



**ХII всероссийская научно-практическая конференция
«Гражданская авиация: прошлое, настоящее, будущее»,
посвященная празднованию 100-летия гражданской
авиации России (АВИАТРАНС-2023)**

20 октября 2023 года

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

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

**ХII ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
«ГРАЖДАНСКАЯ АВИАЦИЯ:
ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ»,
ПОСВЯЩЕННАЯ ПРАЗДНОВАНИЮ
100-ЛЕТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОССИИ
(АВИАТРАНС-2023)**

20 октября 2023 года

Ростов-на-Дону
2023

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 **Гражданская авиация: прошлое, настоящее, будущее**
(Авиатранс-2023): материалы всероссийской научно-
практической конференции (Ростов-на-Дону, 20 октября 2023 г.)
Г.Л. Акопов [и др.]. – Ростов-на-Дону, 2023. – 221 с.

ISBN 978-5-6050870-4-5

Материалы всероссийской научно-практической конференции «Гражданская авиация: прошлое, настоящее, будущее (Авиатранс-2023)», (Авиатранс-2023) включают статьи ученых, студентов, магистрантов 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, 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 978-5-6050870-4-5

© Ростовский филиал МГТУ, 2023

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), к.пол.н.

ПРОДВИЖЕНИЕ АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОГО ФИЛИАЛА МГТУ ГА)

Аннотация: В работе представлен практический опыт медиапродвижения Ростовского филиала МГТУ ГА. Анализируется процесс медиамероприятий и формируются практические и теоретические рекомендации на основе проведенных публичных мероприятий.

Ключевые слова: медиа, медиапродвижение, 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

MEDIA PROMOTION OF AVIATION EDUCATION (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 качества персонала в гражданской авиации. Для реализации обозначенных задач важно качественно проинформировать социум о возможностях предоставляемых ВУЗом услуг. В настоящее время дефицит высококвалифицированных кадров особенно ощутим в гражданской авиации и вопрос об обеспеченности гражданской авиации квалифицированными специалистами будет актуальным как в ближайшей, так и долгосрочной перспективе. Для обеспечения 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. Поддержка интегрированного профильного образования обеспечивается посредством профессиональной ориентации школьников совместно с предприятиями отрасли.

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

Среди основных мер государственного регулирования в области подготовки авиационных кадров, отмеченных Президентом Российской Федерации, являются:

- укрепление и развитие учебно-материальной и технической баз в образовательных учреждениях гражданской авиации;
- развитие тренажерной базы для подготовки и повышения квалификации авиационного персонала;
- сохранение приоритета подготовки инженеров с квалификацией «специалист»;
- повышение качества образования, подготовки и переподготовки авиационных специалистов, их квалификации;
- расширение практики подготовки специалистов на основе прямых договоров, заключаемых авиационными организациями с учебными заведениями.

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

Подготовка авиационных специалистов (инженеров по обслуживанию воздушных судов и подготовке их к вылету, инженеров ГСМ и других специальностей), которые непосредственно участвуют в обеспечении безопасности полетов воздушных судов, является основной категорией для обеспечения производственной деятельности авиапредприятий. Эта категория авиаспециалистов имеет большое значение для развития региональной авиации, авиации местных воздушных линий, малой авиации, авиакомпаний и аэропортов, расположенных в Ростовской области. Ростовский филиал МГТУ ГА, понимая важность подготовки авиаспециалистов с высшим образованием для выполнения задач, поставленных Президентом Российской Федерации по обеспечению и расширению освоения регионов, будет продолжать развивать и укреплять материально-техническую базу и повышать эффективность и качество подготовки этой категории авиаспециалистов.

Система отечественного авиационного образования по подготовке авиационных специалистов эксплуатационной направленности для гражданской авиации, основана на тесной связи с производственными предприятиями отрасли,

на важнейших принципах обеспечения безопасности полетов, под руководством учредителя в лице – Росавиации. Жизнеспособность этой системы подтверждена десятилетиями. Система подготовки кадров является составной и неотъемлемой частью отечественной гражданской авиации и направлена на выполнение главной задачи – качественной подготовки авиационных специалистов, способных эксплуатировать современную авиатехнику.

В российской системе высшего образования подготовка инженерных кадров является одним из самых значимых направлений и занимает особо место. Не случайно выпускники ВУЗов по инженерным направлениям наиболее востребованные и как следствие высокооплачиваемые [3]. Особо актуальной, на наш взгляд, является подготовка инженерных кадров для гражданской авиации. Невозможно сделать нашу страну современной и в коммуникационном плане развитой, если мы не сможем возродить малую авиацию. «У нас 28 тысяч населённых пунктов, куда можно долететь только самолётом или вертолётom. 28 тысяч! Очень значительная цифра. То есть, по-другому никак не добраться: ни железной дорогой, ни автомобильным транспортом» [4].

Представляется очевидным, что модернизация образовательного процесса обязательно должна производиться в вузах, а с учетом высочайшей потребности государства в высоко квалифицированных специалистах гражданской авиации, вузы гражданской авиации должны быть на передовых направлениях в процессе модернизации образовательного процесса. Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА) образован в июне 1969 года, как Ростовский филиал Киевского института гражданской авиации «в связи с большим контингентом студентов-заочников, работающих на территории Северного-Кавказа, Закавказских республик, Волгоградской, Астраханской, Ростовской, Луганской и других близлежащих областей, и в целях улучшения качества подготовки инженерных кадров путем заочного обучения»[5].

20 ноября 1991 года Ростовский филиал КИИГА был передан в подчинение МИИГА, который позднее был переименован в МГТУ ГА.

Необходимо отметить, что «гражданская авиация», как транспортная отрасль, является одним из приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации [6].

Модернизация образовательного процесса в Ростовском филиале МГТУ ГА осуществляется по ряду направлений - прежде всего на основании внедрения инновационных интернет-технологий в образовательный процесс. 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 студенты [7].

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. 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 [8], [9], [10], [11], [12].

Модернизируя процесс функционирования ВУЗа в развивающемся информационном обществе, Ростовский филиал МГТУ ГА обеспечен интернет-сайтом с функцией обратной связи; в социальных сетях функционируют специализированные группы студентов и выпускников Ростовского филиала МГТУ ГА. Директор филиала ведет интернет-блог, где публикуются последние новости из жизни Университета и Филиала, осуществляет общение с коллегами и студентами Ростовского филиала МГТУ ГА гражданской авиации.

Благодаря обозначенным интернет-коммуникациям [13] прирост абитуриентов осуществляется и за счет членов интернет-сообществ, сотни писем поступают в ВУЗ по сформированным каналам он-лайн коммуникаций и многие интересующиеся работой ВУЗа он-лайн позже становятся студентами Ростовского филиала МГТУ ГА [14].

Налажено постоянное взаимодействие с школами и колледжами, где преподаватели ВУЗа проводят профориентацию, организуются «Университетские субботы» и «Дни открытых дверей».

Одним из основных аспектов модернизации Ростовского филиала МГТУ ГА является развитие научных разработок и организации научно-практических мероприятий с их активным медиапродвижением. Только за 2010-2023 годы силами сотрудников Ростовского филиала МГТУ ГА организовано больше сотни научно-исследовательских работ по заказу крупнейших отраслевых предприятий. Организованы 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» [15], [16], [17], [18], [19].

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. Так 19 марта 2012 года Круглый стол «Коммуникации в инновационном менеджменте гражданской авиации» был организован совместно с ОАО «Аэрофлот-РА» и с Лабораторией Касперского [20]. 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. 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 несколько крупных публичных мероприятий, с участие ведущих отраслевых ученых и специалистов практиков.

В 2015 года 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.

Практически все научно-практические мероприятия, проводимые Ростовским филиалом МГТУ ГА, нашли широкое освещение в СМИ и во всемирной паутине «Интернета». Особое внимание проводимые мероприятия приобрели за счет организованной работе по взаимодействию с электронными средств массовой информации. В результате освещения проводимых Ростовским филиалом МГТУ ГА мероприятий укрепляется социальный рейтинг Университета, а присутствие ведущих отраслевых специалистов и руководителей крупнейших авиапредприятий Юга России, 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.

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. В 2013 году, Ростовский филиал МГТУ ГА заключил договор о сотрудничестве и с Лондонской школой бизнеса и финансов, которая так же широко применяет дистанционные технологии в процессе обучения. Информация о сотрудничестве с Лондонской школой бизнеса и финансов была размещена на сайте ЛСБФ

(www.lsbf.ru), что не только способствует укреплению имиджа ВУЗа, но и оказывает качественное влияние на его индекс цитирования [22].

Важным аспектом является выстраивание CRM-отношений с предприятиями партнерами, ВУЗами и СУЗами, 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.

В 2022 года в рамках Петербургского международного экономического форума заключено соглашение на подготовку авиационных специалистов между Ростовским филиалом ФГБОУ ВО МГТУ ГА, авиакомпанией Азимут и Правительством Ростовской области в лице Губернатора Ростовской области Голубева В.Ю. В настоящее время Ростовский филиал МГТУ ГА включен в проект программы развития региональной авиации, как единственное учебное заведение, осуществляющее подготовку специалистов авиационной отрасли для Юга России.

В 2022 году 17 ноября в Ростовском филиале МГТУ ГА прошло торжественное открытие российско-армянского логистического форума. Форум проводится в рамках Программы международного сотрудничества между Правительством Российской Федерации и Правительством Республики Армения подписанной 22.12.2021 г.

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 завершилось 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 [24].

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. Едовина Татьяна. Транзит по «Шелковому пути» растет на китайских субсидиях. [Электронный ресурс] URL: <http://www.kommersant.ru/doc/3586957> (дата обращения 11.10.2018).
2. Кривошاپко Юлия. Россия и Китай впервые представили макет совместного самолета CR-929 URL: <http://rg.ru/2018/11/06/rossiia-i-kitaj-vpervye-predstavili-maket-sovmestnogo-samoleta-cr-929.html> (дата обращения 11.11.2018)
3. Мониторинг трудоустройства выпускников. [Электронный ресурс]. Доступ: <http://graduate.edu.ru/> свободный. (Дата обращения: 8 октября 2016 г.)

