 будущих авиатехников [7. Д. 462.Л.122].

К концу года в школе работало восемь учебных кабинетов, был построен ангар, стала выпускаться своя многотиражная газета. Школа стала важнейшим объектом строительства, подлежащим удовлетворению рабочей силой и строительными материалами в первую очередь. [7.Д. 139. Л. 7].

Кроме основных специальностей школа готовила также пилотов-инструкторов, а с ноября 1932 года начала проводить переподготовку пилотов сельхозавиации. Первый выпуск авиаспециалистов в количестве 154 человек школа сделала в августе 1933 года. К этому времени школа уже располагала основным аэродромом, длиной полосы 400 м. и резервным - 1200 м., имелся ангар для ремонта авиатехники, общежитие на 500 человек. Пилоты использовали для обучения самолеты Р-1 с моторами М-5 в количестве 33 единиц, самолеты У-2 с моторами М-11-26 единиц, [7, д. 446, л.29].

Согласно приказу Главного управления ГВФ от 19.09.35 № 270 при школе были организованы Курсы высшей летной подготовки (КВЛП). Основной целью курсов была «переподготовка пилотов по самолетовождению, по приборам, по радио, ночью и в затруднительных метеорологических условиях, в высшей класс и на тяжелые самолеты». С этой даты отсчитывает свою историю Ульяновское высшее авиационное училище (Институт). Летом 1939 г. в связи с обострением международной обстановки КВЛП была переведена в Минеральные Воды, а Батайская объединённая школа передана в военные воздушные силы [8, л. 17-19].

Батайская авиационная школа так же способствовала созданию в г. Ростов на Дону в 1934 г. учебного тренировочного отряда(УТО). Ее работа долгие годы велась по предвоенным программам и на тех же типах самолетов По-2 и Ли-2. Только с 1950 г. стали поступать самолеты Ан-2, Ил-14, а позднее — «Аэро-45», «Супер-Аэро-145», Л-200 и «Морава». В 1953 г. началась эра реактивной авиации. В числе первых освоил самолеты Ту-134 и Ту-154 пилот-инструктор, в последующем директор Северо-Кавказского учебно-тренировочного центра (УТЦ ГА) Солоницын Анатолий Николаевич. Любой самолет, поступивший на эксплуатацию в Северо-Кавказское управление ГА, первыми осваивали работники центра.

Теоретическая подготовка в учебно-тренировочном отряде проводилась под руководством заместителя командира УТЦ Стояненко О.М. - кандидата технических наук, который так же имел опыт работы директора У КП, а затем Ростовского филиала КИИГА. В УТЦ впервые в стране были установлены шесть тренажеров: КТС Ту-154Б, Ту-154М, Ту-134, Як-42, Як-40, КТВ Ми-8. В учебном центре работали шесть заслуженных пилотов СССР. [10,с.393-395].

Ростовский У КП, который находился в одном здании с УТО, был переименован в Ростовский филиал Киевского института инженеров гражданской авиации приказом МГА № 373 от 16.06. 1969 г.. Несомненно это было связано с потребностями 15 эксплуатационных авиапредприятий Северо-Кавказского управления гражданской авиации и Ростовского авиаремонтного завода № 412. Авиаремонтное предприятие, организованное в 1955 году, к этому времени было ведущим в отрасли по ремонту самолетов Ан-10, Ан-24, Ан-12, и двигателей Аи-20. Коллектив завода, расположенного в шаговой доступности от аэропорта Ростов на Дону и филиала КИИ ГА, так же активно участвовал в организации ремонтных практик для учащихся.

Ближайшее от Ростовского филиала отраслевое образовательное учреждение расположено в Курской области. Рыльское авиационное училище спецслужб гражданского воздушного флота (РАУСС ГВФ) было организовано приказом начальника главного управления ГВФ №479 от 29. 09. 1960 г. на базе фондов, передаваемых из министерства обороны СССР. В сентябре 1955 г. из подмосковного Астафьева в Рыльск перевели 139-ю военную авиационную школу механиков (ВАШМ) радиотехнических станций военно-воздушных сил. Предположительно с этого времени необходимо отсчитывать дату создания Рыльского авиаколледжа. За пять лет школа уверенно вливалась в общественную и социальную жизнь города, здесь были построены аэродром, стоянки для самолетов, казармы, склады и иные объекты авиационной инфраструктуры в семи отдельных городках. Первый выпуск курсантов состоялся в апреле 1959 г., а в июне-июле на основании приказа МО СССР началась расформирование школы в связи с сокращением вооруженных сил. Короткая жизнь авиационной школы для ее личного состава не прервалась, а для многих продолжилась в училище спецслужб ГВФ.

Примечательно, что первый начальник РАУССа - Щелчков Иван Никитович – в 1936 после окончания Московского техникума спецслужб трудился начальником связи Батайской школы ГВФ, а также privately преподавал авиасвязь и радио-электрические системы обеспечения самолетов (РЭСОС). Он так же одним из первых принимал участие в испытательных полетах на самолетах: Сталь-2, Сталь -3, КА-5, АНТ-9, ПР-5, П-7 [2].

Важнейшим направлением совместной деятельности образовательных учреждений, территориальных управлений и авиапредприятий являлась профессиональная ориентационная деятельность в соответствии с ведомственными нормативными документами. Сроки приема и перечень документов от абитуриентов, определялись Условиями приема в высшие и средние специальные учебные заведения ГА. Специалисты управления учебных заведений министерства гражданской авиации (УУЗ МГА) готовили Приказы и распоряжения по организации профориентационной работы, в том числе при подготовке кадров без отрыва от производства в УВП и Ростовском, Иркутском и Ташкентском филиалах КИИГА [5,с.37-39].

Опыт комплектования учебных заведений гражданской авиации подтверждал эффективность следующих форм профориентационной работы:

- выступления ветеранов Аэрофлота, заслуженных людей и передовиков производства, профессорско-преподавательского и командно-руководящего состава по радио, телевидению, в периодической печати, школах, трудовых коллективах, воинских частях, военкоматах, музеях и комнатах боевой и трудовой славы;

- проведение дней открытых дверей в учебных заведениях, АТБ, базах ЭРТОС, службах и сменах предприятий;

- широкое использование проспектов, буклетов и других рекламных и профориентационных материалов вузов и училищ ГА в работе приемных и отборочных комиссий через местное радио и телевидение, в аэровокзалах, на борту воздушных судов (особенно местных воздушных линий, при перевозках военнослужащих);

- организацию агитперелетов и агитпоходов по периферийным предприятиям, школам и воинским частям;

- привлечение членов студенческих отрядов учебных заведений ГА в период их работы на производстве, старшекурсников, проходящих производственную практику, к агитационной и профориентационной работе с местной молодежью;

- активизация работы клубов и школ юных авиаторов по профессиональной ориентации школьников;

- встречи и беседы о профессии с родителями абитуриентов;

- проведение активной профориентационной работы со слушателями подготовительных курсов

Всего в этот период в ГА действовало 65 центральных и зональных приемных комиссий [6].



Ежегодно кадровые службы авиапредприятий направляли анализ движения кадров, перспективный и текущий прогнозы потребного количества авиационных специалистов различных профессий в отделы кадров территориальных управлений. На основе полученных данных управление учебных заведений МГА формировало план набора абитуриентов и выпуск инженеров, пилотов, диспетчеров, авиатехников обученных на конкретный вид авиационной техники эксплуатируемой в регионе. Автор исследования в течении 10 лет был организатором всей перечисленной деятельности в Тазовском и Таркосалинском авиапредприятиях Тюменского управления ГА.

С 1991 года Ростовский филиал МИИ ГА и Рыльский авиационный технический колледж ГА стали единственными южными учебными заведениями Росавиации и это способствовало тесному сотрудничеству в подготовке кадров для Северо-Кавказского УГА из числа местной молодежи.

Ростовский УТЦ расположенный в одном здании с филиалом стал центром профориентационной работы. Здесь была открыта школа юных авиаторов. Сотни юношей и девушек окончили школу и связали свою судьбу с авиацией. При учебно-тренировочном центре постоянно работала зональная приемная комиссия по набору в средние специальные учебные заведения ГА. В профориентационной работе, проводимой в десятках городов активно участвовали коллективы Ростовского филиала и УТЦ, включая руководителей.

Географическое расположение Рыльского авиационного технического колледжа и Южное управления гражданской авиации способствовало увеличению контрольных цифр набора. В 2002 году для обновления договорной работы и сотрудничества с авиапредприятиями была направлена агитбригада. Отчет о проблемах и успехах в совместной работе со специалистами межрегионального управления воздушного транспорта подготовленный автором статьи был опубликован в журнале Пятый Океан:

«В г. Ростове-на-Дону выяснилось, что многие районы Краснодарского края затоплены, и абитуриенты не имеют возможности приехать для поступления. В отделах образования, школах городов Курганинск, Лобинск, пгт. Мостовской по телефону договорились о совместных действиях и 26 июня вместе с председателем приемной комиссии, выехали на встречу с молодежью. Экзамены пришлось принимать в несколько этапов. Из многих станиц, отрезанных наводнениями, звонили родители и просили принять документы от их детей и вступительные экзамены. У многих документы пропали при наводнении, требовалось время для восстановления.

Приходилось иногда принимать нестандартные решения, так как педагоги, родители и абитуриенты надеялись на то что, на Курской земле дети будут получать не только образование, здесь их оденут, накормят, научат профессии и дисциплине. Переезжая из города в город, приходилось стоять в очереди на полуразрушенных переправах и мостах, видеть смытые бурной рекой Лабой дома и целые улицы. Семьдесят молодых краснодарцев были зачислены в авиаколледж и окончании учебного заведения они станут

специалистами радионавигационных и связных систем, авиатехниками и бортинженерами, электриками и светотехниками, программистами и пользователями компьютерных комплексов.

В коллективе Северокавказского учебно-тренировочного центра и филиале МГТУ ГА был первый концерт. Затем были еще пять концертов перед коллективами Ростовского и Шахтинского авиаремонтных заводов, в здании территориального управления, в аэровокзалах аэропортов Ростова-на-Дону и Сочи. Итогом всех встреч стали 10 подписанных договоров о ежегодной подготовке 128 специалистов в Рыльском АТК ГА для авиакомпаний и авиапредприятий Южного ОМТУ ГА, где было сказано, что они принимают непосредственное участие в комплектовании учащихся колледжа, оказывают шефскую помощь по укреплению материальной базы авиаколледжа [11].

Результатом совместной профориентационной работы стало исполнение распоряжения Минтранса России «Об организации подготовки и проведению приема в государственные образовательные учреждения профессионального образования гражданской авиации в 2004 году. Так по Южному ОМТУ ГА в МГТУ ГА, включая его ростовский филиал было принято 48 учащихся на очное обучение и 160 на заочное. Рыльский авиаколледж из 285 учащихся по 8 специальностям и специализациям было принято 104 курсанта, Всего в Ростовском АУЦ в средние специальные учебные заведения по техническим специальностям набирали 151 курсанта [3].

Халявко Павел Леонидович директор ростовского филиала и председатель зональной приемной комиссии традиционно организовывал профориентационную работу в регионе и оказывал помощь в организации и обеспечении необходимой документацией, правилами приема и рекламно-информационной продукцией.

Рыльский АТК с 01.01.2010 года стал филиалом Московского государственного технического университета. В профориентационной работе большую помощь оказывал Акопов Г.Л. – директор Ростовского филиала МГТУ ГА, председатель зональной приемной комиссии по высшим учебным заведениям. С его участием совместная профориентационная деятельность Ростовского и Рыльского филиалов МГТУ ГА на территории южного МТУ ГА позволила значительно увеличить прием в другие учебные заведения.

В последующие годы профориентационная деятельность стала уходить на второй план. На замену традиционной деятельности пришли сайты в интернете, единый государственный экзамен, рекламные ролики, дистанционное общение, изоляция учреждений в условиях пандемии и специальной военной операции, ограничение полетной зоны и другие методы привлечения учащихся. Эти причины повлияли на сокращению сотрудничества структурных подразделений Воздушного транспорта в решении актуальных аспектов гражданской авиации включай подготовку и переподготовку кадров для отдаленных от учреждений регионов.

На основании исследований изложенных в статье можно сделать следующие основные выводы:

Ростовский филиал МГТУ ГА имеет более достаточные основания отметить в 2033 г. столетний юбилей своего основания, чем, к примеру Ульяновский ВАУ ГА ведущий отсчет от Батайской школы или Егорьевский АТК ведущий отсчет от Гатчинской народной социалистической школы 1918 г., или трехсотлетие военно-космической академии имени Мажайского А.Ф. ведущей отсчет от инженерной школы времен Петра I;

Учреждения среднего профессионального образования воздушного транспорта с филиальной схемой подчинения становятся все более региональными и зависимыми от местных особенностей. Без централизованного управления со стороны учредителя и использования советского опыта подбора и подготовки авиационных кадров может привести к изменениям ведомственной значимости учебных заведений, особенно размещенных в малых городах.

### Литература

1. Азарсков В.М. Ректоры национального авиационного университета / В.М. Азарсков и др. – К.: НАУ, 2003. 126 с.

2. Архив Рыльского авиационного технического колледжа гражданской авиации (АРАТК ГА). Ф. 934. Оп. 1-л. Д. 237 (личное дело Щелчкова И. Н.).

3. АРАТК ГА. Распоряжение Минтранса России № БН-9-р от 02.06.2004 г. «Об организации подготовки и проведения приема в государственные образовательные учреждения профессионального образования гражданской авиации в 2004 г.»

4. История отечественной гражданской авиации // отв. редактор Филатов И.А., М.: Воздушный транспорт, 1996. 584 с.

5. О мерах по устранению недостатков в работе КИИ ГА по подготовке кадров без отрыва от производства: Приказ МГА СССР от 19 февраля 1982 г. // Сборник Приказов МГА за 1982 г. М.: 1983. С. 37-39.

6. О проведении общественного смотра клубов юных авиаторов и технических кружков предприятий, организаций, учебных заведений и клубных учреждений ГА: Постановление Коллегии МГА от 02.08.1979 г. № 52.//Сборник Постановлений коллегий МГА СССР за 1980 г. М.: 1980. - С. 158.

7. Российский гос. архив экономики (РГАЭ). Ф.9527. (ГУ ГВФ) Оп.1.

8. Ульяновское высшее авиационное училище гражданской авиации. К 70-летию со дня основания.(1935-2005).Ульяновск 2005. Изд. «Корпорация технологий продвижения».144с.

9.Устав Киевского института инженеров ГА // Архив Российской национальной библиотеки. Шифр 66-7/ 154. 1965. Л. 2-5.

10.Хороших В.А. Школа Гражданской авиации. Становление и развитие учебных заведений гражданской авиации во второй половине XX и начале XXI столетий. Курский гос. ун-т. 2019. Курск. 502 с.

11. Хороших В.А. Рыльский авиаколледж в поисках абитуриентов. Пятый Океан. Журнал делового общения. 2002 . №4. С. 17-19

***Панферова Дарья Олеговна***

*Старший преподаватель кафедры организации перевозок на воздушном транспорте, Московский государственный технический университет гражданской авиации.*

## **ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ГРУЗОВЫХ БПЛА**

**Аннотация.** Применение грузовых БПЛА обусловлено спецификой технических возможностей беспилотной авиатехники: она может стать альтернативой пилотируемому транспорту в труднодоступных регионах, почтовой и курьерской доставке, при обеспечении охраны окружающей среды, мониторинге лесных ресурсов, мониторинге безопасности дорожного движения, контроле состояния инфраструктуры трубопроводного транспорта в труднодоступных регионах, при перевозке грузов в труднодоступных регионах. [4]

**Ключевые слова.** беспилотные летательные аппараты (БПЛА), беспилотные авиационные системы (БАС), рынок БАС, авиационная отрасль, грузовые БПЛА, перспективы развития рынка БПЛА.

***Panferova Darya Olegovna***

*Senior Lecturer at the Department of Organization of Air Transport, Moscow State University of Civil Aviation*

## **TRENDS IN THE DEVELOPMENT OF THE CARGO UAV MARKET**

**Abstract.** The use of cargo UAVs is due to the specifics of the technical capabilities of unmanned aircraft: it can become an alternative to manned transport in hard-to-reach regions, postal and courier delivery, while ensuring environmental protection, monitoring forest resources, monitoring road safety, monitoring the state of pipeline transport infrastructure in hard-to-reach regions, when transporting goods in hard-to-reach regions. [4]

**Keywords.** unmanned aerial vehicles (UAVs), unmanned aircraft systems (UAS), UAS market, aviation industry, cargo UAVs, prospects for the development of the UAV market.

Позитивной особенностью применения грузовых БПЛА в черте города является то, что оно не зависит от пробок, светофоров, аварий. Доставлять товары можно практически по прямой.

Активный рост использования грузовых БПЛА связан в том числе со срочной транспортировкой медицинских образцов в диагностические лаборатории, доставкой медицинских товаров, а также товаров повседневного спроса.

В российской научной среде большое внимание уделяется проблематике БПЛА: истории создания, конструктивным особенностям, областям применения и перспективам развития. [4]

Ретроспективный анализ истории создания и развития отечественных комплексов БПЛА позволил определить пять основных периодов их развития сроком примерно по 20 лет: I — с 1927 по 1939; II — с 1940 по 1959; III — с 1960 по 1979; IV — с 1980 по 1999; V — с 2000 г. по настоящее время. Рассматриваемые периоды характеризуются возникновением и нарастанием разнообразия эксплуатируемых типов БПЛА в гражданском сегменте, причем уже в 1980-х годах количество эксплуатируемых типов гражданских БПЛА становится преобладающим. [4]

Участие в работах по созданию БПЛА принимали несколько КБ и НИИ разных отраслей промышленности, учитывался международный опыт.

Динамику развития отечественных беспилотных летательных аппаратов можно увидеть на Рисунке 1., а также Распределение по взлетной массе БПЛА РФ и бывшего СССР можно увидеть в Таблице 1 Распределение по взлетной массе БПЛА Российской Федерации и бывшего СССР.

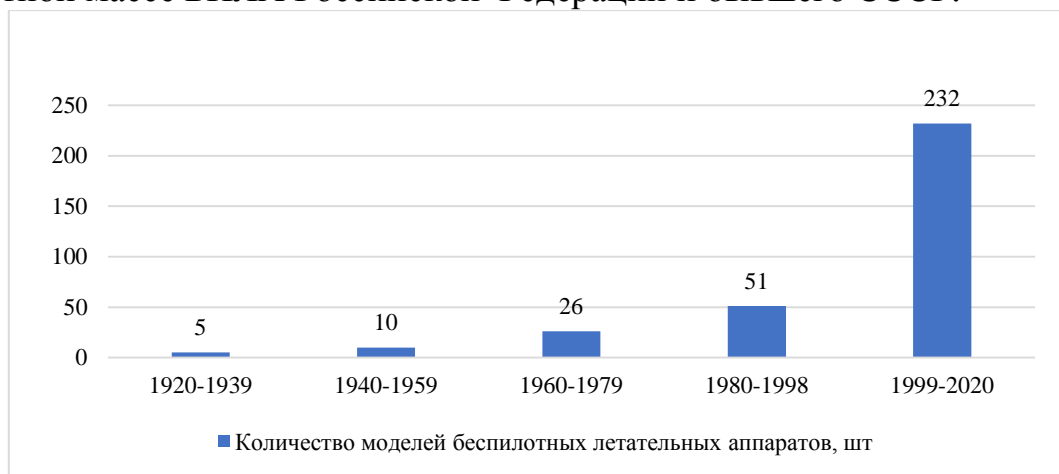


Рис. 1. Динамика производства БПЛА Российской Федерации и бывшего СССР.

Таблица 1 Распределение по взлетной массе БПЛА Российской Федерации и бывшего СССР [1]

Взлетная масса, кг	Самолетного типа	Вертолетного типа

До 7	Брат, Брат-2, Бумеранг, Дельта-М, Геоскан-101, Гранат-1, Гранат-2, Гранит-Ф, Грифон-02, Грифон-11, Грифон-12, Е25, Застава, Инспектор-101, Инспектор-201, Инспектор-202О, Инспектор-301, Иркут-2 М, Иркут-3, Истра-10, Кречет-1, Кречет-2, Кречет-3М, Ласточка, Локон, Нелк-СЗ, Орлан-1, Орлан-2, Орлан-3, Орлан-3М, Оцелот, Пионер S100, ПП-50 Взор, Рассвет, Рикор АЛ-210, Рисса Т-3, Рубеж-2, СВВП, Т23 Элерон, Т23Э, Т25, Элерон-3, Photobot, Supercam S-250, ZALA 421-04, ZALA 421-08, ZALA 421-11, ZALA 421-12.	Альбатрос, Вяхирь, Гранад ВА-200, Гранад ВА-1000, Гранат-5, Грифон-07, ДПВ-6К, Индиго, Колибри-6, Нелк-В4, Нелк-В6, Нелк-В12, Нелк-Фаворит, Рикор АЛ-110, Оса, Пустельга, Фотокоптер, Эра-50, Эра-51, Air-250, Dan-3, Dan-4, Orsis CZ-690, Orsis CZ-960, Supercam X6, Supercam X6M2, ZALA 421-05H, ZALA 421-21.
7-25	Акваплан-1У, БС-103 Рикор, Геоскан 201, Гном-1, ГрАНТ, Гриф, Дрозд Т10Э, Инспектор-401, Инспектор-402, Иркут-10, Иркут-20, Истра-13, Кречет-10, Кугуар, М830Б Свист, Мурена, Орлан-10, Птеро-СМ, Птеро-Е, Птеро-ГО, Птеро-Г1, Рикор АЛ-310, Рисса Т-2, Рубеж-10, Рубеж-20, Тахион, Т21, Т24, Т90-11, Утка-МАИ, Фотон-602, Фрегат-2, Samruk-3М, Supercam, S-350, Sapsan-3000, ZALA 421-16.	Бласкор, Ворон-300, Гироплан-МАИ, Геоскан 401, Грифон-41, ДПВ-8К, ДПВ-12Б, ДПВ-20Б, МИИГАиК Х8, МТ6М-03, Нелк-BS, Рисса ТН-1, Рисса ТН-2, Тайфун ТF-2, ТБ 29В Тайбер, Эра-101, Air170X-operA, Supercam X8M, ZALA 421-06, ZALA 421-22.
25-150	А-175 Акула, БЛА-05 Типчак, БЛА-07 Типчак, БЛА-08 Типчак, Витязь, Ворон, Гамма, Гном-2, Гранат-4, Дозор-2, Дозор-4, Дозор-100, Е2Т, Е08, Е22 Берта, Е-95, Е95М, Жаворонок-1, Жаворонок-2, Инспектор-601, Иркут-60, Истра 012, Истра-17, Колибри-Л, Кречет-30, Кулон-2, Ла-251 Аист, М850 Астра, Орлан-30, Орлан-50, Орлан (ГУАП), Отшельник, Пчела 1Т, Рикор АЛ-510, Рисса К2, Рубеж-6, Стерх-БМ, Т92 Лотос, Т92М Чибис, Чибис-1, Филин-1, Филин-2, Форпост, Фотон-601, Шмель-1, Эксперт, Aerob 4D, Aerob 4DFL, Samruk-SM, ZALA 421-09.	БПВ-37 Бриз, Ворон, Ворон-333, Ворон-700, Горизонт Эйр S-100 Гранат-6, ДПВ-50Б, Рубикон, Тайфун ТF-3, Хаски, Air-Q4, Air-Q8, ZALA 421-02, ZALA 421-23.

150-750	Беркут, БЛА-06 Аист, ДПЛА-70, Дань, Дань-Барук, Дань-М, Данэм, Дозор-3, Иркут-200, КАИ-83 Москит, Колибри-С, Корсар, Ла-225 Комар, Луч, Сорока, Фазан, Чирок, ZALA 421-20.	Альбатрос, БПВ-500, ВРТ-300, Ка-37, Ка-135, Ка-137, Ка-175, Патруль, Роллер.
750-8600	А-03 Нарт, Авиус-1, Альтаир, Зеница, Иноходец, Иркут DA-42, Иркут-850, Кайра-1, Кайра-2, Орион, С-62, Рейс-Д, Сова, Ту-243 Zond-3, Ту-300 Коршун, Як-133БР.	А-002М, Ка-115, Ка-126БВ Ми-34БП-1, Скаймак-3001.
Более 8600	Охотник-У, Прорыв-У, Скат, Zond-1, Zond-2.	-

В настоящее время интенсивно появляются новые более совершенные модели БПЛА, которые пополняют список, приведенный в Таблице 1. Одной из таких экспериментальных моделей стал тяжелый беспилотник «Партизан», планируется, что он будет перевозить грузы «Почты России» в рамках эксперимента. Эксперимент планируется начать в 2024 году. Грузоподъемность будет достигать 1 тыс. кг, а дальность полета - 1 тыс. км.

Еще одна модель БПЛА — это российский беспилотник самолетного типа Транспортная Авиационная Многофункциональная Платформа, который с 2024 года начнут использовать для доставки грузов в Якутии. [3]

Планируется, что с 2024 года дальний транспортный беспилотник начнет доставлять грузы в труднодоступные районы республики в экспериментальном режиме.

В связи с вышеуказанным можно полагать, что создание и серийный выпуск отечественных БПЛА, их развитие актуальны и имеют важное значение для российской экономики и национальной безопасности. [4]

Рассмотрим особенности использования БПЛА в сфере услуг.

Доставка беспилотниками меняет правила игры в мире логистики. Использование грузовых БПЛА открывает новые возможности - такие как логистика и доставка грузов для транспортных компаний и других бизнесов, связанных с перемещением товаров и продукции.

Преимущества использования грузовых БПЛА:

- высокая скорость доставки;
- снижение эксплуатационных расходов на авиатопливо;
- доступ к удаленным районам — беспилотники быстро доставят грузы по воздуху в горы, на острова и другие труднодоступные области;
- экологическая чистота — БПЛА не выбрасывают в атмосферу вредные вещества в больших объемах, способствуют снижению шумового воздействия.

Как и у любой новой технологии у грузовых БПЛА пока ещё имеют место недостатки.

Проблемы использования грузовых БПЛА:

- зависимость от погодных условий;
- пока еще относительно высокая стоимость новых типов БПЛА;
- потребность в строгом контроле за техническим состоянием БПЛА для поддержания безопасности их полетов;
- у большинства беспилотников ограниченное время полета из-за небольшого ресурса установленных аккумуляторов — это создает сложности при доставке на большие расстояния;
- при большом количестве грузовых БПЛА в воздушном пространстве во избежание аварийных ситуаций потребуется координировать их маршруты с курсами, проложенными для самолетов и вертолетов.

Производители БПЛА активно работают над усовершенствованием своей продукции. Поэтому большинство из этих минусов станет менее актуальными в обозримой перспективе.

Факторы, препятствующие росту рынка:

- Высокая первоначальная стоимость создания и организации серийного производства БАС создает серьезную проблему для малого и среднего бизнеса с ограниченными финансовыми возможностями. Помимо покупки БПЛА, необходимо вкладываться в инфраструктуру: средства зарядки, запасные части, обучение персонала для эксплуатации и обслуживания БПЛА.

- Обеспечение соответствия нормативным требованиям, которые все еще продолжают создаваться. Правительство утвердило Концепцию интеграции беспилотников в единое воздушное пространство в 2021 году (Распоряжение от 5.10.2021 г. № 2806-р), однако она позволит решить проблему лишь частично и только к 2030 году.

- Развитие нового отраслевого сегмента беспилотной авиации в условиях незавершенных процессов ее создания требует от предприятий инвестиций в набор и обучение персонала и в спецоборудование. БПЛА должны соответствовать стандартам безопасности, что потребует осуществления дополнительных эксплуатационных расходов.

Концепция интеграции беспилотников в единое воздушное пространство включает:

1. первый этап (до 2023 года) - организационный; характеризуется внедрением таких фундаментальных сервисов, как электронная регистрация, учет и идентификация. Указанные сервисы позволят удаленно идентифицировать беспилотное воздушное судно, находящееся в полете, включая информацию о его фактическом местоположении, технических характеристиках, изготовителе и владельце. [8]

2. второй этап (до 2027 года) - технологический; характеризуется внедрением автоматизированного скоординированного планирования использования воздушного пространства беспилотными и пилотируемыми воздушными судами; [8]

подготовкой предложений по актуализации настоящей Концепции.

3. третий этап (до 2030 года) – цифровой; характеризуется внедрением средств динамического геозонирования воздушного



пространства, обеспечением цифрового интерфейса взаимодействия эксплуатантов и внешних пилотов беспилотных воздушных судов с органами обслуживания воздушного движения, обеспечением разрешения конфликтных ситуаций на тактическом уровне (в процессе полета) на базе цифровых платформ. [8]

Основные сегменты применения грузовых БПЛА.

Современные грузовые БПЛА оснащены необходимым оборудованием: датчиками и программным обеспечением нового поколения. Технически они различаются размерами, максимальной полезной нагрузкой, дальностью и временем полетов. По этим параметрам специализацию БПЛА условно можно разделить на четыре категории:

- Внутрифирменные складские поставки. Используются для оптимизации внутрипроизводственных процессов: сортировка товаров по складам, центрам распределения и доставки. [2]

- Доставка «последней мили» (доставка груза от склада отправителя до склада получателя). Используются для доставки на короткие и средние расстояния товаров и промышленной продукции между компаниями и корпоративными партнерами, например, в B2B-сегменте (business-to-business) — это бизнес-модель, при которой одна компания продаёт продукцию другим компаниям). [2]

- Погрузка/разгрузка грузовиков, морских и речных судов. Товары перемещаются дронами с терминалов на склады, пункты выдачи и могут доставляться ближайшим потребителям. [2]

- Междугородная доставка и по городу. Эта категория находится в стадии развития, если говорить о глобальных расстояниях. Однако уже сейчас есть компании, которые организуют доставку в пределах крупных мегаполисов и между соседними городами. [2]



Рис. 2 Текущее состояние и прогнозы развития

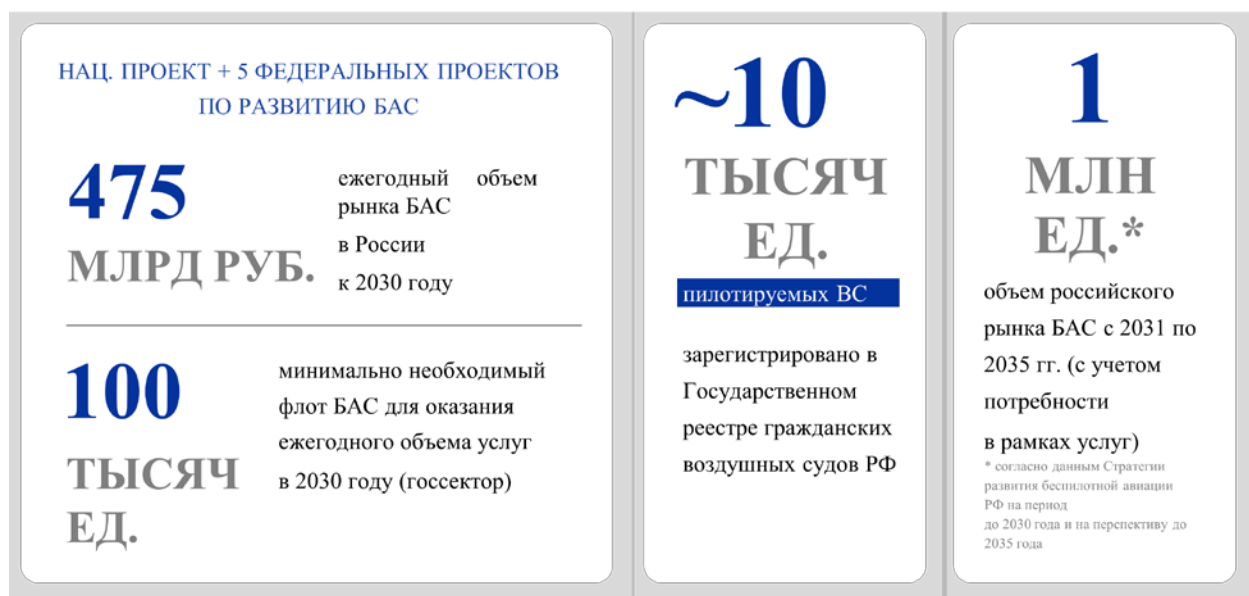


Рис. 3 Прогнозы развития

Национальный проект «Беспилотные авиационные системы» (БАС)

Национальный проект «Беспилотные авиационные системы» (БАС) определяет стратегию развития беспилотной авиации на период до 2030–2035 годов.

В структуру нацпроекта входят пять федеральных проектов:

1. «Стимулирование спроса на отечественные БАС».
2. «Разработка, стандартизация и серийное производство БАС и комплектующих».
3. «Развитие инфраструктуры, обеспечение безопасности и формирование специализированной системы сертификации БАС».
4. «Кадры для беспилотных авиационных систем».
5. «Фундаментальные и перспективные исследования в сфере БАС».

Федеральные проекты предусматривают разработку и серийное производство отечественных БАС, создание крупных производственных центров, развитие инфраструктуры, включающее строительство аэродромов, вертодромов и дронопортов, а также подготовку кадров для беспилотной авиации.

В заключении отмечу:

Ожидается что рынок услуг грузовых БПЛА в России может вырасти к 2030 году до 120–475 млрд. руб. в год. Высокие темпы развития делают необходимым обратить особое внимание на факторы, препятствующие росту и устранению основных ограничений. С учетом быстрого развития отечественного производства прогнозируемые результаты могут быть выше.

Для ускорения развития рынка в России уже выпускают необходимое оборудование. Необходимо совершенствование регулирования и использования гражданской инфраструктуры для грузовых БПЛА. Пока оно сталкиваются с ограничениями, но, когда вопрос с регулированием и

использованием гражданской инфраструктуры будет решен, рынок сможет развиваться быстрее.

### Литература

1. Кузнецов Г.А., Кудрявцев И.В., Крылов Е.Д. Ретроспективный анализ, современное состояние и тенденции развития отечественных беспилотных летательных аппаратов // Инженерный журнал: наука и инновации. 2018. №9 (81). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/retrospektivnyy-analiz-sovremennoe-sostoyanie-i-tendentsii-razvitiya-otechestvennyh-bespilotnyh-letatelnyh-apparatov/viewer> (дата обращения: 25.03.2024)
2. Грузовые беспилотники: как БПЛА работают в доставке, и насколько жизнеспособна эта идея <https://vc.ru/tech/965776-gruzovye-bespilotniki-kak-bpla-rabotayut-v-dostavke-i-naskolko-zhiznesposobna-eta-ideya> (дата обращения 1.04.2024)
3. Тяжелый беспилотник «Партизан» будет перевозить грузы «Почты России» в рамках эксперимента URL: <https://tass.ru/obschestvo/20170531> (дата обращения 1.04.2024)
4. Панферова Д. О. ПЕРСПЕКТИВЫ РОССИЙСКОЙ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54495162> (дата обращения 1.04.2024)
5. Панферова Д. О. История развития и перспективы российской беспилотной авиации Наука. Техника. Человек: исторические, мировоззренческие и методологические проблемы. 2022. Т. 1. № 12. С. 80-85 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=54396127> (дата обращения 1.04.2024)
6. Смотрите вверх: как в России рождается беспилотная аэрологистика URL: <https://trends.rbc.ru/trends/industry/cmrm/62036c429a7947ce2fc410cc?from=copy> (дата обращения 3.04.2024)
7. В России разработали дальний транспортный беспилотник ТрАМП URL: <https://ria.ru/20230208/bespilotnik-1850444168.html> (дата обращения 3.04.2024)
8. Распоряжение Правительства РФ от 5 октября 2021 г. N 2806-р Об утверждении Концепции и плана реализации Концепции интеграции беспилотных воздушных судов в единое воздушное пространство РФ в части развития технологий

**Ландышев Владимир Александрович**

*Доцент кафедры «Информационные технологии», Донской  
Государственный Технический университет, Ростов-на-Дону, к.т.н.*

**Ландышева Ольга Николаевна**

*Преподаватель, Институт водного транспорта им. Г.Я. Седова.*

*Костенко Елизавета Петровна*  
*Студент, Ростовский филиал Российской таможенной академии*

## **ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ КОМПОНЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ**

**Аннотация.** в настоящей работе рассматриваются вопросы проведения практических расчетов надежности автоматизированных систем управления.

**Ключевые слова.** надёжность, автоматизированные системы управления вероятность безотказной работы интенсивность отказов, наработка на отказ, MTBF, MTTF.

*Landyshev Vladimir Alexandrovich*  
*associate Professor of the Department «Information technologies of DSTU»*

*Landysheva Olga Nikolaevna*  
*teacher of IVT named after G. ya. Sedov*

*Kostenko Elizaveta Petrovna*  
*student Faculty of Customs Affairs*  
*Rostov branch of the Russian Customs Academy*

## **IMPORT SUBSTITUTION OF SOFTWARE PRODUCTS USED IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY**

**Abstract.** this paper discusses the issues of conducting practical calculations of the reliability of automated control systems.

**Keywords.** reliability, automated control systems, probability of failure-free operation, failure rate, time between failures, MTBF, MTTF.

При создании современных автоматизированных систем управления широкое применение находят функциональные узлы, построенные на базе стандартных сетевых устройств Ethernet таких как коммутаторы маршрутизаторы сетевые адаптеры, рабочие станции и серверы.

В настоящее время отсутствуют справочники, которые содержали бы параметры надежности для устройств данного типа в связи с чем при проектировании автоматизированных систем единственный параметр, который доступен в документации производителя оборудования являются MTBF и MTTF. Данные параметры являются аналогами показателей надежности описанных в [1] это:

MTTF (mean time to failure) «...наработка до отказа: Нарботка объекта от начала его эксплуатации или от момента его восстановления до отказа...» [1]. Данный показатель применим для невозстанавливаемых систем.

Данные показатель применим для восстанавливаемых систем. В таблице 1 приведен пример данного параметра приведённый в спецификации

коммутаторов 3-го уровня производства D-Link размещенный на сайте производителя оборудования [3].

Таблица 1 – Сравнительная характеристика коммутаторов d-link

Модель	DGS-3620-28TC	DGS-3620-52T	DGS-3610-26 A2	DGS-3120-28TC B1
Описание	Коммутатор 3 уровня с 20 портами 1000BASE-T, 4 комбо 1000BASE-T/SFP портами и 4 10G SFP+ портами	Коммутатор 3 уровня с 48 портами 1000BASE-T и 4 10G SFP+ портами	Коммутатор 3 уровня с 12 портами 1000BASE-T, 12 комбо 1000BASE-T/SFP портами и двумя слотами расширения для 10GE XFP или SFP+ модуля	Коммутатор 3 уровня с 24 портами 1000BASE-T, 4 комбо 1000BASE-T/SFP портами и 2 портами 10G CX4
MTBF (часов)	287763	255609	188129	344512

Если принять в качестве ограничивающего условия, то что коммутатор не будет восстанавливаться в течении срока эксплуатации (прежде всего это определяется ограничением такой возможности производителем в связи с истечением окончания срока жизни линейки устройств) то можно принять значение MTBF равным MTTF, а значит использовать расчетную формулу из [2] для расчёта вероятности безотказной работы  $P(t)$

$$P(t) = \exp^{-\left(\frac{t}{T}\right)}, \quad (1)$$

где  $T=MTBF$  то есть среднее время наработки между отказами в часах, а  $t$  расчетный срок эксплуатации рассчитываемого узла.

Интенсивность отказов  $\lambda(t)$  можно рассчитать по формуле приведенной в [2]

$$\lambda(t) = \frac{1}{T} \quad (2)$$

где  $T=MTBF$  также среднее время наработки между отказами в часах.

Проведем примерные расчеты надежности, для модели DGS-3620-28TC для которой при сроке эксплуатации 10 лет расчетные показатели надежности будут равны

$$P(t) = \exp^{-(87600/287763)} = 0,73,$$

$$\lambda(t)=1/287763=0,0000034.$$

Исходя из полученных параметров  $P(t)$   $\lambda(t)$ , можно построить схему расчета надежности вычислительной сети разработанной с использованием описанной линейки оборудования и провести прикидочные расчеты показателей надежности. Единственным ограничением данной методики является то что не всегда данные параметры доступны для выбранного оборудования.

Выводы:

1. В настоящее время отсутствуют актуальные технические справочники по показателям надежности типовых компонентов автоматизированных систем, единственными показателями доступными из технических спецификаций являются показатели такие как наработка между отказами «МТВФ» и наработка до отказа «МТТФ».

2. Использование параметров МТВФ и МТТФ позволяет на этапе проектирования АСУ оценить надежность подсистем автоматизированной системы и провести предварительную оценку надежности системы на этапе планирования.

3. Существует возможность получение из значений МТВФ и МТТФ показателей вероятности безотказной работы  $P(t)$  и интенсивности отказов  $\lambda(t)$  что позволяет провести полноценный расчет надежности для компонентов системы.

4. Существенным ограничением данной методики является то что многие производители оборудования не предоставляет информацию о надежности производимых систем конечному пользователю.

### Литература

1. ГОСТ Р 27.102-2021 Надежность в технике надежность объекта.
2. ГОСТ Р МЭК 61078-2021 Надежность в технике. Структурная схема надежности.
3. Управляемые коммутаторы 3 уровня Gigabit Ethernet <https://www.dlink.ru/>

#### *Костенко Петр Иванович*

*Доцент кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования  
Ростовского филиала Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

#### *Громов Илья Алексеевич*

*Студент, Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА).*

### **АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЭРОДРОМНЫХ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОСТРОЕНИЮ ИХ АНТЕНН**

**Аннотация.** в докладе предложен вариант построения антенны аэродромной МПСН на основе сформированных требований. Приведены теоретические результаты и отмечены основные закономерностей формирования секторной диаграммы направленности двухэлементной антенной системы.

**Ключевые слова.** многопозиционные системы наблюдения, антенна, система двух вертикально ориентированных вибраторов.

***Kostenko Petr Ivanovich***

*Associate Professor of AERPO*

***Gromov Iliya Alekseevich***

*Student of the Department of AERPO*

*FGBOU VO «Rostov branch of the Moscow State Technical University  
of Civil Aviation»*

**Abstract.** the report suggests a variant of constructing an aerodrome MPSN antenna based on the formed requirements. Theoretical results are presented and the main patterns of formation of the sector pattern of a two-element antenna system are noted

**Keywords.** multi-position surveillance systems, an antenna, a system of two vertically oriented vibrators

## **ANALYSIS OF EXISTING AIRFIELD MULTI-POSITION SURVEILLANCE SYSTEMS AND SUGGESTIONS FOR BUILDING THEIR ANTENNAS**

Во всех материалах ИКАО и Евроконтроля отмечается, что МПСН по назначению должны удовлетворять требованиям, предъявляемым к аналогичным системам. Таким образом, МПС на аэродромной зоне должна удовлетворять требованиям Приложения 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. - Т. IV. Системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений [1]. На основе Приложения 10, а также ряда других документов ИКАО Евроконтроль разработал минимальные требования к широкозонным многопозиционным системам контроля воздушного пространства на воздушных трассах и в аэродромной зоне ED-142 [2].

В соответствии с ФАП воздушное пространство (ВП) района аэродрома определяется нормативными документами для каждого конкретного аэродрома. В АМПСН»Мера» производства ОАО» ВНИРА» [3], «Альманах» производства НПП «ЦРТС» [4], «MAS 2700» производства AZIMUT[5], P3D-AS AER «Эра» производства»ERA» (Чехия), используемых в составе аэродромных комплексов ГА России, применяются принимающие станции, которые в состав которых входит антенна и приемник.

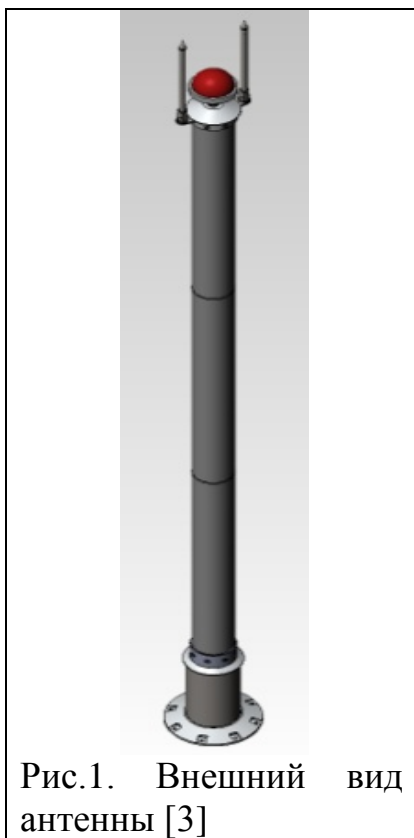


Рис.1. Внешний вид антенны [3]

Антенна РШПИ.464657.024 (рисунок 1) предназначена для приема сигналов на частоте от 1080 до 2000 МГц. Антенна РШПИ.464657.024 конструктивно выполнена в виде линейного излучателя под радиопрозрачным экраном из стеклопластика, крепящегося на основании (фланце).

Антенна имеет следующие технические характеристики:

- КСВН по входу не более 1,5;
- поляризация сигналов – вертикальная;
- ширина диаграммы направленности (ДН) в горизонтальной плоскости на уровне минус 3 дБ 360 град;
- ДН в вертикальной плоскости имеет квазикосекансную форму.
- крутизна нижней кромки ДН в вертикальной плоскости на уровне минус 6 дБ не менее 2 дБ/град;
- вертикальный раскрыв:

- минимальный угол места – не более 0,3 град.;
- максимальный угол места – не менее 45 град.;
- габаритные размеры 3890×320×320 мм;
- масса – 60 кг. Конструктивно антенна РШПИ.464657.024 выполнена в виде отдельных сборочных единиц, объединенных в единую несущую конструкцию

Для приёмных и передающих станций аэродромной МПСН «Альманах» использованы всенаправленные антенны ЦРТС с КУ=5 дБ высотой антенны один метр (рисунок 2а,б) и секторные (КУ 12 дБ, 14 дБ).



а)

б)

Рисунок 2 – Внешний вид всенаправленной антенны ЦРТС [4]



Применяемая в аэродромной МПСН РЗD-ASAER «Эра»приемо-передатчиках антенна AL1W предназначена для приема и передачи в диапазоне частот от 1000 до 1160 МГц, и для приема в диапазоне от 990 до 1190 МГц, представляет собой вертикальный цилиндрический диполь с высокочастотной реактивной катушкой в базе (рисунок 3а). Рефлектор на  $180^\circ$  преобразует всенаправленную диаграмму антенны в секторную с шириной лепестка в азимуте  $180^\circ$  для уровня 0,707 по сравнению с максимумомAL1W.



а)б)

Рис.3. Внешний вид: а) всенаправленной антенны AL1W[5];  
б) секторной ( $120^\circ$ ) антенны из состава АМПСН «MAS 2700»

На рисунке 3б представлена секторальная антенна ( $120^\circ$ ) из состава АМПСН «MAS 2700».

В составе приемной станции из состава АМПСН «Мера» (ОАО «ВНИРА») используются секторные антенны типа ТАЛМ.468578.011 (рисунок 4), представляющие собой отдельную диаграммообразующую схему, соединенную с перфорированным металлическим экраном. Диаграммообразующая схема секторальных антенн выполняется в виде линейной решетки [6], в частном случае для ТАЛМ.468578.011 –десяти симметричных вибраторов, возбуждаемых при помощи горизонтальной распределительной системы. Принцип работы антенны секторной АС заключается в формировании диаграммы направленности путем создания на входах излучателей требуемого амплитудно-фазового распределения при помощи развязанного делителя мощности/



Рис.4. Внешний вид секторной антенны ТАЛМ.468578.011

Конструкции рассмотренных типов секторных антенн довольно сложны в изготовлении и настройке. Однако конструкция антенны, обеспечивающая формирование заданной секторной ДН, может быть упрощена путем исключения отражающего экрана и использования двухэлементной антенны.

**Предложения по построению антенны приемной системы МПСН.** Антенну приемной системы МПСН, наиболее полно удовлетворяющую сформулированным выше требованиям, предлагается выполнять в виде системы двух вертикально ориентированных вибраторов (рисунок 5), разнесенных на расстояние  $\Delta R$ , излучающих сигналы на одной частоте, одинаковой амплитуды  $A$  и разностью фаз  $\Delta\Phi$ . Значения  $\Delta R$  и  $\Delta\Phi$  определяются по результатам моделирования.

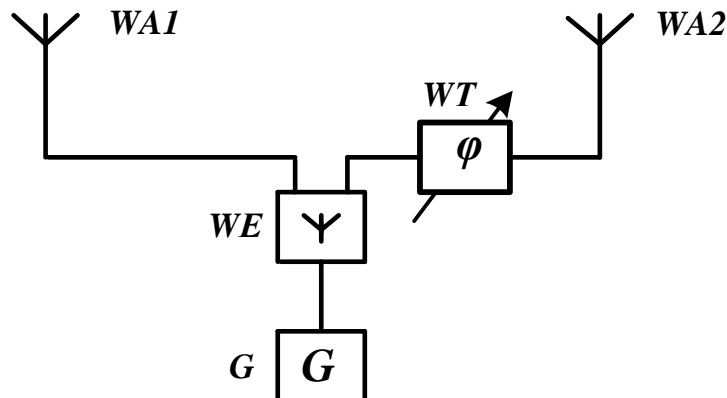


Рис.5. Вариант предлагаемой антенны МПСН – система двух вертикально ориентированных вибраторов: где  $G$  – СВЧ-генератор,  $WE$  – делитель мощности на два направления,  $WT$  – фазовращатель,  $WA1$  и  $WA2$  – две антенны

### **Моделирование системы двух вертикально ориентированных вибраторов**

Моделирование характеристик предлагаемого варианта антенны МПСН системы включает;

– выбор соотношения амплитуд и фаз возбуждения двухэлементной антенной решетки электрических вибраторов, обеспечивающих требования по ДН;

– энергетический расчет параметров антенны, обеспечивающих заданную точность определения положения объекта на территории аэропорта [7].

Запишем с учетом соотношения (1) выражение для ДН формулой (1)

$$F(\theta, \varphi) = \frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos kl}{\sin \theta} \times \\ \times \left\{ A_1 \cdot \exp(i \cdot \psi_1) \cdot \exp\left(-i \cdot k \cdot \frac{dx}{2} \cdot \cos \theta \cdot \cos \varphi\right) + \right. \\ \left. + A_2 \cdot \exp(i \cdot \psi_2) \cdot \exp\left(i \cdot k \cdot \frac{dx}{2} \cdot \cos \theta \cdot \cos \varphi\right) \right\}, \quad (1)$$

где  $A_1$ , [A] и  $\psi_1$ , [рад]- соответственно амплитуда и фаза токов возбуждения первого электрического вибратора;  $A_2$ , [A] и  $\psi_2$ , [рад]- соответственно амплитуда и фаза токов возбуждения второго электрического вибратора;  $dx$ - расстояние между АЭ АР. Отсчет углов  $\theta$  и  $\varphi$  показан на рисунке 6.

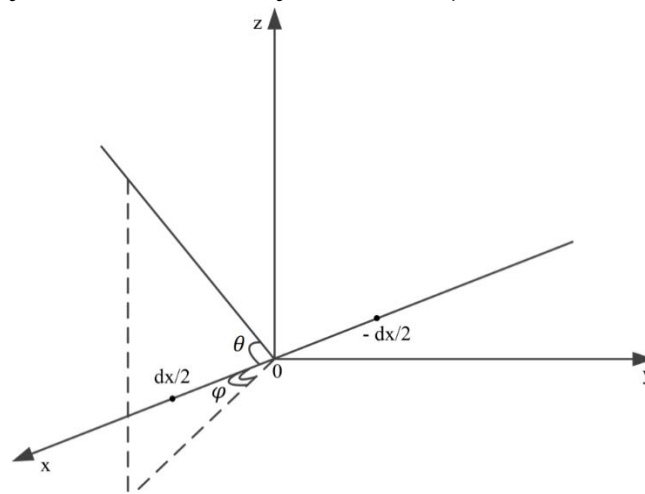


Рисунок 6 – Геометрия расположения излучателей и отсчета углов при вычислении ДН

Максимальное значение  $F(\theta, \varphi)$  наблюдается в плоскости  $\theta = 0$  град и определяется формулой (2)

$$F_{\text{макс}} = kl \left| A_1 \exp(i\psi_1) \exp\left(-ik \frac{dx}{2} \cos \varphi_{\text{макс}}\right) + A_2 \exp(i\psi_2) \exp\left(-ik \frac{dx}{2} \cos \varphi_{\text{макс}}\right) \right|, \quad (2)$$

где  $\varphi_{\text{макс}}$  - направление максимального излучения в азимутальном направлении.

Нормированная ДН рассматриваемой АР определяется формулой (3)

$$F(\theta, \varphi) = \frac{\cos(kl \cos \theta) - \cos kl}{kl \sin \theta} \times$$

$$\times \overline{\left[ A_1 \exp(i\psi_1) \exp\left(-ik \frac{dx}{2} \cos \varphi_{\max}\right) + A_2 \exp(i\psi_2) \exp\left(-ik \frac{dx}{2} \cos \varphi_{\max}\right) \right]} \times$$

$$\times \left\{ A_1 \cdot \exp(i \cdot \psi_1) \cdot \exp\left(-i \cdot k \cdot \frac{dx}{2} \cdot \cos \theta \cdot \cos \varphi\right) + \right.$$

$$\left. + A_2 \cdot \exp(i \cdot \psi_2) \cdot \exp\left(i \cdot k \cdot \frac{dx}{2} \cdot \cos \theta \cdot \cos \varphi\right) \right\}. \quad (3)$$

Анализ формулы (3) показывает, что для любого угла места  $\theta$  зависимость по углу  $\varphi$  является симметричной относительно плоскости, проходящей через оси АЭ АР. Ширина ДН антенны  $2\Delta\varphi_{0,5}$  в азимутальной плоскости по уровню минус 3 дБ должна обеспечивать перекрытие рабочего сектора антенны. Направление максимального излучения следует выбирать в направлении биссектрисы угла, определяющего рабочий сектор углов в азимутальной плоскости, так как в этом направлении для каждой станции может наблюдаться максимальная дальность до объекта. Будем вести при исследовании ДН АР отсчет угла  $\varphi$  от линии, проходящей через оси АЭ, т.е. горизонтальной линии, лежащей в плоскости симметрии ДН.

$$\overline{\left[ kl \left[ A_1 \exp(i\psi_1) \exp\left(-ik \frac{dx}{2} \cos \varphi_{\max}\right) + A_2 \exp(i\psi_2) \exp\left(-ik \frac{dx}{2} \cos \varphi_{\max}\right) \right] \right]} \times$$

$$\times \left\{ A_1 \cdot \exp(i \cdot \psi_1) \cdot \exp\left(-i \cdot k \cdot \frac{dx}{2} \cdot \cos \theta \cdot \cos \Delta\varphi_{0,5}\right) + \right.$$

$$\left. + A_2 \cdot \exp(i \cdot \psi_2) \cdot \exp\left(i \cdot k \cdot \frac{dx}{2} \cdot \cos \theta \cdot \cos \varphi_{0,5}\right) \right\} = 0,5. \quad (4)$$

Таким образом, в дальнейшем для выбора параметров двухэлементной антенной системы осуществляется в плоскости  $\theta = 0$  из решения уравнения (4), на основе которых будет проведено моделирование в среде вычислений.

### Литература

1. Международные стандарты и рекомендуемая практика. Авиационная электросвязь. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений. - 2-е изд. – ИКАО, 1998. – Т. IV.
2. Technical specification for Wide Area Multilateration (WAM) systems. ED-142, September, 2010.
3. Наземная станция АЗН-В 1090 ES НС-1А. Руководство по эксплуатации РШПИ.461515.003РЭ. Утвержден РШПИ.461515.003РЭ-ЛУОАО «ВНИИРА». 76 с.
4. МПСН Варадеро НПП «Цифровые радиотехнические системы». Санкт-Петербург, 23 с.

5. Спецификация – Антенна AL1W ES0142A00008 Редакция: 03 Дата обновления: 2010-07-27 Copyright с 2009 by ERA a.s. Pardubice 12 с.

6. Левченков А.Н. Балтухаев О.К., Костенко П.И. Исследование синтезированной диаграммы направленности квазикосекансной формы секторной антенны станции АЗН-В на базе 1090ES. // Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс – 2019): материалы международной научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 21–23.6.2019 г.) Т. 1. 151–156 с.

7. Антенны: современное состояние и проблемы / Д.И. Воскресенский, В.А. Гостюхин и другие. М.: Сов. Радио. 1979. – 208 с.

***Грецев Валерий Петрович***

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н., доцент.*

***Рыжов Михаил Викторович***

*Доцент кафедры, Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, к.т.н., доцент.*

***Потапов Илья Александрович***

*Доцент кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н., доцент.*

***Бирюков Андрей Анатольевич***

*Заместитель начальника кафедры, Военная орденов Жукова и Ленина Краснознаменная академия связи им. Маршала Советского Союза С.М. Будённого, к.т.н., доцент.*

## **УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ КАДРОВ CANBUS**

**Аннотация.** В данной статье рассматриваются вопросы связанные с унификацией внутренних стыков (интерфейсов) радиоэлектронных систем и непосредственно посвящено вопросу демонстрации структуре, содержанию и функционированию отдельных элементов обеспечивающих достоверность передачи информации по CANbus.

**Ключевые слова.** Шина CAN (Controller Area Network, CANbus), двухпроводная дифференциальная шина, логический ноль и единица, доминантный и рецессивный сигнал, генератора кадров.

***Potapov Ilya Alexandrovich***

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor*

*Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

***Ryzhov Mikhail Viktorovich***

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Military Space Academy named after A.F.Mozhaisky»*

***Andrey A. Biryukov***

*Deputy Head of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.M. Budyonny»*

***Gretsev Valery Petrovich***

*Associate Professor of the Department, Ph.D., Associate Professor  
Federal State Educational Institution of Higher Education «Military Orders of Zhukov and Lenin Red Banner Academy of Communications named after Marshal of the Soviet Union S.*

## **INSTALLATION FOR DEMONSTRATION OF CANBUS FRAMES**

**Abstract.** This article discusses issues related to the unification of the internal joints (interfaces) of electronic systems and is directly devoted to the issue of demonstrating the structure, content and functioning of individual elements that ensure the reliability of information transmission over CANbus.

**Keywords.** CAN bus (Controller Area Network, CAN bus), two-wire differential bus, logical zero and one, dominant and recessive signal, frame generator.

Шина CAN (Controller Area Network, CANbus) предназначена для обмена данными между различными устройствами в технических и промышленных системах. CAN является одним из стандартных протоколов связи, широко применяемым в областях, где требуется надежная передача данных между устройствами в режиме реального времени.

Высокая надёжность и оперативность доставки данных обеспечивается сочетанием способа их представления, защитой их от ошибок при помощи избыточного кодирования, а также применением решающей обратной связи с переспросом в режиме реального времени. Работа CANbus основана на «множественном доступе к общей шине с предоставлением приоритета». Это означает, что каждое устройство, подключенное к ней, имеет свой приоритет доступа к шине. То есть, из нескольких устройств доступ к шине для передачи получит обладающее более высоким приоритетом.

CAN-контроллеры соединяются двухпроводной дифференциальной шиной, включающей в себя линии: CAN High-Speed и CAN Low-Speed. Передача сообщений выполняется двоичным кодом, обладающим важным

отличием от традиционных сигналов. Логический ноль – называется доминантным битом, а логическая единица – рецессивным. Эти названия отражают приоритет логической единицы и нуля на шине CAN. При одновременной передаче в шину логических нуля и единицы, будет зарегистрирован только ноль (доминантный сигнал), а единица будет подавлена (рецессивный сигнал). Описанное отличие создаёт определённые затруднения в процессе изучения протокола CAN.

Представляемый демонстратор позволяет формировать доминантный и рецессивный сигналы; выбирать, формировать кадры и наблюдать их структуру при различных воздействиях на шину (рис. 1).

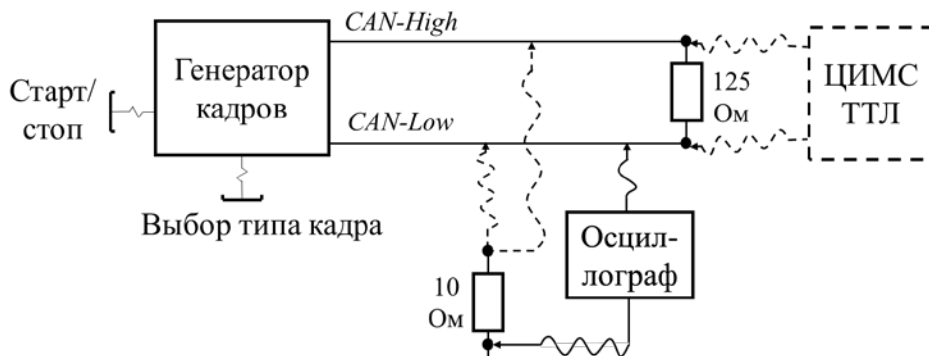


Рис. 1 демонстратор позволяющий формировать доминантный и рецессивный сигналы

В качестве «генератора кадров» использована платформа Arduino. Генератор оснащён двумя кнопками, с помощью которых запускается или останавливается генерация кадров, а также выбирается нужный тип. Линии CAN-H и CAN-L – это пара цифровых выходов контроллера. Как и в оригинальной шине, сигнал формируется разностью потенциалов между этими линиями. Благодаря соединению этих линий через резистор сопротивлением 125 Ом (или более), возможно формирование доминантного и рецессивного сигналов. Так при появлении на обоих цифровых выходах сигналов высокого уровня (+3 В), напряжение между любой из линий и общим проводом будет приближаться к этому уровню. Если же хотя бы на одном из них напряжение приблизится к нулю вольт, разность потенциалов между линиями и общим проводом также устремляется к нулю. Таким образом, сигнал с большой разностью потенциалов является доминантным, то есть надёжно подавляющим рецессивный, при наличии, так и легко распознаваемым. Соответственно, сигнал высокого напряжения является рецессивным.

Для наблюдения представления отдельных бит и кадра на физическом уровне предлагается использовать осциллограф. Влияние нагрузки – подключаемых к шине контроллеров имитируется подключением к шине входа интегральной микросхемы ТТЛ (ЦИМС ТТЛ). При необходимости подавление рецессивного сигнала можно наблюдать, замкнув любую из сигнальных линий на общий провод через защитный резистор сопротивлением 10 Ом.

Описанное устройство является первой частью демонстрационного

стенда. Вторая часть должна выполнять приём данных и обеспечивать сигнализацию в кольце алгоритма решающей обратной связи с переспросом.

### **Литература**

1. Robert Bosch GmbH: CAN Specification Ver.2.0, 1991.
2. Controller Area Network (CAN) – локальная сеть контроллеров/ С.А.Третьяков. – Минск, Беларусь: журнал «Электроника», №9 и №10/98.
3. CAN на пороге нового столетия/ С.А.Третьяков. – Минск, Беларусь: журнал «Мир компьютерной автоматизации» №2/99.

#### ***Кибкало Анна Николаевна***

*Преподаватель, Российский Государственный гидрометеорологический университет, филиал в г. Туапсе, начальник сектора гидрометеорологии Ростовского РЦДМ*

#### ***Цай Светлана Николаевна***

*Заведующий кафедрой метеорологии, экологии и природопользования, Филиал Российского государственного гидрометеорологического университета в г. Туапсе, к.с.-х.н., доцент.*

#### ***Дымов-Иванов Виктор Васильевич***

*Заведующий кафедрой авиационного электрорадиоприборного оборудования, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.ф-м.н., доцент.*

### **КОЛИЧЕСТВО СЛУЧАЕВ С ПОРЫВАМИ ВЕТРА ОТ 20 М/С И БОЛЕЕ В Г. АНАПА, Г. СТАВРОПОЛЬ В ПЕРИОД 2021-2023 ГГ.**

**Аннотация.** в статье рассматривается повторяемость случаев порыва ветра от 20 м/с и более в границах аэропортов Витязево (г. Анапа) и Шпаковское (г. Ставрополь).

**Ключевые слова.** Ставропольский край, Черноморское побережье, порыв ветра, боковой ветер.

#### ***Kibkalo Anna Nikolaevna***

*Lecturer, Russian State Hydrometeorological University, Tuapse branch, Head of the Hydrometeorology Sector of the Rostov RCDM*

#### ***Tsai Svetlana Nikolaevna***

*Head of the Department of Meteorology, Ecology and Environmental Management, Branch of the Russian State Hydrometeorological University in Tuapse, PhD, Associate Professor.*

#### ***Dymov-Ivanov Viktor Vasilyevich***



## **THE NUMBER OF CASES WITH WIND GUSTS OF 20 M/S OR MORE IN ANAPA, STAVROPOL IN THE PERIOD 2021-2023.**

**Abstract.** the article considers the recurrence of cases of wind gusts of 20 m/s or more within the boundaries of Vityazevo (Anapa) and Shpakovskoye (Stavropol) airports.

**Keywords.** Stavropol Territory, Black Sea coast, gust of wind, crosswind.

Ветер – один из метеорологических параметров, необходимый для эффективного прогнозирования погоды для служб народного хозяйства. Для авиационных прогнозов критерий скорости и направления ветра является ключевым при маневрах посадки и взлета. При наличии бокового ветра движение самолета меняет свое направление относительно поверхности земли, а также для обеспечения безопасности в зависимости от типа воздушного судна определяются значения по скорости ветра.

Существуют три основных критерия:

- 5 м/с скорость попутного ветра;
- 10-15 м/с скорость бокового ветра;
- 25-30 м/с скорость встречного ветра.

Таблица 1 – Количество дней в период с 2021 г. по 2023 г. со скоростью ветра выше 20 м/с в г. Анапа (аэропорт Витязево).

Анапа	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2023	1	6	2				1			2	7	3	22
2022	10	2	4	1	1	0	1	0	0	0	1	0	20
2021	4	4	3	3	1	2	0	1	3	4	5	8	38
всего	15	12	9	4	2	2	2	1	3	6	13	11	80

Из таблицы 1 следует, что максимальное количество дней со скоростью 20 м/с и более зафиксировано в 2021 г. – 38 дней, данный показатель на 58 % выше по сравнению с 2023 г.

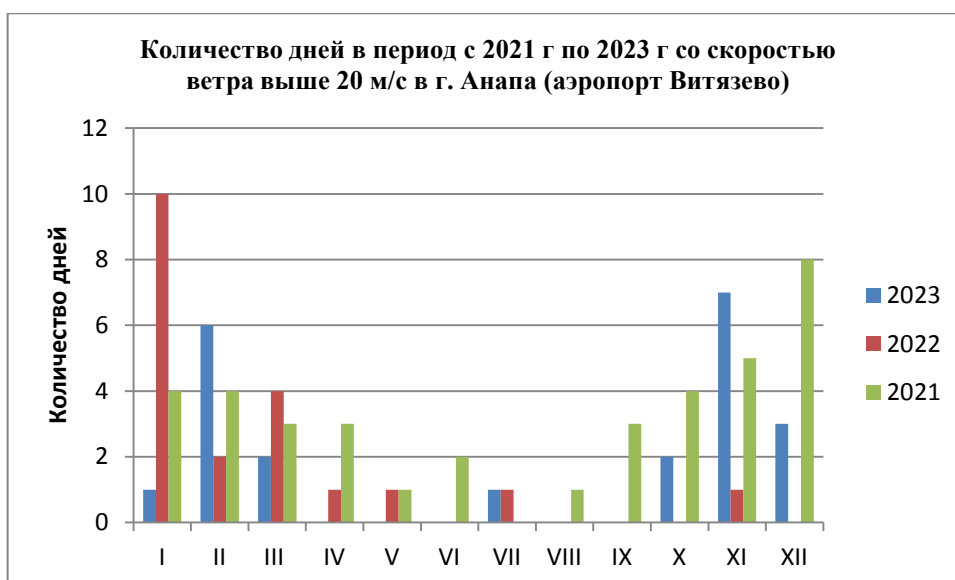


Рисунок 1 – Количество дней в период с 2021 г. по 2023 г. со скоростью ветра выше 20 м/с в г. Анапа (аэропорт Витязево).

На рисунке 1 наглядно показано годовое изменение с превышением скорости ветра, отчетливо выделяется январь 2022 г. с количеством 10 дней.

Таблица 2 – Количество дней в период с 2021 г по 2023 г со скоростью ветра выше 20 м/с в г. Ставрополь (аэропорт Шпаковское)

Ставрополь	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	год
2023	3	4		1						1	2	3	14
2022	1	2	4	1	1			2		3	3		17
2021	1	4	1	2	1						2	1	12
всего	5	10	5	4	2	0	0	2	0	4	7	4	43

Из таблицы 2 следует, что количество дней со скоростью 20 м/с и более за данный период варьируется от 12 до 17 дней, с максимумом в 2022 г. На рисунке 2 также отражено годовое изменение с превышением скорости ветра, отчетливо выделяется февраль 2021 г. и 2022 г., а также март 2023 г. с количеством 4 дня.

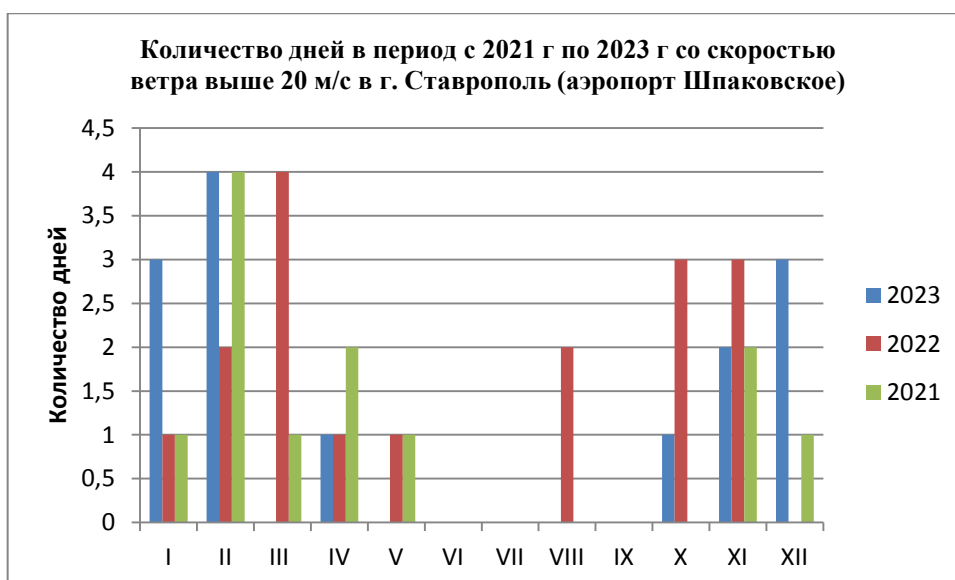


Рисунок 1 – Количество дней в период с 2021 г по 2023 г со скоростью ветра выше 20 м/с в г. Ставрополь (аэропорт Шпаковское)

Таблица 3 – Количество случаев с порывами ветра от 20 м/с и более в г. Анапа, г. Ставрополь в период 2021-2023 гг.

Метеостанция	Зима			Весна			Лето			Осень			Сумма за период
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Анапа	Ю/11	ЮЗ/15	Ю/12	Ю/9	Ю/4	Ю/2	Ю/2	ЮЗ/2	В/1	Ю/3	ЮЗ/6	ЮЗ/13	80
Ставрополь	З/4	З/5	З/10	З/5	З/4	З/3	-	-	-	-	З/4	З/7	43

Направление ветра: СВ – северо-восточное, С - северное, СЗ - северо-западное, З – западное, ЮЗ – юго-западное, Ю - южное, ЮВ – юго-восточное, В – восточное.

По данным наблюдений (табл. 3) на метеорологической станции в г. Анапа за период с 2021 по 2023 год зарегистрировано 80 случаев со скоростью ветра от 20 м/с, ветрозависимым периодом для данной станции является: декабрь-февраль, когда наблюдалось 38 случаев, ноябрь – 13 случаев.

На метеорологической станции в г. Ставрополь за период с 2021 по 2023 год зарегистрировано 42 случая, ветрозависимый период для данной станции является февраль, где отмечалось 10 случаев.

### Литература

1. Андреева, Е.С. Опасные явления погоды Юга России. – СПб.: РГГМУ, ВВМ, 2006. – 216 с.
2. Наставление по метеорологическому обеспечению гражданской Авиации России (НМО-ГА-95). – М.: Росгидромет, Министерство транспорта России, 1995. – 92 с.
3. Руководство по краткосрочным прогнозам. Часть 3. Кавказ и прилегающие к нему районы. – Л.: Гидрометиздат, 1987. – 160 с.