4. Акопов Г.Л. Инновационные интернет-технологии в процессе оказания образовательных услуг. Relga. 2013. № 17.
5. Акопов Г.Л. Модернизация образовательного процесса с применением интернет-коммуникаций в Ростовском филиале МГТУ ГА. В сборнике: Инновационные аспекты развития гражданской авиации (Авиатранс-2016) 2016. С. 20-24.
6. Об утверждении приоритетных направлений развития науки, технологий и техники в Российской Федерации и перечня критических технологий Российской Федерации. Указ Президента РФ 7 июля 2011 г. N 899.
7. Акопов Г.Л. Модернизация образовательного процесса с применением интернет-коммуникаций в Ростовском филиале МГТУ ГА. Инновационные аспекты развития гражданской авиации. 2016. С. 20-24.
8. Акопов Г.Л., Ремизов Д.К. Государственное регулирование и организация деятельности эксплуатантов на воздушном транспорте. Учебное пособие. – Ростов-на-Дону: Изд-во Ростиздат, 2011.
9. Акопов Г.Л., Кислицын С.А. Политология: учеб. пособие – Ростов н/Д: Феникс, 2010.
10. Акопов Г.Л. Правовая информатика – Москва: Дашков и К, 2010.
11. Акопов Г.Л. Интернет и политика. Модернизация политической системы на основе инновационных политических интернет-коммуникаций. М.: КНОРУС, 2013.
12. 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
13. Акопов Г. Л. Сеть "Интернет" - коммуникативное пространство для политического дискурса//Право и политика. 2011. № 5. С. 842-848.
14. Акопов Г.Л., Пашинская В.В. Разработка инновационной концепции развития интернет-коммуникаций в университете. Ростов-на-Дону. 2014.
15. Актуальные вопросы развития воздушного транспорта “АвиаТранс-2011” Материалы научно-практической конференции. Ответственный редактор Акопов Г.Л. 2011.
16. 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.
17. Гражданская авиация: прошлое, настоящее и будущее (АвиаТранс-2015). Международная научно-практическая конференция. Ростов-на-Дону. 2015.
18. Инновационные аспекты развития гражданской авиации (АвиаТранс-2016): материалы Международной научно-практической конференции. 31марта – 1 апреля 2016 г. Ростов-на-Дону. 2016.
19. Актуальные проблемы развития транспортных коммуникаций (Авиатранс-2017). Материалы Международной научно-практической конференции. 2017.

20. 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.

21. 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.

22. 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.

23. 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>

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

Ступаков Валерий Яковлевич

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

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ

Аннотация: В работе рассмотрены основные причины повышения эксплуатационной надежности системы управления самолетом.

Ключевые слова: система управления самолетом, повышение эксплуатационной надежности, требования к системам управления.

Stupakov Valery Yakovlevich

Head. Department of «Aircraft and aircraft engines»

*Of the «Rostov branch of the Moscow state
technical University of civil aviation»*

IMPROVING OPERATIONAL RELIABILITY AIRCRAFT CONTROL SYSTEMS

Abstract: The main reasons for the possibility of improving the operational reliability of the aircraft control system are considered.

Keywords: aircraft control system, possible increase in operational reliability. Requirements for management systems.

Системы управления относятся к числу наиболее важных и стремительно развивающихся систем летательных аппаратов (ЛА). Без системы управления принципиально невозможно осуществление управляемого полета.

Системы управления самолетом разделяются на основные и вспомогательные. К основным принято относить системы управления рулем высоты, рулем направления и элеронами (рулями крепа). Вспомогательное управление — управление двигателями.

Структура и состав типовой системы управления.

Задачи, которые решает СУЛА, условно можно разделить на три уровня: обеспечение требуемой устойчивости и управляемости ЛА при управлении летчиком; стабилизация тех или иных параметров движения; целенаправленное управление траекторией, т.е. осуществление сложных траекторных маневров. Задачи трех уровней связаны между собой иерархически [2].

При этом самым высоким является уровень целенаправленного управления траекторией. Решение данных задач происходит в соответствующих замкнутых контурах СУЛА. Показатели собственной устойчивости и управляемости ЛА регламентируются рядом требований, выработанных практикой эксплуатации. Реализация этих требований аэродинамическими и конструктивными средствами без ухудшения летных данных, как правило, не представляется возможным. Поэтому в состав СУЛА, помимо системы ручного управления, связывающей КРУ с ОУ, входит система устойчивости и управляемости, которая функционирует совместно с летчиком при ручном пилотировании.

Улучшение характеристик устойчивости и управляемости с помощью СУУ позволяет: наиболее полно использовать маневренные возможности ЛА; упростить пилотирование; пилотировать ЛА без выхода на критические режимы полета. Основной особенностью СУУ является то, что ее структура и параметры определяются, прежде всего, аэродинамической компоновкой конкретного ЛА.

Полет ЛА может быть разложен на ряд типовых этапов. Для большинства из них характерным является поддержание постоянного значения (стабилизация) того или иного параметра полета. Процесс длительной стабилизации утомителен для летчика, поэтому на борту устанавливают систему автоматического управления, выполняющую функции стабилизации углового положения ЛА и траекторных параметров - высоты, скорости, курса, линии заданного пути.

Структура САУ определяется перечнем параметров, которые необходимо стабилизировать. В связи с этим законы управления САУЛА различного назначения могут совпадать. Аэродинамика ЛА оказывает влияние лишь на параметры САУ, ее передаточные числа, а также через систему ручного управления на принцип ее включения в СУЛА и ее исполнительные механизмы.

Решение задачи целенаправленного управления траекторией осуществляется с помощью специальных навигационных измерителей: инерциальных систем, ДИСС, РСБН, РСДН, радиовысотомеров и др. Все эти

измерители входят в состав навигационного комплекса ЛА. Информация о навигационных параметрах передается летчику через навигационные приборы системы индикации. Управление траекторией возможно как в ручном режиме, так и с использованием САУ (директорный и автоматический режимы). При этом навигационный вычислитель формирует управляющие сигналы, которые обрабатываются летчиком или САУ.

Контур траекторного управления определяется, прежде всего, задачами, решаемыми ЛА. Аэродинамика ЛА косвенно сказывается на параметрах этой системы через те динамические характеристики, которые реализуются внутренними контурами САУ, а также через его летно – технические характеристики. В задачах навигации и управления траекторией на больших участках полета ЛА вообще может рассматриваться как материальная точка. Таким образом, для решения сформулированных выше задач в состав СУЛА входят СУУ и САУ, которая обычно включает систему стабилизации параметров полета (ССт) и систему траекторного управления (СТУ) [1].

Наряду с разделением систем по иерархическим уровням (по вертикали), СУЛА можно разделить на ряд каналов управления (по горизонтали): канал руля высоты, канал элеронов, канал руля направления и др. Каждый из каналов также является функциональным образованием (объединением систем) и содержит три основные части: информационную; управляющую; исполнительную.

Требования к системам управления.

СУЛА должна обеспечивать управление ЛА на всех режимах, определяемых его назначением, с необходимой точностью, при допустимой психофизиологической нагрузке экипажа. Для удовлетворения этому комплексному требованию необходимо:

- осуществлять управление с допустимым искажением входного сигнала и без заметного запаздывания выходного на всех эксплуатационных режимах;
- обеспечивать переход с одного режима работы на другой без ударов и резкого изменения параметров движения ЛА;
- обеспечивать эргономическое соответствие свойств техники возможностям летчика – оператора.

СУЛА должна обеспечивать высокую безопасность полетов. Для удовлетворения этому комплексному требованию необходимо:

- обладать практической безотказностью, что достигается высокой надежностью элементов СУЛА и резервированием;
- обеспечивать возможность парирования отказов системы и аварийного перехода с автоматического режима работы на ручной.

СУЛА должна обладать высокой боевой живучестью, обеспечивающей при боевом повреждении продолжение полета или безопасное возвращение на свою базу.

СУЛА должна удовлетворять таким общим требованиям, предъявляемым ко всем агрегатам и системам ЛА, как высокие эксплуатационная технологичность и ремонтпригодность, минимальные масса, габариты и стоимость.

Литература

1. 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.
2. Коробкин С.В. Особенности технического обслуживания критических мест планера воздушного судна. В сборнике: Актуальные аспекты развития логистических коммуникаций. Российско-армянский логистический форум. Материалы международной научно-практической конференции. Ростов-на-Дону, 2023. С. 125-132.
3. Ступаков В.Я. Автоматизация управления техническим состоянием авиационной техники, поддержания и сохранения летной годности воздушных судов, обеспечения безопасности полетов. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2022. № 11. С. 165-168.
4. Ступаков В.Я. Комплексный подход к повышению эффективности систем управления воздушных судов. Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. Серия: Естественные и технические науки. 2023. № 6. С. 164-167.
5. Овчаров П.Н. Математическая модель напряженно-деформированного состояния конструкций авиационной техники. В сборнике: Актуальные аспекты развития воздушного транспорта (Авиатранс-2021). Материалы научно-практической конференции с международным участием. Ростов-на-Дону, 2021. С. 64-68.

Гаранин Сергей Александрович

Доцент кафедры вычислительных машин, комплексов, систем и сетей, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА), к.т.н.

К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация: В статье рассматриваются проблемы эксплуатации радиоэлектронного оборудования в сложных электромагнитных условиях. Проводится анализ возможных ошибок навигационного оборудования и влияние этого процесса на безопасность полетов воздушного судна. В заключение рассматривается несколько решений для смягчения влияния эффектов электромагнитных помех на радиоэлектронное оборудование воздушных судов.

Ключевые слова: радиоэлектронное оборудование, электромагнитные поля, помехи, эксплуатация авиационной техники, навигация, навигационные параметры, безопасность полетов.

Garanin Sergey Aleksandrovich

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of computers, system complexes and networks
Moscow State Technical University of Civil Aviation*

ON THE ISSUE OF OPERATION OF RADIO-ELECTRONIC EQUIPMENT IN COMPLEX ELECTROMAGNETIC CONDITIONS

Abstract: The article discusses the problems of operating radio-electronic equipment in difficult electromagnetic conditions. An analysis of possible errors in navigation equipment and the impact of this process on aircraft safety is carried out. Finally, several solutions are discussed to mitigate the effects of electromagnetic interference on aircraft avionics.

Keywords: radio-electronic equipment, electromagnetic fields, interference, operation of aircraft, navigation, navigation parameters, flight safety.

В современных реалиях вопрос применения радиоэлектронного оборудования в сложных электромагнитных условиях получает все большее распространение. Это естественным образом вытекает из того факта, что большинство современных технологий требуют работы в таких сложных средах, в которых присутствует высокий уровень электромагнитного излучения и другие факторы, влияющие на работу РЭО. Например, в сложных условиях выполнения полетов и навигации постоянно работают различные виды авиационного радиоэлектронного оборудования, которые подвергаются постоянному влиянию различных помех и других дестабилизирующих факторов [1].

Проблема эксплуатации радиоэлектронного оборудования (РЭО) в этих условиях является весьма актуальной, так как негативное воздействие электромагнитных флуктуаций может привести к неработоспособности оборудования, вплоть до его физической утраты. Поэтому необходимо изучить методы защиты РЭО от дестабилизирующих факторов внешней среды [2], чтобы гарантировать безопасную и эффективную эксплуатацию этого оборудования.

Исходя из вышесказанного, в статье будут рассматриваться вопросы эксплуатации РЭО в сложных электромагнитных условиях и методы защиты его от воздействия внешних и внутренних факторов. Также будет приведены: классификация источников влияния этих факторов на работу РЭО, методы защиты РЭО и примеры решений для различных типов оборудования.

Различные источники электромагнитных излучений, взаимодействуя друг с другом и с окружающими объектами, создают области помех, влияющих на безопасность и эффективность функционирования радиоэлектронной аппаратуры [3]. Такие области могут находиться в различных местах, таких как

зоны аэропортов, крупные городские массивы, вышки теле и радио станций и т.п. Все эти излучения могут оказывать значительное влияние на производительность и работоспособность РЭО воздушного судна, вызывая ошибки, искажения и даже полный отказ в работе, что, в свою очередь, отрицательно отразится на безопасности полетов [4]. Становится очевидно, что влияние всех этих факторов на РЭО может быть достаточно серьезным и многогранным.