***Алашеев Вадим Викторович***

*Доцент кафедры компьютерных технологий и систем, Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, к.т.н., доцент.*

***Хорольский Евгений Михайлович***

*Доцент кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н., доцент.*

## **СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ**

**Аннотация.** С внедрением современных информационно-телекоммуникационных технологий в сферы деятельности должностных лиц (ДЛ) объектов информатизации значительно возросли возможности несанкционированного доступа и перехвата информации ограниченного распространения с помощью разведывательных технических средств и систем добывания информации, скрытно устанавливаемых на объектах информатизации, где циркулирует конфиденциальная информация. В виду того, что способы внедрения таких средств непрерывно совершенствуются, необходим поиск путей, позволяющих своевременно обнаруживать, идентифицировать и нейтрализовать технические каналы утечки информации как естественного, так и искусственного происхождения на объектах ОИ.

**Ключевые слова.** специальные технические средства, защита информации, контроль, технический канал утечки, объект информатизации.

***Alasheev Vadim Viktorovich***

*Associate Professor of the Department,  
Ph.D., Associate Professor Kuban State Agrarian University named after I.T.  
Trubilin*

***Khorolsky Evgeny Mikhailovich***

*Associate Professor of the Department,  
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Rostov Branch of the  
Moscow State Technical University of Civil Aviation*

## **MEANS AND METHODS OF PROTECTING INFORMATION RESOURCES**

**Annotation.** With the introduction of modern information and telecommunication technologies into the spheres of activity of officials (DL) of informatization facilities, the possibilities of unauthorized access and interception of information of limited distribution using intelligence technical means and information extraction systems covertly installed at informatization facilities where

confidential information circulates have significantly increased. Due to the fact that the methods of implementing such tools are constantly being improved, it is necessary to find ways to timely detect, identify and neutralize technical channels of information leakage of both natural and artificial origin at OI facilities.

**Keywords.** special technical means, information protection, control, technical leakage channel, informatization object.

Необходимость обеспечения эффективной защиты информации (ЗИ) на объекте информатизации (ОИ) в различных условиях динамично меняющейся обстановки от подразделений службы безопасности требует кроме планового и периодического контроля защищенности информации и оперативную оценку защищенности информации на объекте информатизации.

Одно из важнейших направлений защиты информации является контроль защищенности информации от ее утечки по техническому каналу утечки информации (ТКУИ) на ОИ, целью которого является выявление потенциальных естественных и искусственных, созданных с помощью специальных технических средств (СТС) ТКУИ [1, 2, 3].

Решение поставленных задач возможно при кардинальном изменении существующего подхода к процессу контролю защищенности информации, а также путем решения частных задач по разработке новых алгоритмов обнаружения, идентификации, локализации технических каналов утечки информации, определению межконтрольных сроков и планированию контроля.

*Предложения по обнаружению несанкционированно установленных на ОИ специальных электронных устройств*

Предлагается к рассмотрению алгоритм обнаружения несанкционированно установленных на ОИ специальных электронных устройств, который обеспечивает повышение вероятности их обнаружения за счет разработки системы обнаружения СТС (рис. 1) [4, 5]. Предлагаемая система обнаружения СТС состоит из:

- 1 – контролируемого помещения;
- 2 – контролируемой зоны;
- 3 – тестового специального технического средства;
- 4 – приемника;
- 5 – передатчика;
- 6 – узконаправленной передающей антенны;
- 7 – узконаправленной приемной антенны;
- 8 – ПЭВМ со специальным программным обеспечением, формирующей тестовую последовательность и сигнал об обнаружении специальных технических средств.

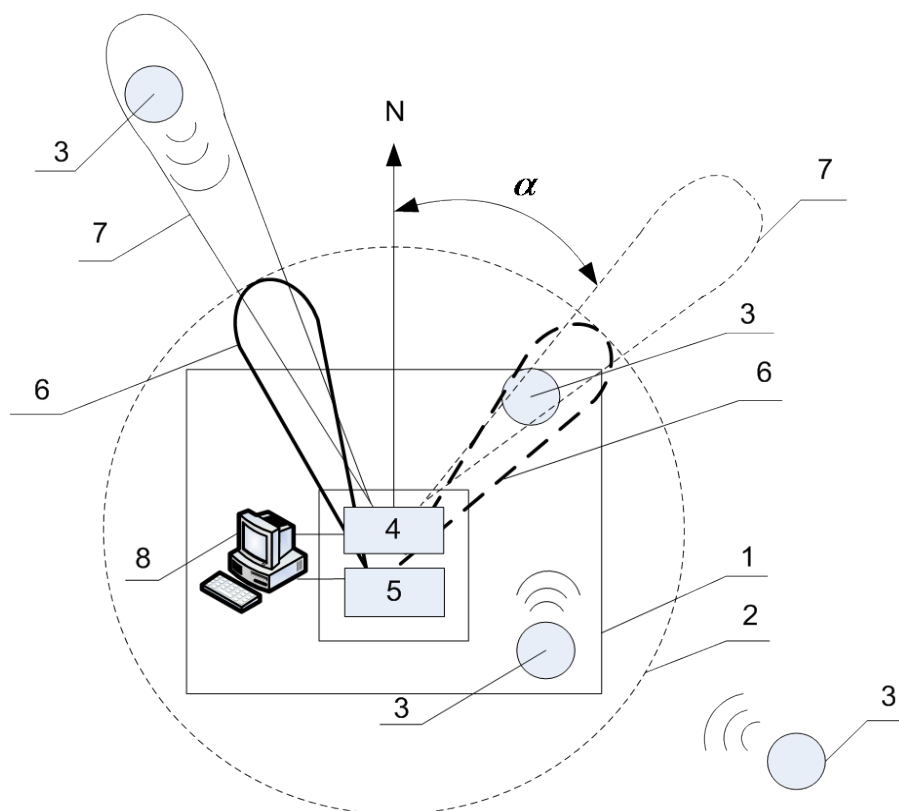


Рис. 1. Элемент системы обнаружения несанкционированно установленных на объекте информатизации СТС

Разработанный алгоритм предусматривает следующую последовательность действий (рис. 2). Обнаружение несанкционированно установленных СТС в контролируемом объекте информатизации производится по сдвигу частот сравниваемых спектральных составляющих, принятых до и после излучения передатчиком сформированной на ПЭВМ тестовой последовательности, причем при изменении во времени фиксированного сдвига в соответствии с тестовой последовательностью программой в ПЭВМ формируется сигнал об обнаружении установленных на защищаемом объекте информатизации СТС.

Данный способ обеспечивает более высокую вероятность их обнаружения, при отсутствии предварительных данных о параметрах электромагнитных сигналов радиоэлектронных средств, которые установлены в пределах контролируемой зоны.

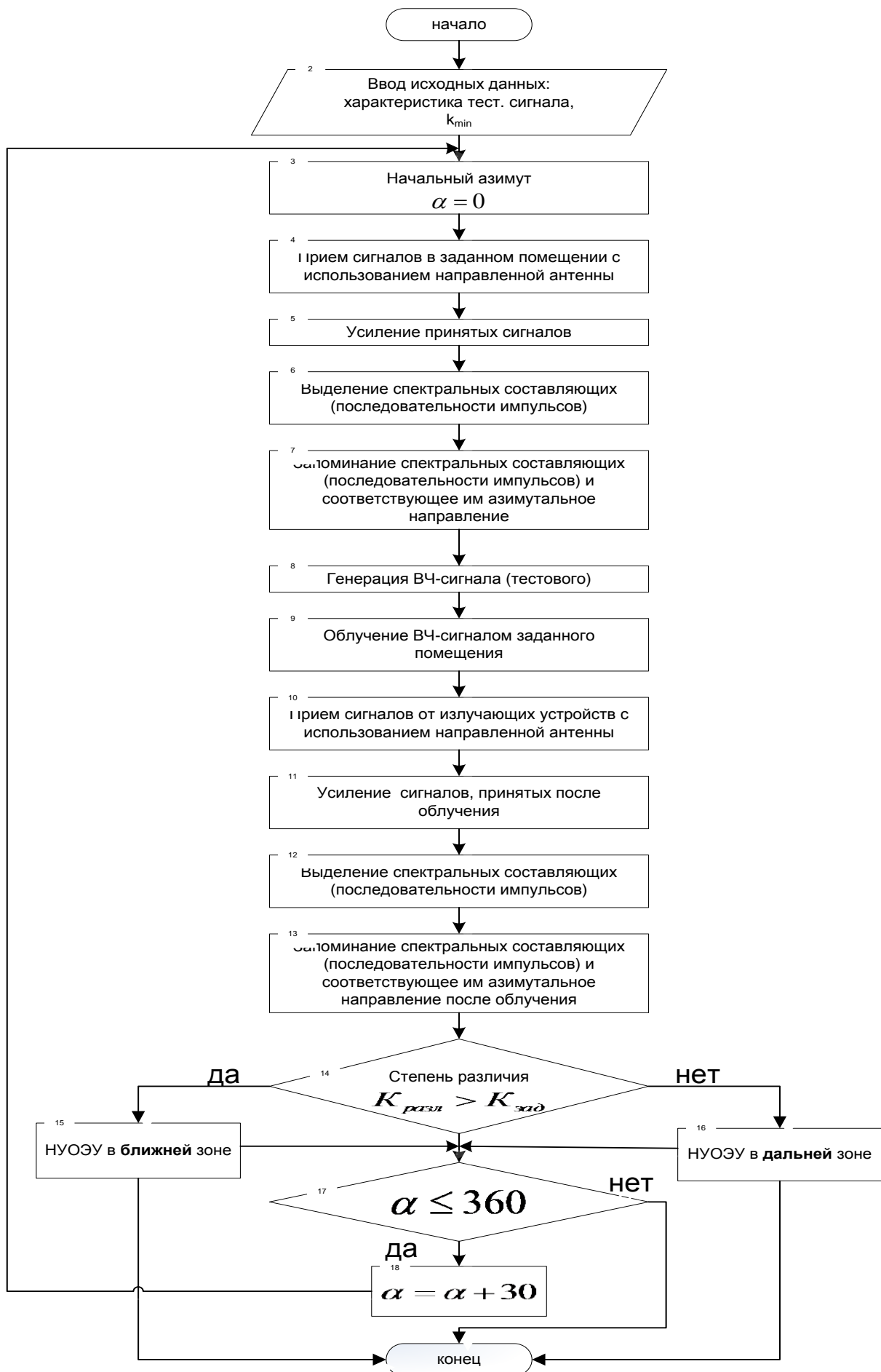


Рис. 2. Блок-схема алгоритма обнаружения СТС на ОИ

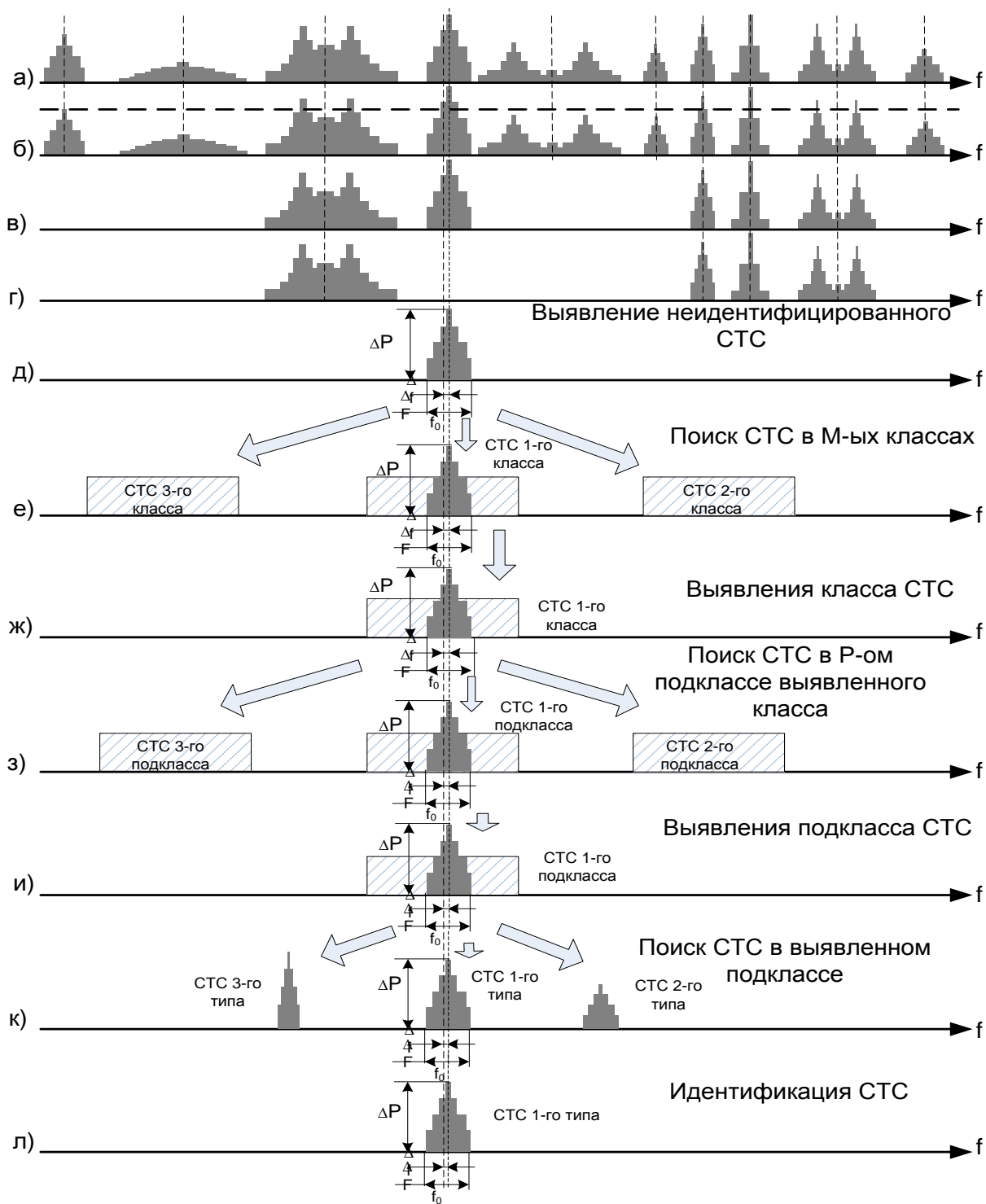
*Предложения по идентификации многопараметрических объектов*

Совокупность [6] многопараметрических объектов с эталонными параметрами, характеризующими электромагнитное поле их излучений представлено в таблице 1, спектральный анализ принятого СТС представлен на рисунке 3.

Таблица 1 - Совокупность многопараметрических объектов с эталонными параметрами, характеризующими электромагнитное поле их излучений

№ типа класса МПО	Тип класса МПО	№ типа подкласса МПО	Тип подкласса МПО	Наименование МПО	$P_{изл.}$ мВт	$f_0$ , МГц	$\Delta f_{дв.}$ кГц	$\Delta F$ , кГц	
1	Радиомикрофон (РМ)	1	РМ со стабилизацией тока	РМ СТ1	1	80	10	50	
			РМ со стабилизацией тока	РМ СТ2	2	82	10	50	
			РМ со стабилизацией тока	РМ СТ3	5	85	10	50	
		2	РМ с широкополосной ЧМ	РМ ШЧМ1	1	100	25	100	
				РМ ШЧМ2	2	105	25	100	
				РМ ШЧМ3	5	110	30	100	
			3	РМ с узкополосной ЧМ	РМ УЧМ 1	5	140	3	20
				РМ с узкополосной ЧМ	РМ УЧМ 2	10	142	3	20
				РМ с узкополосной ЧМ	РМ УЧМ 3	20	145	5	20
2	Телерегистратор (ТР)	1	ТР с инверсией спектра	ТР ИС1	0,1	60	18	10	
			ТР с инверсией спектра	ТР ИС2	0,5	65	19	12	
			ТР с инверсией спектра	ТР ИС3	1	75	20	8	
		2	ТР без инверсии спектра	ТР БИС1	0,5	28	8	10	
			ТР без инверсии спектра	ТР БИС2	1	29	9	12	
			ТР без инверсии спектра	ТР БИС3	5	30	10	10	
		3	ТР с повышенной стабильностью частоты	ТР СЧ1	5	27	3	20	
			ТР с повышенной стабильностью частоты	ТР СЧ2	10	28	5	25	
			ТР с повышенной стабильностью частоты	ТР СЧ3	20	29	5	30	
3	Видеокамера с радиоканалом (ВК РК)	1	ВК РК без стабилизации изображения	ВК РК БСИ1	10	433	50	2000	
			ВК РК без стабилизации изображения	ВК РК БСИ2	10	434	30	2300	
			ВК РК без стабилизации изображения	ВК РК БСИ3	20	435	40	2500	
		2	ВК РК со стабилизацией изображения	ВК РК СИ1	20	433	100	2000	
			ВК РК со стабилизацией изображения	ВК РК СИ2	20	434	130	2300	
			ВК РК со стабилизацией изображения	ВК РК СИ3	50	435	150	2500	
		3	ВК РК с повышенной помехоустойчивостью	ВК РК ПЗ 1	100	450	50	2950	
			ВК РК с повышенной помехоустойчивостью	ВК РК ПЗ 2	100	451	60	3000	
			ВК РК с повышенной помехоустойчивостью	ВК РК ПЗ 3	200	455	50	3050	





$\Delta P$  – мощность сигнала;  $\Delta F$  – ширина спектра;  
 $\Delta f$  - девиация частоты;  $f_0$  – частота.

Рис. 3. Спектральный анализ принятого МПО

Возможность повышения вероятности идентификации разнородных СТС обеспечивается путём использования механизмов анализа, позволяющих выявлять незначительные изменения нескольких контролируемых параметров идентифицируемых СТС и возможности при этом их достоверной идентификации.

Разработанный алгоритм предусматривает следующую последовательность действий (рис. 4).

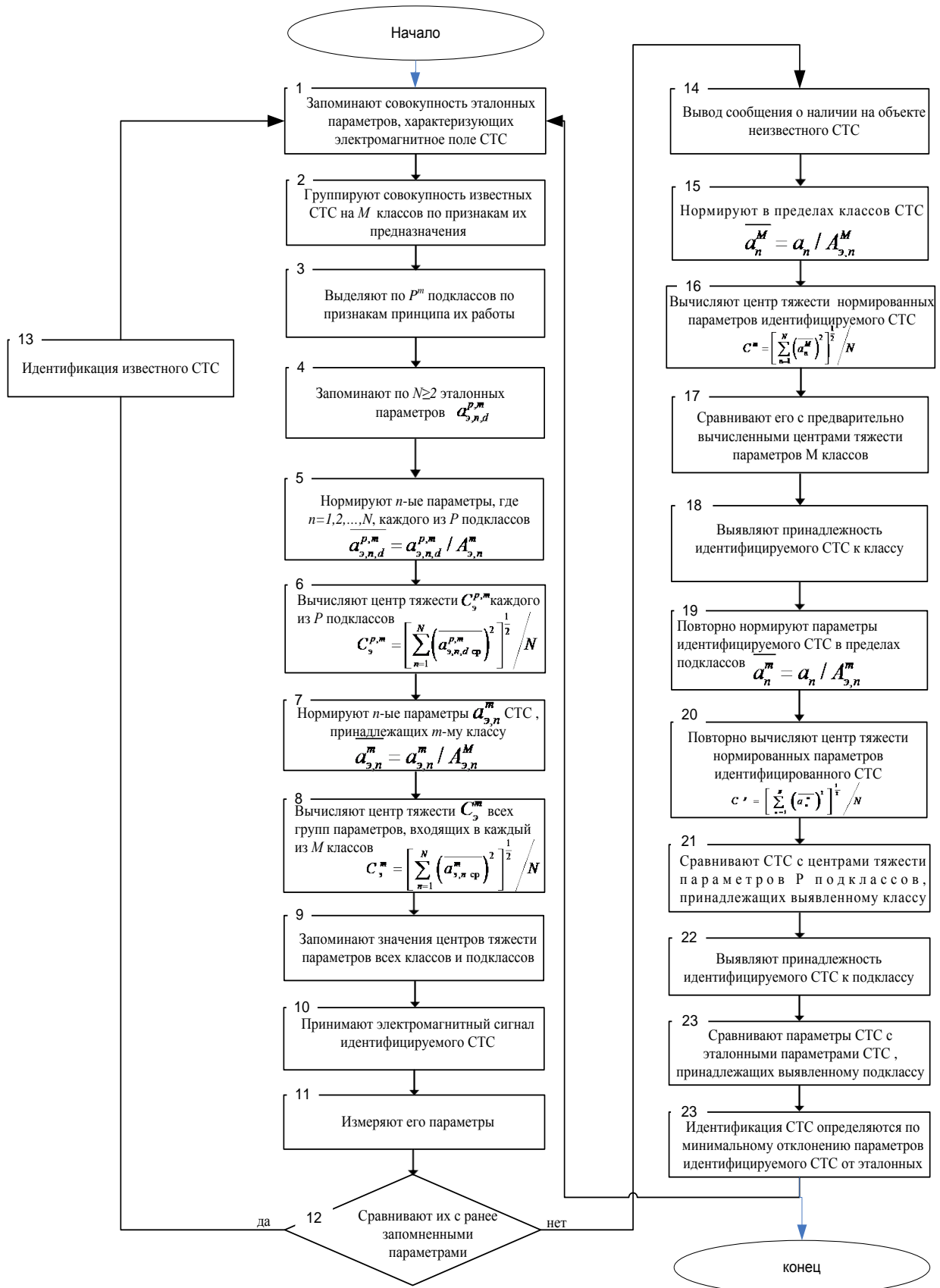


Рис. 4. Блок-схема алгоритма идентификации СТС

Благодаря использованию в разработанном алгоритме теории распознавания образов и алгоритмов автоматической иерархической классификации обеспечивается повышение вероятности идентификации СТС, снимается неопределенность относительно типа, подкласса, класса идентифицируемого СТС при его идентификации за счет учета: новых введенных показателей: центров тяжести параметров классов, подклассов СТС, использования механизмов нормировки и поэтапного сравнения центров тяжести параметров классов, подклассов эталонных и идентифицируемого СТС, которые позволяют выявлять с высокой вероятностью принадлежность идентифицируемого СТС соответственно к классу, подклассу и типу.

Проблемы, связанные с повышением безопасности информационной сферы, являются сложными, многоплановыми и взаимосвязанными. Они требуют постоянного, неослабевающего внимания со стороны государства и общества. Развитие информационных технологий побуждает к постоянному приложению совместных усилий по совершенствованию методов и средств, позволяющих достоверно оценивать угрозы безопасности информационной сферы и адекватно реагировать на них.

Объекты информатизации объективно являются носителями конфиденциальной информации. Потенциально все ОИ доступны для нарушителя за счет существования ТКУИ. Однако реально доступность объектов ОИ зависит от границ контролируемой зоны, излучающих средств связи, ЭВТ в процессе их функционирования. Данные факторы приводят к возможности утечки конфиденциальной информации как о самих ОИ, так и циркулирующей в них информации.

Анализ действующих основных руководящих документов позволяет сделать следующие выводы: необходимо разработать требования по защите информации, структуре защиты, типах программного обеспечения, используемых комплексах, алгоритмах управления и других параметров, и подлежащих обязательному контролю.

При рассмотрении нарушителя, можно сделать вывод, что в современных условиях, когда стали нормой крупномасштабные действия хакеров, объекты могут быть уязвимым местом (звеном) для противоправных действий, но нельзя пренебрегать непреднамеренными искусственными угрозы ОИ (действия, совершаемые людьми случайно, по незнанию, невнимательности или халатности, из любопытства, но без злого умысла). Реальная ситуация во многом зависит от намерений и оперативных возможностей нарушителя.

Таким образом, можно сделать вывод: защита информации – одно из ключевых направлений деятельности любой успешной организации. Эффективность систем информационной безопасности в значительной степени предопределяется уровнем обученности и психофизиологического состояния должностных лиц.

С целью снижения эффективности компьютерных атак, направленных на изменение психофизического состояния должностных лиц,

эксплуатирующих системы связи. Проводить подготовку/переподготовку кадров по ряду перспективных направлений:

- аналитики сетей связи общего пользования;
- администратор информационной безопасности;
- аналитик по выявлению инцидентов информационной безопасности и причин, их порождающих;
- специалист по сертификации и стандартизации средств и систем обеспечения информационной безопасности, в том числе и для работы в международных организациях.

Перед специально отобранным для этого сотрудником (или подразделением) стоят следующие задачи:

анализ угроз конфиденциальной информации, а также уязвимых мест автоматизированной системы и их устранение;

формирование системы защиты информации - закупка и установка необходимых средств, их профилактика и обслуживание;

обучение пользователей работе со средствами защиты, контроль за соблюдением регламента их применения;

разработка алгоритма действий в экстремальных ситуациях и проведение регулярных «тренировок»;

разработка и реализация программы непрерывной деятельности автоматизированной системы и плана восстановительных мероприятий (в случае вирусной атаки, сбоя/ошибки/отказа технических средств и т. д.).

### **Литература**

1. Ярочкин В.И. Технические каналы утечки информации. -М: ИППКИР, 1994г,-102с.

2. Алашеев В.В. Модель оценки эффективности контроля защищенности информации на объектах информатизации. Сборник трудов Всеармейской НПК «Инновационная деятельность в ВС РФ». - СПб.:ВАС, 2008 г.-524с.

3. Меньшаков Ю.К. Защита объектов и информации от технических средств разведки. М.: Российск. гос. гуманит. ун-т, 2002. – 399с.

4. Алашеев В.В., Алисевич Е.А., Ерышов В.Г. Способ обнаружения несанкционированно установленных на объекте информатизации специальных электронных устройств. 6-я Всероссийская научная конференция. – Орел: Академия ФСО России, 2009г.

5. Алашеев В.В., Стародубцев П.Ю. и др. Способ обнаружения несанкционированно установленных на объекте электронных устройств. Патент РФ № 2397501 от 23.03.2009 г.

6. Алашеев В.В., Стародубцев Ю.И. и др. Способ идентификации многопараметрических объектов. Патент РФ № 2395817 от 27.07.2010 г.

***Ступаков Валерий Яковлевич***

*Заведующий кафедрой воздушных судов и авиационных двигателей,  
Ростовский филиал Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.пед.н.*

## **ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА САМОЛЕТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ**

**Аннотация.** В выполнении полетного задания взлет и посадка воздушного судна являются наиболее сложными ситуациями, хотя называть ситуации на уровне «сложной» можно в любой момент времени полетного задания). Воздушное судно-это сложная динамическая система, на которую обрушиваются векторные усилия и экипаж, владеющий картиной этих воздействий всегда найдет оптимальный вариант парирования опасных последствий.

**Ключевые слова.** взлет, посадка, воздушное судно, сложная динамическая система, скорость разбега, полетное задание, запуск, руление, взлет, посадка, погодные условия.

***Stupakov Valery Yakovlevich***

*Head. Department of «Aircraft and aircraft engines»  
Of the «Rostov branch of the Moscow state  
technical University of civil aviation»*

## **THE EFFECT OF EXTERNAL FORCES ON THE AIRCRAFT DURING TAKEOFF AND LANDING**

**Abstract.** In the performance of a flight task, the take-off and landing of an aircraft are the most difficult situations, although it is possible to call situations at the «difficult» level at any time of the flight task). An aircraft is a complex dynamic system that is being attacked by vector forces and the crew, who knows the picture of these impacts, will always find the best way to fend off dangerous consequences.

**Keywords.** takeoff, landing, aircraft, complex dynamic system, takeoff speed, flight task, launch, taxiing, takeoff, landing, weather conditions.

В выполнении полетного задания взлет и посадка воздушного судна являются наиболее сложными ситуациями, хотя называть ситуации на уровне «сложной» можно в любой момент времени полетного задания).Предполетный осмотр на уровне визуального осмотра не дает полного объема информации о конкретном экземпляре воздушного судна, на котором экипажу предстоит вскоре выполнять свою работу. Для экипажа борт, на котором ему предписано эту работу совершить, как инструмент для токаря, слесаря или экскаваторщика. Он умеет эту работу делать, но дали в руки новый, пусть и известный инструмент, и надо показать свое умение в

выполнении своего объема работы. Как поведет себя борт при запуске, рулении, взлете и т.д., как повлияют погодные условия на реакцию машины на всех этапах задания, как выполнять работу, чтобы не попасть в особую ситуацию? Для этого необходимо представлять эти возможные ситуации и методы их парирования. Воздушное судно-это сложная динамическая система, на которую обрушиваются векторные усилия и экипаж, владеющий картиной этих воздействий всегда найдет оптимальный вариант парирования опасных последствий.

При разбеге на самолет действуют подъемная сила  $Y_a$  и силы лобового сопротивления  $X_a$ ,  $G$ , тяга  $P$ , сила реакции ВПП  $N$ , равная и противоположная силе давления колес  $G - Y_a$ , сила трения  $F_{TP}$  (рис.1).

Сила трения определяется величиной силы реакции  $N = G - Y$  и коэффициентом трения  $f$  ( $F_{TP} = fN$ ). Коэффициент трения качения зависит от состояния поверхности ВПП и для сухого бетона равен 0,02 ... 0,03.

Разбег самолета является прямолинейным ускоренным движением. Для создания ускорения необходимо, чтобы тяга  $P$  силовой установки была значительно больше

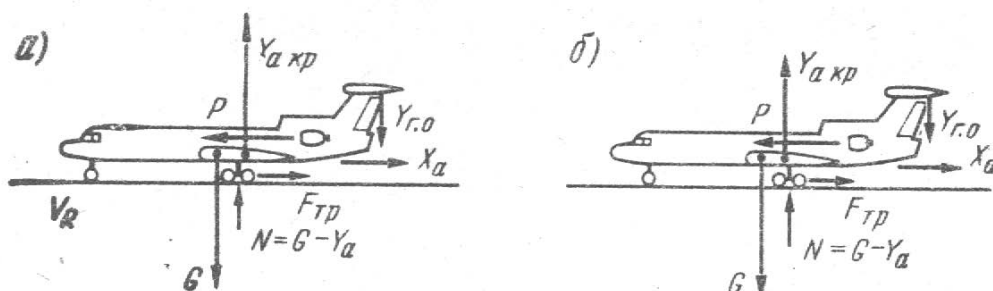


Рис. 1. Схема сил, действующих на самолёт при разбеге.

суммы сил лобового сопротивления  $X_a$  и силы трения  $F_{TP}$ , т. е.  $P > X + F_{TP}$ .

При увеличении скорости на разбеге силы, действующие на самолет, изменяются следующим образом:

подъемная сила  $Y_a$ , и сила лобового сопротивления  $X_a$  увеличиваются;  
 сила трения  $F_{TP}$  уменьшается, так как давление самолета на ВПП и ее реакция  $N$  уменьшаются;

сумма силы лобового сопротивления  $X_a$  и силы трения  $F_{TP}$  на бетонной ВПП практически не изменяется;

тяга  $P$  силовой установки несколько уменьшается, вследствие чего и избыток тяги  $\Delta P = P - (X_a + F_{TP})$  также уменьшается.

### **Скорость отрыва и длина разбега самолета.**

Скорость в момент отрыва самолета определяется по формуле

$$V = \sqrt{\frac{2G}{C_{y.a} \cdot \rho \cdot S}},$$

$C_y$  - коэффициент подъёмной силы;

$S$  – площадь крыла;

$\rho$  – плотность воздуха.

Длина разбега определяется по формуле  $L_{разб} = j_{cp} t_{разб}^2 / 2 = V_{отр}^2 / 2$

$j_{cp}$ ,

т.е скорость отрыва от земли  $V_{отр} = j_{cp} t_{разб}$ .

Среднее ускорение при разбеге зависит от избытка тяги и массы самолёта и его можно определить по формуле

$$j_{cp} = \Delta P / m, \text{ или } j_{cp} = g[P - (X_a + F_{TP})] / G.$$

Большая тяговооруженность самолёта позволит быстро набрать скорость отрыва и иметь небольшую длину разбега. Здесь имеет значение качество работы двигателей, условия взлета, расположение ВПП ит.д.

Взлет самолета характеризуется **потребной длиной разбега**. Потребная длина разбега в соответствии с НЛГС-2 — это условная величина, равная сумме фактической длины разбега самолета до скорости отрыва **в случае отказа одного двигателя** на скорости  $V$  (рис. 2.) и половины длины воздушного участка взлетной дистанции до набора высоты  $H = 10,7\text{м}$  (35 футов). Для выполнения взлета необходимо, чтобы потребная длина разбега была меньше длины ВПП.

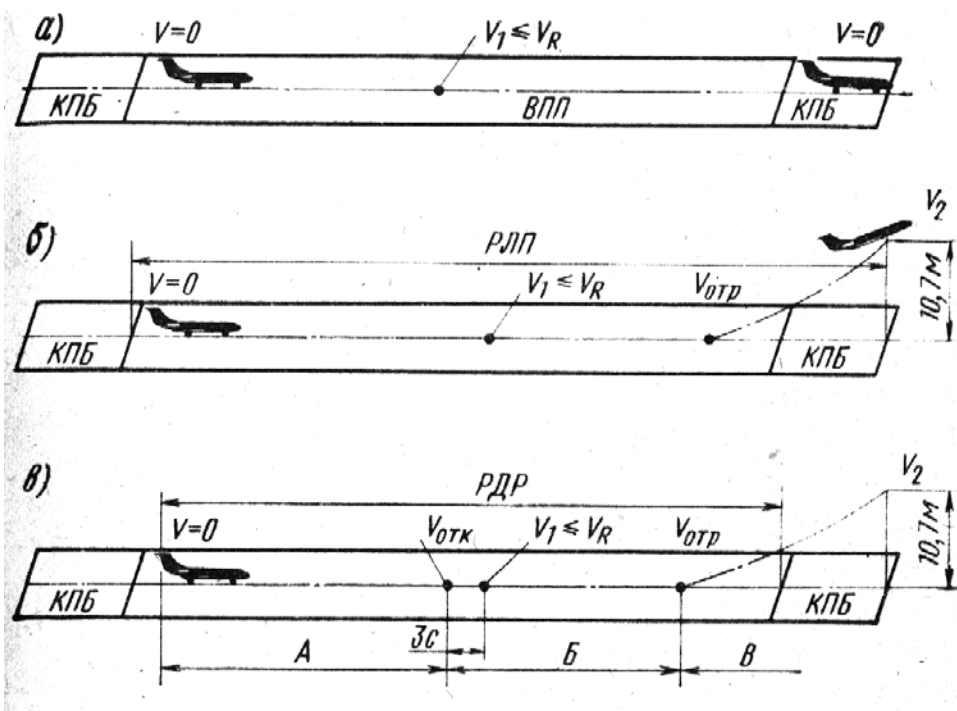


Рис.2. Участки взлетной дистанции согласно НЛГС-2:

$a$  — потребная дистанция прерванного взлета;  $б$  — то же продолженного взлета;  $в$  — то же продолженного разбега;  $A$  — разбег на трех двигателях;  $Б$  — разгон на двух двигателях;  $В$  — половина воздушного участка

Взлетная дистанция при работающих двигателях, увеличенная на коэффициент 1,15, показана также на рис. 2.

Отказ двигателя на взлёте. Понятия о параметрах и действиях экипажа.

Отказ двигателя на взлете является одним из наиболее сложных случаев в эксплуатации самолёта. Поэтому взлетные характеристики рассчитываются с учетом отказа одного двигателя на разбеге и взлете.

Готовясь к взлету, экипаж должен правильно выбрать допустимую взлетную массу самолета, знать, когда продолжить взлет или его прекратить при отказе двигателя, учитывая размеры аэродрома, подходы к ВПП и маршрут выхода.

Согласно требованиям ИКАО и НЛГС-2 используются следующие понятия:

1) градиент набора высоты — тангенс угла наклона траектории набора высоты, выраженный в процентах.

2) скорость срыва  $V_c$  — минимальная скорость самолета, полученная в летных испытаниях при торможении самолета. На этих скоростях происходит сваливание самолета.