Чтобы своевременно решать эти проблемы, необходимо разработать соответствующие меры для защиты РЭО от влияния на его работу воздействий вредных электромагнитных излучений.

Источников влияния на работу РЭО в сложных электромагнитных условиях делятся на внешние (например, электромагнитное излучение) и внутренние (например, дефекты производства).

Внешние факторы, влияющие на работу РЭО:

- Излучение электромагнитных помех от близлежащих высокомоощных передающих устройств, таких как радиостанции, телевизионные передающие станции и радарные установки.
- Подземные тоннели и системы метро, где электромагнитные волны могут быть усилены или рассеяны окружающими скалами и металлическими конструкциями.
- Полеты и навигация воздушного транспорта и космических аппаратов в различных суровых электромагнитных средах.
- Электронный шум, производимый промышленными процессами, такими как сварка, резка и обработка металлов.

Внутренние факторы влияния на работу РЭО:

- Дефекты производства, такие как недостаточная точность изготовления или повреждения, вызванные хранением и транспортировкой.
- Старение и износ компонентов за время их жизненного цикла, что может привести к снижению их характеристик и увеличению рисков.
- Ошибки в проектировании, приводящие к появлению уязвимостей для электромагнитных интерференций и других вредных внешних факторов.
- Несвоевременные и/или некачественные обслуживание и ремонт, которые понижают эффективность и надежность РЭО.
- Человеческие ошибки, (например, неправильное пользование или повреждение оборудования) которые могут привести к появлению неисправности или отказу.

Далее можно привести некоторые методы защиты РЭО от различных электромагнитных воздействий:

1. Использование специальных материалов (пластик, стекло) и конструкций (защитные экраны, поглотители электромагнитных волн).
2. Использование фильтрационных устройств (фильтры для удаления электромагнитных помех).
3. Использование компенсационных систем.
4. Проведение регулярного мониторинга и диагностики РЭО.

Используя все эти методы в совокупности, мы получим возможность наиболее быстро обнаружить проблемы, связанные с воздействием электромагнитных помех и других факторов и предпринять соответствующие меры для их устранения [5]. Тем самым увеличивая надежность и долговечность радиоэлектронного оборудования воздушных судов и повышая безопасность полетов.

В заключение хотелось бы подчеркнуть важность учета специфических характеристик внешней среды при выборе необходимого радиоэлектронного оборудования и необходимость использования различных активных и пассивных систем защиты от электромагнитного излучения. В свете последних достижений в разработке искусственного интеллекта и машинного обучения, считаю целесообразным приложить больше усилий в применении этих новейших технологий для оптимизации использования РЭО. А также обратить внимание на создание необходимых стандартов и правил в этой отрасли.

Литература

1. С. А. Гаранин, О точности оценивания параметров радиоэлектронных систем в сложных электромагнитных условиях // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2012. – № 186. – С. 123-125. – EDN PXMBVTJ.

2. А. И. Козлов, С. А. Гаранин, Принципы построения статистических моделей естественного изменения во времени параметров навигационных систем // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2005. – № 96. – С. 117-122. – EDN JXWZRХ.

3. А. И. Козлов, С. А. Гаранин, К разработке математической модели влияния радиопомех и случайных воздействий на ВС на определяемые навигационные параметры / // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2005. – № 93. – С. 127-130. – EDN JVWUOX.

4. С. А. Гаранин, Взаимосвязь ошибок оценивания навигационных параметров полета воздушного судна с показателем безопасности полетов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2012. – № 176. – С. 68-73. – EDN OYWPDL.

5. С. А. Гаранин, Моделирование систем управления воздушным судном с учётом влияния на радионавигационное оборудование дестабилизирующих факторов // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2010. – № 162. – С. 181-187. – EDN NULWXZ.

Сизько Игорь Александрович

Доцент кафедры «Уголовное право и публично-правовые дисциплины», Донской государственной технической университет; заместитель директора по научной и методической работе, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.ю.н.

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТЕРРОРИЗМУ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ И НАЦИОНАЛЬНЫЙ УРОВНИ

Аннотация: В статье анализируются актуальные направления совершенствования международного и национального воздушного права в области предупреждения и пресечения террористической деятельности в воздушном пространстве.

Ключевые слова: терроризм, воздушный терроризм, правовое регулирование, воздушное судно, противодействие воздушному терроризму, обеспечение безопасности

Sizko Igor Aleksandrovich

Associate Professor of the Department of Criminal Law and Public Law Disciplines, Don State Technical University; Deputy Director for Scientific and Methodological Work, Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation (MGTU GA), Candidate of Law.

LEGAL REGULATION OF COUNTERING TERRORISM IN AIR TRANSPORT: INTERNATIONAL AND NATIONAL LEVELS

Abstract: Abstract: The article analyzes the current directions of improving international and national air law in the field of prevention and suppression of terrorist activities in the airspace.

Keywords: terrorism, air terrorism, legal regulation, aircraft, countering air terrorism, security

Терроризм в современном мире представляет собой реальную и непосредственную опасность не только для отдельных государств, но и человечества в целом, являясь одной из самых серьезных угроз современному мировому порядку и безопасности. Используемые террористами методы в глобализирующемся мире становятся все более жестокими и изощренными, выбор потенциальных объектов постоянно расширяется. Борьба с терроризмом приобретает глобальные масштабы, становясь главным условием обеспечения безопасности всего человечества. [1]

Основными факторами, увеличивающими степень воздействия этой угрозы в большинстве государств, включая Россию, являются недостаточная юридическая и идеологическая обеспеченность деятельности по предотвращению

террористических актов, отсутствие отлаженной системы социально-экономической профилактики подобного рода преступлений, правовой нигилизм части населения. [2]

Используемые террористами методы в глобализирующемся мире становятся все более жестокими и изощренными, выбор потенциальных объектов постоянно расширяется. Борьба с терроризмом приобретает глобальные масштабы, становясь главным условием обеспечения безопасности всего международного сообщества.

Одним из самых распространенных видов терроризма является терроризм на воздушном транспорте. Его основной опасностью является оторванность и замкнутость воздушного судна, что зачастую не позволяет спецслужбам организовать быстрое и эффективное освобождение заложников. Помимо этого каждый теракт в воздухе мгновенно привлекает к себе пристальное внимание всей общественности, причем как отечественной, так и зарубежной.

Террористическая деятельность в сфере авиаперевозок особенно актуальна в мире из-за воздействия, которое они оказывают на широкие массы, осуществление которого является целью террористических организаций. Методы атаки разнообразны и варьируются от угона самолетов, установки взрывных устройств в самолетах и аэропортах, до столкновения самолетов или угона самолетов и ударов им по объекту, имеющему важное значение на земле. Все более частые инциденты, вызванные террористической деятельностью, привели к изменениям в вопросах безопасности авиаперевозок и предотвращения новых потерь в воздушном транспорте. Следовательно, международное сообщество приняло множество конвенций..

Следует понимать тот факт, что терроризм-это уже не только проблема внутренней безопасности государств, в которых он возникает, но и более широкого международного сообщества. Учитывая вышесказанное, необходимо иметь в виду, что провозглашенные цели террористических организаций не всегда осуждаются всей мировой общественностью, и это в значительной степени меняет взгляд на это явление. Тем не менее, методы, используемые террористами для достижения своих целей, не могут быть приемлемыми в цивилизованном обществе будущего.

Глобальная террористическая угроза стала повседневной жизнью, в которой каждый из нас может стать невинной жертвой какого-то террористического акта. Глобализация и ее последствия дали террористической деятельности новое измерение. В создаваемом мире каждая точка находится в пределах досягаемости, и каждая информация передается на другой конец планеты почти мгновенно. Все это открыло новые возможности для террористов и, таким образом, позволило терроризму постепенно стать одной из самых больших проблем безопасности современного мира, к которой все международные факторы должны относиться очень серьезно. Руководствуясь девизом «цель оправдывает средства», террористы пересекают все границы и приспосабливаются к условиям нового времени и общества, используя его преимущества и изменяя себя в соответствии с конкретной ситуацией.

Пожалуй, наибольшее внимание к актам воздушного терроризма было привлечено после атаки на башни-близнецы 11 сентября 2011 года в США, это же событие стало переломным в международной борьбе с терроризмом. Руководители большинства государств были вынуждены пересмотреть базовые подходы к проблеме терроризма как всеобъемлющего социального явления. Пришло осознание терроризма как реальной угрозы безопасности во всех сферах жизнедеятельности глобального социума.

Одной из основных форм эффективной борьбы с терроризмом является создание адекватной международной нормативно-правовой базы, регламентирующей сферу функционирования и обеспечения безопасности гражданской авиации. [3]

Современное правовое регулирование в сфере предотвращения угрозы терроризма и обеспечения безопасности в авиации на международном уровне основано на нескольких универсальных международных конвенциях, принятых мировым сообществом.

К наиболее важным международно-правовым актам большинство исследователей относят: Чикагскую конвенцию 1944 г.; Токийскую конвенцию 1963 г.; Гаагскую конвенцию 1970 г.; Монреальскую конвенцию 1971 г. и др.

Основной заслугой Чикагской конвенции о гражданской авиации 1944 года, в разработке которой приняли участие делегации 52 государств, стало учреждение в качестве специализированного органа ООН Международной организации гражданской авиации со штаб-квартирой в г. Монреаль (Канада). Вскоре будет отмечаться 75-летия Конвенции и ИКАО, однако в период принятия этого документа задачи, стоящие перед авиацией и решаемые проблемы значительно отличались от современных. Тем не менее, в преамбуле этого важнейшего программного документа уже тогда в качестве цели было закреплено, «будущее развитие международной гражданской авиации может в значительной степени способствовать установлению и поддержанию дружбы и взаимопонимания между нациями и народами мира, тогда как злоупотребление ею может создать угрозу всеобщей безопасности».

В статье 37 Чикагской конвенции закреплено положение об общих методах и процедурах государственного регулирования деятельности воздушного транспорта в странах-участниках, сформулированы общие принципы формирования института ответственности на международном и внутригосударственном уровне, которые затем получили свое развитие в 18 Приложениях к Чикагской конвенции Стандартов и Рекомендуемой практики (SARPs), которые занимают на сегодняшний день не одну сотню страниц, рассматриваются как неотъемлемые части Чикагской конвенции и содержат представленные государствами уведомления о всевозможных различиях с действующей практикой.

Вопросы, связанные защитой воздушного транспорта от террористических угроз, наиболее подробно урегулированы в Приложении 17 «Безопасность. Защита международной гражданской авиации от актов незаконного вмешательства», в котором установлено, что «поскольку безопасность является

вопросом государственной важности, государства должны иметь в своих национальных законодательствах утвержденную программу по безопасности гражданской авиации», устанавливая, что «каждое договаривающееся государство должно принять все необходимые меры, включая разработку регламентов, рекомендуемой практики и процедур, для реализации своей национальной программы по безопасности гражданской авиации, направленной на защиту безопасности, регулярности и эффективности международной гражданской авиации от актов незаконного вмешательства».