3) безопасная скорость взлета  $V_2$  — скорость, которая не менее чем на 20 % превышает минимальную скорость сваливания самолета при соответствующей конфигурации ( $V_2 > 1,2, V_c$ );

4) скорость самолета при отказе двигателя  $V_{отк}$  — фактическая скорость самолета в момент полного отказа двигателя;

5) скорость принятия решения  $V_1$  — наибольшая скорость самолета, на которой пилот, обнаружив отказ двигателя, принимает решение о продолжении или прекращении взлета;  $V_1 = V_{отк} + 10 \dots 15 \text{ км/ч}$ . Время реакции пилота 3 с;

6) скорость подъема колес передней стойки шасси  $V_R = V_{n.ст.}$ . Для самолета принимают примерно на 5 % меньше скорости отрыва самолета;

7) минимальные эволютивные скорости взлета -  $V_{мин. эв.}$  и разбега -  $V_{мин. эв. р.}$  это скорости, при которых в случае внезапного отказа критического двигателя сохраняется возможность в первом случае сохранять управление самолетом и выдерживать прямолинейный полет; а во втором - обеспечить возможность с помощью одних аэродинамических органов управления сохранить прямолинейное движение самолета

8) участок полосы свободных подходов, используемый для разгона до  $V_2$ , — это часть аэродрома по курсу взлета, где нет препятствий до  $H = 10,7 \text{ м}$ . начиная от торца ВПП;

9) при прерванном взлете следует учитывать коэффициент трения торможения, который для сухого бетона равен 0,25, для мокрого 0,18 ... 0,2 и для обледеневшей ВПП 0,05;

10) длина прерванного взлета — сумма длины разбега при всех работающих двигателях от точки старта до точки отказа одного двигателя и длины участка торможения до полной остановки самолета. При прерванном взлете используется концевая полоса безопасности (КПБ);



11) длина продолженного взлета—сумма длины разбега при всех работающих двигателях от точки старта до точки отказа одного двигателя, длины разгона самолета при отказавшем одном двигателе до отрыва самолета и длины воздушного участка набора 10,7 м;

12) сбалансированная длина ВПП или сбалансированная длина взлетной дистанции  $D$  — располагаемая длина ВПП (ВПП + КПБ), на которой в случае отказа одного двигателя ( $V_{отк}$ ) самолет может завершить как прерван-

ный взлет до полной остановки, так и продолженный взлет до набора высоты 10,7 м с разгоном до  $V_{безоп} = V_2$ ;

13) сбалансированная длина разбега  $R$  — располагаемая длина ВПП, на которой в случае отказа одного двигателя (на  $V_{отк}$ ) самолет может завершить как разбег, так и прерванный взлет (рис. 3);

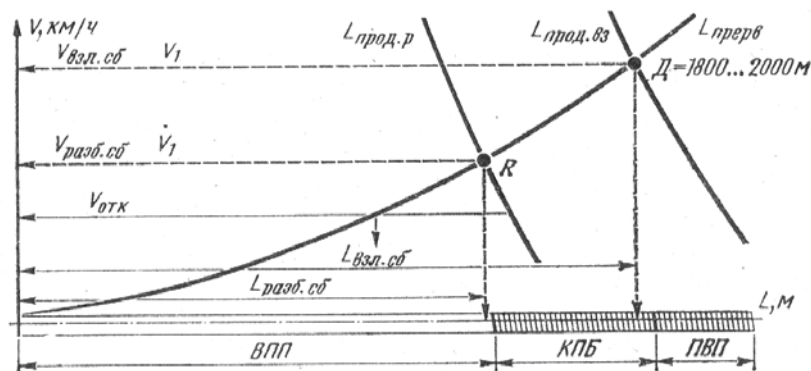


Рис. 3. Определение параметров взлета

Рис.3.

Характеристика располагаемой длины аэродрома, согласно НЛГС-2, складывается из располагаемой длины разбега ВПП (РДР); располагаемой длины для прерванного взлета ВПП + КПБ (РДПВ) и располагаемой длины для продолженного взлета ВПП + ПВП (РДВ).

Рекомендации по прерванным и продолженным взлетам с отказом двигателя для любых возможных при массовой летной эксплуатации самолета значений массы, центровки, температуры, ветра, состояния покрытия и уклона летной полосы выдаются только после проведения специальных летных испытаний.

В процессе летных испытаний при взлете стремятся наиболее точно имитировать внезапный отказ двигателя.

Продолженные взлеты выполняют с постепенным уменьшением скорости имитации отказа двигателя от полета к полету (в отличие от прерванных взлетов). Вначале имитируют отказ двигателя после отрыва, затем до отрыва, но на достаточно большой скорости, обеспечивающей уверенное продолжение взлета. Затем отказ двигателя имитируется на разбеге при меньших скоростях до скорости, при которой пилот уже не в состоянии удержать самолет от разворота. В каждом случае в результате летного эксперимента определяют длину разбега и взлетную дистанцию до

набора высоты 10,7 м. Полученные характеристики продолженных взлетов наносят на график, приведенный на рис. 3, сравнивая результаты летных испытаний с расчетом.

Прерванный взлет выполняют с постепенным увеличением скорости отказа двигателя. Замеренную при этом дистанцию взлета наносят на тот же график в зависимости от скорости отказа. Торможение самолета после принятия решения о прекращении взлета при сравнительно большой скорости отказа двигателя может привести к весьма большой длине пробега до полной остановки самолета (см. рис. 3).

В точке  $D$  пересечения зависимости дистанции продолженного взлета до набора высоты 10,7 м и дистанции прерванного взлета определяют скорость принятия решения  $V_1$  при которой в случае отказа двигателя возможно как безопасное прекращение взлета, так и его продолжение в пределах располагаемой длины летной полосы. Точка пересечения кривых  $D$  определяет сбалансированную длину взлетной дистанции, когда дистанции прерванного и продолженного взлетов равны между собой.

Каждому значению взлетной массы для конкретных атмосферных условий и положения закрылков соответствует своя скорость отказа двигателя (скорость принятия решения) и сбалансированная взлетная дистанция или сбалансированная длина летной полосы аэродрома. Чем больше взлетная масса самолета, тем больше и сбалансированная взлетная дистанция. Если принять решение о продолжении взлета при отказе двигателя на скорости, меньшей  $V_1$ , то длина продолженного взлета превысит сбалансированную. В случае прекращения взлета при скорости, большей  $V_1$ , увеличится тормозной путь самолета.

Таким образом, на основании летных испытаний по определению характеристик прерванного и продолженного взлетов можно сделать вывод: если отказ двигателя на взлете произойдет до достижения скорости  $V_1$ , взлет необходимо прекратить, если же при скорости, большей  $V_1$ , взлет продолжать (пилот должен твердо знать при каждом взлете для конкретных условий старта скорость принятия решения).

В точке  $R$  пересечения кривых прерванного взлета и фактической длины разбега определяется другая скорость принятия решения, на которой в случае отказа двигателя возможно завершение как разбега, так и прерванного взлета. Эта скорость отказа двигателя определяет сбалансированную длину разбега. Таким образом, летные испытания позволяют уточнить расчет и определить фактическую сбалансированную длину взлетной дистанции до набора высоты 10,7 м при отказе двигателя и сбалансированную длину разбега (см. рис. 3).

По параметру  $D$ , зависящему от располагаемых длин продолженного и прерванного взлетов, определяют допустимую взлетную массу самолета, когда при отказе двигателя на разбеге возможно как завершение (в пределах располагаемой величины ВПП + ПВП для продолженного взлета), так и прекращение взлета (в пределах располагаемой длины ВПП + КПБ для прерванного взлета). По параметру  $R$ , зависящему от располагаемых длин

ВПП для разбега и прерванного взлета, определяют допустимую взлетную массу самолета, когда при отказе двигателя на разбеге возможны завершение разбега до скорости отрыва или прерванный взлет и торможение в пределах располагаемой длины ВПП.

По полученным в летных испытаниях значениям  $D$  и  $R$  строят графики, позволяющие в зависимости от располагаемых длины продолженного взлета, разбега и прерванного взлета с учетом ряда параметров ВПП и атмосферных условий определить допустимую взлетную массу.

Пример расчета максимально допустимой взлетной массы, скорости решения  $V_1$ , скорости отрыва  $V_{отр}$  и безопасной скорости взлета  $V_2$  приведен в РЛЭ самолета.

Как отмечалось выше, особенно опасным является отказ двигателя при взлёте с ВПП, покрытой слоем осадков в сочетании с боковым ветром. Сложность ситуации усугубляется тем, что до скорости самолёта, равной 150 км/ч трудно выдерживать направление на разбеге, так как РН и тормоза колёс шасси малоэффективны.

Поэтому представление экипажем силовой характеристики воздействия на сложнейшую динамическую систему - воздушное судно- поможет избежать попадания в особые ситуации.

### Литература

1. Смирнов Н.Н., Чинючин Ю.М., Эксплуатационная технологичность летательных аппаратов. Изд-во «Транспорт».2006.
2. Воздушный Кодекс Российской Федерации. - М.: Авиаиздат, 1997 г.
3. Руководство по летной годности. Том 1 и 2, ИКАО, 2001 г.
4. Авиационные правила. Часть 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. - М.: МАК, 1993 г.
5. Техническая эксплуатация авиационной техники. М., Военное издательство, 1967 г.
6. Овчаров П.Н., Ступаков В.Я., Конкин Б.Б., Биндус В.А., Коробкин С.В. Сохранение летной годности и обеспечение транспортной безопасности В книге: Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования монография. Пенза, 2017. С. 99-114.
7. Биндус В.А., Овчаров П.Н. Обеспечение безопасности производственной среды процессов технического обслуживания авиатехники как составляющая требования комплексной безопасности на воздушном транспорте. Инновационные процессы в современном мире (иннофорум-2016) Материалы международной научно-практической конференции. 2016
8. Биндус В.А., Овчаров П.Н. Производственные процессы технического обслуживания в условиях возможной реализации опасностей факторов производственной среды. Инновационные процессы в современном мире (иннофорум-2016) Материалы международной научно-практической конференции. 2016

9. Айдаркин К.К., Акопов Г.Л., Ступаков В.Я., Биндус В.А., Овчаров П.Н., Конкин Б.Б. -Гражданская авиация: Воздушные суда, двигатели, информационные технологии. Ростов-на-Дону. 2012

***Овчаров Петр Николаевич***

*Доцент кафедры воздушных судов и авиационных двигателей, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

## **МЕТОДЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ ЖИВУЧЕСТЬ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**

**Аннотация.** в статье приведены методы совершенствование нормативных правил, а также исследование деградации характеристик трещиностойкости.

**Ключевые слова.** живучесть конструкций, усталостные повреждения, безопасность полетов.

***Ovcharov Petr Nikolaevich***

*Associate Professor of the Department of «Aircraft and aircraft engines»  
Rostov branch of the Moscow state University  
technical University of civil aviation»*

## **METHODS THAT INCREASE THE SURVIVABILITY OF AIRCRAFT STRUCTURES**

**Abstract.** the article presents the methods of improving the regulatory rules, as well as the study of the degradation characteristics of crack resistance.

**Keywords.** survivability of structures, fatigue damage, flight safety.

Одновременное обеспечение надежности, большой долговечности, минимальный вес и экономическая эффективность конструкций транспортных самолетов является одной из основных проблем современного самолетостроения.

Опыт создания и эксплуатации транспортных самолетов СССР и России, накопленный примерно за 50 лет, показал, что для достижения этих характеристик самолетов необходимо проектировать их конструкции, руководствуясь тремя принципами.

Регулярные продольные стыки панелей крыла, продольные стыки внахлест обшивки фюзеляжа следует проектировать по принципу безопасного ресурса (safe-life). В остальных силовых элементах планера должны обеспечиваться одновременно критерии безопасного разрушения

(fail-safe) и допустимого повреждения (damage tolerance). К настоящему времени при испытаниях образцов, панелей, полномасштабных конструкций, а также в результате анализа опыта эксплуатации самолетов получены обширные данные

по характеристикам усталости, безопасного разрушения и допустимости повреждений самолетных конструкций.

В 50-70-е годы в Нормах летной годности самолетов СССР единственным принципом обеспечения безопасности при длительной эксплуатации самолетов был принцип безопасного ресурса (safe-life). В 1976 году, наряду с принципом безопасного ресурса, вводится принцип эксплуатационной живучести. Он включает в себя принцип fail-safe и damage tolerance. В 1994 г. вводятся Авиационные правила для самолетов транспортной категории АП 25.571, в которых принцип эксплуатационной живучести принимается как основной принцип. В соответствии с Нормами летной годности и Авиационными правилами разрабатывались рекомендации прочности по обеспечению живучести и сопротивлению усталости самолетных конструкций. Требования к длительности роста трещин являются требованиями к damage tolerance. Большое значение придавалось обеспечению живучести конструкций на случай многоочаговых и обширных усталостных повреждений.

Следует отметить, что по классификации ЦАГИ многоочаговые усталостные повреждения и обширные усталостные повреждения (WFD) объединены термином «многоочаговые трещины». При этом различаются два вида многоочаговых трещин:

-трещины в одном элементе (панели) и трещины в сечении конструкции, состоящем из нескольких элементов.

Ресурс конструкций самолетов ограничивается в большинстве случаев усталостью продольных стыков панелей нижней поверхности крыла и усталостью продольных стыков внахлест обшивки фюзеляжа. В этих стыках образуются трудно контролируемые многоочаговые трещины.

Поэтому ресурс этих продольных стыков и, следовательно, ресурс самолета определяются по принципу safe-life. За время отработки самолетом проектного ресурса в указанных стыках не должны возникать многоочаговые усталостные трещины (MSD).

С целью определения значений ресурсов герметических фюзеляжей были обобщены экспериментальные данные по усталости продольных стыков внахлест обшивки гермофюзеляжей. Эти данные получены при испытании полномасштабных конструкций самолетов. При этом в продольных стыках обшивки нескольких фюзеляжей образовывались многоочаговые усталостные трещины. В Нормах летной годности гражданских самолетов в России придавалось большое значение результатам лабораторных испытаний полномасштабных конструкций на усталость и эксплуатационную живучесть. Нет ни одного типа самолетов России, натурная конструкция которого не подвергалась бы испытаниям на усталость с коэффициентом запаса не менее 3 по отношению к проектному ресурсу.

Было испытано по несколько экземпляров полномасштабных конструкций самолетов каждого типа, в том числе и самолетов с наработкой в эксплуатации.

В испытаниях отработывали методики неразрушающего контроля основных силовых элементов. После завершения испытаний проводили разбор-ку конструкций и последующую дефектацию для обнаружения малых усталостных трещин. По результатам испытаний корректировали методики расчета усталости и эксплуатационной живучести конструкций.

Одной из наиболее важных проблем авиации в современных условиях является проблема обеспечения безопасной эксплуатации стареющих (долго эксплуатируемых) самолётов. К настоящему времени многие типы самолетов России выработали ресурсы и сроки службы, заданные при их проектировании. А так как в ближайшее время невозможно полностью заменить старые типы самолетов, то приходится продлевать ресурсы и сроки службы в 1,5 - 2,5 раза сверх проектных значений. Обеспечение безопасности стареющих самолетов достигается за счет: расчетно-экспериментальных исследований эксплуатационной живучести; испытаний на усталость и живучесть конструкций после длительной эксплуатации самолетов; разработки дополнительных регламентов неразрушающего контроля; индивидуального продления ресурса каждого экземпляра самолета. При решении проблемы безопасной эксплуатации стареющих самолетов решаются три основные научные задачи: эксплуатационная живучесть конструкций с многоочаговыми усталостными трещинами; деградация характеристик трещиностойкости и сопротивления усталости конструкций при длительной эксплуатации самолетов; начало и длительность роста коррозионных повреждений.

Исследование проблемы обширных усталостных повреждений (WFD), которые могут развиваться из многоочаговых усталостных повреждений (MSD) и многоэлементных повреждений (MED), началось в СССР в 1972 году в связи с катастрофой пассажирского самолета Ан-110А из-за WFD в центральной части крыла. В настоящее время в России не допускается эксплуатация самолетов с возможным образованием в их конструкциях MSD.

Проектирование конструкций новых самолетов осуществляется таким образом, чтобы исключить вероятность образования WFD за время отработки проектного ресурса.

Для решения проблемы деградации характеристик прочности, сопротивления усталости и трещиностойкости в ЦАГИ проведено экспериментальное исследование влияния длительной эксплуатации самолетов на свойства материалов обшивки крыла и фюзеляжа из алюминиевых сплавов. Эксперименты проводили на образцах, вырезанных из конструкций самолетов различных фирм: Антонова, Ильюшина, Мясищева, Туполева, Локхид, Эйрбас. Параллельно определяли свойства складских полуфабрикатов алюминиевых сплавов той же марки. Механические характеристики определяли на стандартных образцах, сопротивление усталости - на полосе с центральным отверстием,

статическую и циклическую трещиностойкость – на плоских образцах шириной 160 - 1200 мм с центральной трещиной.

Сравнения характеристик материалов конструкций длительно эксплуатируемых самолетов и листов той же марки, взятых со склада, показали значительную деградацию (ухудшение) характеристик трещиностойкости материалов обшивки крыла и фюзеляжа после длительной эксплуатации самолетов. Остаточная прочность различных полуфабрикатов уменьшилась в 1,15 - 1,4 раза, скорость роста трещин увеличилась в 1,5 - 4 раза. Эффект ухудшения трещиностойкости алюминиевых сплавов подтвержден методом применения термообработки при сравнении скоростей роста усталостных трещин в новых (со склада) и старых (длительно эксплуатируемых) материалах.

Термообработка представляла собой отжиг путем нагрева образцов до 400°С с последующим охлаждением до температуры 20°С. Термообработке подвергали образцы, вырезанные из обшивки крыла и фюзеляжа длительно эксплуатируемых самолетов, а также из листов, взятых со склада. Снижение трещиностойкости алюминиевых сплавов при длительной эксплуатации самолетов может быть результатом комбинированного воздействия нескольких факторов: наличием внутренних дефектов материала, повышенного содержания примесей кремния и железа, технологии изготовления элементов конструкции, внешних нагрузок, цикличности температуры.

По мере накопления опыта эксплуатации самолетов совершенствуются нормативные правила обеспечения безопасности конструкций по условиям прочности при длительной эксплуатации самолетов. В конструкциях современных самолетов России рекомендуется обеспечивать одновременно принципы: safe-life, fail-safe и damage tolerance.

Не допускается эксплуатация конструкций с многоочаговыми усталостными повреждениями (MSD). Для одновременного обеспечения высоких характеристик живучести и экономической эффективности эксплуатации самолетов совершенствуются алюминиевые сплавы. Повышение их характеристик сопротивления усталости и трещиностойкости достигается путем повышения чистоты сплавов (уменьшением примесей железа и кремния), введением легирующих элементов (циркония, лития), совершенствованием технологии производства.

В конструкциях крыла транспортных самолетов применяются два типа панелей монолитные и клепаные. Характеристики живучести этих двух типов панелей из сплавов системы Al-Cu - близки.

Исследована точность расчета скорости роста трещин в обшивке верхней и нижней поверхности крыла. Образцы испытывались случайным спектром Боинг. Расчеты скорости роста трещин выполнялись по линейной модели и по модифицированной модели Уилленборга, учитывающей эффекты торможения и ускорения роста трещин. Показано различие точности расчетов роста трещин в нижней и в верхней обшивке крыла.

Эксперименты проведены на образцах, вырезанных из конструкций крыла и фюзеляжа самолетов фирм Антонова, Эксперименты показали деградацию характеристик трещиностойкости материалов после длительной эксплуатации ряда конструкций. Эффект деградации подтвержден специальной термообработкой испытанных образцов. Для определения начала образования и скорости роста коррозионных повреждений самолетных конструкций в ЦАГИ разработан и применяется специальный метод анализа по эксплуатации о размерах коррозионных повреждений.

### **Литература**

1. Нестеренко Г.И. Живучесть самолетных конструкций.// Межвузовский сборник научных трудов. Вып. 2, КНИГА, 1976. С. 60-70.
2. Нестеренко Г.И. , Селихов А.Ф. Применение принципов эксплуатационной живучести при создании широкофюзеляжных самолетов.// Прочность самолетных конструкций. – М.: Машиностроение, 1982. С. 151-189.
3. Костоготов А.И., Бендюков В.В., Шевцова Л.А., Овчаров П.Н. Динамическая устойчивость тонкостенных динамических оболочек при локальном действии импульса давления Проблемы машиностроения и автоматизации. 2003. № 4. С. 58-61.
4. Бендюков В.В., Лурье М.М., Ступаков В.Я., Остапенко А.В., Овчаров П.Н., Осяев О.Г. Экспериментальная установка для исследования несущей способности моделей корпусов летательных аппаратов Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2008. № 130. С. 102-106.
5. Овчаров П.Н., Ступаков В.Я., Конкин Б.Б., Биндус В.А., Коробкин С.В. Сохранение летной годности и обеспечение транспортной безопасности В книге: Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования монография. Пенза, 2017. С. 99-114.

### ***Дымов-Иванов Виктор Васильевич***

*Заведующий кафедрой авиационного электрорадиоприборного оборудования, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.ф-м.н., доцент.*

### ***Бондарь Татьяна Николаевна***

*Ведущий научный сотрудник, Институт земного магнетизма, ионосферы и распространения радиоволн РАН им. Н.В. Пушкова (ИЗМИРАН), к.ф-м..*

### ***Хорольский Евгений Михайлович***

*Доцент кафедры авиационных электросистем и пилотажно-навигационных комплексов, Ростовский филиал Московского государственного*



*технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.,  
доцент.*

## **О КРАЕВЫХ ЭФФЕКТАХ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОНЕЧНЫХ РЯДОВ ДАННЫХ**

**Аннотация.** Рассмотрены вопросы, связанные с эффектами искажения данных, возникающие на краях картин вейвлет-коэффициентов при обработке конечных реализаций сигналов. Предложены меры по компенсации этих искажений при анализе данных.

**Ключевые слова.** обработка рядов данных, вейвлет-анализ

***Dymov-Ivanov Viktor Vasilievich***

*Candidate of Physics and Mathematics, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Electrical and Radio Equipment, Rostov Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

***Bondar Tatyana Nikolaevna***

*Candidate of Physics and Mathematics, Leading Researcher, Institute of Terrestrial Magnetism, Ionosphere and Radio Wave Propagation of the Russian Academy of Sciences. N.V. Pushkova (IZMIRAN)*

***Khorolsky Evgeniy Mikhailovich***

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Aviation Electrical Systems and Flight Navigation Systems, Rostov Branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

## **ON EDGE EFFECTS OF WAVELET TRANSFORMATION OF FINITE DATA SERIES**

**Abstract.** Issues related to the effects of data arising at the edges of wavelet coefficient patterns when processing final signal implementations. Measures are proposed to compensate for these distortions in data analysis

**Keywords.** data series processing, wavelet analysis

Задача выделения полезных сигналов из шума, а также определение частотно-временных характеристик выделенных сигналов постоянно является весьма актуальной для многих приложений в конструировании и эксплуатации авиационной техники.

Для решения этой задачи разработано и используется большое количество методов обработки сигналов.

Одним из весьма перспективных методов, способным решать данную задачу является метод вейвлет-преобразования, уже нашедший широкое применение в различных отраслях науки и техники [1-9]. По нашему мнению [10], метод вейвлет-анализа позволяет, кроме выделения сигнала из шума,

эффективно решать задачи выделения из сигнала составляющей с заданными частотно-временными характеристиками (своеобразная фильтрация сигнала).

Вейвлет-преобразование одномерного сигнала состоит в разложении ряда значений функции  $f(t)$  по базису  $\Psi((t-b)/a)$ , сконструированному из обладающей определенными свойствами солитоноподобной функции (вейвлета)  $\Psi(t)$ . Свойства вейвлет-функций подробно описаны в [1]. Наиболее важными свойствами вейвлет-функции являются: быстрое затухание  $\Psi(t)$  при  $|t| \rightarrow \infty$ , равенство нулю хотя бы нулевого момента и ограниченная норма функции  $\Psi(t)$ .

Базис конструируется с помощью переносов ( $b$  - параметр сдвига) и масштабных преобразований ( $a$  - масштабный коэффициент) вейвлет-функции. Каждая из функций этого базиса характеризует как определенную пространственную (временную) частоту, так и ее локализацию в физическом пространстве (времени).

Параметр  $t$  для ряда динамики отождествляется со временем. В этом случае масштабный коэффициент  $a$  является величиной, определяющей характерное время (временной масштаб) процесса, а параметр сдвига  $b$  соответствует времени.

Аналитическое выражение вейвлет-преобразования имеет вид[1]:

$$W(a,b) = a^{-1/2} \cdot \int_{-\infty}^{\infty} \Psi((t-b)/a) \cdot f(t) \cdot dt \quad (1)$$

В результате вейвлет-преобразования одномерного ряда получаем двумерный массив амплитуд вейвлет-преобразования - значений коэффициентов  $W(a,b)$  в пространстве  $(a,b)$ =(масштаб, локализация).

В зависимости от выбора функции анализирующего вейвлета обеспечивается хорошая локализация особенностей ряда в спектре коэффициентов  $W(a,b)$  либо во времени (сдвигов -  $b$ ), либо в области масштабов ( $a$ ), либо достигается вполне удачный компромисс локализации по времени и масштабам.

Выбор анализирующего вейвлета определяется характером ряда и тем, какую информацию необходимо извлечь из анализируемого ряда.

Для решения задачи об оптимальном выборе анализирующего вейвлета в данной предметной области требуется теоретический анализ особенностей изучаемых рядов и большой объем расчетных работ с использованием модельных рядов и реальных рядов различной морфологии. Частично такой анализ проделан в работах [2,3,4,6]. В результате установлено, что для исследования параметров аперiodических составляющих, наблюдаемых в сигнале, предпочтителен реальный МНАТ-вейвлет (Мексиканская шляпа), представляющий собой вторую производную от функции Гаусса. Аналитическое выражение этого вейвлета имеет вид[1]:

$$\Psi(t) = (1 - t^2) \cdot \exp(-t^2 / 2) \quad (2)$$

МНАТ-вейвлет представляет собой удачный компромисс локализации в физическом пространстве (времени) и в пространстве Фурье. Поэтому он

хорошо приспособлен для анализа сложных рядов, имеющих как периодические, так и импульсные составляющие, что может быть характерно для рядов данных, описывающих динамику различных параметров авиационной техники.

Однако, при использовании метода вейвлет-преобразования, как, в прочем, и других методов служащих для выделения частотных составляющих из конечной реализации сигнала сложной частотно-временной структуры, возникает проблема краевого эффекта. Суть краевого эффекта состоит в искажении реально имеющейся в сигнале частотной составляющей на некотором интервале в начале и конце имеющейся реализации сигнала.

Для решения этой проблемы предлагаются различные подходы. Наиболее распространенными из них являются следующие предложения. Первое - дополнять ряд имеющихся данных с начала и в конце нулями. Второе – при анализе полученных результатов отбрасывать некоторые интервалы в начале и конце выделенной частотной составляющей.

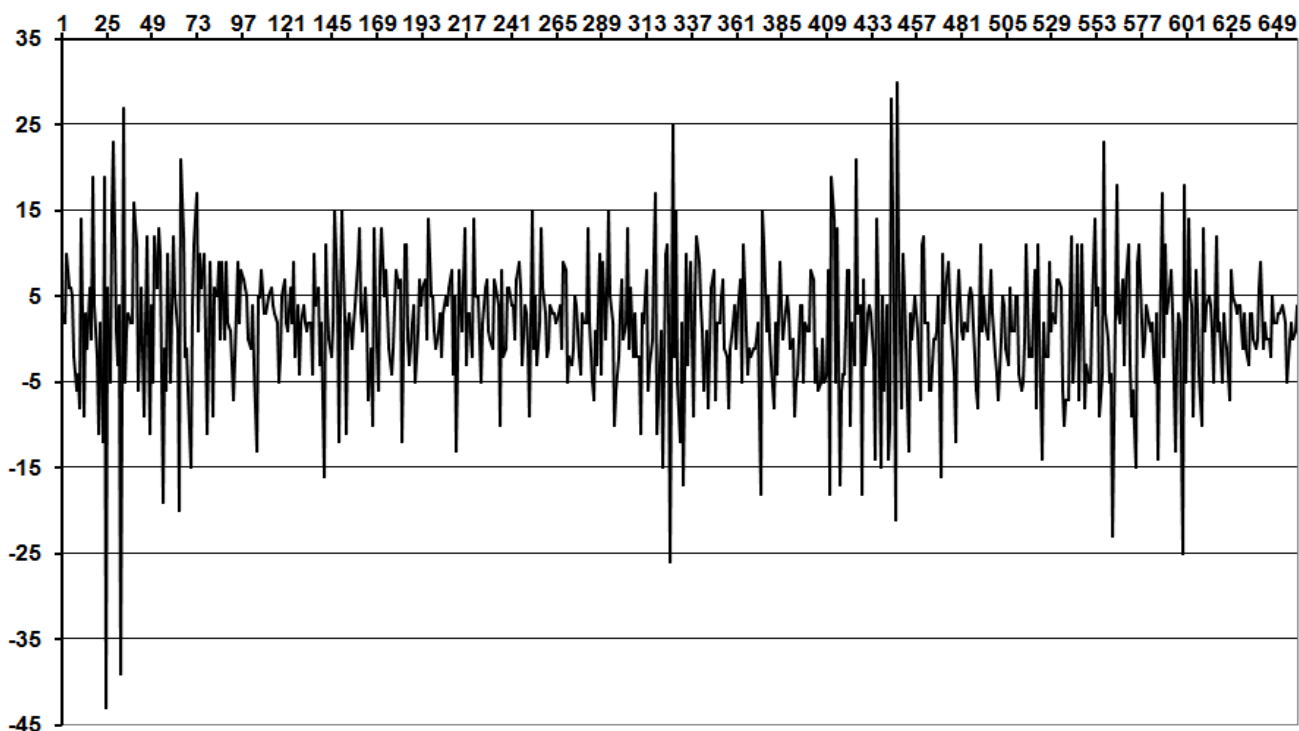
Первый подход требует вычитания из полученной составляющей математического ожидания и, по нашему мнению, главное, не решает полностью поставленной задачи, так как произвольное добавление нулей вносит искажения в динамику анализируемого ряда на начальном и конечном интервалах. То есть возвращает нас к проблеме краевого эффекта.

Значительно более эффективным является отбрасывание интервалов в начале и конце выделенной частотной составляющей. Однако здесь возникает вопрос о длине интервалов в начале и конце, которые следует отбрасывать. Наиболее часто отбрасываются интервалы равные или несколько большие масштабного коэффициента  $a$ , составляющая которого в данный момент выделяется. Однако, по нашему мнению, универсальность такого подхода требует проверки экспериментальными расчетами на морфологически сложных реальных рядах. Однозначного ответа, в связи с тем, что априорно точные характеристики выделенного сигнала неизвестны, такой расчет не даст. Однако, полученные результаты могут быть полезны при дальнейших исследованиях данного вопроса.

В качестве исходного материала нами были взяты ряды данных скоростей изменения магнитного поля с месячной дискретизацией (нТл/мес), наблюдаемые в 1955-2010 годах на пяти магнитных обсерваториях, имеющие сложную морфологическую структуру: (CLF), Fredricksburg (FRD), Hartland (HAD), Patrony (IRT) и Nurmijarvi (NUR).

На рисунке 1 в качестве примера представлены графики скоростей изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Forêt в X- и Y-компонентах.

а)



б)

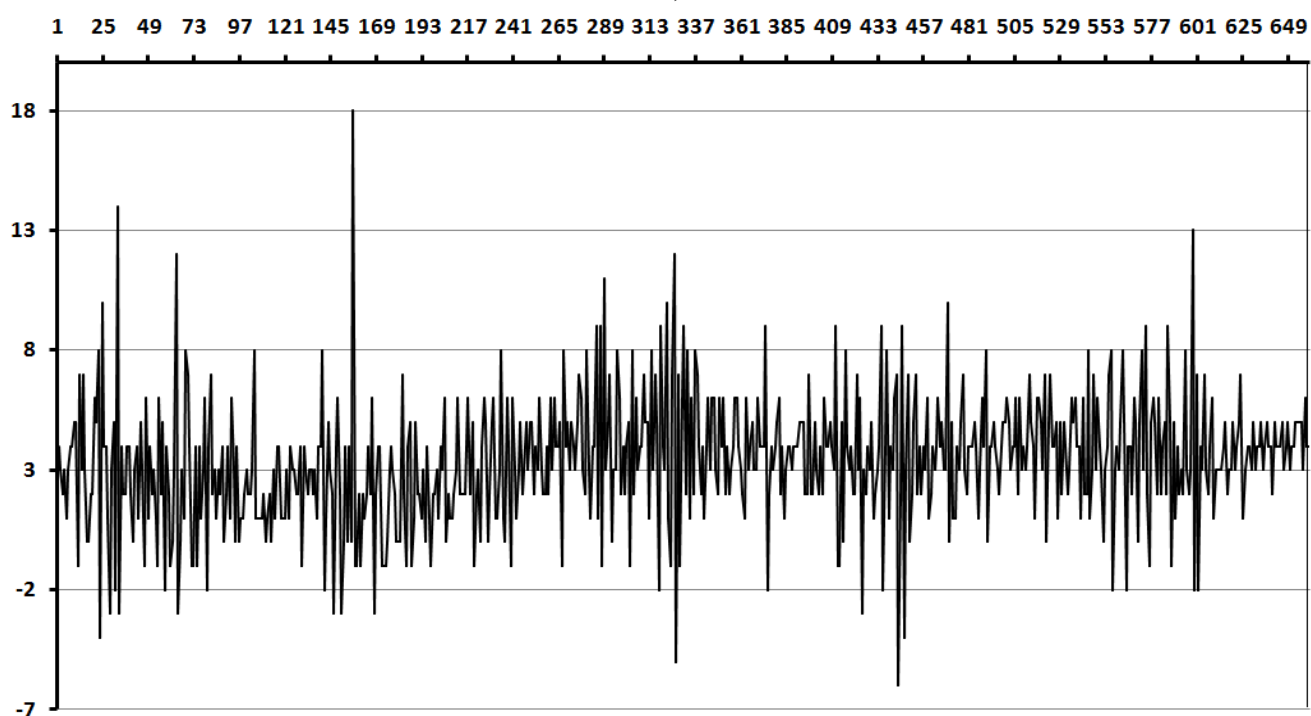


Рисунок 1. Графики скоростей изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Foret в X-компоненте (а) и Y-компоненте (б). По вертикальной оси – скорость изменения магнитного поля, по горизонтально – номер месяца, начиная с января 1955 г.

На рисунке 2 представлены графики составляющей скорости изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Foret в X- и Y-компонентах с характерным временным масштабом  $a=12$  месяцев выделенной в результате вейвлет-преобразования.

а)

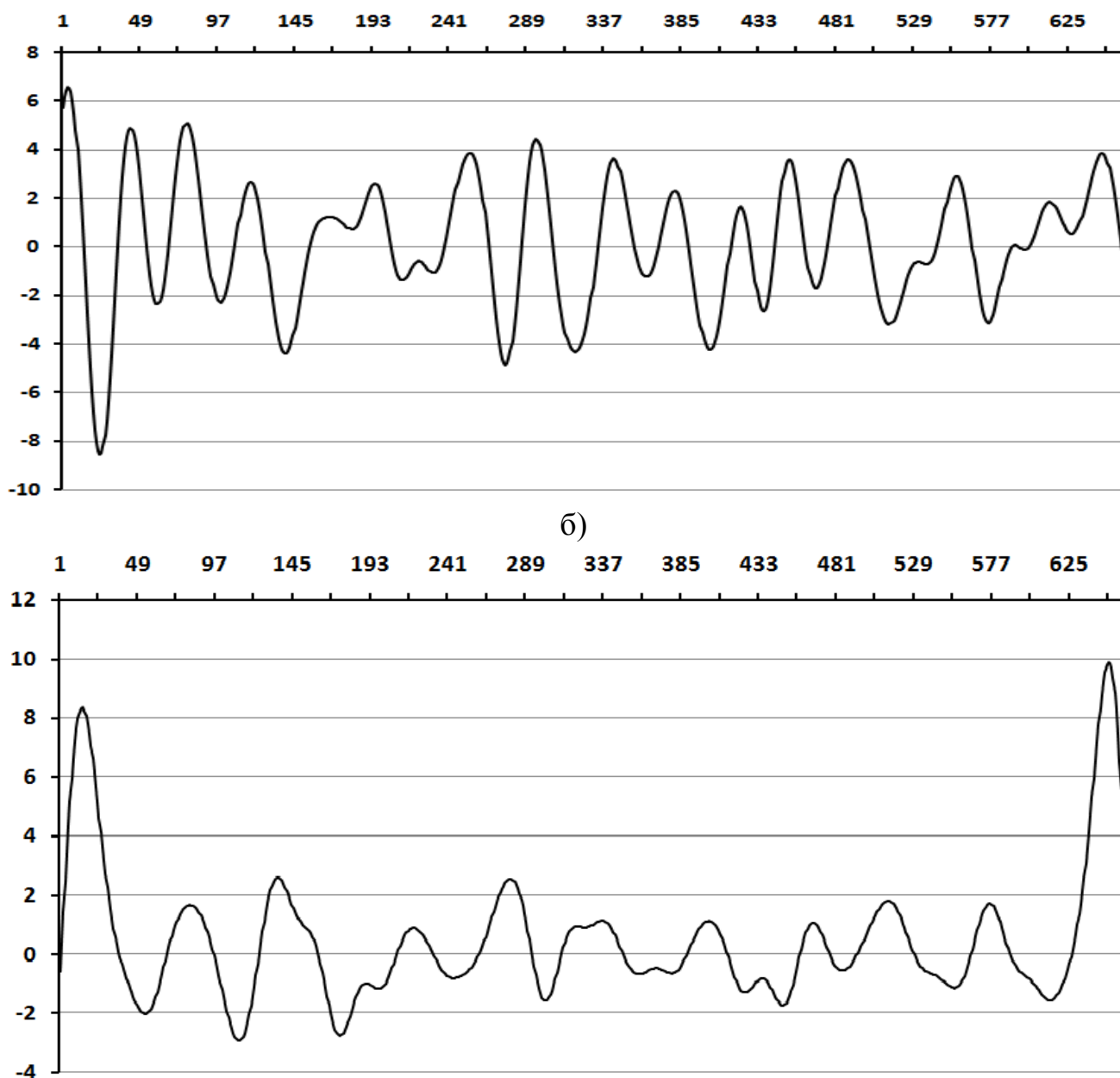


Рисунок 2. Графики составляющей скорости изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Foret в X-компоненте (а) и Y-компоненте (б) с характерным временным масштабом  $a=12$  месяцев выделенной в результате вейвлет-преобразования. По вертикальной оси – скорость изменения магнитного поля, по горизонтально – номер месяца, начиная с января 1955 г.

Сравнительный анализ графиков исходного ряда скорости изменения магнитного поля и составляющей скорости изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Foret для временного масштаба  $a=12$  месяцев, полученной с помощью вейвлет-преобразования, в X-компоненте показывает, что отнести наблюдающиеся на краях графика составляющей экстремумы однозначно не представляется возможным. Более того, в конце ряда составляющей хоть сколько-нибудь значительно выделяющийся экстремум не наблюдается.

Иная ситуация здесь наблюдается для Y-компоненты. В начале и конце ряда наблюдаются резко выделяющиеся по амплитуде экстремумы, которые

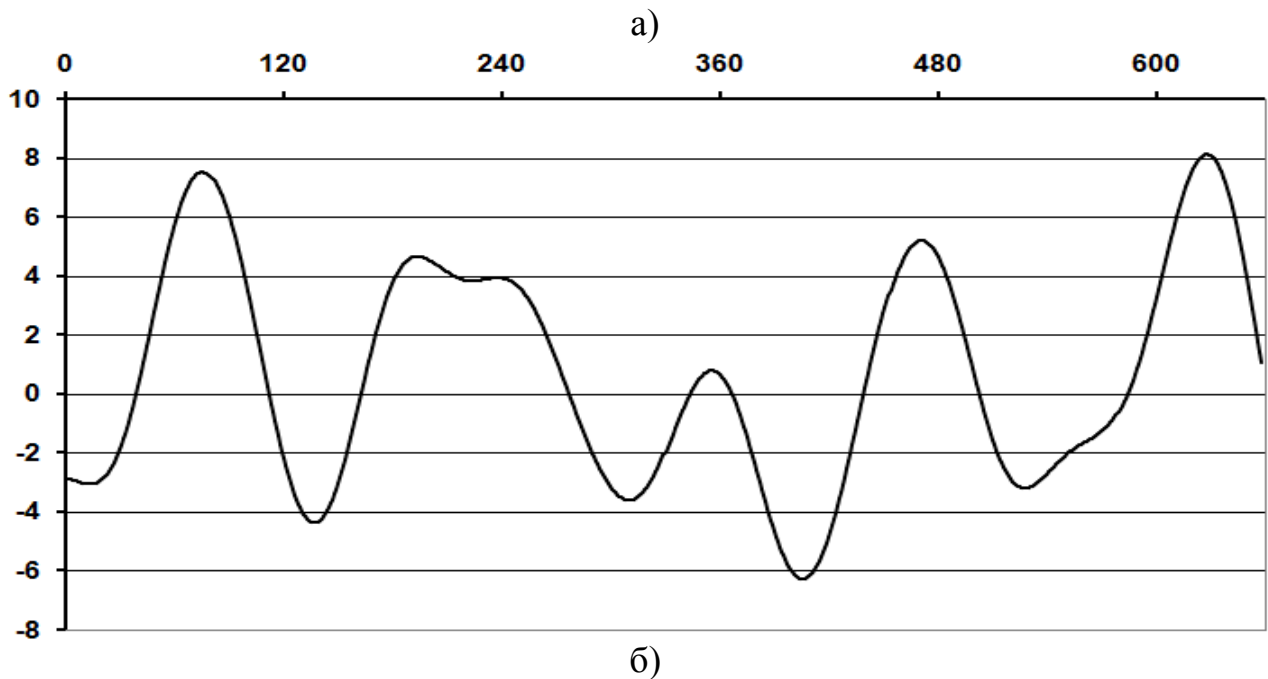
явно не имеют физических оснований и являются проявлением краевых эффектов. Следует отметить, что экстремумы, которые можно отнести к результату краевого эффекта, наблюдаются на интервалах примерно в 4 раза превышающих значение рассматриваемого масштабного коэффициента  $a$ .

Далее нами были проанализировано проявление краевых эффектов для различных значений масштабного коэффициента  $a$ .

На рисунке 3 представлены графики составляющей скорости изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Forêt в X- и Y-компонентах с характерным временным масштабом  $a=30$  месяцев выделенной в результате вейвлет-преобразования.

Анализ графиков, представленных на рисунке 3 и их сравнение с графиком исходного ряда, представленным на рисунке 1, показывает, что краевые эффекты здесь выражены слабее.

Далее следует отметить, что при увеличении значений масштабного коэффициента  $a$  визуальное выделение особенностей, которые могут быть связаны с краевым эффектом становится все более затруднительным.



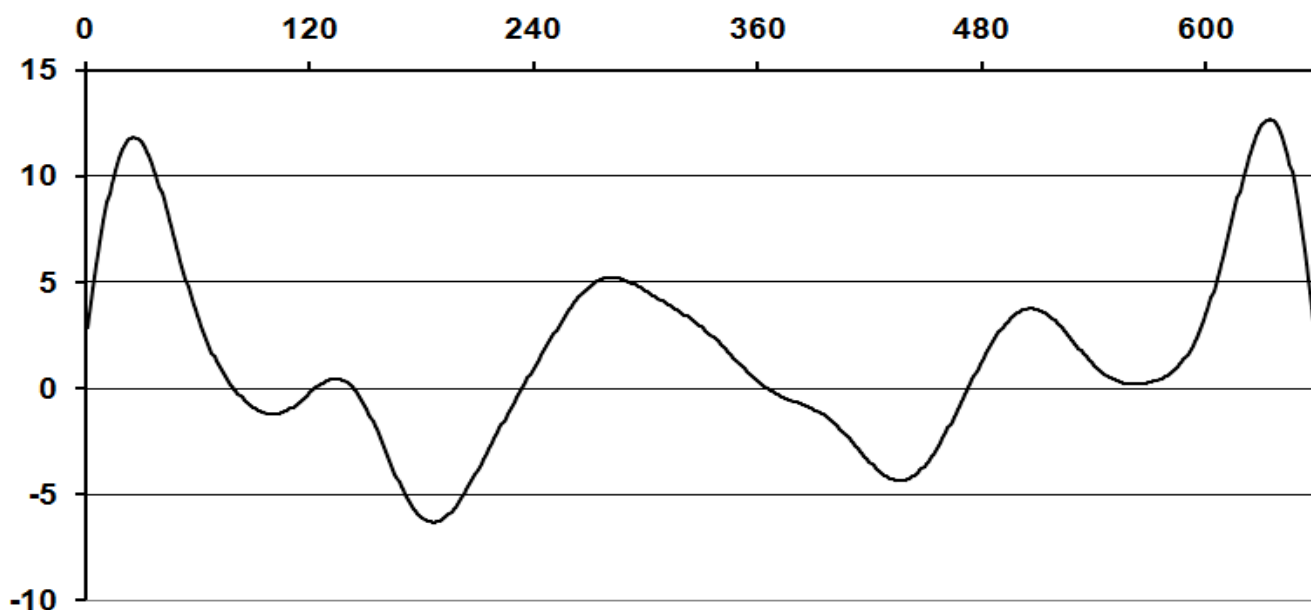
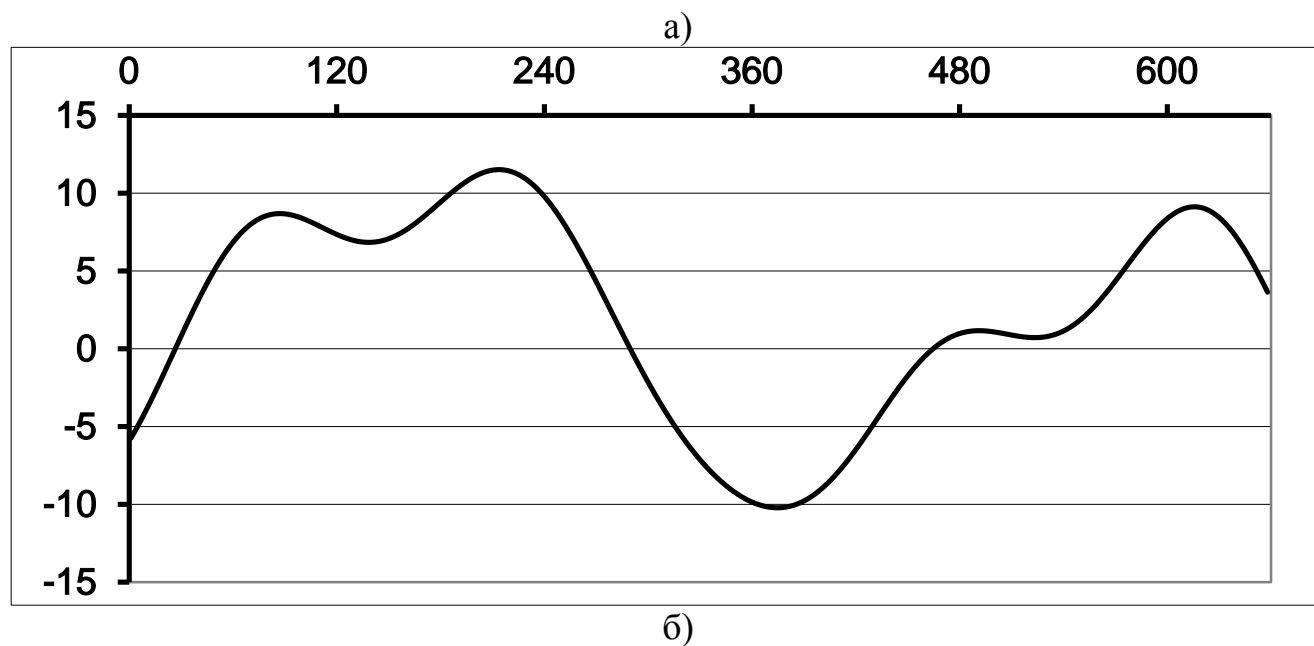


Рисунок 3. Графики составляющей скорости изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Forêt в X-компоненте (а) и Y-компоненте (б) с характерным временным масштабом  $a=30$  месяцев выделенной в результате вейвлет-преобразования. По вертикальной оси – скорость изменения магнитного поля, по горизонтально – номер месяца, начиная с января 1955 г.

На рисунке 4 представлены графики составляющей скорости изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Forêt в X- и Y-компонентах с характерным временным масштабом  $a=60$  месяцев выделенной в результате вейвлет-преобразования. Легко видеть, что определить влияние на графики краевого эффекта здесь не удастся.



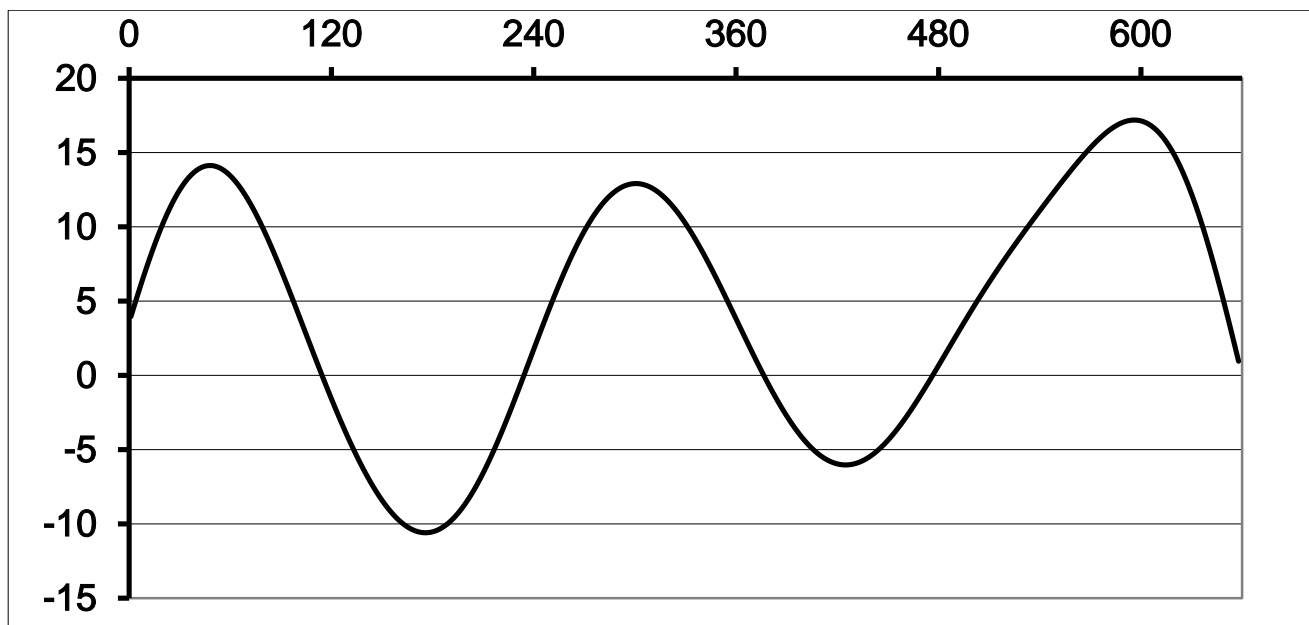


Рисунок 4. Графики составляющей скорости изменения магнитного поля на обсерватории Chambon-la-Foret в X-компоненте (а) и Y-компоненте (б) с характерным временным масштабом  $a=60$  месяцев выделенной в результате вейвлет-преобразования. По вертикальной оси – скорость изменения магнитного поля, по горизонтально – номер месяца, начиная с января 1955 г.

Анализ рядов скоростей изменений магнитного поля других обсерваторий дает аналогичные результаты. В значительной части случаев краевые эффекты не проявляются. Это заставляет предположить, что проявление краевых эффектов связано сложным образом с морфологическими особенностями анализируемых рядов.

#### Заключение

Степень влияния краевого эффекта на результаты вейвлет-преобразования конечной реализации сигнала сложной частотно-временной структуры, очевидно, определяется многими факторами, в частности, морфологией исходного ряда.

В связи с этим, для исключения или существенного уменьшения влияния на результаты анализа вейвлет-преобразования можно предложить следующий комплекс мер. Во-первых, при наличии возможности, отбрасывать при рассмотрении крайние интервалы значений масштабного коэффициента  $a$  в несколько раз превышающие его рассматриваемые значения. Особенно это касается малых значений  $a$ . Во-вторых, целесообразно морфологический анализ значений вейвлет-коэффициентов  $W(a,b)$  при одном или нескольких фиксированных значениях  $a$ , в зависимости от широты рассматриваемого диапазона характерных масштабов процесса.



## Литература

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: основы теории и примеры применения/Н.М. Астафьева.//Успехи физических наук.-1996.- Т.166.- № 11.- С.1145-1170.
2. Иванов В.В., Ротанова Н.М. Вейвлет-анализ профиля магнитных аномалий, полученного по данным спутника МАГСАТ // Геомагнетизм и аэрономия. - 2000. - Т.40, N 2. - С.78-83.
3. Иванов В.В., Ротанова Н.М., Ковалевская Е.В. Применение вейвлет-анализа к исследованию геомагнитных возмущений // Геомагнетизм и аэрономия. - 2001. - Т.41, N 5. - С.610-618.
4. Иванов В.В., Ротанова Н.М., Ковалевская Е.В. Цветков Ю.П. Использование результатов вейвлет-анализа для оценки глубин магнитных источников // Геомагнетизм и аэрономия. - 2002. - Т.42, N 4. - С.569-576.
5. Ротанова Н.М., Бондарь Т.Н., Иванов В.В. Временные изменения в вековых геомагнитных вариациях // Геомагнетизм и аэрономия. - 2002. - Т.42, N 5. - С.708-720.
6. Иванов В.В., Ефимов Е.Н. SOMPI и вейвлет-анализ динамики развития мирового Интернета // Статистика в современном мире. РГЭУ «РИНХ», Ростов-на-Дону, 2007.
7. Иванов В.В. Исследование динамики осадков в Черноградском районе // Вестник аграрной науки Дона, 2012, № 1(17), С.19-26.
8. Иванов В.В., Бондарь Т.Н. Вейвлет-анализ тонкой структуры джерков по среднемесячным изменениям магнитного поля в период с 1955 по 2006 гг. // Геомагнетизм и аэрономия, 2012, Т.52, № 5, С.701-711.
9. Иванов В.В. Вейвлет-анализ рядов данных экологических показателей // Системный подход к рациональному природопользованию регионов России: материалы науч.-практ. конф. (10-13 декабря 2019 г). – Краснодар: «Издательский Дом-Юг», 2019. - С.161-164.
10. Иванов В.В., Ротанова Н.М., Бондарь Т.Н., Ковалевская Е.В. Выделение сигнала из шума и анализ скачков фаз методом вейвлет-анализа в модельных рядах, вековых вариациях и вариациях магнитных бурь // Геомагнетизм и аэрономия. - 2005. - Т.45, N 3. - С.421-430.

**Титов Дмитрий Александрович**

*Младший научный сотрудник, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил» Министерства обороны Российской Федерации*

**Якунин Евгений Константинович**

*Инженер, ФГБУ «Центральный научно-исследовательский институт Военно-воздушных сил» Министерства обороны Российской Федерации*

**РЕКОНФИГУРИРУЕМЫЕ АВИАЦИОННЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ КАК**

## ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

**Аннотация.** В статье рассмотрен вопрос повышения эффективности эксплуатации воздушных судов гражданской авиации посредством совершенствования системы подготовки авиационного персонала. Особое внимание уделяется использованию реконфигурируемых авиационных тренажеров при подготовке авиационных специалистов.

**Ключевые слова.** воздушное судно, эксплуатация, авиационный тренажер, реконфигурируемость, безопасность полетов.

*Titov Dmitry Alexandrovich*

*Junior staff scientist, Air Force Central Scientific and Research Institute*

*Yakunin Evgeny Konstantinovich*

*Engineer, Air Force Central Scientific and Research Institute*

## RECONFIGURABLE AIRCRAFT SIMULATORS AS A TOOL OF EFFECTIVE CIVIL AIRCRAFT OPERATION

**Abstract.** The problem of civil aircraft employment effectiveness increasing is considered. Special emphasis is given to reconfigurable aircraft simulators implementation in the personnel training.

**Keywords.** aircraft, operation, aircraft simulator, reconfigurability, air safety.

Эксплуатация воздушного судна (ВС) гражданской авиации, являясь основной стадией его жизненного цикла, предусматривает использование ВС по назначению и техническую эксплуатацию, которая, в свою очередь, включает и техническое обслуживание. Согласно [1] в рамках технической эксплуатации ВС поддерживается и восстанавливается его качество, а при техническом обслуживании – поддерживается его исправность или работоспособность при использовании по назначению.

Процесс эксплуатации воздушных судов организовывается и осуществляется авиационным персоналом, от уровня подготовки которого зависит состояние безопасности полетов. Учитывая, что одним из центральных понятий научной области безопасности полетов является авиационная система, которую принято рассматривать как совокупность авиационного персонала, авиационной техники (АТ) и авиационной среды, прослеживается четкая взаимосвязь между уровнем подготовки авиационного персонала и достижением требуемого уровня исправности авиационной техники. Подготовка авиационного персонала является одним из важнейших элементов обеспечения правильной и безопасной эксплуатации воздушного судна, а также его систем и комплексов. Она позволяет минимизировать негативное влияние человеческого фактора, то

есть позволяет свести к минимуму вероятность ошибочных действий авиационного персонала, которые, в свою очередь, могут оказаться предпосылкой к возникновению авиационного события, досрочному снятию с эксплуатации и дорогостоящему ремонту АТ. Это дает основание утверждать, что эффективная эксплуатация воздушных судов напрямую зависит от квалификации авиационного персонала и уровня его профессиональной подготовки.

Одним из эффективных способов постоянного совершенствования подготовки авиационного персонала всех уровней является применение современных компьютерных тренажеров различного назначения. Тренажер (от англ. to train – обучать) – учебно-тренировочное моделирующее устройство, используемое в процессе обучения и подготовки для выработки практических умений и навыков обращения с техническими и иными системами в реальном процессе деятельности, где находят применение результаты обучения (при подготовке летчиков, космонавтов, обучении операторов комплексов вооружения и т.д.). В современных тренажерах и в программах подготовки и обучения, разработанных, в том числе, для авиационной индустрии, закладываются принципы развития практических навыков с одновременной теоретической подготовкой. Реализация такого подхода стала возможна в связи с бурным развитием и удешевлением электронно-вычислительной техники и прогрессом в области создания виртуальной реальности. Тренажерные технологии возникли и получили наибольшее развитие там, где ошибки при обучении на реальных объектах могут привести к чрезвычайным последствиям, а их устранение – к большим финансовым затратам, что обусловило колоссальный отклик в отношении их применения в сфере авиационной индустрии.

Одним из основных средств наземной подготовки авиационных специалистов, способствующим практическому закреплению приобретаемых знаний, формированию, совершенствованию и поддержанию профессиональных навыков и умений, являются авиационные тренажеры, в которых искусственно реализуется функциональная модель эргатической системы «человек-воздушное судно». Анализ их применения показывал устойчивую тенденцию к росту значимости тренажерной подготовки в связи с тем, что человеческий фактор также продолжает оставаться одной из основных причин возникновения авиационных событий. Применение тренажеров в процессе подготовки позволяет значительно уменьшить число ошибок, увеличить скорость манипуляции и принятия решений, более адекватно оценивать уровень полученных знаний и приобретённых навыков, индивидуализировать обучение, формировать выводы по действиям обучающегося. Подготовка на тренажерах дает широкие возможности в исследовании новых прогрессивных методов и приемов обучения, позволяет делать анализ допущенных ошибок в процессе эксплуатации воздушного судна, его систем и комплексов. Возможности современных ЭВМ позволили довести авиационные тренажеры до такого уровня развития, что подготовка авиационного персонала на тренажерах стала еще более эффективной. Кроме

того, авиационные тренажеры позволяют сэкономить значительные финансовые средства на подготовке авиационного персонала в виду того, что стоимость эксплуатации реального воздушного судна и его систем кратно превосходят стоимость эксплуатации тренажёра [2]. Особенно это заметно при расчете экономического эффекта от внедрения тренажеров в процесс подготовки авиационных специалистов ввиду того, что затраты на внедрение окупаются в течение нескольких месяцев их непосредственного использования. Вместе с тем, использование авиационных тренажеров в процессе подготовки авиационных специалистов способно снизить эксплуатационную нагрузку на реальный образец авиационной техники, что может увеличить его межремонтный ресурс.

В настоящее время в гражданской авиации эксплуатируется широкая номенклатура воздушных судов, которая, в связи с повсеместной цифровизацией будет постоянно модернизироваться и расширяться, в связи с чем наиболее остро должен стоять вопрос профессиональной подготовки авиационного персонала, поддержания их профессиональных навыков на достаточно высоком уровне. Одним из направлений интенсификации процесса подготовки является интеграция в среду подготовки специалистов наиболее перспективных авиационных тренажеров.

Существующая научная база в отношении тренажерных систем имеет широкий массив с довольно большим количеством классификационных признаков и подходов к непосредственному процессу их классификации. Некоторые из этих признаков и подходов являются достаточно дискуссионными. Авиационные тренажеры могут быть классифицированы по широчайшему перечню признаков: по назначению, характеру формируемых навыков, личностному признаку (индивидуальным особенностям обучаемого), способу размещения, степени автоматизации процесса подготовки авиационных специалистов, количественному признаку в отношении личного состава, одновременно проходящего обучение на тренажере и другим признакам. Определенно, нет необходимости в детальном рассмотрении абсолютно всех особенностей классификации тренажерных систем. Каждый авиационный тренажер возможно классифицировать по нескольким признакам, а иногда даже тренажерная система может иметь смешанную структуру, то есть комплексировать несколько свойств внутри одного классификационного признака. Несмотря на различные подходы к классификации, по назначению авиационные тренажеры принято подразделять на две большие группы: комплексные и специализированные. В научном издании [3] по данному классификационному признаку рассматривают еще и универсальные тренажеры, однако учитывая современные достижения научно-технического прогресса и темпы развития информационных технологий, универсальность скорее является свойством, способствующим расширению функциональных возможностей тренажеров.

Через призму научно-технического прогресса универсальный авиационный тренажер преобразуется в реконфигурируемый авиационный

тренажер. В соответствии с [4], такой тип тренажеров представляет собой авиационный тренажер, в котором основное оборудование, программное обеспечение или их комбинация при необходимости изменяются таким образом, что данный авиационный тренажер имитирует другую модель, тип или модификацию воздушного судна. Реконфигурируемость, может достигаться вариативностью как программного модуля, так и аппаратных средств, или их совокупностью, входящей в состав тренажера. Реконфигурируемость, в зависимости от конструктивного исполнения авиационного тренажера, обеспечивается взаимосвязанными принципами формирования его структуры: синтеза программной и аппаратной части и модульности конструкции и программного обеспечения (ПО). Синтез программной и аппаратной части обусловлен тем, что с учетом возросшей роли ЭВМ, практически любой современный авиационный тренажер представляет собой программно-аппаратный комплекс, так как в настоящее время компьютер выполняет не только функцию коммутации составных частей тренажера, но и позволяет обеспечивать отработку требуемых навыков в моделируемых условиях среды на различных образцах авиационной техники. При этом, отсутствует необходимость в кардинальном изменении структуры построения авиационного тренажера по причине того, что программная часть позволяет заложить в него логику взаимодействия систем и комплексов различных воздушных судов, тем самым сформировать возможность использования принципа модульности программной части. Принцип модульности тренажера позволяет использовать вариативность как программного модуля, так и аппаратных средств, или их совокупности, входящей в состав тренажера.

Приведенный подход к формированию структуры реконфигурируемого тренажера, основанный на принципах синтеза программной и аппаратной части и модульности конструкции и ПО авиационного тренажера, особенно актуален при разработке авиационных тренажеров, так как его реконфигурируемая структура формирует потенциальное повышение эффективности подготовки авиационного персонала.

Рассматривая экономический аспект авиационных тренажеров, необходимо отметить, что реализация принципа реконфигурируемости в авиационных тренажерах существенно снижает экономические затраты на их производство. Кроме того, с точки зрения положений теории надежности, сложность построения технической системы существенно влияет на показатели надежности. Указанное замечание справедливо в отношении аппаратной наполняемости технической системы, поэтому взаимозаменяемые программные модули, способные обеспечить реконфигурируемость системы, не вносят кардинальных изменений в ее структуру, а следовательно, не снижают значения показателей надежности тренажерной системы.

Приведенные выше утверждения дают основание считать реконфигурируемый тренажер эффективным инструментом подготовки авиационных специалистов, обеспечивающим снижение временных и

экономических затрат на подготовку авиационного персонала, его качественную профессиональную подготовку и позволяющим добиться снижения числа ошибочных действий авиационного персонала в процессе эксплуатации воздушных судов.

Таким образом, подтверждается положительная роль реконфигурируемых авиационных тренажеров в рамках эффективной реализации процесса эксплуатации парка воздушных судов гражданской авиации.

### **Литература**

1. Бехтер, А.Т. К вопросу тренажерного обучения в работе со съемным авиационным вооружением / А.Т. Бехтер, М.И. Лееева, Д.И. Шурыгин // Проблемы эксплуатации авиационной техники в современных условиях: Сборник научных статей Всероссийской научно-практической конференции, Люберцы, ноябрь 2019 г. – Люберцы: НИЦ (г. Люберцы) ЦНИИ ВВС Минобороны России, 2019. – С. 66 – 70;

2. Емельянов, А.В. К вопросу тренажерного обучения в работе со съемным авиационным вооружением / А.В. Емельянов, В.Н. Гордеев, Д.А. Титов, И.П. Жабин // Научный журнал «Известия Тульского государственного университета. Технические науки», – Тула: ТулГУ, 2020 – выпуск 11 – С. 510 – 515;

3. Бичаев, Б.П.. Морские тренажеры: Структуры, модели, обучение / Б.П. Бичаев, В.М. Зеленин, Л.И. Новик // – Л.: Судостроение, 1986, 288 с.;

4. ГОСТ Р 57259-2016. Тренажеры авиационные. Термины и определения. // Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 ноября 2016 г. N 1675-ст.

### ***Иноятзода Афрошта Нусратулло***

*Аспирант кафедры организации перевозок на воздушном транспорте,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации*

## **АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН**

**Аннотация.** транспорт является важнейшим звеном социально-экономической системы государства. В статье рассматривается транспортная система Республики Таджикистан. Приводится стратегический план и перспективы развития новых международных коридоров, а также участие республики в международных проектах. Рассматриваются основные показатели и элементы транспортной инфраструктуры, согласно которым

большой объем перевозок относится к грузовым и сосредоточен в области железнодорожных и автомобильных маршрутов. Следовательно, организация мультимодальной логистики и международных логистических коридоров для перевозки грузов является актуальной задачей для развития авиатранспортной системы республики Таджикистан.

Ключевые слова. транспортная система, Таджикистан, структура транспорта, транспортные коридоры.

*Afroshta Nusratullo Inoyatzoda*

*Postgraduate student of the Department of Organization of Air Transport at the Moscow State Technical University of Civil Aviation*

## **IN THE ASPECT OF THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT SYSTEM OF THE REPUBLIC OF TAJIKISTAN**

**Abstract.** Transport is the most important link in every state. The article discusses the transport system of the Republic of Tajikistan. A strategic plan and prospects for the development of new international corridors are provided. As well as the participation of the republic in international projects. The main indicators and elements of transport infrastructure are considered, according to which a larger volume of traffic relates to freight and is concentrated in the area of railway and road routes. Consequently, the organization of multimodal logistics and international logistics corridors for the transportation of goods is an urgent task for the development of the air transport system of the Republic of Tajikistan.

**Key words:** transport system, Tajikistan, transport structure, transport corridors.

В настоящее время особенно актуальным вопросом для правительства Республики Таджикистан остается развитие транспортной системы. Выгодное географическое положение страны в центральной части Юго-Восточной Азии определяет наличие большого потенциала для развития транзитных грузоперевозок между Европой и Азией. Для привлечения транзитного грузопотока необходимо добиться повышения пропускной способности автомобильного транспорта в направлении международных маршрутов.

Транспортная система является для любого государства стратегически важным аспектом деятельности. Развитая транспортная система позволяет не только привлекать ресурсы на производства, но и расширять возможности транзита, следовательно, международного сотрудничества и образования глобальных транспортных коридоров. В современных экономических условиях деятельность транспорта становится глобальной. Это приводит к усилению взаимодействия всех видов транспорта на всем протяжении цепи поставок продукции. Происходит процесс интеграции транспортных систем отдельных стран в единую мировую транспортную систему, которая обслуживает потоки грузов между странами и континентами [1]. При

формировании международных транспортных коридоров можно рассматривать республику Таджикистан в качестве связующего звена между странами Юго- Восточной Азии и Ближним Востоком, так как она расположена в центре Азии. Такое расположение на протяжении длительного времени в историческом аспекте давало данной местности экономические преимущества. Можно говорить о высоком потенциале транспортных узлов республики в качестве транзитных точек и перевалочных пунктов для глобальных транспортных коридоров. Развитие транспортных коридоров позволяет отладить глобальные цепи поставок и способствует экономическому развитию страны [2,3].

Рассматривая ретроспективу транспортной системы Таджикистана стоит отметить, что в период с 1991 по 1996 годы наблюдается спад грузоперевозок и падение объема пассажирских перевозок, что говорит о неблагоприятном влиянии смены централизованного управления транспортным комплексом на рыночное, рисунок 1.



Рисунок 1. Анализ перевозок Таджикистана за период с 1991 по 1996 гг. (%) (составлено автором)

Начиная с 1999 года наметились тенденции экономического роста и улучшения благосостояния населения, что способствовало формированию закономерного увеличения платежеспособного спроса на транспортные услуги. Стал увеличиваться объем строительного и промышленного производства, что является одним из основных факторов, оказывающих влияние на рост объема грузоперевозок. В последние десятилетия благодаря созданию среды, обеспечивающей свободную конкуренцию, усилению государственного контроля отмечается устойчивое и последовательное развитие рынка транспортных услуг [2].

Автомобильный транспорт является ключевым видом перевозок в Республике Таджикистан. Это связано с небольшими расстояниями и развитой инфраструктурой для данного вида транспорта. Однако в некоторых регионах страны из-за большого перепада высот в зимнее время использование автомобильного транспорта ограничено в связи с высокими рисками обледенения трасс и снежных обвалов.

Внутреннее авиасообщение развито недостаточно в связи с сокращением количества действующих выполняемых маршрутов и



выполняемых рейсов. Вместе с тем, в условиях существующих ограничений воздушный транспорт является наиболее предпочтительным в организации внутренних пассажирских перевозок в отдаленные горные населенные пункты в зимнее время.

Железнодорожный транспорт является одной из важнейшей составляющей транспортной системы Республики Таджикистан. Уникальностью данного транспорта является то, что не зависимо от климатического периода, могут осуществляться перевозки, что является необходимым для горной страны такой, как Таджикистан. Железнодорожный транспорт является конкурентом авиационного транспорта, так как более доступен для населения страны. После пандемии данный вид транспорта продолжает осуществлять регулярные рейсы на международной основе и по доле рынка в стране занимает второе место после автомобильного. Стратегическим направлением развития транспортной структуры является расширение сети железных дорог [4].

Более 90% транзитных перевозок через территорию Республики выполняются с помощью железнодорожной транспортной системы. Общая инфраструктура железнодорожных перевозок Таджикистана является довольно новой, так как создавалась на базе Душанбинского перевалочного пункта в 1994 году. В этом состоит преимущество, однако и просматриваются возможности реконструкции и расширения транспортных путей. Систему железнодорожных перевозок Таджикистана можно разделить на три участка: Северный, Центральный, Южный, в среднем включая в себя около 10 станций каждый участок.

Правительство Республики Таджикистан утвердила программу развития транспортной инфраструктуры, из которой стоит выделить такие направления деятельности как: формирование логистических центров; строительство транспортных терминалов в приграничных территориях; вовлечение частных инвестиций; кредитование частных автотранспортных компаний; реконструкция железнодорожных путей и их развитие.

Также одной из основных целей программы является подготовка транспортного комплекса Республики Таджикистан к возможности функционирования в качестве транзитного пункта в международных транспортных коридорах.

На рисунке 2 представлены перспективные направления международных перевозок.



Рисунок 2. Направления транзитных транспортных коридоров на примере Республики Таджикистан (составлен автором).