Следующим источником международного воздушного права, нацеленным на правовое регулирование противодействия терроризму, стала Конвенция о преступлениях и некоторых других актах, совершаемых на борту воздушных судов, подписанная в Токио 14 сентября 1963 г.

Токийская конвенция закрепила важнейшие элементы правового статуса воздушного судна, подвергшегося нападению: установила на борту воздушного судна юрисдикцию того государства, которому оно принадлежит; значительно расширила и конкретизировала полномочия командира воздушного судна для «обеспечения безопасности воздушного судна либо находящихся на нем лиц или имущества», а также для «поддержания должного порядка и дисциплины на борту»; впервые закрепила возможность физического воздействия со стороны многих лиц (речь идет о всех членах экипажа и пассажирах) на террориста, в том числе потенциального, находящегося на борту судна.

Одним из основных недостатков Токийской конвенции стала юридическая неопределенность в отношении установления конкретных составов преступлений, на которые она распространяет свое действие, что значительно затрудняет деятельность национальных законодателей.

Продолжила хронологически договоренности в области борьбы с воздушным терроризмом Конвенция о борьбе с незаконным захватом воздушных судов (Гагская конвенция 1970 г.). В ней впервые на международном уровне дается определение преступления с воздушным судном, что позволило значительно продвинуться национальным законодателям в определении унифицированных признаков, характеризующих круг противоправных деяний, которые могли быть расценены как террористические акты.

Еще одним значимым международным документом в сфере обеспечения авиационной безопасности и борьбы с терроризмом является Конвенция о борьбе с незаконными актами, направленными против безопасности гражданской авиации (Монреальская конвенция 1971 г.). Содержательно ее вклад в дело противодействия вмешательству в деятельность гражданской авиации заключается в более подробной юридической регламентации незаконных действий, которые могут привести воздушное судно и аэронавигационное оборудование в негодное для эксплуатации состояние, а также действия, непосредственно угрожающие безопасности воздушного судна.

На сегодняшний день многие вопросы, связанные с терроризмом в гражданской авиации, получили свое закрепление в Конвенции о борьбе с незаконными актами в отношении международной гражданской авиации, которая

была принята 10 сентября 2010 года в Пекине. В связи со сдачей 22 ратификационной грамоты, Конвенция 1 июля 2018 года вступила в силу. Особое значение данному документу придает закрепление в его тексте положений, описывающих ситуации, оборудование, материалы в рассматриваемой сфере с учетом современной практики, что позволяет значительно расширить границы борьбы с терроризмом.

Помимо этого в Конвенции получили закрепление вопросы, связанные с экстрадицией, классификацией запрещенных или ограниченных к перемещению воздушным транспортом веществ и материалов, принципы осуществления государственной юрисдикции в отношении преступлений на воздушном транспорте и т.д.

Российская Федерация пока не ратифицировала данный документ, но в Минтрансе и профильных комитетах Государственной Думы он становился предметом обсуждения неоднократно. Основное, с чем не согласны представители России – пп.і п.1 ст.1 Пекинской конвенции – описание оборудования материалов, программного обеспечения, перевозка которых запрещена в силу их возможного использования террористами. По мнению российских юристов-международников, требуется конкретизация данного положения в отдельных международных договорах.

На сегодняшний день в национальном законодательстве правовую основу противодействия терроризму на воздушном транспорте составляют Конституция Российской Федерации, Федеральный закон «О противодействии терроризму», Уголовный кодекс РФ, Уголовно-процессуальный кодекс РФ, Воздушный кодекс РФ, Федеральный закон «Об оперативно-розыскной деятельности», Федеральный закон «Об обороне», Федеральный закон «О безопасности», указы Президента РФ и постановления Правительства РФ.

В целом российское законодательство соответствует международно-правовым актам в данной сфере, более того за последние несколько лет оно значительно усовершенствовалось с точки зрения методов и средств борьбы с современными террористическими угрозами. Лишним доказательством тому служат последние изменения законодательства РФ, подтверждающие нацеленность России на обеспечение мира и безопасности человечества. Прежде всего, речь идет об ужесточении санкций за террористические преступления, включении законодателем в главу 34 «Преступления против мира и безопасности человечества» Уголовного кодекса РФ новой статьи 361, предусматривающей ответственность за акт международного терроризма; изменения в ст.205.1 УК РФ которая с 2016 года стала гораздо более широко формулировать термин содействие террористической деятельности, включив в его основные характеристики и финансирование терроризма, что позволило в значительной степени расширить круг привлекаемых к ответственности, ст. 205.2 «Публичные призывы к осуществлению террористической деятельности или публичное оправдание терроризма», ст. 205.3 «Прохождение обучения в целях осуществления террористической деятельности», ст. 205.4 «Организация террористического сообщества и участие в нем», ст. 205.5 «Организация

деятельности террористической организации и участие в деятельности такой организации»; включен новый состав преступления – произошла криминализация несообщения о готовящемся террористическом акте, включая угон самолета (ст. 205.6 УК РФ) и др.

Таким образом, терроризм сегодня представляет собой серьезную глобальную проблему, угрожающую современному обществу, где успешное противодействие терроризму требует, прежде всего, его точной детерминации и определения. Хотя корни терроризма уходят далеко в прошлое, терроризм - продукт современности и его причины и мотивы разные. Целью террористических актов является привлечение внимания общественности к положению, положению и проблемам социальной группы, их продвижение на первый план по отношению ко всем другим проблемам в стране, регионе и даже мире, а также отправка политического послания о намерениях этой группы.

Чтобы вызвать страх и достичь своих политических целей, террористические организации используют различные формы насилия, в зависимости от области, в которой они проявляются. Безусловно, одной из областей, где происходит террористическая деятельность, является воздушный (авиационный) терроризм, наиболее распространенной формой которого являются угоны самолетов, поджоги взрывчатых веществ и авиаудары по другим самолетам или объектам на земле.

Частота этих действий побудила международное сообщество более серьезно заняться поиском решения этой проблемы, и сегодня борьба с терроризмом становится первой задачей служб безопасности всех стран. При этом борьба с терроризмом не может вестись голыми силами без разбора, так как это только еще больше мотивирует новых последователей террористических организаций.

Завершая рассмотрение правового регулирования противодействия терроризму, необходимо отметить нацеленность большинства акторов международного права на сотрудничество и совместное решение возникающих проблем в данной сфере. Современное же законодательство России в сфере борьбы с воздушным терроризмом в полной мере соответствует существующим общемировым тенденциям. На сегодняшний день в целом можно констатировать наличие сложившейся системы международно-правовых и национальных актов, отвечающих требованиям современных угроз на воздушном транспорте. Тем не менее, к проблемам терроризма, включая воздушный, лидерам мирового сообщества, а также национальным законодателям и правоприменителям необходимо относиться с большим вниманием. Политика противодействия и предотвращения актов терроризма на воздушном транспорте должна носить постоянный характер и основываться на современных международных и национальных актах.

Литература

1. Сизько И.А. Основные направления развития деятельности по профилактике терроризма в образовательных организациях высшего образования // Противодействие идеологии экстремистской и террористической деятельности

среди молодежи: материалы Всероссийской научно-практической конференции (Ростов-на-Дону, 21 октября 2022 года) / Донской государственной технической университет. – Текст: электронный. – Ростов-на-Дону : ДГТУ, 2023. – 206 с. – URL: <https://ntb.donstu.ru/content/2023123>

2. Сизько И.А., Акопов Г.Л., Елисеев Д.Б. Международно-правовое регулирование противодействия терроризму на воздушном транспорте // Противодействие идеологии терроризма: материалы круглого стола с международным участием. - Ростов н/Д.: ЮРИУ РАНХиГС, 2019. - С. 166-171.

3. Елисеев Б.П., Сvirкин В.А. Некоторые проблемы организационно-правового обеспечения транспортной безопасности на современном этапе // Научный вестник МГТУ ГА. 2011. №170.

Бородин Алексей Викторович

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

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ПРИЕМНИКАХ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Аннотация: В статье рассмотрены различные способы использования пирозлектрических материалов в приемниках теплового излучения. Перечислены разновидности пирозлектрических материалов: монокристаллы, керамика и тонкие пленки. Перспективным является использование матриц из пирозлектрических материалов. Матрицы на основе тонких пленок из органических полимерных пирозлектриков обладают высокой чувствительностью, малым энергопотреблением и дают возможность создавать рабочие тела больших размеров.

Ключевые слова: пирозлектрический эффект, пирозлектрические материалы, приемники инфракрасного излучения, тонкие пленки.

Borodin Alexey Victorovich

*Associate Professor of Aircraft and Aircraft Engines
of the «Rostov branch of the Moscow state
Technical University of civil aviation»*

PROMISING DIRECTIONS FOR USING PYROELECTRIC MATERIALS IN THERMAL RADIATION RECEIVERS

Abstract: The article discusses various ways of using pyroelectric materials in thermal radiation receivers. Types of pyroelectric materials are listed: single crystals, ceramics and thin films. The use of matrices made of pyroelectric materials is promising. Matrices based on thin films of organic polymer pyroelectrics have high sensitivity, low energy consumption and make it possible to create working fluids of large sizes.

Keywords: pyroelectric effect, pyroelectric materials, infrared receivers, thin films.

Большой интерес представляет направление вычислительной термографии. Это связано с тем, что современная электроника позволяет разместить на поверхности одного кристалла большое количество элементов памяти, а в последние годы были разработаны эффективные алгоритмы цифровой обработки изображений. В связи с этим наиболее перспективным является применение пироэлектрических тепловых приемников. Приемники, использующие пироэлектрический эффект используются в промышленной термографии, в научном приборостроении, военной технике, медицине.

Для использования максимальной детектирующей способности пироэлектриков на низких частотах можно еще больше уменьшить полосу частот, применяя двумерную матрицу приемников, при этом каждый приемник соответствует одному элементу изображения. Поскольку многие из пироэлектрических материалов являются достаточно хорошими электрическими изоляторами, конструкция такой матрицы значительно упрощается при использовании одной большой пластины материала, на которую проецируется инфракрасное изображение. Если на переднюю поверхность пластины нанесен электрод, то распределение пироэлектрических зарядов на тыльной поверхности воспроизводит инфракрасное изображение. Для считывания распределения зарядов вместо системы электродов можно использовать любой метод, чувствительный к распределению зарядов или электрического поля на поверхности пластины. При решении задач по обнаружению и визуализации удаленных слабоконтрастных объектов с использованием неохлаждаемых тепловизионных устройств определяющее значение имеют параметры фотоприемной матрицы: разрешающая способность, чувствительность элементов матрицы, их размеры, однородность параметров. В настоящее время ведется разработка и создание пироэлектрических матриц размерностью более 1500x1500.