Республика Таджикистан присоединилась на официальном уровне к девяти Международным Конвенциям и соглашениям, в частности:

- международная конвенция по координации контроля перевозки грузов через границы;
- международная конвенция по-дорожному движению;
- международная конвенция по дорожным предупредительным знакам;
- международная конвенция по доставке и хранению грузов;
- международная таможенная конвенция по перевозке грузов с помощью книжки TIR;
- Европейское соглашение по перевозке и доставке опасных грузов на дороге;
- межгосударственное соглашение о скоропортящихся продуктах питания и специальных транспортных средств для доставки таких грузов;
- Европейское соглашение о деятельности обслуживающих транспортных средств на международных автотрассах;
- Соглашение о внедрении техники безопасности для средств передвижений, а также запасных частей, которые используются для них.

В основе стратегии правительства Республики Таджикистан по выходу транспортной системы страны из состояния застоя входят планы развития транзитных и внутренних коридоров республики, представленных на рисунке 3.



Рисунок 3. Направления развития транзитных и внутренних транспортных коридоров на примере Республики Таджикистан.

Инфраструктура для воздушного транспорта представлена четырьмя международными аэропортами. В связи с тем, что условия эксплуатации воздушного транспорта характеризуются большой себестоимостью, зависимостью от погодных условий, ограниченностью габаритов к массе перевозимых грузов, данный сектор транспортного комплекса направлен на обеспечение дальних пассажирских перевозок, а также срочную доставку мелкопартионных дорогостоящих грузов.

На международном рынке воздушных перевозок Республики Таджикистан выделяют два сегмента рынка пассажирских авиаперевозок: рынок международных перевозок со странами дальнего зарубежья (с зарубежными странами без стран СНГ) — это перевозки, выполненные на рейсах, состоящих из одного или нескольких международных этапов полета, когда один из пунктов этапа полета находится в этих странах [5]. При этом, наличие на международном рейсе внутреннего этапа полета считается как международный; рынок международных перевозок с государствами СНГ - это перевозки, выполненные на рейсах, когда один или несколько этапов полета находятся на территории стран СНГ.

Международные перевозки с государствами СНГ подразделяются ещё на два сегмента: перевозки с Российской Федерацией и с остальными странами СНГ.

По данным Государственной целевой программы развития транспортного комплекса Республики Таджикистан до 2025 года, доля перевозок национальных авиакомпаний в общем объеме международных перевозок воздушного транспорта должна составлять около 50% рынка. В ретроспективе наблюдалось господство монопольной авиакомпании на рынке, однако современные тенденции позволяют поддерживать относительно свободную конкуренцию в области авиаперевозок, как пассажиров, так и грузов [6].

Свободная конкуренция в сфере авиации означает конкуренцию среди авиакомпаний и организаций, которая не ограничено государственным

регулируемым. Отсутствует монополизация рынка как пассажирских, так и грузовых авиаперевозок. Также стоит обратить внимание на опыт работы по концепции «Открытое небо», то есть зарубежные и государственные авиакомпании могут через Таджикистан открыть транзитные рейсы на краткосрочном (один день) и долгосрочном (более год) маршруте.

Важнейшим вопросом является функционирование и расширение сети транспортных терминалов, обеспечивающих мультимодальные перевозки. На рисунке 4 представлено соотношение функционирующих и строящихся терминалов.



Рисунок 4. Количество международных терминалов в Республике Таджикистан в соотношении к строящимся международным терминалам Республики Таджикистан (составлен автором).

Для развития этой системы необходимо:

- запустить единую сеть мультимодальных транспортных центров;
- проводить эффективную оценку пропускной способности каждого центра и эффективности каждого маршрута;
- разработать единые технологические процессы для мультимодальных транспортных центров [7].

Республика Таджикистан, находящаяся в центре Средней Азии, может стать ключевым звеном или крупным транспортным коридором, который может соединить других стран между собой в целях осуществления перевозки грузов, пассажиров и почты. Для развития и улучшения транспортной системы республики Таджикистан необходимо составить план и разработать метод оптимизации перевозок и обработки грузов для мультимодальных транспортных центров.

### Литература

1. Руднева Л.Н., Кудрявцев А.М. Транспортная инфраструктура региона: понятие и факторы формирования // Российское предпринимательство. – 2013. – Том 14. – № 24. – С. 139-144.

2. Степаненко, А. С. Особенности формирования транспортно-логистических цепочек / А. С. Степаненко, Л. Г. Большедворская // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации,

Москва, 18–19 мая 2023 года. – Москва: ИД Академии имени Н. Е. Жуковского, 2023. – С. 508-510. – EDN YPUVZW.

3. Степаненко, Е. В. Цифровизация управления технологическими процессами на воздушном транспорте / Е. В. Степаненко, М. А. Румянцева, А. И. Юдина // Вестник транспорта Поволжья. – 2024. – № 1(103). – С. 60-68. – EDN LJTNKQ.

4. Рауфи, А. Региональные проблемы развитие транспорта в системе рыночной экономики Таджикистана: дис. ... д-ра экон, наук / А. Рауфи.- Душанбе, 2008.

5. Каюмов Н.К. Переходная экономика Таджикистана: концепции, цели и механизмы развития. Монография / Н.К.Каюмов - Душанбе: Типография Института экономики и демографии АН Республики Таджикистан, 2013. -661 с.

6. Степаненко, Е. В. Бизнес-процессы авиакомпании и аэропорта: общность и различия / Е. В. Степаненко, М. А. Шевердин, Р. Р. Низаметдинов // Научный вестник ГосНИИ ГА. – 2020. – № 33. – С. 69-77. – EDN LNCAEW.

7. Степаненко, А. С. Глобальные технологические тренды и их применение в гражданской авиации / А. С. Степаненко // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : Сборник тезисов докладов участников Международной научно-технической конференции, посвященной 45-летию Университета, Москва, 18–20 мая 2016 года. – Москва: Академия имени Н.Е. Жуковского, 2016. – С. 261. – EDN XBAQOF.

***Светлакова Ольга Юрьевна***

*Аспирант кафедры организации перевозок на воздушном транспорте,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации*

## **ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЭРОПОРТОВ РОССИИ ДО 2035 ГОДА**

**Аннотация.** Стратегия развития аэропортово-аэродромной сети гражданской авиации Российской Федерации на период до 2035 года направлена на обеспечение соответствия развития аэродромной сети растущим потребностям населения и российской экономики в качественных воздушных перевозках и авиационных работах, а также нацелена на достижение роста вовлеченности России в мировые рынки услуг, в том числе рынки аэропортового обслуживания и авиаперевозок.

Обеспечение усиления интеграционных связей и взаимодействия российских регионов, рост мобильности населения страны, устойчивое



развитие и функционирование наземной инфраструктуры воздушного транспорта, транспортной доступности отдаленных регионов и населенных пунктов, расположенных, в том числе, в труднодоступных Дальневосточных и Арктических регионах страны положительно скажется на финансовом состоянии как авиакомпаний, так и бюджетной политике регионов.

**Ключевые слова.** аэропорт, стратегия, развитие, перспективы, прогноз, инвестиции.

*O.Yu. Svetlakova*

*Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia*

## **PROSPECTS FOR THE DEVELOPMENT OF RUSSIAN AIRPORTS UNTIL 2035**

**Abstract.** The strategy for the development of the airport and airfield network of civil aviation of the Russian Federation for the period up to 2035 is aimed at ensuring that the development of the airfield network meets the growing needs of the population and the Russian economy in high-quality air transportation and aviation work, and also aims to achieve Russia's increased involvement in global service markets, including airport services and air transportation markets. Ensuring the strengthening of integration ties and interaction between Russian regions, the growth of mobility of the country's population, the sustainable development and functioning of ground-based air transport infrastructure, transport accessibility of remote regions and settlements located, including in remote Far Eastern and Arctic regions of the country, will have a positive impact on the financial condition of both airlines and the budget policy of the regions.

**Keywords.** airport, strategy, development, prospects, forecast, investments.

В Российской Федерации, как и в других странах, транспорт является одной из крупнейших базовых отраслей экономики. Транспортный комплекс обеспечивает географическую связанность между территориями страны и экономическую связанность всех отраслей экономики.

От состояния и размещения аэропортов и аэродромов зависит география и интенсивность полетов, доступность, удобство стыковки и взаимодействия с другими видами транспорта, объемы перевозок пассажиров, грузов, багажа и почты.

Стратегия развития аэропортово-аэродромной сети гражданской авиации Российской Федерации в рамках Транспортной стратегии России на период до 2035 года устанавливает следующие цели и задачи государственной политики:

- развитие авиационной инфраструктуры транспортной системы Российской Федерации
- повышение конкурентоспособности на международном рынке аэропортовых услуг, в том числе с использованием транзитного потенциала Российской Федерации

- определение приоритетных направлений государственной поддержки перспективного развития авиатранспортной отрасли с учетом социальной ответственности государства по обеспечению транспортным обслуживанием населения и экономики страны
- повышение пространственной связанности и транспортной доступности территорий страны
- удовлетворение потребностей населения и экономики в воздушных перевозках
- привлечение инвестиций от частно-государственного партнерства для развития наземных систем аэропортов
- повышение мобильности населения и развитие внутреннего туризма. [1, 2]

Стратегия развития разработана с учетом основных положений следующих документов:

1. Конституция Российской Федерации в редакции от 4 июля 2020 года;
2. Воздушный кодекс Российской Федерации от 19.03.1997 № 60-ФЗ (в редакции от 08.06.2020 года);
3. Федеральный закон «О естественных монополиях» от 17.08.1995 № 147-ФЗ;
4. Федеральный закон «О государственном регулировании развития авиации» от 08.01.1998 № 10-ФЗ (в редакции от 15 октября 2020 года);
5. Основы государственной политики Российской Федерации в области авиационной деятельности на период до 2020 года, от 1 апреля 2012 года № Пр-804;
6. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 22 ноября 2008 года №1734–р «Об утверждении Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 года» (Распоряжением Правительства РФ от 11 июня 2014 года № 1032-р Транспортная стратегия изложена в новой редакции);
7. Транспортная Стратегия Российской Федерации на период до 2035 года (проект);
8. Руководство по экономике аэропортов ИКАО (ICAO Airport Economics Manual, Doc 9562) в редакции от 01 января 2020 года;
9. Руководство по регулированию международного воздушного транспорта ИКАО 2004 год (ICAO Manual on the Regulation of International Air Transport, Doc 9626);
10. Федеральный закон «О защите конкуренции» от 26.07.2006 № 135-ФЗ;
11. Федеральный закон «О транспортной безопасности» от 09.02.2007 № 16-ФЗ;
12. Федеральный закон «О внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации в части совершенствования порядка установления и использования приаэродромной территории и санитарно-защитной зоны» от 01.07.2017 № 135-ФЗ.

Реализация положений Стратегии направлена на обеспечение соответствия развития аэродромной сети растущим потребностям населения и российской экономики в качественных воздушных перевозках и авиационных работах, а также достижение роста вовлеченности России в мировые рынки товаров и услуг, в том числе рынки авиаперевозок и аэропортового обслуживания.

Это обеспечит усиление интеграционных связей и взаимодействия российских регионов, устойчивое развитие и функционирование наземной инфраструктуры воздушного транспорта, рост мобильности населения страны, транспортную доступность отдаленных регионов и населенных пунктов (в том числе в труднодоступных Дальневосточных и Арктических регионах страны), реформирование Единой системы организации воздушного движения Российской Федерации в целях создания аэронавигационной системы Российской Федерации, развитие программы привлечения внебюджетных средств через программы взаимодействия в рамках государственно-частного партнерства и концессионных соглашений, предусматривающие развитие терминальной и аэродромной наземной инфраструктуры аэропортовых комплексов. [1, 2]

Реализация мероприятий во исполнение распоряжения Правительства Российской Федерации от 27 ноября 2021 года N 3363-р (О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года) осуществляется в 3 этапа:

- с 2021 по 2024 год - 1-й этап (в части авиационной Стратегии реконструкция 66 аэропортовых и аэродромных комплексов)
- с 2025 по 2030 год - 2-й этап (реконструкция 67 аэропортовых и аэродромных комплексов)
- с 2031 по 2035 год - 3-й этап (реконструкция 48 аэропортовых и аэродромных комплексов) с учетом дальнейшей реализации целей, задач и основных мероприятий после 2035 года. [1, 2]

На сегодняшний день в авиатранспортной системе Российской Федерации наблюдаются ряд проблем, связанных с износом аэропортовой и аэродромной инфраструктуры во многих регионах страны, значительные территориальные диспропорции в уровне развития транспортной инфраструктуры в рамках сети региональных и местных аэропортов, аэродромов и посадочных площадок, низкая оснащенность аэропортов и аэродромов необходимым оборудованием, зданиями и сооружениями, требование капитального ремонта и реконструкции в целях продления эксплуатационно-технического ресурса значительной части действующей наземной авиационной инфраструктуры, используемой для обслуживания местных и региональных перевозок. [2]

Учитывая, что 60 % территорий Российской Федерации находится в Арктической зоне и Дальневосточном федеральном округе, значительная часть внутренних местных и региональных перевозок в труднодоступных районах страны осуществляется через аэропорты с малой интенсивностью движения, входящие в состав федеральных казенных предприятий. Для



региональных и местных аэропортов с низкой интенсивностью движения сохраняются высокие требования транспортной безопасности, что, в свою очередь, повышает аэропортовые сборы и снижает рентабельность региональных перевозок.

Количество действующих аэропортов/аэродромов на территории России с 1992 года до начала действия принятой в 2008 году «Концепции развития аэродромной (аэропортовой) сети Российской Федерации на период до 2020 года» (далее по тексту – «Концепция 2008») из-за недофинансирования содержания и обвального спада перевозок сократилось с 1302 почти в 4 раза (до 350 аэродромов). Выбытие аэродромов из реестра в основном происходило за счет местных аэродромов с грунтовым покрытием, при этом регулярные авиаперевозки осуществлялись уже только через 260 из них.

К 2024 году в государственном реестре аэродромов и вертодромов гражданской авиации РФ зарегистрировано 228 аэродромов и 5 вертодромов (в соответствии с данными Росавиации на 19.03.2024), в том числе 91 аэропорт федерального значения и 83 аэропорта открыты для выполнения международных полетов воздушных судов. [3]

Развитие опорной аэродромной сети России включает развитие воздушных перевозок на базе узловых аэропортов, что обеспечивает возможность проведения мероприятий по оптимизации маршрутных сетей и авиационных расписаний, развитие доступности максимального количества населенных пунктов, обслуживаемых аэропортами и аэродромами, достижение необходимой частоты рейсов и объемов авиационных перевозок, увеличение загрузки авиакомпаний и повышение эффективности эксплуатации воздушных линий для перевозок пассажиров, грузов, почты.

Одним из важнейших условий построения оптимальной маршрутной и аэропортовой сетей является активное вовлечение авиакомпаний в развитие маршрутных сетей через узловые аэропорты.

Основные критерии формирования опорной аэропортово-аэродромной сети построены на достижении безопасности полетов, связности сети, развитии системы узловых аэропортов для эффективной маршрутизации пассажиропотоков, учета социальной и экономической значимости авиаперевозок для населения и регионов страны, независимо от их удаленности, соответствия объемов перевозок через аэропорты спросу со стороны населения и отраслей экономики как для каждого региона в отдельности, так и в стране в целом.

По состоянию на сегодняшний день в РФ насчитывается 25 крупных узловых аэропортов опорной сети.

Основными критериями отбора в опорную сеть являются соответствия требованиям по объемам обслуживаемых воздушных перевозок: больше или равно 1,5 млн пассажиров (отправка и прибытие через аэродром аэропорта) или больше или равно 1 % от общего количества обслуженных аэропортами страны пассажиров.

Перечень крупных узловых аэропортов опорной сети России и планы их реконструкции приведены в Таблице 1.

Таблица 1

№ п/п	Наименование аэропорта	Запасной аэропорт	Аэропорт ФЗ	План реконструкции в 2025-2030 гг.	План реконструкции в 2031-2035 гг.
1	Москва (Шереметьево)	+	+		
2	Москва (Домодедово)	+	+		
3	Москва (Внуково)	+	+		
4	Санкт-Петербург (Пулково)	+	+		
5	Сочи	+	+	+	
6	Новосибирск (Толмачево)		+	+	
7	Екатеринбург (Кольцово)	+	+		
8	Симферополь		+		
9	Краснодар (Пашковский)	+	+		
10	Уфа	+	+	+	
11	Казань	+	+		
12	Владивосток (Кневичи)		+	+	
13	Ростов-на-Дону (Платов)		+		
14	Самара (Курумоч)	+	+		
15	Минеральные Воды	+	+	+	
16	Красноярск	+	+		
17	Иркутск	+	+	+	
18	Калининград (Храброво)	+	+		
19	Хабаровск (Новый)	+	+	+	
20	Тюмень (Рощино)	+	+		
21	Сургут	+	+		+
22	Челябинск (Баландино)	+	+		
23	Пермь (Большое Савино)	+	+	+	
24	Анапа (Витязево)	+	+	+	
25	Махачкала (Уйташ)		+	+	

Количественные показатели аэропортов опорной сети РФ и объемов пассажирских перевозок через крупные узловые, узловые и прочие аэропорты представлены на рисунках 1 и 2.

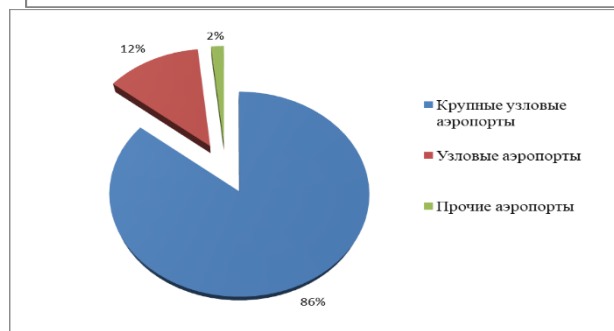


Рис. 1 Аэропорты опорной сети аэродромов Российской Федерации

Рис. 2 Объем пассажирских перевозок через аэропорты опорной сети.

Основные риски реализации Стратегии связаны с факторами обеспечения достаточного бюджетного финансирования для планируемых инвестиционных мероприятий. С этим связано наличие различных сценариев условий реализации:

- базовый сценарий предусматривает проведение реконструкции 100% аэродромов опорной сети;
- минимальный сценарий предусматривает проведение реконструкции только части аэродромов опорной сети (в первую очередь крупных узловых аэропортах и аэропортах, расположенных в Арктической зоне и Дальневосточном федеральном округе, среднегодовые темпы роста объемных показателей аэропортового обслуживания перевозок могут быть ниже базового уровня ~ в 1,3 – 1,5 раз);
- максимальный сценарий предусматривает проведение в период до 2035 года реконструкции всех аэродромов гражданской авиации Российской Федерации (среднегодовые темпы роста объемных показателей аэропортового обслуживания перевозок могут быть выше базового уровня ~ в 1,1 - 1,2). [2]

Достижение установленных целевых значений показателей способствует росту безопасности полетов и авиационной подвижности населения. Этими показателями являются: авиационная подвижность населения и доступность на местных перевозках.

Показатель авиационной подвижности населения как отношение количества суммарных отправок пассажиров из аэропортов страны к численности населения в стране, характеризует среднее количество авиаперелетов, приходящихся на одного жителя страны.

Авиационная подвижность населения Российской Федерации ниже уровня развитых стран и крайне неравномерна по регионам. В 20 крупнейших агломерациях она находится на уровне 2,6 поездки на человека в год (выше уровня Европейского союза), в остальных регионах - 0,26 поездки на человека в год (это значение в 10 раз ниже показателя крупных агломераций).

Установление целевых показателей авиационной подвижности в регионах субъектами Российской Федерации в рамках соответствующих программ развития должно учитывать наличие круглогодичного доступа к альтернативным видам транспорта, наземному доступу к аэропортам, расположенным в соседних субъектах Российской Федерации, особенности экономического развития региона и особенности развития транспортной системы региона и страны в целом.

В результате реализации Стратегии и с учетом прогнозируемого роста авиаперевозок через аэропорты России, а также прогноза динамики численности населения страны предполагается рост коэффициента авиационной подвижности ( $K_a$ ):

2020 год:  $K_a = 0,50$  (пандемия)

2024 год:  $K_a = 1,12$

2030 год:  $K_a = 1,45$

2035 год:  $K_a = 1,77$

Показатель доступности на местных перевозках показывает количество авиапассажиров, перевезенных на внутрисубъектовых маршрутах, и при реализации Стратегии планируется обеспечение роста показателя, характеризующего эффект от реализации в сфере местных воздушных перевозок.

С учетом реализации предусмотренных Стратегией мер в части развития инфраструктуры и механизмов поддержки местных перевозок, а также с учетом прогнозируемого роста авиатранспортного рынка Российской Федерации предусмотрен рост показателя доступности перевозок в местном авиасообщении ( $V_{п}$ ):

2020 год:  $V_{п} = 1,75$  млн пасс. (пандемия);

2024 год:  $V_{п} = 2,51$  млн пасс.;

2030 год:  $V_{п} = 2,81$  млн пасс.;

2035 год:  $V_{п} = 3,61$  млн пасс.

Статистика пассажирских перевозок за период 2010 - 2020 гг. и прогноз количества обслуженных пассажиров в аэропортах ГА РФ в 2021 - 2035 гг. представлены на рисунке 3. [1, 2, 3, 7, 8]

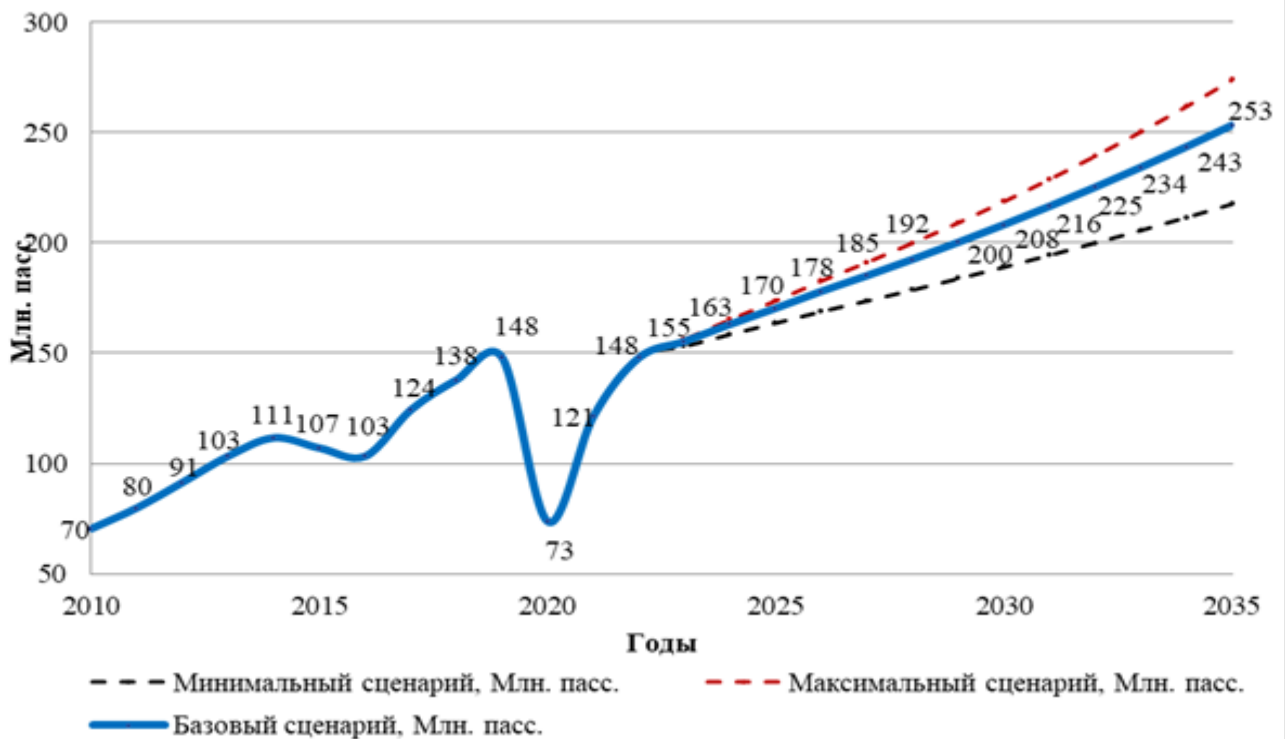


Рис. 3 Статистика и прогноз пассажирских авиаперевозок через аэропорты гражданской авиации 2010 - 2035 гг. (максимальный, минимальный и базовый сценарии), млн. пасс.

Статистические данные о пассажирских авиаперевозках через аэропорты и авиакомпании гражданской авиации в период первого этапа реализации Стратегии 2021-2023 гг. с данными допандемийного 2019 и пандемийного 2020 годов представлены на рисунках 4, 5 (млн. пасс.). [3, 4]

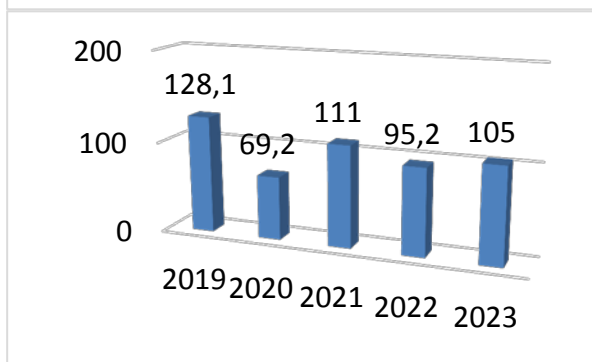
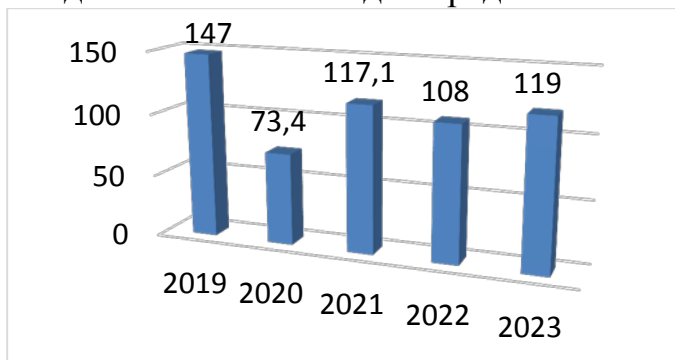


Рис. 4 Пассажирские перевозки через аэропорты

Рис. 5 Пассажирские перевозки через авиакомпании

аэропорты ГА России в 2019-23 гг.

авиакомпания ГА России в 2019-23

гг. Государственное регулирование аэропортовой деятельности и управление государственными активами наземной инфраструктуры являются основными целями реализации Стратегии развития аэропортово-аэродромной сети гражданской авиации Российской Федерации в рамках Транспортной стратегии России на период до 2035 года.

Они включают ряд мероприятий, таких как: повышение эффективности использования привлекаемых государственных финансовых ресурсов и государственного имущества, повышение экономической эффективности, качества и безопасности обслуживания аэропортами воздушных перевозок, стабильное выполнение работ по капитальному ремонту аэродромов и достижение за счет этого существенной экономии в затратах по реализации проектов реконструкции аэродромной сети, повышение инвестиционной привлекательности и привлечение внебюджетных источников финансирования в аэропортовый бизнес, в том числе с учетом особенностей различных групп аэропортов и региональных особенностей различных субъектов страны, эффективное развитие наземной инфраструктуры аэропортов для обеспечения ее соответствия растущему спросу и требованиям к качеству обслуживания авиаперевозок, оптимизация требований к номенклатуре и эксплуатационным параметрам зданий и сооружений аэропортовых комплексов, поддержание и развитие сети запасных аэродромов на маршрутах полетов воздушных судов для повышения уровня безопасности и топливной эффективности полетов. Показатели увеличения инвестиций в транспортный сектор РФ представлены на рисунке 6. [1, 2]

## Увеличение инвестиций в транспортный сектор

Целевой среднегодовой уровень инвестиций\* в транспортный комплекс по этапам реализации стратегии, трлн руб.\*\*/год

ВСЕГО ЗА ПЕРИОД  
ТРЛН РУБ.

11,4–13,9

22,2–27,4

20,9–25,6

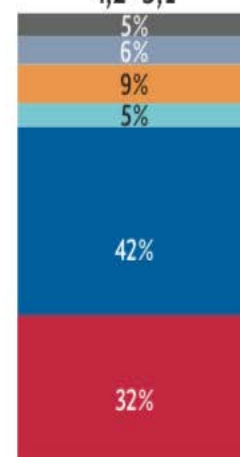
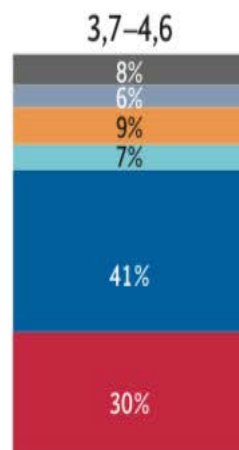
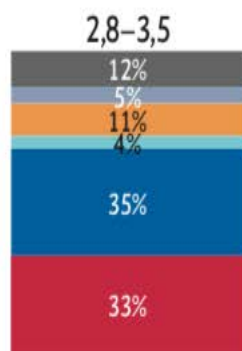
ВСЕГО  
% К ВВП

2,6%

3%

2,7%

СРЕДНЕЕ ЗА ПЕРИОД,  
ТРЛН В ГОД



\* включая бюджетные и внебюджетные средства \*\* в ценах 2020 г.

ИСТОЧНИК: ПРЕЗЕНТАЦИЯ МИНТРАНСА

Рис. 6 Показатели увеличения инвестиций с транспортный сектор.

В рамках исполнения транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2035 года и комплексной программы развития авиационной отрасли до 2030 года в части работ, проводимых в авиационных инфраструктурах, по состоянию на начало 2024 года проведены реконструкции и построены новые аэропорты и терминалы в городах Петрозаводск и Череповец (2020), Кемерово, Махачкала, Уфа (2021), Новый Уренгой (2022), Новосибирск, Москва (Домодедово) (2023), повышен уровень пассажироперевозок и грузоперевозок авиационным транспортом почти до пандемийного показателя 2019 года, проводятся массовые мероприятия по строительству и реконструкции аэропортов, ремонтные работы на аэродромах, ведется работа по оптимизации маршрутных сетей и авиарасписаний рейсов как через Московский авиационный узел, так и через крупные узловые аэропорты опорной сети России, продолжается эффективное развитие наземной инфраструктуры аэропортов для обеспечения ее соответствия растущему спросу и требованиям к качеству обслуживания авиаперевозок. Одновременно идет активное развитие совместных программ транспортных систем железнодорожного и автомобильного сегмента по исполнению общих тенденций транспортной стратегии России.

### Литература

1. Распоряжение Правительства РФ от 27 ноября 2021 года N 3363-р О Транспортной стратегии Российской Федерации до 2030 года с прогнозом на

период до 2035 года URL:  
<http://static.government.ru/media/files/7enYF2uL5kFZlOOpQhLl0nUT91RjCbeR.pdf> (дата обращения 25.03.2024)

2. Распоряжение Правительства РФ от 25 июня 2022 года N 1693-р О комплексной программе развития авиационной отрасли Российской Федерации до 2030 года URL: <https://docs.cntd.ru/document/350899839> (дата обращения 25.03.2024)

3. Сайт Федерального агентства воздушного транспорта URL: <https://favt.gov.ru/?ysclid=lwrvhu3r6m38404892> (дата обращения 01.04.2024)

4. Обзор пассажирских авиаперевозок URL: <https://www.tch.ru/ru-ru/ATSS/Administrative-Authorities/Supervisory-Board/Documents/Презентация%20НСАВ%20к%2030-летию%20СВВТ%20%28Обзор%20отрасли%29.pdf> (дата обращения 05.04.2024)

5. Статья Аэропорты России 2024/02/02 Tadviser URL: [https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Аэропорты\\_в\\_России](https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Аэропорты_в_России) (дата обращения 05.04.2024)

6. МАЦ Доклад на экспертно-аналитическом мероприятии Технологической платформы «Авиационная мобильность и авиационные технологии» URL: [https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1713173154&tld=ru&lang=ru&name=Report\\_2.pdf&text=КП%20ДО%202030%20ГОДА&url=https%3A%2F%2Faviatp.ru%2Ffiles%2Fcabinettp%2F2023%2FReport\\_2.pdf&lr=10758&mime=pdf&l10n=ru&sign=50896eb5c2ec3038310fe9172db3293a&keyno=0&nosw=1&serpParams=tm%3D1713173154%26tld%3Dru%26lang%3Dru%26name%3DReport\\_2.pdf%26text%3D%25D0%259A%25D0%259F%2B%25D0%2594%25D0%259E%2B2030%2B%25D0%2593%25D0%259E%25D0%2594%25D0%2590%26url%3Dhttps%253A%2F%2Faviatp.ru%2Ffiles%2Fcabinettp%2F2023%2FReport\\_2.pdf%26lr%3D10758%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D50896eb5c2ec3038310fe9172db3293a%26keyno%3D0%26nosw%3D1](https://docs.yandex.ru/docs/view?tm=1713173154&tld=ru&lang=ru&name=Report_2.pdf&text=КП%20ДО%202030%20ГОДА&url=https%3A%2F%2Faviatp.ru%2Ffiles%2Fcabinettp%2F2023%2FReport_2.pdf&lr=10758&mime=pdf&l10n=ru&sign=50896eb5c2ec3038310fe9172db3293a&keyno=0&nosw=1&serpParams=tm%3D1713173154%26tld%3Dru%26lang%3Dru%26name%3DReport_2.pdf%26text%3D%25D0%259A%25D0%259F%2B%25D0%2594%25D0%259E%2B2030%2B%25D0%2593%25D0%259E%25D0%2594%25D0%2590%26url%3Dhttps%253A%2F%2Faviatp.ru%2Ffiles%2Fcabinettp%2F2023%2FReport_2.pdf%26lr%3D10758%26mime%3Dpdf%26l10n%3Dru%26sign%3D50896eb5c2ec3038310fe9172db3293a%26keyno%3D0%26nosw%3D1) (дата обращения 05.04.2024)

7. Официальный сайт Аналитическое агентство «АвиаСтат» URL: <https://www.aviastat.ru/statistics/> (дата обращения 07.04.2024)

**Костенко Петр Иванович**

*Доцент кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования  
Ростовского филиала Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

**Воронов Александр Александрович**

*студент кафедры АЭРПО*

*ФГБОУ ВО «Ростовский филиал Московского государственного  
технического университета гражданской авиации»*



# ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ АНТЕННО-МАЧТОВОГО УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО ЦЕНТРА ОВЧ-ДИАПАЗОНА НА АНТЕННОМ ПОЛЕ

**Аннотация.** в докладе проведен анализа мест установки антенно-мачтовых устройств на антенном поле автоматизированных приемо-передающих центров (АППЦ) ОВЧ-диапазона. На основе проведенного анализа сформированы требования к местам их установки.

**Ключевые слова.** автоматизированный приемо-передающий центр, электромагнитная совместимость, антенно-мачтовые устройства, антенное поле.

*Kostenko Petr Ivanovich*

*Associate Professor of AERPO*

*Voronov Alexander Alexandrovich*

*Student of the Department of AERPO*

*FGBOU VO «Rostov branch of the Moscow State Technical University  
of Civil Aviation»*

## SITE REQUIREMENTS ANTENNA MAST DEVICES OF THE AUTOMATED VHF-TRANSCEIVER CENTER ON ANTENNA FIELD

**Abstract.** in the report, an analysis is made of the installations of antenna-mast devices on the antenna field of VHF automated transceiver centers (APPC). Based on the analysis, requirements for the installations were formed.

**Keywords.** automated transceiver center, electromagnetic compatibility, antenna-mast devices, antenna field.

Адекватная работа радиосредств ОВЧ-диапазона возможна с учетом реальной электромагнитной обстановки в зоне развертывания их антенно-мачтовых устройств.

При развертывании рассматриваемых радиосредств ОВЧ-диапазона необходимо учитывать ряд обстоятельств. Особенно это актуально в автоматизированном приемо-передающем центре (АППЦ), который является одним из основных объектов узла связи аэропорта и на котором размещаются ОВЧ-приемо-передатчики наземных и воздушных сетей связи и обеспечивает прием и передачу информации в ОВЧ-диапазоне между диспетчерами и экипажами воздушных судов (ВС) в интересах трассового сектора управления воздушным движением (УВД) [1, 2]. Вариант структурной схемы совмещенного АППЦ ОВЧ-диапазона, представлен на рисунке 1.

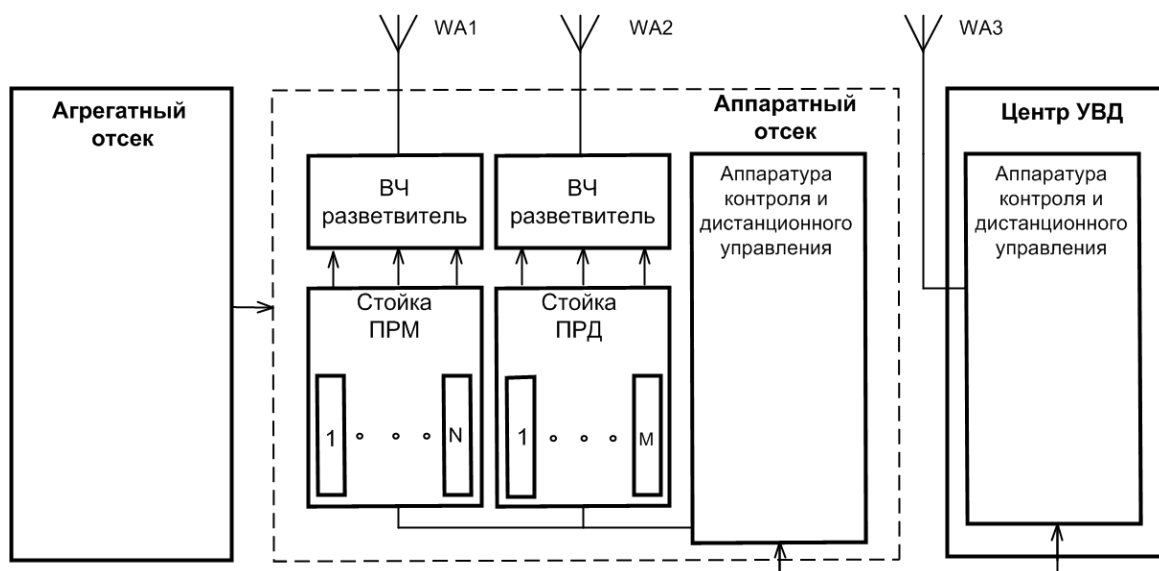


Рис. 1. Схема структурная совмещенного АППЦ ОВЧ-диапазона

Совмещённый вариант АППЦ подразумевает размещение передающих и приёмных устройств на одной территории (на одной площадке линейным размером не более 100...200 метров). Это удешевляет обслуживание уже действующего объекта, но приводит к необходимости решения вопросов электромагнитной совместимости (ЭМС) внутри АППЦ, что в большинстве случаев требует применения дополнительных фильтров развязывающих устройств (фильтров, циркуляторов) и пространственному разнесению антенн. Приемные и передающие антенны (рис. 2), как правило, размещены на антенном поле и удалены на некоторые расстояния от технических зданий, в которых установлены радиопередатчики. Как правило, это антенны (Л-120, АНК/100-150, ОА 2000V, ОА 2001V, ОА 2004V) с круговой диаграммой направленности усилением 2...2,5 дБ (рис. 2).

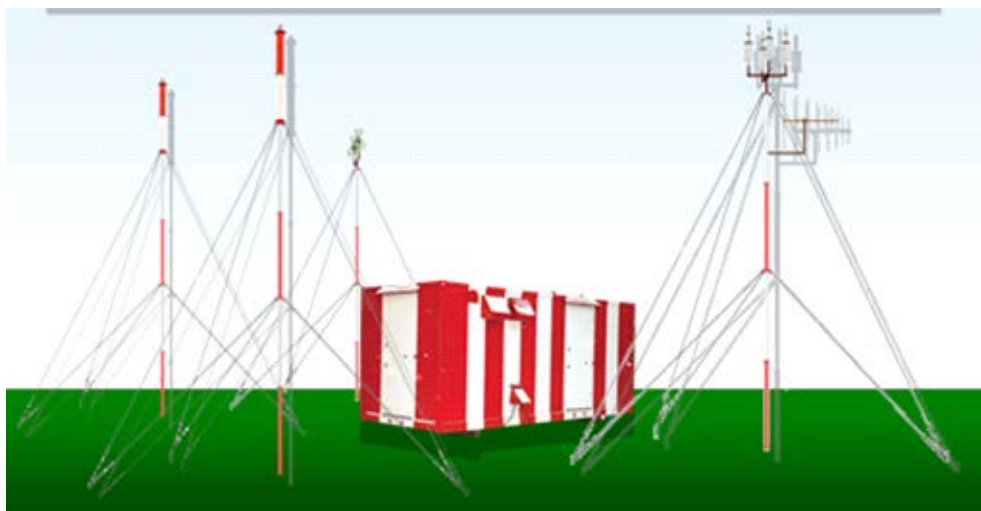


Рис. 2. Вариант размещения антенно-мачтовых устройств АППЦ ОВЧ-диапазона на антенном поле

Как правило, ограниченность размеров антенного поля, приводит к необходимости учета того, что:

1. Несколько соосных (коллинеарно расположенных) вибраторов обеспечивают сокращение площади, занимаемой антенно-мачтовым устройством. При этом, обеспечивается дополнительная электрическая развязка между передатчиками АППЦ, что позволяет снизить требования к фильтрам.

2. При одновременной работе нескольких передатчиков на антенны, находящиеся в непосредственной близости друг от друга, возникает явление интермодуляции. Данное физическое явление может привести к появлению помех и нарушению работоспособности АППЦ.

3. Близко расположенные антенны передатчиков наводят друг у друга мешающие сигналы, которые фиксируются детектором отраженной волны в каждом передатчике как отраженная волна. Система автоматики приемопередатчика, с целью защиты выходных каскадов от перегрузки позволяет снижать выходную мощность передатчика.

4. С целью снижения побочных излучений радиопередатчиков необходимо применяют: высокодобротные полосовые фильтры позволяющие, помимо снижения побочных излучений, осуществлять работу на одну антенну радиопередатчиков ОВЧ-диапазона ("Фазан-П2", "Фазан-19П50" "Полёт М1", R&S SU250А, "Кедр-С").

5. Эффективным средством снижения интермодуляционных излучений передатчиков, настроенных на близкие частоты, применение ферритовых изоляторов, представляющих из себя циркулятор со встроенной балластной нагрузкой.

6. Для уменьшающие потери электромагнитной энергии в антенных системах АППЦ необходимо:

– уменьшать сопротивление потерь в антенне (которое складывается из потерь в проводниках антенны, изоляторах, элементах настройки, оттяжках мачт, окружающих предметах и заземлении);

– уменьшать сопротивление потерь в проводниках антенны за счет использования в качестве излучателей мачт с большим периметром сечения.

– заземлять антенну с учетом характера электрического поля антенной сети.

### **Литература**

1. Автоматизированный приемо-передающий центр ОВЧ диапазона. Руководство по эксплуатации. ВАИШ.469178.002-005РЭ. 132 с.

2. Автоматизированный приемопередающий центр TRS 2000. Руководство по эксплуатации. 10 с.

***Костенко Петр Иванович***

*Доцент кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования  
Ростовского филиала Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

***Будников Юрий Викторович***

*Студент кафедры АЭРПО  
ФГБОУ ВО «Ростовский филиал Московского государственного  
технического университета гражданской авиации»*

## **ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К АНТЕННЫМ УСТРОЙСТВАМ АЭРОДРОМНОЙ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ**

**Аннотация.** в докладе сформированы требования, предъявляемые к антенным устройствам из состава многопозиционных системах наблюдения наземной инфраструктуры аэронавигационной системы аэродрома.

**Ключевые слова.** мультилатерации, многопозиционные системы наблюдения, аэродром, антенна.

***Kostenko Petr Ivanovich***

*Associate Professor of AERPO*

***Budnikov Yuri Viktorovich***

*Student of the Department of AERPO*

*FGBOU VO «Rostov branch of the Moscow State Technical University  
of Civil Aviation»*

## **FORMATION OF REQUIREMENTS FOR ANTENNA DEVICES OF AN AIRFIELD MULTI-POSITION SURVEILLANCE SYSTEM**

**Abstract.** the report defines the requirements for antenna devices from the multi-position surveillance systems of the ground infrastructure of the aeronautical system of the airfield.

**Keywords.** multilaterations, multi-position surveillance systems, airfield, antenna.

Совершенствование системы наблюдения аэродромов и в терминальной зоне предполагает не только повышение достоверности навигационной информации о воздушных судах (ВС) от традиционных средств наблюдения – первичных и вторичных радиолокаторов, но и внедрение относительно новых систем наблюдения, в качестве которых могут выступать многопозиционные системы наблюдения (МПСН). МПСН предназначены для контроля и управления движением воздушных судов, спецавтотранспортом, техническими средствами и другими объектами, оборудованными ответчиками там, где невозможно использование

радиолокаторов, в том числе, находящимися у взлетно-посадочной полосы, рулежных дорожек и на местах стоянок воздушных судов.

Использование МПСН для наблюдения за наземными перемещениями основано на сохранении ответчиков активными во время пролёжки, на аэродроме. У многих самолетов работа ответчиков управляется датчиком нагрузки на колеса. Ответчики продолжают посылать сквиттеры и могут быть селективно запрошены при нахождении на поверхности аэродрома.

Мультилатерация для целей аэронавигационного наблюдения основана на фиксации получения сигнала ответчика самолета несколькими приемными станциями. МПСН использует метод, известный как метод разности времен прихода сигнала TDOA (time difference of arrival – TDOA), для определения поверхностей, соответствующих постоянной разнице расстояний от цели до пары приемных станций. Позиция самолета определяется пересечением этих поверхностей [1].

Мультилатерационные системы позволяют:

- использовать любые сигналы (режимов A/C, S сквиттеры, а также ADS-B).

В существующих ответчиков без необходимости дополнительной локализации самолета его экипажем [1–3];

- обеспечивать покрытия на территориях со сложным рельефом, благодаря тому, что это модульная система, в которой покрытие может наращиваться добавлением новых приемных станций, причем количество станций ограничено возможностью обработки информации;

- формирование точной метки времени (с точностью до нескольких наносекунд),

- обеспечивать высокую точность и большую частоту обновления информации.

Зависимость точности мультилатерационных систем от положения цели не линейна в контролируемом воздушном пространстве. Точность зависит от положения цели относительно принимающих станций и точности определения времени получения сигналов станциями.

Мультилатерационные системы делятся на:

- пассивные системы, в составе которых есть только приемники;

- активные системы, содержащие одну или несколько передающих антенн для опроса самолетных приемоответчиков ВОРЛ.

Преимущества пассивных МПСН:

- не требуется никаких лицензий на монтаж и использование системы;

- не требует увеличения количества запросов на частоте 1030 МГц и количества ответов на частоте 1090 МГц.

- применение секторальных антенн в приемных антеннах.

Достоинства активной МПСН:

- не зависит от сторонних источников для получения ответного сигнала цели;

- запросчик значительно проще по сравнению с запросчиком МВРЛ;

– не требуется антенна с механическим сканированием, а может быть использована всенаправленная запросная антенна.

Компоненты МПСН представлены на рисунке 1.

Наземная система (рисунок 1) состоит из сети принимающих станций (Прм. С 1–3), связанных по сети электросвязи с центральной станцией обработки данных системы МПСН.

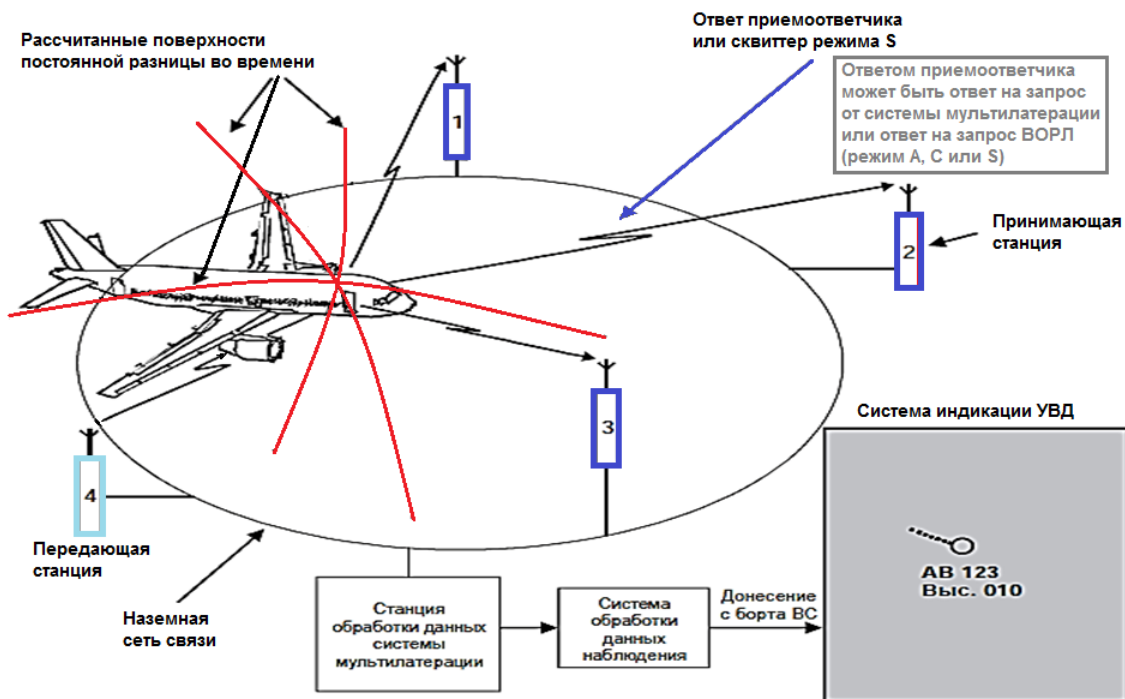


Рис. 1. Компоненты МПСН

Необходимо наличие источника запросов потребителям информации – передающей станции Прд. С 4 для получения от них информации, необходимой для определения местоположения и идентификации объекта на территории аэродрома. В некоторых системах МПСН используются запрос и ответ для определения расстояния от передатчика до цели, аналогично вторичному радару. Ответы, получаемые каждой Прм. С 1-3, обрабатываются и направляются по линиям связи на центральную станцию обработки данных.

Центральная станция обработки данных путем сравнения TDOA одного ответа каждого Прм. С 1–3 вычисляет трехмерное местоположение каждого воздушного судна. Донесения о местоположении передаются центральной системой обработки данных на индикаторы или автоматизированной системе.

Данные системы МПСН могут отображаться на индикаторе воздушной обстановки таким же образом, как и радиолокационные данные. Данные системы МПСН могут направляться автоматизированной системе ОрВД.

В настоящее время существуют широкозонные МПСН предназначенные для обнаружения, наблюдения и опознавания ВС во время полета в контролируемой зоне ИА эродромные МПСН являющиеся

элементом наземной инфраструктуры аэронавигационной системы аэродрома, взаимодействующей с комплексами средств автоматизации наблюдения и контроля аэродромным движением. При этом наиболее высокая точность мультilaterационной системы достигается при расположении приемных систем по периметру аэродрома, когда база мультilaterационной системы является наибольшей, как показано на рисунке 2.

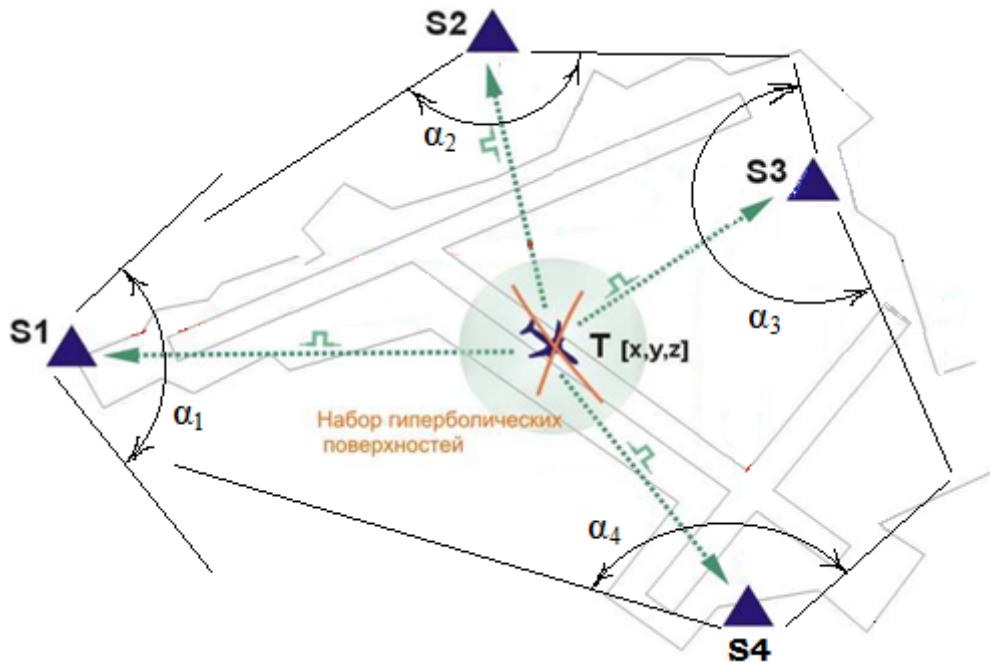


Рис. 2. Вариант расположения аэродромной многопозиционной системы наблюдения

Исходя из особенностей расположения аэродромных МПСН для расчета позиции объекта, ей необходимо не менее 4 приемных станций. Если известна барометрическая высота, то для расчета позиции цели достаточно 3 станций. На практике мультilaterационные системы имеют гораздо большее количество приемных станций. Это необходимо для обеспечения нужных точностных характеристик потому, что могут быть сбои в приеме сигналов на некоторых станциях[4].

На данном этапе развития в составе аэродромных комплексов гражданской авиации России, эксплуатируются следующие основные типы АМПСН, такие как: «Мера» производства ОАО «ВНИРА», «Альманах» производства НПП «ЦРТС», «MAS 2700» производства AZIMUT, «Эра» производства «ERA» (Чехия).

## Выводы

Таким образом, зависимость точности мультilaterационных систем от положения цели не линейна в контролируемом пространстве. Точность зависит как от положения цели относительно принимающих станций и точности определения времени получения сигналов станциями.

Для повышения точности определения момента приема сигнала от контролируемой цели необходимо улучшение электромагнитной совместимости приемных систем, работающих на одинаковых частотах. Это достигается для исключения "мертвых зон" формированием диаграммы направленности антенн приемных систем близкой к изотропной в пределах углового сектора, соответствующего контролируемой зоне (углы  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  и т.д. рисунок 2) и минимальной в пределах внешнего углового сектора.

С учетом формы границы зоны аэропорта рабочие секторы антенн приемных систем не только разных аэропортов, но и в пределах одного аэропорта могут быть различных типов. Для снижения стоимости приемных систем МПСН конструкции антенн должны быть максимально унифицированы.

### **Литература**

1. Дос 9924. AN/474. Руководство по авиационному наблюдению. Издание первое – 2010. ИКАО.
2. Авиационная электросвязь. Приложение 10. Том III. Системы связи, часть I. Системы передачи цифровых данных; часть II. Системы речевой связи. Международная организация гражданской авиации.
3. Дос 4444. Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения (PANS-ATM).
4. Кондратьев В.С., Котов А.Ф., Марков Л.Н. Многопозиционные радиотехнические системы / под ред. проф. В.В. Цветнова. - М.: Радио и связь, 1986.

#### ***Костенко Петр Иванович***

*Доцент кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования  
Ростовского филиала Московского государственного технического  
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

#### ***Зябрев Григорий Александрович***

*Студент кафедры АЭРПО*

*ФГБОУ ВО «Ростовский филиал Московского государственного  
технического университета гражданской авиации»*

## **ДОРАБОТКА ЗАЩИТЫ ОТ ЖИДКИХ И СМЕШАННЫХ ОСАДКОВ ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОВОРОТНОГО ОСНОВАНИЯ АНТЕННЫ И ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА АЭРОДРОМНОГО ОБЗОРНОГО РАДИОЛОКАТОРА – «АОРЛ-1АС»**

**Аннотация.** Краткая характеристика АОРЛ-1АС, условия использования оборудования. Поиск причин выхода из строя опорного



подшипника колонны вращающихся, обгонной муфты мотор-редуктора, подшипника вторичного вала редуктора. Внедрен защитный кожух герметизированных соединений опорно-поворотного основания антенны. Проведен анализ внесенных изменений в конструкции антенно-мачтового устройства, с учетом местных условий применения в процессе эксплуатации.

**Ключевые слова.** антенно-мачтовое устройство, вращающийся – вращающийся переход в составе колонны вращающихся переходов, колонна привода – устройство привода антенны состоящее из двигателя, редуктора и обгонной муфты с ведущей шестерней.

*Kostenko Petr Ivanovich*

*Associate Professor of AERPO*

*Zyabrev Grigory Alexandrovich*

*Student of the Department of AERPO*

*FGBOU VO «Rostov branch of the Moscow State Technical University  
of Civil Aviation»*

## **MODIFICATION OF PROTECTION AGAINST LIQUID AND MIXED PRECIPITATION OF SEALED JOINTS OF THE ROTARY BASE OF THE ANTENNA AND THE PIVOTING DEVICE OF THE AIRFIELD SURVEILLANCE RADAR – "AORL-1AS"**

**Abstract.** Brief description of AORL-1AS, conditions of use of the equipment. Search for the causes of failure of the support bearing of the rotation column, the overrunning clutch of the gear motor, the bearing of the secondary shaft of the gearbox. The protective casing of the sealed connections of the pivoting base of the antenna has been introduced. The analysis of the changes made in the design of the antenna-mast device, taking into account the local conditions of use during operation, is carried out.

**Keywords.** antenna-mast device, rotating junction – rotating junction as part of a column of rotating transitions, drive column – antenna drive device.

Аэродромный обзорный радиолокатор АОРЛ-1АС с резервированием при размещении двух комплектов основной аппаратуры в одном контейнере аппаратной, и аппаратуры энергоснабжения в контейнере агрегатной, с одной антенной системой, и комплектом ЗИП, предназначен для работы в качестве источника радиолокационной информации для существующих и перспективных систем УВД аэродромов и районных центров АС УВД. В составе изделия имеется выносной комплект аппаратуры для установки на КДП и выносной терминал, устанавливаемый в помещении для персонала, обслуживающего радиолокатор [1–3].

Оборудование АОРЛ-1АС, устанавливаемое внеотапливаемых помещений на открытом воздухе, сохраняет свои рабочие характеристики при следующих условиях:

- а) температура окружающего воздуха от минус 50°С до 50°С;
- б) относительная влажность 98 % при температуре воздуха не более 25°С.

Привод вращения антенны имеет два усиленных редуктора с повышенной надежностью, с обгонными муфтами, позволяющими проводить демонтаж и установку двигателей при вращении антенны, и имеет конструкцию с двумя червячными валами.

Размеры зеркала антенны АОРЛ-1АС в развернутом положении составляют 7,5×4,0 м, масса антенны – 1235 кг., внешний вид которой представлен на рисунке 1.



Рис. 1. Внешний вид радиолокатора

В 2016–2023г.г. в целях экономии ресурса оборудования, АОРЛ-1АС в Игарском центре ОВД работал в соответствии с регламентом аэропорта, т.е. с понедельника по пятницу в круглосуточном режиме, суббота-воскресенье выходные дни. Оборудование останавливалось и отключалось в пятницу и запускалось в понедельник. В процессе эксплуатации, в летний период 2022 г. при проведении запуска радиолокатора участились случаи обнаруживания следов воды на колонне вращающихся частей и колонне мотор-редуктора №1. Перед запуском предпринимались попытки продувки и просушки, указанного выше оборудования. Протечки наблюдались только в то время, когда антенна находилась в режиме флюгера, после простоя. Ситуация повторялась на нерегулярной основе и не имела систематического характера. Во время вращения, даже при обильных осадках, протечек не было. Возникло подозрение на протекание воды в месте соединения контейнера аппаратной и опорной рамы, в которой находился опорный подшипник основания антенны. Проведенная дефектовка не подтвердила данную теорию.

При дальнейшей эксплуатации появились характерные звуки износа

подшипников в колонне вращающихся (скрипы и скрежет), стуки и удары в обгонной муфте мотор-редуктора и протечка масла из редуктора в двигатель колонны мотор-редуктора. При снятии мотор-редуктора №1 были выявлены следы коррозии, а также люфт в подшипнике вторичного вала редуктора, уровень масла был превышен и при его откачке, обнаружена вода в количестве трёх литров. Сальники подшипников вторичного и первичного валов были изношены. В обгонной муфте, так же наблюдались следы коррозии и задиров. Было принято решение разобрать колонну вращающихся, с целью выявления неисправного опорного подшипника. Тут так же наблюдались начальные следы значительной коррозии, налет окислов и ржавчины (рисунок 2).



а)



б)



в)



г)



д)



е)

ж)

Рис. 2. Серия изображений - следы коррозии на узлах, где:  
а) обгонная муфта без зубчатой передачи; б) обгонная муфта без зубчатой передачи; в) опорный подшипник колонны вращпереходов; г) подшипник первичного вала редуктора; д) подшипник вторичного вала редуктора с шестерней; е) ролики зацепления обгонной муфты; ж) опорный стакан подшипника колонны вращпереходов

После проведенного ремонта было принято решение дополнительно герметизировать опорно-поворотное устройство, поворотное основание антенны и коробки кабельных вводов в колонну. Смазка в опорно-поворотном устройстве находилась в надлежащем состоянии и в нужном количестве, дозакладка или замена не потребовалась. Опытным путем были определены места протечек, которые находились в уплотнении опорного подшипника, в местах отверстий под болты крепления опорного подшипника и болты подвижной части поворотного основания антенны (рисунок 3).





Рис. 3. Места протечек

После анализа ситуации и выводов о том, что при сильных осадках вода стекает по зеркалу антенны и попадает на кабельный ввод и ОПУ и далее в колонну и мотор редукторы. Исходя из вышесказанного было принято решение изготовить защитные крышки на раму антенны и зафиксировать их сварочным соединением, место установки которых представлены на рисунке 4.

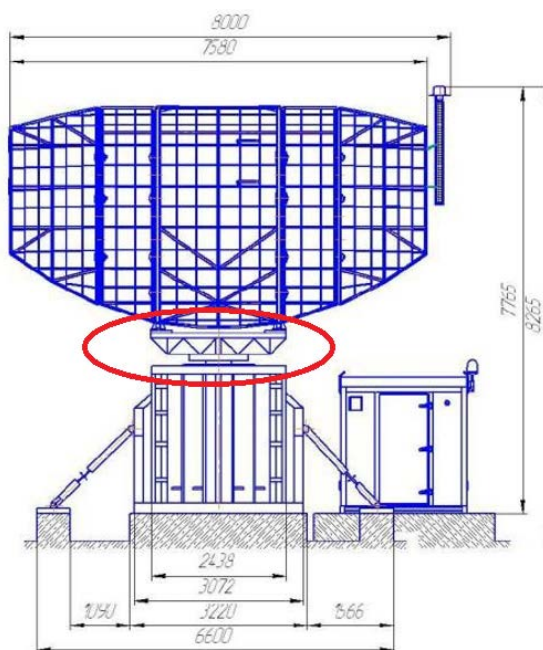


Рис. 4. Место установки защитной крышки на раме антенны



Рис. 5. Защитная крышка на раме антенны

Далее, по типу защитного кожуха ОПУ, изображенного ниже на рисунке был изготовлен защитный кожух на весь узел поворотного основания антенны и опорно-поворотного устройства, который крепился сварочным соединением к раме антенны имея сверху форму четырехугольника, а внизу имел форму окружности и вращался вместе с рамой антенны, защищая своей поверхностью весь узел от осадков.

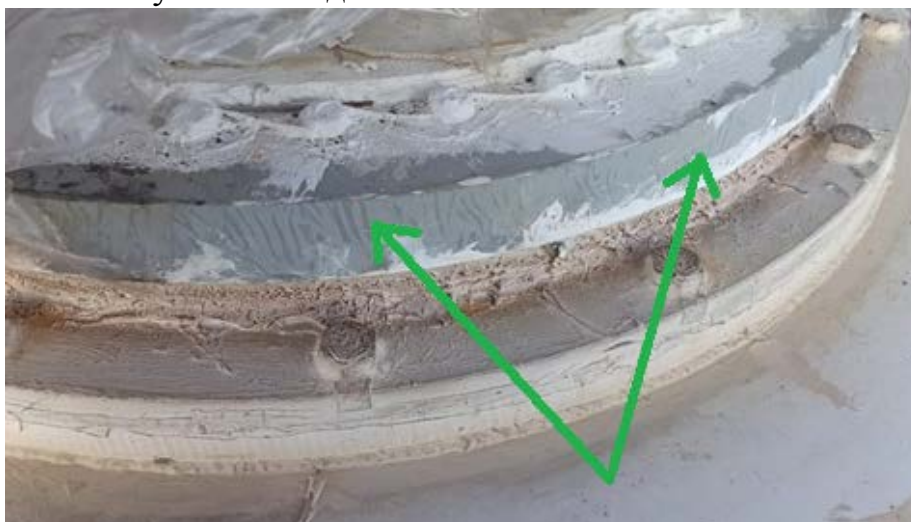


Рис. 6. Защитный кожух ОПУ

В течении календарного года проведен анализ внесенных изменений в конструкции антенно-мачтового устройства, с учетом местных условий применения в процессе эксплуатации.

**Выводы.** По итогам анализа определено, что кожух защитный выполняет полностью свои защитные функции, жидкие и смешанные осадки в виде гидрометеоров не проникают в ОПУ, снежные и ледяные отложения под

кожухом не образуются. Доступ к смазочным пресс-масленкам и болтовым соединениям сохранен через переднюю часть рамы, изготовлен шарнирный лючок под болтовым соединением и уплотнительной прокладкой.

### **Литература**

1. АОРЛ-1АС. Стандартная спецификация. Аэродромный обзорный радиолокатор АОРЛ-1АС. АО «Челябинский Радиозавод «Полет», 2015. 41 с.
2. Перевезенцев Л.Т, Огарков В.Н. Радиолокационные системы аэропортов, М.: Транспорт, 1991 – 360 с.
3. Радиолокационное оборудование автоматизированных систем управления воздушным движением, Под редакцией д.т.н. А.А. Кузнецова. М.: Транспорт, 1995. 344 с.

### ***Рыбьяков Артем Викторович***

*Аспирант кафедры безопасности полетов и жизнедеятельности,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации.*

### **АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

**Аннотация.** В этой статье представлен обзор продолжительности жизненного цикла различных поколений воздушных судов в интересах гражданской авиации, вычислен средний срок эксплуатации самолетов различных поколений отечественного и иностранного производства. Рассмотрены отечественные самолеты КБ Туполева и Яковлева, в качестве примера авиационной техники иностранного производства взяты Boeing 737 различных поколений.

**Ключевые слова.** воздушное судно, эксплуатация, жизненный цикл, изделие

***Rybiakov Artem Viktorovich,***  
*graduate student,*

*Moscow State Technical University of Civil Aviation*

### **ANALYSIS OF THE DYNAMICS OF THE SERVICE LIFE OF MEDIUM-HAUL AIRCRAFT AT VARIOUS STAGES OF THE DEVELOPMENT OF CIVIL AVIATION**

**Annotation.** This article provides an overview of the life cycle of various generations of aircraft in the interests of civil aviation, and calculates the average

service life of aircraft of various generations of domestic and foreign production. The domestic aircraft of the Tupolev and Yakovlev Design bureaus are considered, Boeing 737 of various designs are taken as an example of foreign-made aviation equipment.

**Keywords.** aircraft, operation, life cycle, production

### **Введение и актуальность**

Сложные технические средства имеют свой срок полезной эксплуатации, не являются исключениям и воздушные суда. В данной статье будет рассмотрен практический вопрос, связанный с эксплуатацией пассажирских среднемагистральных воздушных судов различных поколений отечественной и иностранной школ авиастроения. Ключевым рассматриваемым фактором в рамках данной публикации выбран фактический срок эксплуатации самолётов авиакомпаниями. Необходимо отметить, что в рамках статьи не учтены политические риски (аналогичные запрету полетов отечественных воздушных судов в Европу), риски технического прогресса, связанные с непрогнозируемым внедрением новых технологий и возможные риски, связанные с сильными повреждениями авиационной техники во время её эксплуатации, приведшими к досрочному списанию. Настоящее исследование носит важный практический характер, так как продление назначенного ресурса (по годам) типа воздушного судна гражданской авиации является высокзатратным процессом, требующим от разработчиков и производителей авиационной техники значительных материальных и трудовых затрат, необходимость в которых на современном этапе развития авиационных перевозок значительно снижается.

### **Методика оценки среднего периода эксплуатации**

Среднее значение периода эксплуатации нескольких экземпляров воздушных судов, в рамках данной статьи, будет определяться как среднее арифметическое. Среднее арифметическое определяется как число, равное сумме всех чисел множества, деленной на их количество. Данная мера является одной из наиболее распространённых мер центральной тенденций и определяется по формуле средней арифметической (1).

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_i}{n} = \frac{\sum x}{n}, \quad (1)$$

где  $x_1 \dots x_i$  – индивидуальное значение признака,  $n$  – число единиц совокупности. Для исследования в случайном порядке выбраны самолёты, эксплуатировавшиеся в различных организациях (для аэрофлота периода СССР в различных объединённых авиационных отрядах Аэрофлота) и в иностранных авиакомпаниях.

### **Расчет среднего периода эксплуатации отечественных воздушных судов различных поколений**

В начале исследования рассмотрим отечественные типы среднемагистральных самолётов различных поколений и продолжительность



их средней эксплуатации. В данной статье будут рассмотрены следующие типы воздушных судов, удовлетворяющие названным выше условиям:

Ту-134 – семейство ближне-среднемагистральных самолётов, предназначенное для перевозки до 96 пассажиров на расстояния до 3000 км. Эксплуатируется с 1966 года. До 2002 года активно эксплуатировался как на внутрироссийских, так и на международных линиях, к 2019 году полностью выведен из эксплуатации в авиакомпаниях, но продолжает активно использоваться в государственной авиации;

Ту-154 – семейство среднемагистральных самолётов, предназначенное для перевозки 150-180 пассажиров на расстояния до 5000 км. Эксплуатируется с 1972 года, как и Ту-134 активно эксплуатировался в конце 20 века, но в связи с ограничениями был выведен из международной эксплуатации. Последний самолёт, использовавшийся для регулярной перевозки пассажиров завершил свою эксплуатацию в конце 2020 года;

Як-42 – семейство среднемагистральных пассажирских самолётов, предназначенных для перевозки 100-120 пассажиров на расстояние 4000 км. Эксплуатируется с 1980 года по настоящее время, является единственным советским авиалайнером в данном обзоре, эксплуатация которого на пассажирских маршрутах продолжается и сегодня.

В данном исследовании будут приниматься во внимание только списанные в обычных коммерческих условиях воздушные суда. По каждому типу воздушных судов будет рассмотрено по 5 самолётов, осуществлявших коммерческую эксплуатацию.

Начнем с самолётов типа Ту-134, рассмотрены самолёты со следующими заводскими номерами и периодом эксплуатации [2]:

- 8350402 (эксплуатировался 1968-1983, 15 лет);
- 2351708 (эксплуатировался 1972-1995, 23 года);
- 3352106 (эксплуатировался 1973-2010, 37 лет);
- 3351809 (эксплуатировался 1973-1996, 23 года);
- 60301 (эксплуатировался 1978-2000, 22 года).

Таким образом, исходя из формулы, средний период эксплуатации Ту-134 составил 24 года.

Следующим рассмотрим самолёты типа Ту-154, самый массовый советский самолёт, взяты самолёты со следующими заводскими номерами и периодом эксплуатации:

- 72A026 (эксплуатировался 1972-1998, 26 лет);
- 73A041 (эксплуатировался 1973-1995, 22 года);
- 78A303 (эксплуатировался 1978-2004, 26 лет);
- 84A602 (эксплуатировался 1986-2012, 26 лет);
- 91A882 (эксплуатировался 1993-2013, 20 лет).

Исходя из формулы, средний период эксплуатации Ту-154 составил 24 года.

Рассмотрим самолёты типа Як-42, проанализированы самолёты со следующими заводскими номерами и периодом эксплуатации:

- 4520424606270 (эксплуатировался 1986-2021, 35 лет);
- 4520423708311 (эксплуатировался 1987-2006, 19 лет);
- 4520423711342 (эксплуатировался 1987-2008, 21 год);
- 4520422914225 (эксплуатировался 1989-2010, 21 год);
- 4520421316574 (эксплуатировался 1993-2014, 21 год).

Исходя из формулы, средний период эксплуатации Як-42 составил 23,4 года.