Пироэлектрические приемники обладают принципиальными преимуществами перед другими типами тепловых приемников. Эти преимущества обусловлены электростатической природой этих преобразователей генераторного типа. Пироэлектрические приемники могут работать без источников питания, они оказываются более стабильными, чем болометры, в которых сопротивление зависит от абсолютного значения температуры, и менее инерционными, чем вакуумные радиационные термоэлементы и оптико-акустические приёмники излучения. Спектральный диапазон пироэлектрических

приемников был распространен как до рентгеновского и γ -излучения, так и до сантиметровых волн. [1,с.20]

В настоящее время пирозлектрические теплотрические преобразователи применяются для измерения всех параметров, характеризующих тепловую цепь: температуры (пиротермометры), теплоемкости и теплопроводности (калориметры), изменения теплосодержания (катарометры). Эти немногие параметры тепловой цепи служат универсальной мерой многочисленных первичных физико-химических величин, непосредственно участвующих в исследуемых процессах. Высокая чувствительность пиротермометров позволяет регистрировать малые скорости изменения температуры, практически недостижимые для других термометрических средств.

Полярные кристаллы спонтанно поляризованы при отсутствии внешних электрических полей и обладают отличным от нуля электрическим моментом в единице объема. При неизменных внешних условиях спонтанную поляризацию нельзя обнаружить по зарядам на поверхности кристалла, поскольку они компенсируются свободными зарядами за счет объемной или поверхностной проводимости кристалла или из внешней среды. Но так как спонтанная поляризация зависит от температуры, её изменение может быть обнаружено при нагреве или охлаждении кристалла на гранях, перпендикулярных к особой полярной оси. Наблюдаемый при этом эффект называется пирозлектрическим, а полярные кристаллы, которым он свойственен, – пирозлектрическими. Монокристаллы обладают максимальными пирозлектрическими свойствами. Формирование свойств происходит на стадии роста кристаллов, после чего свойства остаются неизменными и нечувствительными к различным воздействиям при эксплуатации.

Пирозлектрическую керамику изготовить легче, чем монокристаллы соответствующего состава. Во многих случаях она обладает пирозлектрическими свойствами, очень близкими к свойствам монокристаллов. Можно приготовить обширный ряд керамических составов и подобрать свойства материалов для различных применений. Так были изучены пирозлектрические и диэлектрические свойства бинарных систем твердых растворов на основе ниобата натрия: $(1-x)\text{NaNbO}_3 - x\text{LiNbO}_3$, $(1-x)\text{NaNbO}_3 - x\text{KNbO}_3$, $(1-x)\text{NaNbO}_3 - x\text{PbTiO}_3$ в широком диапазоне параметра x с целью определения материалов, перспективных для практического использования в качестве пирозлектрических преобразователей различного предназначения. [2,с.21]

Разрабатываются тонкие пироактивные плёнки толщиной около 1 мкм и менее с сегнетоэлектрическими свойствами. При нагреве или охлаждении пирозлектрические полимерные пленки генерируют ток, пропорциональный скорости изменения температуры. Получение поляризованного состояния у полимеров и композитов является более сложным процессом, чем у классических сегнетоэлектриков, и их пироактивность более низкая, чем у лучших монокристаллов. Но возможность получения рабочих тел больших размеров с управляемой чувствительностью, а также технологическая простота и более низкая стоимость делают эти материалы весьма перспективными. С помощью

полимерных пленок могут быть разработаны приемники излучения с очень большими размерами приемной площади для создания многофункциональных пироэлектрических устройств. Наиболее активными пироэлектриками являются соединения поливинилиденфторид и поливинилфторид. Для получения устойчивого состояния пленки раскатываются до 5 – 15 мкм, после чего поляризуются при температуре 120°C – 140°C в поле $\approx 10^6$ В·см⁻¹ и охлаждаются под полем.

В последнее время появились сообщения о создании матриц на основе теплоизолированных пироэлектрических пленок. Например, с использованием синтезированных на поверхности кремния методом ВЧ-плазмохимического синтеза тонких пироэлектрических пленок ниобата бария стронция с большим значением пироэлектрического коэффициента, до $(1,5-2) \times 10^{-3}$ Кл/(м² град). [3, с.60] Тонкие пленки из органических полимерных пироэлектриков обладают хорошими механическими свойствами, они характеризуются высокими прочностью и эластичностью. Возможность получения рабочих тел больших размеров, технологическая простота и низкая стоимость открывают широкие перспективы использования этих материалов.

Литература

1. Бородин А.В. Преимущества использования пироэлектрических приемников. // Фундаментальные проблемы радиоэлектронного приборостроения. 2016. т. 16. № 4. с. 19-21.
2. Бородин А.В. Применение пироэлектрических материалов в электронике. // 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. 19-24.
3. Иванов С.Д., Косцов Э.Г. Приемники теплового излучения неохлаждаемых мегапиксельных тепловизионных матриц (обзор). // Успехи прикладной физики. 2017г. №2 с. 45-63.

Грищенко Борис Александрович

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Макогон Валерий Константинович

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Санникова Светлана Михайловна

Старший научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н., доцент

Черниченко Владимир Викторович

Старший научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н.

Лакей Владимир Николаевич

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н.

Илларионов Владимир Викторович

Старший научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н., доцент

**ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ СВЕТОСИГНАЛЬНЫХ ОГНЕЙ
АЭРОДРОМА**

Аннотация: в статье рассматривается инновационное оборудование для очистки светосигнальных огней аэродрома, позволяющее производить очистку огней круглогодично: в осенне-зимний период от снежно-ледяных образований, в весенне-летний от пыле-грязевых загрязнений и растительности в рабочей зоне светосигнального оборудования.

Ключевые слова: оборудование, очистка, аэродром, аэродромная техника, навесное устройство, привод, отвалы, щетки, осветительное оборудование аэродромов.

Grishchenko Boris Alexandrovich

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education «Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh)

Makogon Valery Konstantinovich

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education «Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh)

Svetlana Mikhailovna Sannikova

Senior Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education «Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force

*Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

Chernichenko Vladimir Viktorovich

*Senior Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher
Education «Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force
Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences*

Lackey Vladimir Nikolaevich

*Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher
Education «Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force
Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences*

Illarionov Vladimir Viktorovich

*Senior Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher
Education «Military Training and Research Center of the Air Force «Air Force
Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin» (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

EQUIPMENT FOR CLEANING AIRFIELD SIGNAL LIGHTS

Abstract: the article discusses innovative equipment for cleaning the lights of the airfield, which allows cleaning the lights all year round: in autumn and winter from snow and ice formations, in spring and summer from dust and mud pollution and vegetation in the working area of the lighting equipment.

Keywords: equipment, cleaning, airfield, airfield equipment, attachment, drive, dumps, brushes, lighting equipment of airfields.

Известно: оборудование для очистки аэродромных огней SCHMIDT SCL 99, содержащее раму с опорными колесами, навеску, привод, отвалы, щетки (каталог продукции «Евротек»).

Известно: оборудование для очистки аэродромных огней SAL 3500, содержащее раму с опорными колесами, навеску, привод, отвалы, щетки [1].

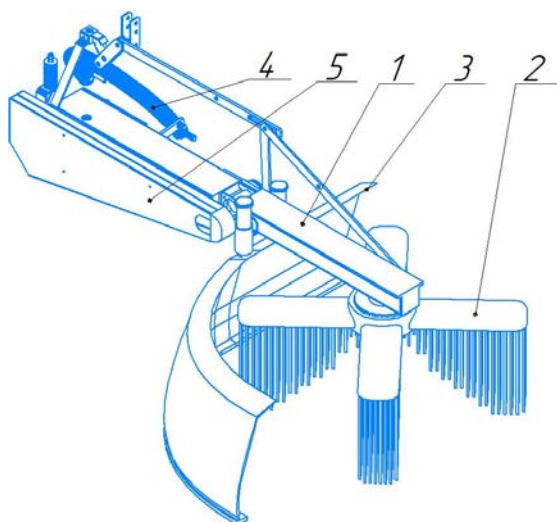
Недостатками вышеперечисленного оборудования является сложность конструкции, в связи с наличием повышенного количества щеток и отвалов, несмотря на это, при работе данного оборудования образуются снежные валы с обеих сторон створа светосигнальных огней на краю ИВП, МРД, РД.

При данном образовании снежных валов, производство полетов запрещено до устранения обваловки, что приводит к организации дополнительных работ по её удалению, это приводит к повышенным трудозатратам, данное оборудование предусмотрено только для очистки от снега и не предполагает очистку рабочей зоны светосигнальных огней от растительности в весенне-летний период.

Для ликвидации вышеперечисленных недостатков, научным коллективом авторов научно-исследовательского центра (далее-НИЦ) проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил (далее НИЦ (ППО и

УА ВВС)), Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (далее - ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)), разработано устройство для очистки светосигнальных огней аэродрома [2].

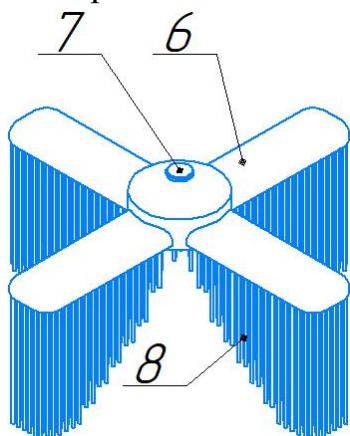
Изобретение относится к навесным устройствам для очистки аэродромных боковых посадочных огней взлетно-посадочной полосы, в том числе искусственной (ВПП, ИВПП) и огней рулежных дорожек (РД) и магистральных рулежных дорожек (МРД), на аэродромах, подъездных путях и дорогах в целях обеспечения качественной работы осветительного оборудования аэродромов. На рисунке 1 представлен общий вид устройства.



1 – главная рама, 2 - щеточный механизм, 3 - отвал, 4 – навеска, 5 – привод

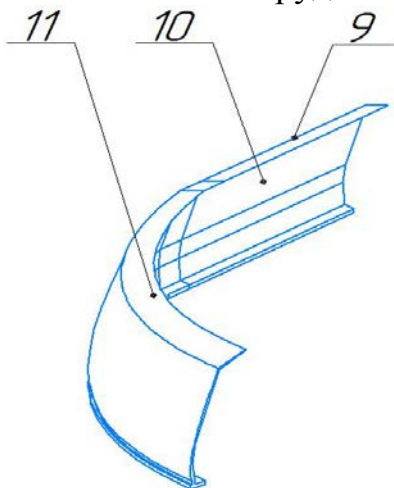
Рисунок 1. Общий вид оборудования для очистки светосигнальных огней аэродрома

На рисунке 2 представлена конструкция щеточного механизма, имеющего вид крестовины 6, закрепленной на вращающемся валу 7, на лопастях которой параллельно оси вращения размещен щеточный ворс 8, в центре укороченный для очистки плафона фонаря, по краям длиннее, при этом длина ворса равна высоте светосигнального фонаря, при вращении щеточного механизма, ворс по краям раздвигается и образует форму диска, при этом происходит удаление снежно-ледяных образований зимой или растительности летом.



6 - крестовина, 7 – вращающийся вал, 8 - щеточный ворс
Рисунок 2. Конструкция щеточного механизма

На рисунке 3 представлена конструкция ограничителя 9, состоящего из защитного экрана 10, оснащенного полозом, в задней части которого находится изогнутый желоб 11, предотвращающий выброс снега или растительности на ИВПП, МРД, РД, без образования обваловки, желоб выполнен из резинотехнического материала, для предохранения от повреждения светотехнического оборудования при случайной ошибке оператора.



9-ограничитель, 10-защитный экран, 11-желоб
Рисунок 3 Конструкция ограничителя

Данное устройство простой конструкции, позволяющее производить очистку огней круглогодично: в осенне-зимний период от снежно-ледяных образований, в весенне-летний от пыле-грязевых загрязнений и растительности в рабочей зоне светосигнального оборудования.

Поставленная задача решается тем, что оборудование для очистки аэродромных огней, содержащее раму, навеску, привод (указан механический), ограничитель, щеточный механизм, отличается тем, что:

- на главной раме, закрепленной на навеску установлен вращающийся щеточный механизм, вращение которого обеспечивается механическим, электрическим или гидравлическим приводом;

- на главной раме, закрепленной на навеску установлен ограничитель, оснащенный защитным экраном, предохраняющий от повреждения рабочим органом светотехнического оборудования и предотвращающий выброс снега или растительности на ИВПП, МРД, РД, без образования обваловки.

- щеточный механизм, представляющий собой вращающийся вал, оснащенный сменной крестовиной, на которой, параллельно оси вращения вала размещен щеточный ворс, при этом волокна щеточного ворса на крестовине могут иметь различную жесткость, в зависимости от выполняемой задачи.

Предложенное оборудование для очистки аэродромных огней работает следующим образом. Оборудование навешивают на транспортное средство как навесное с помощью навески, и размещают таким образом, чтобы центр

щеточного механизма располагался непосредственно над светосигнальным устройством (фонарем). Оператор приводит во вращение щеточный механизм с плавным опусканием, до момента касания рамы до верхнего створа ограничителя. Ограничитель закреплен на раме на соосных направляющих для обеспечения ограниченного вертикального перемещения предотвращения выметания очищаемой массы из-под него в начальный момент очистки. Скорость вращения определяется исходя из плотности снежно-ледяных образований или густоты растительности. Создаваемый щеточным механизмом вихревой поток осуществляет выброс снежно-ледяных образований, либо растительности в радиальном направлении, при этом, ограничитель, создавая направленное движение потока, предотвращает выброс очищаемой массы в сторону ИВПП, РД, МРД.

По окончании очистки, оператор останавливает вращение, поднимает навесное оборудование и перемещается к следующему осветительному прибору.

Применение предложенного оборудования для очистки аэродромных огней, позволит круглогодично обеспечивать качественную работу осветительного оборудования аэродромов, в зимнее время исключить недопустимый дефект в виде снежных валов, а также в весенне-летний период производить очистку от растительности, существенно сократить трудозатраты при эксплуатации.

Предлагаемое техническое решение промышленно применимо, так как для его реализации могут быть использованы стандартное оборудование, приспособления, применяемые в машиностроении и электротехнике, и является новым, имеет изобретательский уровень, поскольку из общедоступных сведений, опубликованных научных данных и известных технических решений не известно оборудование, для очистки аэродромных огней, позволяющее производить очистку огней круглогодично: в осенне-зимний период от снежно-ледяных образований, в весенне-летний от пыле-грязевых загрязнений и растительности в рабочей зоне светосигнального оборудования. Разработка защищена патентом РФ на изобретения.

Коллектив авторов приглашает к взаимному сотрудничеству предприятия и научные коллективы, желающие изготовить опытный образец по нашей разработке.

Литература

1. <http://www.cominvest-akmt.ru/catalog/aeromachines>
2. Патент РФ на изобретение RU № 2795331 C1 от 02 мая 2023г.

Образцов Роман Александрович

*Начальник отдела, Центральное межрегиональное территориальное управление
воздушного транспорта Федерального агентства воздушного транспорта,
Доцент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
гражданской авиации» (МГТУ ГА), к.т.н.*

Шаров Валерий Дмитриевич

*Профессор кафедры «Безопасности полетов и жизнедеятельности», ФГБОУ ВО
«Московский государственный технический университет гражданской авиации»
(МГТУ ГА), д.т.н.*

МЕТОДИКА САМООБСЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

Аннотация: Организациям обслуживания воздушного движения предлагается проводить самостоятельную оценку соблюдения обязательных требований (самообследование) в целях добровольного определения уровня соблюдения ими обязательных требований.

Проведение самообследования является основной составляющей мониторинга готовности организации к обслуживанию воздушного движения и позволяет выявить направления улучшений, необходимых для повышения безопасности полётов и для выработки общей логики и внедрения профилактических мероприятий в контрольно - надзорную деятельность уровня соблюдения обязательных требований, необходимо установить реально исполнимый для предприятия к примеру выполнения 90% обязательных требований и сделать акцент на важные направления деятельности организации, где соответствие обязательным требованиям должно быть 100% например: подготовка персонала, соответствие сертификационным требованиям, функционирование системы управления безопасности полётов, снизить административную нагрузку на предприятие.

Данная методика представляет собой описание алгоритма проведения самообследования. Методика содержит: описание процедуры и порядка проведения самообследования, готовность авиапредприятия к деятельности.

Ключевые слова: мониторинг, самообследование, безопасность полётов, обязательные требования, нарушение, обслуживание воздушного движения.

Obraztsov Roman Alexandrovich

*Central Interregional Territorial Administration of Air Transport of the Federal
Air Transport Agency. Ministry of Transport of the Russian Federation
Moscow, Russia*

Sharov Valery Dmitrievich

Moscow State Technical University of Civil Aviation, Moscow, Russia

SELF-EXAMINATION METHODOLOGY IN AIR TRAFFIC SERVICE ORGANIZATIONS.

Abstract. Air traffic service organizations are invited to conduct an independent assessment of compliance with mandatory requirements (self-examination) in order to voluntarily determine the level of compliance with mandatory requirements. Conducting self-examination is the main component of monitoring the organization's readiness for air traffic services and allows you to identify areas of improvements necessary to improve flight safety, as well as reduce the administrative burden on the enterprise. This technique is a description of the algorithm for conducting self-examination. The methodology contains: a description of the procedure and procedure for conducting a self-examination of the readiness of an airline for activity.

Keywords: monitoring, self-examination, flight safety, mandatory requirements, violation, air traffic maintenance.

В соответствии со статьёй 51 Федерального закона от 31 июля 2020 г. № 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации» (далее – 248-ФЗ) и пункта 26 главы VI Положения о федеральном государственном контроле (надзоре) в области гражданской авиации, утверждённого Постановлением правительства Российской Федерации от 30 июня 2021г. № 1064, в организации может предусматриваться самостоятельная оценка соблюдения обязательных требований (самообследование). [1; 2,]

Методика самообследования (далее — Методика) разработана в соответствии с нормативными документами и предназначена для обеспечения возможности получения организациями воздушного движения (далее - организация) сведений для самостоятельной оценки соблюдения обязательных требований. Методика призвана помочь участникам самообследования в подготовке декларации соблюдения обязательных требований в контролирующей орган. [3]

В методических рекомендациях по проведению самообследования и подготовке декларации соблюдения обязательных требований в области гражданской авиации (далее - рекомендации) не отражены процедуры проверки и не разработана оценка уровня соблюдения обязательных требований Воздушного законодательства. Рекомендации ссылаются на проверочные листы (списков контрольных вопросов), размещённые на официальном сайте Ространснадзора. Также указано, что в случае, если контролируемое лицо, получило по итогам самообследования высокую оценку соблюдения ими обязательных требований (полное соответствие обязательным требованиям - 100%), оно вправе принять декларацию соблюдения обязательных требований.

Декларация, после получения территориальным органом Ространснадзора, анализируется на предмет полноты обязательных требований, предъявляемых при прохождении процедуры самообследования с учётом полученных данных, в том числе, с анализом информационно - аналитической системы «Безопасность

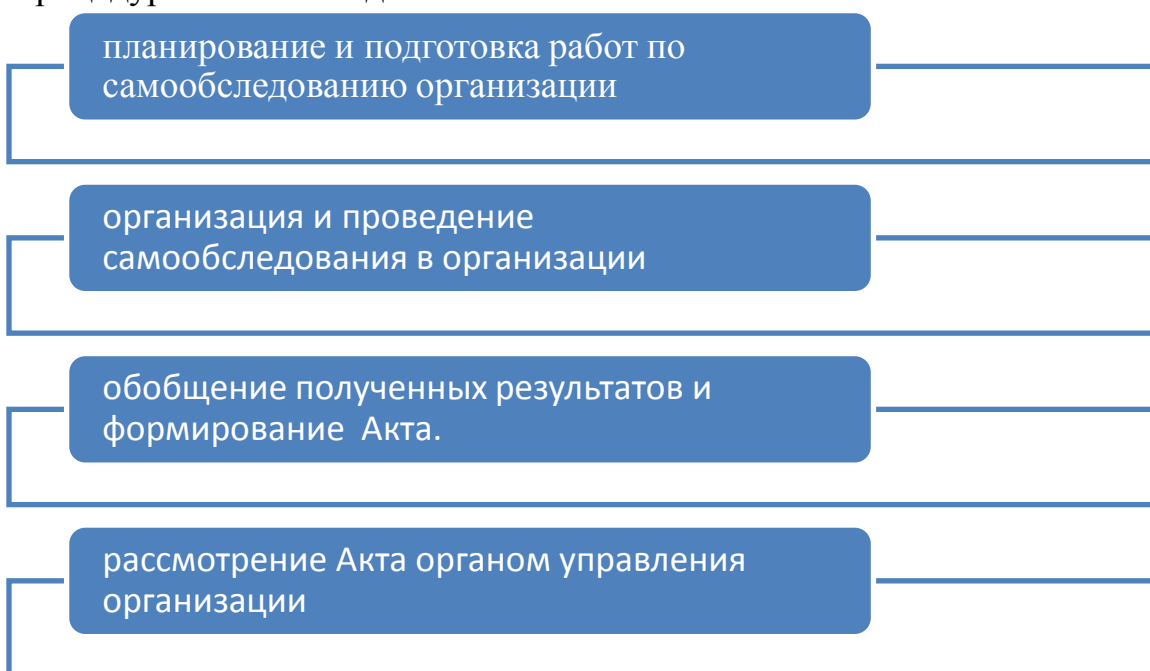
полётов» Ространснадзора и других источников, не позднее 5 рабочих дней с момента её получения.

Возможность соответствия обязательным требованиям на 100% достичь очень трудно, а в некоторых случаях - вообще не возможно, и это не позволяет снижать административную нагрузку для внедрения профилактических мероприятий.

В предлагаемой методике отображены процедуры и численный показатель уровня соблюдения обязательных требований Воздушного законодательства.