Из приведенной выше информации можно сделать вывод, что средний срок эксплуатации советских самолётов различных поколений составляет 24 (23,8) года и мало зависит от их принадлежности к различным поколениям воздушных судов. Прежде всего это связано с применением плановой системы экономики, что даже после приватизации оставило свой след.

### **Расчет среднего периода эксплуатации иностранных воздушных судов различных поколений (на примере Boeing 737)**

Сделаем аналогичные расчеты для иностранных самолётов различных поколений и годов производства. Для сравнения взяты различные поколения самого распространённого среднемагистрального самолёта в мире – Boeing 737. Разделения на поколения проведено на основании поколений корпорации Boeing – разработчика и производителя самолёта. Взяты самые многочисленные модификации в каждом поколении.

Начнем с самолётов типа Boeing 737-200 поколения Original [2]:

- 20364 (эксплуатировался 1969-2003, 34 года);
- 21277 (эксплуатировался 1976-2011, 35 лет);
- 21444 (эксплуатировался 1978-2003, 25 лет);
- 21960 (эксплуатировался 1980-2016, 36 лет);
- 22701 (эксплуатировался 1988-2008, 20 лет).

Средний период эксплуатации Boeing 737-200 Original 30 лет.

Рассмотрим самолёты типа Boeing 737-500, следующего поколения Classic:

- 24859 (эксплуатировался 1990-2011, 21 год);
- 24646 (эксплуатировался 1991-2011, 20 лет);
- 26688 (эксплуатировался 1992-2013, 21 год);
- 26441 (эксплуатировался 1992-2018, 26 лет);
- 26707 (эксплуатировался 1993-2012, 19 лет).

Средний период эксплуатации Boeing 737-200 Classic 21,4 года.

Рассчитаем среднюю для Boeing 737-800 поколения NG, данная версия все еще является самой популярной из эксплуатируемых:

- 28574 (эксплуатировался 1998-2020, 22 года);
- 28980 (эксплуатировался 1998-2022, 24 года);
- 28056 (эксплуатировался 1999-2015, 16 лет)
- 28221 (эксплуатировался 1999-2019, 20 лет);
- 30494 (эксплуатировался 2001-2016, 15 лет).

Средний период эксплуатации Boeing 737-200 NG 19,4 года.

Из приведенных выше данных можно сделать вывод, что с каждым поколением у самолётов Boeing 737 снижается средний срок эксплуатации, причем, если посмотреть на среднемесечный налет часов воздушных судов, становится очевидным что самолёты данного типа разных поколений постоянно увеличивают среднемесечный налет, все больше и больше часов проводя в небе и снижая простои. За счет низкого количества простоев назначенный ресурс летных часов воздушного судна исчерпывается раньше календарного ресурса и самолёт подлежит списанию до завершения календарного срока эксплуатации.

### **Выводы**

С ростом технологичности обслуживания воздушных судов неотвратимо снижается период их эксплуатации. Данная проблема не стала характерной для отечественной авиационной техники, так как ее разработка и эксплуатация осуществлялись (по большей части) при плановой экономике. Данный вывод особенно заметен на примере иностранных воздушных судов различных поколений, а при учете расширения эксплуатации самолётов по методикам иностранных эксплуатирующих организаций – можно сделать вывод, что практика выработки летных часов до завершения календарного срока использования в будущем станет так же характерна для отечественных воздушных судов новых поколений. Таким образом современные воздушные суда, благодаря более интенсивному использованию, приоритетно расходуют назначенный ресурс летных часов.

### **Литература**

1. Портал авторской авиационной фотографии : сайт. URL: <https://RussianPlanes.net> - (дата обращения: 17.04.2024).
2. Online database about commercial aviation : сайт. URL: [Planespotters.net](https://Planespotters.net) - (дата обращения: 17.04.2024).

***Мадатов Олег Яковлевич***

*Магистрант, генеральный советник Межрегионального общественного движения «Совесть Закона»*

## **О РЕШЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ПРАВОВЫХ ПРОБЛЕМ ЗАНЯТОСТИ ЭКИПАЖЕЙ ГРАЖДАНСКИХ ЛАЙНЕРОВ В ПЕРИОД СНИЖЕНИЯ ПАРКА САМОЛЕТОВ**

**Аннотация.** В статье рассматриваются отдельные проблемы трудовой занятости экипажей гражданских лайнеров отечественных авиакомпаний в период «закрытого неба» в части российских городов, ведённых санкций Западными странами по отношению к Российскому государству, и возвращении существенного количества воздушных судов иностранным

лизингодателям. В ходе исследования предлагаются механизмы для решения поднимаемых проблем.

**Ключевые слова.** авиация, конституция, рабочие места, авиакомпания, военно-учетные специальности.

*Madatov Oleg Yakovlevich*  
*magister, General Adviser of the Interregional Public movement*  
*«Conscience of the Law»*

## **ABOUT SOLVING SOCIO-ECONOMIC AND LEGAL PROBLEMS OF EMPLOYMENT OF CIVIL AIRLINER CREWS DURING THE PERIOD OF AIRCRAFT FLEET DECLINE**

**Abstract.** The article examines some problems of employment of crews of civil airliners of domestic airlines during the period of «closed skies» in Russian cities, imposed sanctions by Western countries against the Russian state, and the return of a significant number of aircraft to foreign lessors. In the course of the study, mechanisms are proposed to solve the problems raised.

**Keywords.** aviation, constitution, workplaces, airlines, military accounting specialties.

В связи с проведением специальной военной операции (далее – СВО) на территории Украины в 11 городах России близрасположенных к зоне открытого конфликта были приостановлены работы аэропортов, что привело к необходимости гражданским авиакомпаниям, предоставляющим услуги по перевозке грузов и пассажиров, снижать количество рейсов внутри страны. Ситуация усугубилась также в результате ведённых санкций Западными странами на запрет приземления, взлета и пилотирования над их территорией [1, с. 64], а лизингодатели, в основном иностранные компании, потребовали возвратить арендованные российскими компаниями воздушные суда, что создало чрезмерный переизбыток экипажей.

Указанные в совокупности обстоятельства не только негативно экономически отразились на доходах российских авиакомпаний, что создало необходимость предоставления им субсидий из федерального бюджета на частичное возмещение расходов [2], но и привело к простоям летных экипажей, в связи с чем они либо лишались работы, либо им сильно сокращали заработную плату.

Соответственно анализ проблемы занятости экипажей гражданских лайнеров в период снижения парка самолетов является актуальной темой проводимого исследования. Новизной исследования выступают предлагаемые решения социально-экономических и правовых проблем в данном направлении.

Вопросами решения указанных проблем авиакомпаний занимались такие ученые как Е.Н. Ермолаева [3], Б.П. Елисеев [4], Е.В. Зибарев [5] и др.

Так по мнению Н.Е. Тропыниной «из-за недостатка в финансировании отрасли наблюдается невыполнение целевых программ» [6, с. 106], в основном связанных с недостатком летательных аппаратов.

С данной позицией автор соглашается, так как на момент начала СВО воздушных судов насчитывало 2 781 ед., когда как пилотов было около 14 000 чел., то есть около 5 человек на 1 ед. воздушного судна. После возвращения иностранным лизингодателям самолетов, то авиапарк России стал насчитывать лишь 1 287 ед., то есть около 10 человек на 1 ед. воздушного судна, что создало переизбыток летных экипажей.

В связи с чем российские авиакомпании были вынуждены реагировать на данные обстоятельства, так как незадействованные летные экипажи приносили лишь убыток и подрывали их экономическую эффективность. На рисунке 1 представлена диаграмма количества уволенных пилотов и бортпроводников крупных российских компаний в 2022 и 2023 гг.

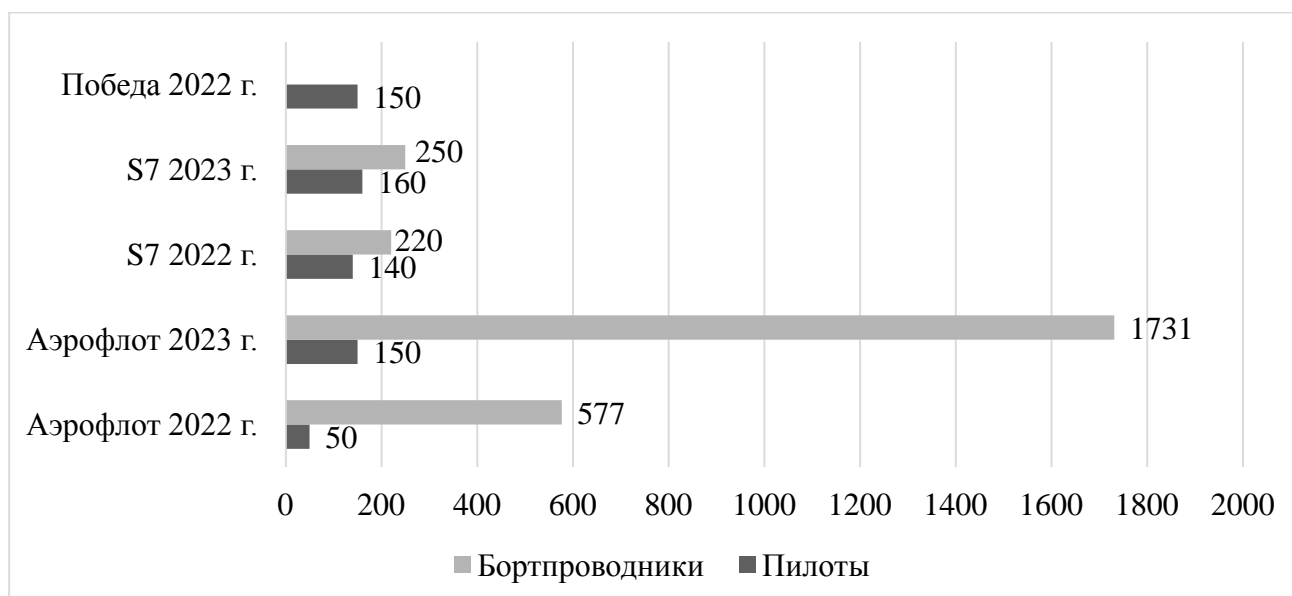


Рисунок 1 – Количество уволенных пилотов и бортпроводников в российских авиакомпаниях

Как видно из рисунка 1 количество увольняемых квалифицированных сотрудников авиакомпаний продолжает расти. Описываемые ранее обстоятельства фактически создали условия пилотам и бортпроводникам вынужденный переход в иностранные компании, либо смену ими рода профессиональной деятельности. Согласно данным средней численности сотрудников Аэрофлота общее количество с 32,3 тыс. чел. (2022 г.) сократилось до 17,7 тыс. чел. (2024 г.), то есть на 45,2%, что свидетельствует о снижении трудовых мест в авиакомпаниях.

На рисунке 2 представлена структура акционерного капитала ПАО «Аэрофлот», который состоит из 3 975 771 215 обыкновенных именных бездокументарных акций номинальной стоимостью 1 руб. каждая.

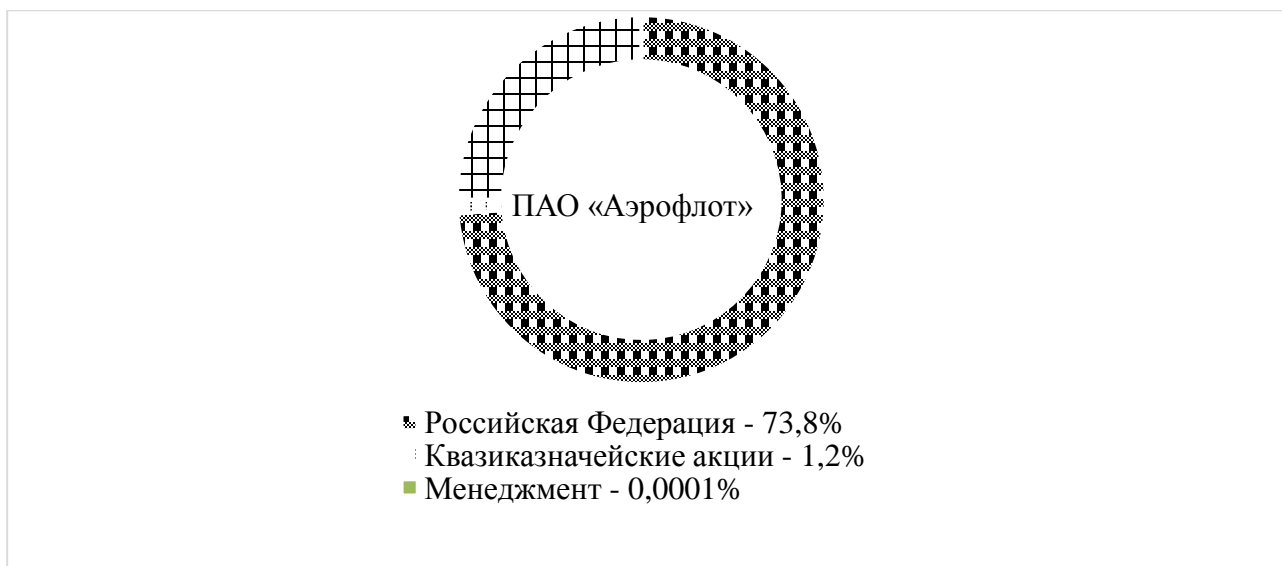


Рисунок 2 – Структура акционерного капитала

Из рисунка 2 наблюдается, что Российская Федерация обладает контрольным пакетом акций ПАО «Аэрофлот», следовательно созданные внешние условия для российских авиакомпаний также влияет на само государство, которое обязано защищать права и свободы своих граждан.

В соответствии с ч. 1 ст. 37 Конституции РФ каждый имеет право свободно распоряжаться своими способностями к труду, выбирать род деятельности и профессию [7]. Резкое сокращение летательных аппаратов, а также закрытия аэропортов привело к кадровому избытку и оттоку профессиональных кадров в зарубежные страны, которым не были предоставлены условия для свободного распоряжения своими способностями.

Таким образом квалифицированные специалисты не только остаются без трудовой деятельности, но и пополняют кадровый состав потенциального противника. В этой связи появляется необходимость в разработке конкретных мер для улучшения имеющейся ситуации и сокращения разрыва кадрового избытка.

По мнению автора решение данной проблемы возможно путем переучивания сменного экипажа (пилотов, штурманов, бортпроводников и т.п.) и находящегося в простое с присвоением им специальности военного учета. Данное мероприятие позволит расширить навыки и знания имеющихся кадров, предоставит дополнительный сектор возможностей по заниманию должностей, что в перспективе способствует повышению обороноспособности Российского государства и предоставлению дополнительных трудовых мест в Вооруженных Силах РФ, а также сокращения имеющегося кадрового голода в силовых структурах по данным направлениям.

Несмотря на то, что подготовка граждан по военно-учетным специальностям предусмотрена лишь для представителей мужского пола (ч. 1 ст. 15 Федерального закона «О воинской обязанности и военной службе»

[8]), постановлением Правительства РФ от 27.11.2006 г. № 719 утвержден перечень военно-учетных специальностей для женского пола, а именно по направлениям: связь, вычислительная техника, оптические и звукометрические средства измерения и метеорология, медицина, полиграфия и картография [9].

В соответствии с ч. 1 ст. 59 Конституции РФ защита Отечества является долгом и обязанностью граждан России. В совокупности с ч. 2 ст. 6 Конституции РФ все граждане без разделения по половой принадлежности несут равные обязанности. В настоящее время пилотированием летательных аппаратов может осуществляться в равной степени, как мужчинами, так и женщинами [10], соответственно дискриминация в данном направлении является недопустимым.

Более того Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков имени А.К. Серова готовят девушек-пилотов для военно-транспортной авиации, что подтверждает возможность присвоения женщинам-пилотам с гражданской авиации военно-учетных специальностей.

Таким образом, считаем целесообразным внести изменения в виде дополнения раздела II приложения 1 Положения о воинском учёте, утв. постановлением Правительства РФ от 27.11.2006 г. № 719, пунктом 7, где включить гражданскую авиацию в перечень профессий, по которым женщины смогут получать военно-учетные специальности.

В военной авиации при сравнении с гражданской также имеются грузовые и транспортные воздушные суда, что позволяет за счёт кадрового избытка авиакомпаний (пилотов, штурманов и бортпроводников) осуществить их переучивание с присвоением специальности военного учета по их профилю, что в совокупности позволит создать военный кадровый авиационный резерв (зачисление в запас ст. 52 ФЗ № 53), предоставит гражданам уволенных с авиакомпаний возможность защищать родное Отечество по профилю своей специализации и не попасть в тяжелое финансовое положение (в том числе в список безработных в виду специфики данного направления). В перспективе развития данного подхода Министерство обороны РФ и другие государственные органы смогут заключать государственные контракты с авиакомпаниями на предоставление последними соответствующих специалистов, а не только для осуществления грузовых и пассажирских перевозок.

### **Литература**

1. Кузьмина Л. В., Мерзликина А. С. Шок «закрытого неба» // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2022. № 13 (2). С. 63-70.
2. Постановление Правительства РФ от 30.05.2023 г. № 879 // Собрание законодательства РФ. 2023. № 23. Ст. 4189.
3. Савина К. Д., Батищева П. И., Ермолаева Е. Н. Стимулирование труда в отечественных и зарубежных авиакомпаниях // В сборнике: Наука Промышленность Оборона. Труды XXIV Всероссийской научно-технической конференции. В 4-х томах. Новосибирск, 2023. С. 290-294.

4. Елисеев Б. П. Становление отечественной гражданской авиации: юридические аспекты // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. 2023. № 26 (1). С. 8-21.

5. Зибарев Е. В., Кравченко О. К., Климов А. А., Ивашов С. Н. Оптимизация режимов труда и отдыха членов лётных экипажей с целью повышения безопасности полётов в гражданской авиации // Медицина труда и промышленная экология. 2022. № 62 (3). С. 193-200.

6. Пак В. В., Тропынина Н. Е. Социально-экономические проблемы гражданской авиации в России // Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования. 2019. № 8 (42). С. 101-106.

7. Конституция Российской Федерации. Принята всенародным голосованием 12 декабря 1993 г. // Собрание законодательства РФ. 2014. № 31. Ст. 4398.

8. Федеральный закон от 28.03.1998 г. № 53-ФЗ «О воинской обязанности и военной службе» (ред. от 23.03.2024) // Собрание законодательства РФ. 1998. № 13. Ст. 1475.

9. Постановление Правительства РФ от 27.11.2006 № 719 (ред. от 23.11.2023) // Собрание законодательства РФ. 2006. № 49 (2 ч.). Ст. 5220.

10. Миллер Д. Д., Мосина И. Г. Великие женщины, изменившие историю человечества // В сборнике: IT-технологии и дизайн: современное состояние и перспективы. Материалы IV научно-практической студенческой конференции. Под общей редакцией В.Г. Хлыстовой. Москва, 2023. С. 214-216.

*Пушкин Дмитрий Сергеевич*

*Аспирант, ассистент кафедры двигателей летательных аппаратов,  
Московский государственный технический университет гражданской  
авиации.*

## **ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАБОТОК МЕТОДИК ОЦЕНКИ ТУРБОВАЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВЕРТОЛЕТОВ: АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА**

**Аннотация.** В докладе представлен анализ существующих научных исследований, направленных на создание методик оценки основных данных турбовальных двигателей, проводимых зарубежными учеными за последние годы. Также поставлены задачи, необходимые для разработок отечественных методик, базирующиеся на опыте зарубежных исследований.

**Ключевые слова.** авиация, турбовальный двигатель, математическая модель, анализ, исследования

*Pushkin Dmitry Sergeevich*



## **AN EMPIRICAL STUDY OF THE DEVELOPMENT OF EVALUATION TECHNIQUES FOR HELICOPTER TURBOSHAFT ENGINES: ANALYSIS OF INTERNATIONAL EXPERIENCE**

**Abstract.** The report presents an analysis of existing scientific research aimed at creating methods for evaluating the basic data of turboshaft engines conducted by foreign scientists in recent years. The tasks necessary for the development of domestic methods based on the experience of foreign research are also set.

**Keywords.** aviation, turboshaft engine, mathematical model, analysis, research

Одна из особенностей вертолетной отрасли – ей традиционно уделяется меньше внимания, чем самолетам, поэтому исследования, которые проводились для турбореактивных двигателей, еще только предстоит провести с турбовальными двигателями [1].

Основные страны, помимо России, которые занимаются исследованиями в области вертолетостроения и их обслуживания, это США, Китай, а также некоторые страны Европы, такие как Словакия и Румыния, и Ближнего Востока – Иран [2].

Одна из проблем, стоящих перед современной отраслью разработок и эксплуатации вертолетов, заключается в отсутствии современных методик по оценке параметров турбовальных двигателей в эксплуатации, позволяющих контролировать их техническое состояние [3]. В настоящее время состояние двигателя определяется с помощью методов неразрушающего контроля, который используется для осмотра отдельных деталей двигателя.

Однако с современными технологиями и знаниями, существует возможность создания методик по комплексному отслеживанию работоспособности двигателя [8,9]. Развитие мощностей компьютеров и нейросетей, а также цифровизация летательных аппаратов, существенно изменило доступные ресурсы для реализации больших баз данных и математических моделей [4,10]. Разработка методики для отслеживания и расчетов после каждого полета данных о параметрах турбовального двигателя, таких как мощность и удельный расход топлива, откроет новые возможности в сфере эксплуатации и обслуживания воздушных судов [5].

Проведенное исследование позволит реализовать методику, направленную на взаимодействие с полетными данными летающего аппарата. Суть разрабатываемой методики будет заключаться во взаимодействии математической модели и полетных данных, которые будут приняты за входящие значения. При выполнении последовательных вычислений, создаваемая методика будет выдавать конечное значение в виде графиков и таблиц данных показателей мощности и удельного расхода,

изменения которых происходили не только в течение одного полета, но и во всех полетах, совершаемых судном.

Полученные данные позволят не только лучше фиксировать возникновение отклонений в стабильной работе двигателя, что повысит безопасность полетов, но и улучшит понимание особенностей эксплуатации вертолетов на нерасчетных режимах и в неспрогнозированных условиях. Реализованные на подобных методиках базы данных откроют возможность не только в реализации новых методов назначения ресурса в индивидуальной форме для каждого двигателя, но и для создания турбовальных двигателей нового поколения [6,7].

### Литература

1. Носко, Marian & Al-Rabeei, Samer. Impact of dust erosion on the reduction of axial compressor efficiency of a turboshaft engine and on the stability of its operation. // MATEC Web of Conferences. 2022 URL: <https://www.matec-conferences.org/component/citedby/?task=crossref&doi=10.1051/mateconf/202236700008> (Дата обращения: 31.05.2024)
2. Shang, Y. (2023). The Latest Development of Turboshaft Engines. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 71, 268-275.
3. Bechhoefer, E., & Hajimohammadali, M. . (2023). Process for Turboshaft Engine Performance Trending. *Annual Conference of the PHM Society*, 15(1).
4. Bazmi F, Rahimi A. Off-Design Analysis Method for Compressor Fouling Fault Diagnosis of Helicopter Turboshaft Engine. *Modelling*. 2023; 4(1):56-69.
5. Aygün, Hakan. (2022). Thermodynamic, environmental and sustainability calculations of a conceptual turboshaft engine under several power settings. *Energy*. 245. 123251.
6. Catana RM, Dediu G. Analytical Calculation Model of the TV3-117 Turboshaft Working Regimes Based on Experimental Data. *Applied Sciences*. 2023; 13(19):10720. // MDPI URL: <https://doi.org/10.3390/app131910720> (Дата обращения: 31.05.2024)
7. Zhao, Shuai & Huang, Jinqun & Lu, Feng. (2020). A Comparison of Learning Machines for Turboshaft Engine Gas Path Fault Pattern Recognition. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 752. 012013.
8. Lakshmi, C., Raghupathy, R., John , S. K., & Mistry, S. N. (2023). Reliability Analysis of a Turboshaft Engine. *Journal of Aerospace Sciences and Technologies*, 66(1), 35–40.
9. He, Dongjing & Zhang, Rui & Wen, Cheng & Teng, Jianliang. (2023). Performance Simulation of Thermodynamic Design for a New Turboshaft Engine. *Journal of Physics: Conference Series*. 2658. 012048.
10. Bazmi, F., and Rahimi, A., «Helicopter Turboshaft Engine Database as a Conceptual Design Tool,» *SAE Int. J. Engines* 15(1):31-56, 2022

## СОДЕРЖАНИЕ

Акопов Григорий Леонидович, Пашинская Виктория Викторовна ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ МЕДИА В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕМЕНТА ПРОДВИЖЕНИЯ АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОГО ФИЛИАЛА МГТУ ГА)	3
Чичков Борис Анатольевич СПОСОБЫ СНИЖЕНИЯ ОПАСНОСТИ КРИТИЧЕСКИХ ЧАСТОТ ВРАЩЕНИЯ РОТОРОВ И ВИБРАЦИИ АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ	10
Эшмурадов Дилшод Эльмурадович, Тураева Насиба Мирхамидовна ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К СЕТИ ДЛЯ ПРИЁМА И ПЕРЕДАЧИ АЭРОНАВИГАЦИОННОЙ ИНФОРМАЦИИ	17
Феоктистова Оксана Геннадьевна, Лутина Лилия Эмильевна, Лутин Аркадий Николаевич АНАЛИЗ СИСТЕМЫ СОВРЕМЕННОЙ КОМПЛЕКСНОЙ ПОДГОТОВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА К ПРОИЗВОДСТВУ ПОЛЁТА В УСЛОВИЯХ ВОЗРОЖДЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВИАСТРОЕНИЯ	23
Елисеев Александр Вячеславович, Истомина Ирина Андреевна ИДЕНТИФИКАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАДИОПЕРЕДАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА	32
Доненко Иван Леонидович, Доненко Леонид Николаевич, Доненко София Леонидовна ДЕТЕРМИНИРОВАННЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ ПОВЕРХНОСТИ В СОВРЕМЕННЫХ БПЛА	43
Ступаков Валерий Яковлевич МЕРОПРИЯТИЯ ПО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ ПРОГРАММЫ ПОДДЕРЖАНИЯ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	53
Хорольский Евгений Михайлович, Дымов-Иванов Виктор Васильевич, Половинчук Николай Яковлевич К ПОВЫШЕНИЮ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ДЕКАМЕТРОВОГО КАНАЛА СВЯЗИ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЧАСТОТНОЙ АДАПТАЦИИ	60
Симоненков Сергей Юрьевич МНОГОДЕТНЫЕ ДИНАСТИИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОССИИ: ВЗГЛЯД СОЦИОЛОГА	65
Хорольский Евгений Михайлович, Иванов Станислав Валерьевич МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ ГРУППОЙ БЛА	76
Тирацуян Вазген Хоренович, Айрапетян Арам Романович	

ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БАС В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ Лазуревская Юлия Андреевна	85
К 99-ЛЕТИЮ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОСТОВА-НА-ДОНУ	89
Чехов Игорь Анатольевич, Гаспарян Григорий Арменович СРЕДСТВА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ НЕОБХОДИМОЙ ЗАДЕРЖКИ ВС В ПОТОКЕ ПРИБЫТИЯ И НЕОБХОДИМОСТЬ ЕЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ	95
Овчаров Петр Николаевич ВНЕДРЕНИЕ В ДЕЙСТВИЕ СИСТЕМЫ КАЧЕСТВА ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	100
Рогов Николай Викторович, Болдырева Ольга Николаевна РЕМОНТ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИЙ ПЛАНЕРА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	105
Бородин Алексей Викторович ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДАТЧИКОВ В АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ	110
Коробецкий Сергей Петрович АНАЛИЗ ВОЗДУШНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА, РЕГУЛИРУЮЩЕГО ОТНОШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОРГАНИЗАЦИИ МЕСТА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ В ЦЕЛЯХ НЕДОПУЩЕНИЯ РИСКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ АЭРОДРОМА КАК ПОСАДОЧНОЙ ПЛОЩАДКИ, ОБОБЩЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ И СОСТАВЛЕНИЕ ВЫВОДА	114
Потапов Илья Александрович, Рублёв Александр Александрович, Грецев Валерий Петрович, Хорольский Евгений Михайлович, Базир Геннадий Иванович ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛЯРНО-РАЗРЕЖЕННЫХ СИГНАЛЬНО-КODOVЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛИНОЮ 8 БИТ	122
Цай Светлана Николаевна, Величко Виталий Андреевич ОСОБЕННОСТИ ЯВЛЕНИЯ СДВИГА ВЕТРА В АЭРОПОРТУ ГОР. СОЧИ	132
Сидорцов Иван Георгиевич, Дымов-Иванов Виктор Васильевич, Белоусов Александр Васильевич КОНТРОЛЬ ТОЛЩИНЫ И СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ СЛОЁВ ВАРИАЦИЕЙ ПАРАМЕТРОВ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ	135
Коробкин Сергей Витальевич ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ МЕХАНИЗАЦИИ КРЫЛА ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ ДЛИНЫ РАЗБЕГА И ПРОБЕГА ТРАНСПОРТНОГО САМОЛЕТА В УСЛОВИЯХ КОРОТКИХ ВЗЛЕТНО- ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС	143
Чичков Борис Анатольевич МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ КАК ИНСТРУМЕНТ ВИБРОМОНИТОРИНГА	150
Власова Аруся Витальевна, Левин Никита Витальевич ВЛИЯНИЕ РАБОТЫ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОЙ СЛУЖБЫ АЭРОПОРТА НА	

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ И НА ОРГАНИЗАЦИЮ ПЕРЕВОЗОК НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ	156
Елисеев Александр Вячеславович, Андреев Максим Николаевич ЦИФРОВАЯ РАДИОЛИНИЯ ФИКСИРОВАННОЙ АВИАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ДЛЯ АЭРОПОРТОВ МАЛОЙ АВИАЦИИ	163
Сычева Екатерина Геннадьевна, Салий Валерия Романовна ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО РЫНКА В 2024 ГОДУ	170
Грецев Валерий Петрович, Рыжов Михаил Викторович, Потапов Илья Александрович, Иванов Сергей Евграфович СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ МАЛОСИГНАЛЬНЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ	177
Колычев Сергей Алексеевич ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ИУС «ЭРЛАН» В ПРОГРАММЕ ПОДГОТОВКИ КУРСАНТОВ	182
Половинчук Николай Яковлевич, Хорольский Евгений Михайлович ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ МАНЕВРИРУЮЩИМ В АТМОСФЕРЕ ВЫСОКОСКОРОСТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ	190
Шамина Ольга Алексеевна ОСОБЕННОСТИ БОРТОВОГО ЖУРНАЛА КАК ВИДА СМИ	199
Русанов Роман Игоревич АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ КИБЕРБЕЗОПАСНОСТИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	203
Цай Светлана Николаевна, Величко Виталий Андреевич ГODOVOЙ И СУТОЧНЫЙ ХОД ПОВТОРЯЕМОСТИ ДАЛЬНОСТИ ГОРИЗОНТАЛЬНОЙ ВИДИМОСТИ МЕНЕЕ 5 КМ НА АЭРОДРОМЕ РОСТОВ-НА-ДОНУ	211
Ступаков Валерий Яковлевич КАЧЕСТВО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ	217
Хороших Владимир Алексеевич АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ ДЛЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ ЮГО-ЗАПАДНОЙ ЧАСТИ РОССИИ	224
Панферова Дарья Олеговна ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ РЫНКА ГРУЗОВЫХ БПЛА	232
Ландышев Владимир Александрович, Ландышева Ольга Николаевна, Костенко Елизавета Петровна ПРАКТИЧЕСКАЯ МЕТОДИКА ИНЖЕНЕРНОГО РАСЧЕТА НАДЕЖНОСТИ КОМПОНЕНТОВ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ	239

Костенко Петр Иванович, Громов Илья Алексеевич АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЭРОДРОМНЫХ МНОГОПОЗИЦИОННЫХ СИСТЕМ НАБЛЮДЕНИЯ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ПОСТРОЕНИЮ ИХ АНТЕНН	242
Грецев Валерий Петрович, Рыжов Михаил Викторович, Потапов Илья Александрович, Бирюков Андрей Анатольевич УСТАНОВКА ДЛЯ ДЕМОНСТРАЦИИ КАДРОВ CANBUS	249
Кибкало Анна Николаевна, Цай Светлана Николаевна, Дымов-Иванов Виктор Васильевич КОЛИЧЕСТВО СЛУЧАЕВ С ПОРЫВАМИ ВЕТРА ОТ 20 М/С И БОЛЕЕ В Г. АНАПА, Г. СТАВРОПОЛЬ В ПЕРИОД 2021-2023 ГГ.	252
Алашеев Вадим Викторович, Хорольский Евгений Михайлович СРЕДСТВА И СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ	256
Ступаков Валерий Яковлевич АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ АЭРОДРОМНЫХ ВЛИЯНИЕ ВНЕШНИХ СИЛОВЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА САМОЛЕТ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ	265
Овчаров Петр Николаевич МЕТОДЫ, ПОВЫШАЮЩИЕ ЖИВУЧЕСТЬ АВИАЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ	272
Дымов-Иванов Виктор Васильевич, Бондарь Татьяна Николаевна, Хорольский Евгений Михайлович О КРАЕВЫХ ЭФФЕКТАХ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЯ КОНЕЧНЫХ РЯДОВ ДАННЫХ.	276
Титов Дмитрий Александрович, Якунин Евгений Константинович РЕКОНФИГУРИРУЕМЫЕ АВИАЦИОННЫЕ ТРЕНАЖЕРЫ КАК ИНСТРУМЕНТ ЭФФЕКТИВНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЦЕССА ЭКСПЛУАТАЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	285
Иноятзода Афрошта Нусратулло АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ РЕСПУБЛИКИ ТАДЖИКИСТАН	290
Светлакова Ольга Юрьевна ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АЭРОПОРТОВ РОССИИ ДО 2035 ГОДА	297
Костенко Петр Иванович, Воронов Александр Александрович ТРЕБОВАНИЯ К МЕСТУ УСТАНОВКИ АНТЕННО-МАЧТОВОГО УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО ЦЕНТРА ОВЧ-ДИАПАЗОНА НА АНТЕННОМ ПОЛЕ	308
Костенко Петр Иванович, Будников Юрий Викторович ФОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К АНТЕННЫМ УСТРОЙСТВАМ АЭРОДРОМНОЙ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ	312
Костенко Петр Иванович, Зябрев Григорий Александрович ДОРАБОТКА ЗАЩИТЫ ОТ ЖИДКИХ И СМЕШАННЫХ ОСАДКОВ	

ГЕРМЕТИЗИРОВАННЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПОВОРОТНОГО ОСНОВАНИЯ АНТЕННЫ И ОПОРНО-ПОВОРОТНОГО УСТРОЙСТВА АЭРОДРОМНОГО ОБЗОРНОГО РАДИОЛОКАТОРА – «АОРЛ-1АС»	316
Рыбьяков Артем Викторович АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ РАЗВИТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.	323
Мадатов Олег Яковлевич О РЕШЕНИИ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ПРАВОВЫХ ПРОБЛЕМ ЗАНЯТОСТИ ЭКИПАЖЕЙ ГРАЖДАНСКИХ ЛАЙНЕРОВ В ПЕРИОД СНИЖЕНИЯ ПАРКА САМОЛЕТОВ	327
Пушкин Дмитрий Сергеевич ЭМПИРИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗРАБОТОК МЕТОДИК ОЦЕНКИ ТУРБОВАЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВЕРТОЛЕТОВ: АНАЛИЗ МЕЖДУНАРОДНОГО ОПЫТА	332

*Для заметок*



*Научное издание*

**ХIII МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ  
КОНФЕРЕНЦИЯ «АКТУАЛЬНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ  
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ» (АВИАТРАНС-2024),  
ПРИУРОЧЕННАЯ  
К 55-ЛЕТИЮ СО ДНЯ ОСНОВАНИЯ  
РОСТОВСКОГО ФИЛИАЛА МГТУ ГА  
21 ИЮНЯ 2024 ГОДА**

Редакционно-издательская группа:  
В.В. Пашинская, Г.Л. Акопов, И.А. Сизько, В.Я. Ступаков,  
В.В. Дымов-Иванов

Сдано в набор 15.06.2024. Подписано в печать 20.06.2024  
Печать цифровая, гарнитура Times New Roman.  
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 21,4  
Тираж 100 экз. Заказ № 24\06

Отпечатано в типографии ООО «ДГТУ-Принт»  
Адрес полиграфического предприятия:  
344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.