Самообследование позволит вести мониторинг в соответствии с SARPs ИКАО, в части соблюдения нормативно - правовых актов, что встраивается в систему управления безопасностью полётов для регулярной оценки показателей безопасности полётов организации. [4]

Процедуры самообследования:



Планирование и подготовка работ по самообследованию организации

На этом этапе:

определяются сроки, формы проведения самообследования, состав лиц, привлекаемых для его проведения;

издаётся /Распоряжение/Приказ, в котором указываются задачи, цели, сроки, мероприятия, которые будут проводиться (рассмотрение документов, анализ состояния средств радиотехнического обеспечения полётов, изучение средств объективного контроля, анализ документов по системе управления безопасностью полётов, присутствие при работе смен диспетчерского состава управления воздушным движением и инженерно-технического персонала радиотехнического обеспечения полётов), состав комиссии;

проводится совещание с членами комиссии, на котором за каждым из них закрепляются основные направления работы (подготовка персонала, организация воздушного движения, радиотехническое обеспечение полётов, система

управления безопасностью полётов), уточняются вопросы, подлежащие изучению и оценке в ходе самообследования.

Организация и проведение самообследования в организации

На этом этапе работа ведётся, в соответствии с утверждённой нормативно - правовой базой, используемой в ходе самообследования:

устанавливается порядок взаимодействия между членами комиссии и сотрудниками организации, в части предоставления информации и документов для самообследования;

из числа членов рабочей группы назначается лицо, обеспечивающее координацию работы по направлениям самообследования, способствующее оперативному решению вопросов, возникающих у членов группы при проведении самообследования;

назначается лицо, из числа членов рабочей группы, ответственное за составление Акта результатов самообследования организации .



Расчётное выражение для численного показателя уровня соблюдения обязательных требований Воздушного законодательства:

$$K_c = \frac{2N_{п} + N_{овд} + N_{ртоп} + N_{сбп} + N_{пл} + N_c + K_{ад} + K_{уд}}{K_{оп}}$$

K_c - численный показатель уровня соблюдения обязательных требований Воздушного законодательства.

$2N_{п}$ - нарушения обязательных требований при подготовке, стажировке персонала оформляются в виде Акта и умножаются на 2, так как увеличивает

риски при обслуживании воздушного движения (проверяется весь персонал ОВД).

Новд - нарушения обязательных требований при организации воздушного движения (нарушения выявленные в процессе самообследования).

Нртоп - нарушения обязательных требований при радиотехническом обеспечении полётов (нарушения выявленные в процессе самообследования).

Нсбп - нарушение обязательных требований, выявленные при анализе системы безопасности полётов (нарушения выявленные в процессе самообследования).

Нпл - нарушения обязательных требований, выявленные при организации планирования использования воздушного пространства (нарушения выявленные в процессе самообследования).

Нс - нарушения обязательных требований Свидетельства.

Кад - количество административных дел и внесённых представлений.

Куд - количество уголовных дел.

Коп - количество обслуженных полётов.

Данные по нарушениям обязательных требований при подготовке и стажировке персонала берутся из Актов проверки госорганов, а также после проверки всего персонала организации в рамках самообследования.

Данные по нарушениям обязательных требований при организации воздушного движения, радиотехнического обеспечения полётов, системы безопасности полётов, организации планирования использования воздушного пространства, соответствие Свидетельству и количеству обслуженных полётов берутся по результатам самообследования.

По уголовным делам включаются данные о вступивших в законную силу в течение 2 календарных лет, предшествующих дате принятия решения о самообследовании.

По административным делам вступившие в законную силу в течение 3 календарных лет, предшествующих дате принятия решения о самообследовании.

Чем больше значения коэффициента самообследования, тем ниже уровень соблюдения обязательных требований.

Обобщение полученных результатов и формирование Акта

Акт включает аналитическую часть и результаты анализа показателей деятельности организации, которая подлежит самообследованию, выявленные, в процессе деятельности нарушения, которые оцениваются и классифицируются с точки зрения приемлемого уровня риска, а также нарушения которые устранены в ходе самообследования.

В Акте указывается:

- адрес проведение самообследования;
- приказ о самообследовании;
- организация или её филиал;
- продолжительность самообследования;
- должностные лица проводившие самообследование;

- нарушения обязательных требований выявленных в процессе самообследования;
- анализ нарушений с оценкой;
- соответствие документов по обеспечению безопасности полётов предприятия с требованиями руководящих документов.

Рассмотрение Акта органом управления организации

Орган управления организации совместно с членами рабочей группы составляют и утверждают Акт, учитывая мнение управления организации. В случае, если контролируемое лицо, получило по итогам самообследования высокую оценку соблюдения ими обязательных требований, оно вправе принять декларацию соблюдения обязательных требований.

Направление декларации о соблюдении обязательных требований в области гражданской авиации.

Контролируемое лицо направляет декларацию в территориальный орган Ространснадзора по месту регистрации контролируемого лица по адресу электронной почты, посредством почтового отправления, лично.

Декларация, после получения территориальным органом Ространснадзора, анализируется на предмет полноты соблюдения обязательных требований использовавшихся при прохождении процедуры самообследования, при этом учитываются имеющиеся данные, в том числе с использованием информационно - аналитической системы «Безопасность полётов» Ространснадзора, и других, и не позднее 5 рабочих дней с момента получения:

1. Регистрируется, размещается на странице территориального органа сайта Ространснадзора в информационно - телекоммуникационной сети «Интернет» и хранится в делах, согласно номенклатуре территориального органа Ространснадзора;

2. Направляется контролируемому лицу для доработки с указанием причин.

3. Контролируемое лицо имеет право разместить сведения о зарегистрированной территориальным органом Ространснадзора декларации на своём сайте в информационно - телекоммуникационной сети «Интернет», в принадлежащих ему помещениях, а также использовать такие сведения в рекламной продукции.

4. Срок действия декларации составляет 1 год с момента её регистрации.

5. В случае необходимости внесения изменений в сведения, содержащиеся в декларации (в связи с изменением сведений о контролируемом лице, видов деятельности контролируемого лица, изменением или принятием новых обязательных требований и т.п.), уточнённая декларация представляется контролируемым лицом в территориальный орган Ространснадзора в течение одного месяца, со дня возникновения необходимости изменения содержащихся в ней сведений.

6. Если при проведении внепланового контрольного (надзорного) мероприятия выявляются нарушения обязательных требований в области гражданской авиации, факты представления контролируемым лицом

недостовверных сведений при самообследовании, декларация аннулируется территориальным органом Ространснадзора.

7. Контролируемое лицо может вновь принять декларацию соблюдения обязательных требований по результатам самообследования по истечении не менее одного года со дня её аннулирования.

Для выработки общей логики и внедрения профилактических мероприятий в контрольно - надзорную деятельность проверки соответствия соблюдения обязательных требований необходимо установить реально исполнимый уровень для организаций по выполнению как минимум 90% соблюдения обязательных требований и сделать акцент на важные направления деятельности организации, где обязательные требования должны соответствовать 100% (подготовка персонала, соответствие сертификационным требованиям, функционирование системы управления безопасности полётов).

Внедрение самообследования в организации позволит:

- развить внутренний контроль за счёт усиления функции самоконтроля для соответствия требованиям нормативных документов, предъявляемым к субъектам гражданской авиации;

- снизить административное давление, административные издержки;

- постоянно мониторить наиболее опасные зоны деятельности организации.

Литература

1. Федеральный закон от 31 июля 2020 г. N 248-ФЗ «О государственном контроле (надзоре) и муниципальном контроле в Российской Федерации».

2. Постановление Правительства РФ от 30 июня 2021 г. N 1064 «Об утверждении Положения о федеральном государственном контроле (надзоре) в области гражданской авиации».

3. Приложение к методическим рекомендациям по проведению самообследования и подготовке декларации соблюдения обязательных требований в области гражданской авиации утверждённое Федеральной службой в сфере транспорта 1 апреля 2022 г.

4. Поправка 33 к Приложению 6 к Конвенции о международной гражданской авиации. ИКАО, март 2009 г.

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

Иванов Станислав Валерьевич

*Старший преподаватель, Краснодарское высшее военное училище, к.т.н.
доцент*

Белоножко Дмитрий Григорьевич

Преподаватель, Краснодарское высшее военное училище, к.т.н.

СПОСОБ ТЕРМИНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Аннотация. Решается задача формирования управления для контура наведения планирующего с гиперзвуковой скоростью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) совершающего полет в атмосфере на основе синтеза алгоритма для терминального автопилота, обеспечивающего требуемую точность реализации конечных параметров движения. БПЛА управляется с помощью аэродинамических рулей, развивающих поперечные силы для создания требуемых балансирующих углов атаки и скольжения. Конструктивная схема ЛА приведена в [6]. Траекторное движение содержит несколько характерных участков, имеющих соответствующие особенности.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, терминальное наведение, угол тангажа, угол атаки, граничные условия, участок полета.

Polovinchuk Nikolay Yakovlevich

*Professor of the Department, Candidate of Technical Sciences,
Professor Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil
Aviation*

Stanislav V. Ivanov

*Senior lecturer, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Krasnodar
Higher Military School*

Dmitriy G. Belonozhko

*Lecturer, Candidate of Technical Sciences
Krasnodar Higher Military School*

A METHOD OF TERMINAL CONTROL OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Annotation: The problem of forming a control for the guidance loop of an unmanned aerial vehicle (UAV) flying at hypersonic speed in the atmosphere is solved on the basis of the synthesis of an algorithm for terminal autopilot, which provides the required accuracy of the implementation of the final motion parameters. The UAV is controlled by aerodynamic rudders that develop transverse forces to create the required balancing angles of attack and glide. The design scheme of the aircraft is given in [6]. The trajectory movement contains several characteristic sections with corresponding features.

Keywords: unmanned aerial vehicle, terminal guidance, pitch angle, angle of attack, boundary conditions, stage of flight.

Для построения эффективного по точности и возможности реализации на бортовых ЭВМ алгоритма управления приводится один из возможных вариантов.

Вся траектория разбита на три характерных участка. Для каждого участка задаются соответствующие краевые условия.

Первый из участков заканчивается после баллистического спуска БПЛА вне плотных слоев атмосферы в момент t_1 достижения модулем скорости заданного значения V_1^* :

$$\Phi_1 : V(t_1) - V_1^* = 0. \quad (1)$$

Остальные краевые условия определяют заданную дальность L_1^* до точки приземления БЛА, заданную высоту H_1^* , заданный угол θ_1^* наклона траектории, заданное боковое отклонение B_1^* и заданный азимутальный угол A_1^* захода на точку посадки:

$$Q_1 : \begin{cases} L(t_1) - L_1^* = 0, \\ H(t_1) - H_1^* = 0, \\ \theta(t_1) - \theta_1^* = 0, \\ B(t_1) - B_1^* = 0, \\ A(t_1) - A_1^* = 0. \end{cases} \quad (2)$$

Второй характерный участок заканчивается на заданной дальности L_2^* от точки приземления ЛА:

$$\Phi_2 : L(t_2) - L_2^* = 0. \quad (3)$$

Остальные краевые условия во второй характерной точке определяют заданную высоту H_2^* , угол наклона траектории θ_2^* и боковое отклонение B_2^* .

$$Q_2 : \begin{cases} H(t_2) - H_2^* = 0, \\ \theta(t_2) - \theta_2^* = 0, \\ B(t_2) - B_2^* = 0 \end{cases} \quad (4)$$

Третий характерный участок заканчивается в момент t_3 достижения поверхности планеты на расстоянии R_3^* от ее центра:

$$\Phi_3 : R(t_3) - R_3^* = 0. \quad (5)$$

К моменту t_3 должны обнулиться дальности и боковое отклонение, а угол наклона траектории должен принять заданное значение θ_3^* (в частности, нулевое при самолетной компоновочной схеме ЛА):

$$Q_3 : \begin{cases} L(t_3) = 0, \\ B(t_3) = 0, \\ \theta(t_3) - \theta_3^* = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Структуры краевых условий и числовые значения их параметров имеют под собой вполне определенное физико-техническое основание. Так,

величина скорости V_1^* в условии окончания (1) первого характерного участка выбирается такой, что она соответствует требованиям скорости, при которой на корпусе ЛА исчезает остаточное плазменное образование и становится возможной работа радиотехнических систем внешней коррекции, которые дают поправки для повышения точности измерений параметров инерциальной навигационной системы БПЛА и способствуют его точному приземлению.

Заданный азимут A_1^* , например, может соответствовать определенной ориентации посадочной полосы (для спускаемого ЛА самолетного типа) относительно географической системы координат. Краевые условия во второй точке могут соответствовать параметрам начала глиссады для посадки БПЛА на аэродром. Ненулевое значение угла θ_3^* может потребоваться для включения двигателей маневрирования ($\theta_3^* = \frac{\pi}{2}$) или задействования тормозной аэродинамической системы гашения скорости.

При выборе структуры управляющих параметров используются методика применяемая для терминального управления на первом характерном участке траектории полета БЛА в атмосфере [5].

В качестве скалярных параметров вектора управления u_{ck} , определяющего вектор-функцию, состоящую из программных углов атаки и скольжения, выбираются пять величин (по числу краевых условий (2)):

α_1 - величина балансировочного угла атаки ЛА, постоянного на участке уменьшения его скорости от начального значения V_0 (соответствующего точке входа аппарата в плотные слои атмосферы), до значения $V_{п\alpha}$, соответствующего точке 'переключения' угла атаки; $V_{п\alpha}$ - указанное значение скорости ЛА, при которой происходит переключение угла атаки с его значения α_1 на значение α_2 , также постоянное при последующем полете БПЛА и гашении его скорости; β_1 - значение угла скольжения БПЛА, постоянное на участке его полета от значения скорости V_0 до его значения $V_{п\beta}$;

$V_{п\beta}$ - точка переключения программного угла скольжения на оси скоростей с участка его постоянства на участок линейного изменения до нулевого значения при $V=V_{пк}$.

Графическая иллюстрация программных функций управления БПЛА по углам атаки и скольжения приведена на рис. 1. Таким образом, управление углом атаки относится к релейной функции с гибкими настроенными параметрами, а управление углом рыскания можно представить в следующей форме:

$$\beta = \begin{cases} \beta_1 \text{ при } V(t) \geq V_{п\beta}, \\ \beta_1 \frac{V(t) - V_{пк}}{V_{п\beta} - V_{пк}} \text{ при } V_{пк} \leq V(t) < V_{п\beta}, \\ 0 \text{ при } V(t) \leq V_{пк}. \end{cases} \quad (7)$$

Поскольку вектор-функция управления

$$u = \begin{pmatrix} \alpha(V) \\ \beta(V) \end{pmatrix} \quad (8)$$

является достаточно сложной функциональной зависимостью, представляет интерес задача выбора контуром наведения значений пяти свободных скалярных параметров $\alpha_1, \alpha_2, V_{пк}, \beta_1, V_{п\beta}$ на конечной стадии полета БПЛА.

Решение этой задачи показано на рис.2, где приведен итеративный процесс устранения отклонений пяти краевых условий (2), вызванных отклонением начальных условий при входе ЛА в атмосферу от их расчетных значений. Как видно из приведенных данных, к восьмой итерации процесс ликвидации отклонений практически заканчивается. При периоде работы алгоритмов контура наведения в БЦВМ, равном 0,5 секунд, на выработку программного вектора управления углами атаки и скольжения ЛА потребовалось около 4 секунд при его полете в разреженных слоях атмосферы, что вполне приемлемо, поскольку на этом участке полета эффективность аэродинамических органов управления ЛА еще весьма мала и не влияет существенно на изменение параметров траектории спуска.

Аналогично решается задача выбора структуры параметров управления, а также с динамикой переходных процессов терминального управления и на других характерных участках полета БПЛА в атмосфере. Конечные отклонения параметров вычисляются путем численного интегрирования уравнений, имитирующих управляемое движение ЛА на соответствующем участке полета.

Моделирование управляемого полета гипотетического БПЛА [5] показало хорошую сходимость итеративного процесса формирования требуемого управления и достаточно высокую точность. Реализация алгоритмов не вызывает затруднений на современных бортовых ЭВМ.

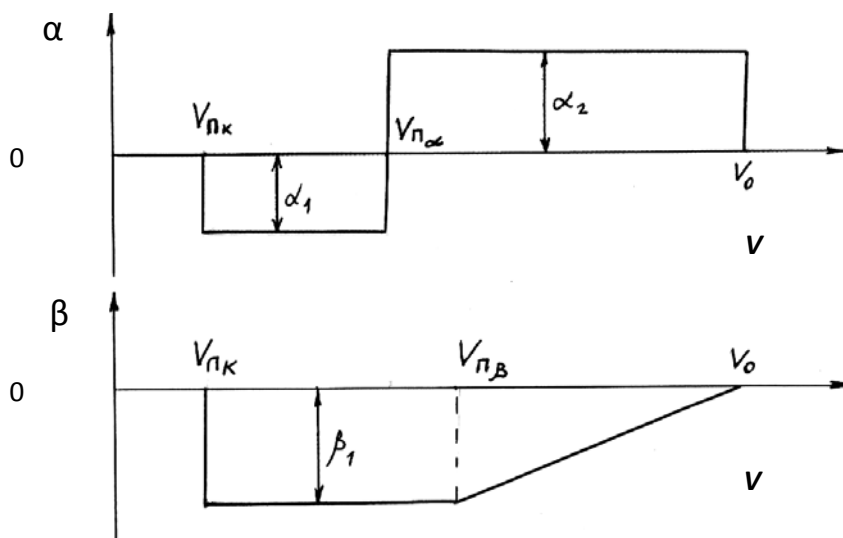


Рис. 1 - Изменение управляющих параметров

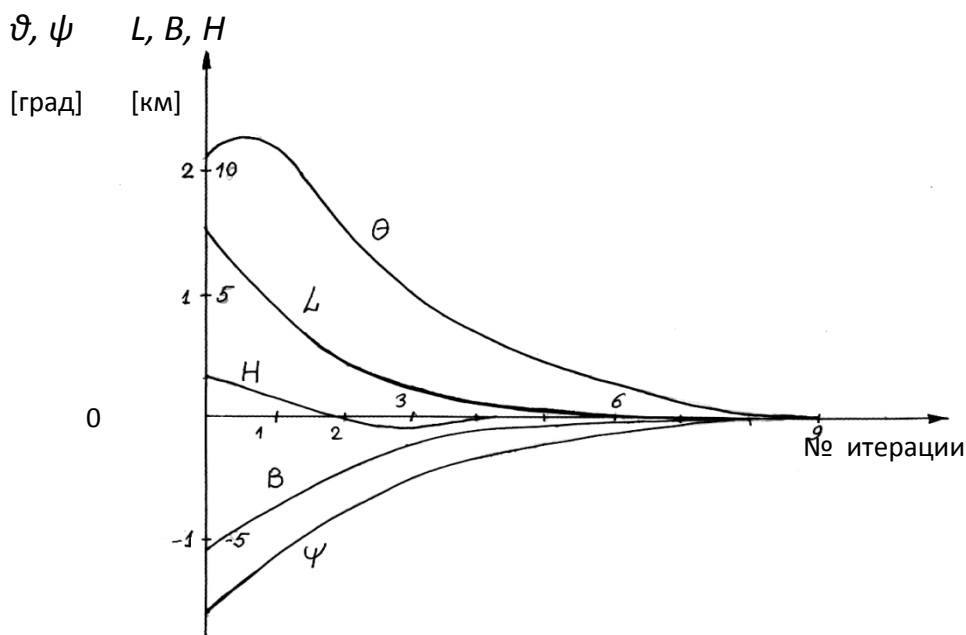


Рис. 2-Переходные процессы по регулируемым параметрам: углу наклона траектории, дальности, высоте, боковой координате и углу

Пример. Задача синтеза включает:

а) анализ динамической схемы летательного аппарата как объекта регулирования и требований к конечным кинематическим и динамическим параметрам, характеризующим цель движения ДА,

б) аналитическое конструирование терминальной системы стабилизации конечных параметров;

в) анализ устойчивости системы «летательный аппарат - регулятор конечных параметров;»

г) математическое моделирование работы системы на ПЭВМ с учётом нелинейностей её звеньев для определения условий работоспособности и оценки точностных показателей в условиях действия возмущений.

Рассмотрим назначение терминальной СУ ЛА. Известно, что многие задачи управления движением ЛА (самолета, ракеты, планирующего ЛА и др.) имеют своей целью достижение вполне определённых значений параметров движения или управления в характерных точках траекторий их полёта: точках деления ступеней, точках выхода на орбиту, точках приземления и т.д. Подобные задачи иногда называют задачами терминального управления (от латинского terminus - конечный, граничный) или задачами управления конечными состояниями [1,2]. Физическими факторами, определяющими управление движением, являются компоненты векторов сил тяги и аэродинамических сил. Расчётные значения параметров, определяющих значение этих компонент, а также расчётные моменты начала и окончания их приложения, выбираются на этапе баллистического проектирования так, чтобы обеспечить движение по требуемой «номинальной» или невозмущенной траектории. Фактическое же движение ЛА является возмущенным, так как на него в полёте могут действовать такие факторы как разброс начальных условий, перекося тяги, ветер, разброс аэродинамических характеристик ЛА и пр.

Устойчивость достижения требуемых параметров в характерных точках траектории обеспечивается системами РКП, работающими в различных каналах (тангажа, рыскания, угла атаки, угла скольжения).

В состав каждого канала ТСС входят:

- чувствительные элементы,
- бортовая цифровая вычислительная машина,
- исполнительные органы.

Основными чувствительными элементами РКП являются датчики углового положения осей ЛА, получаемого с помощью гироскопической техники и приборов точной электромеханики, а также акселерометры, измеряющие ускорения негравитационной природы. Все вместе они образуют инерциальный измерительный блок (ИИБ). Бортовая цифровая вычислительная машина (БЦВМ) реализует алгоритмы законов управления РКП. Исполнительные органы - это рулевые приводы (РП), изменяющие по командам, поступающим из БЦВМ, положение поворотных сопел реактивных двигателей ЛА, или их аэродинамических рулей, или регуляторов тяги сопловых блоков двигательной установки ЛА.

Задачей ТСС является сведение к нулю отклонений параметров движения и управляющих параметров в характерных точках траектории относительно их значений, заданных краевыми условиями в постановке задачи управления.

ЛА как объект регулирования вместе с ТСС образует замкнутую систему автоматического управления (рис 3.).

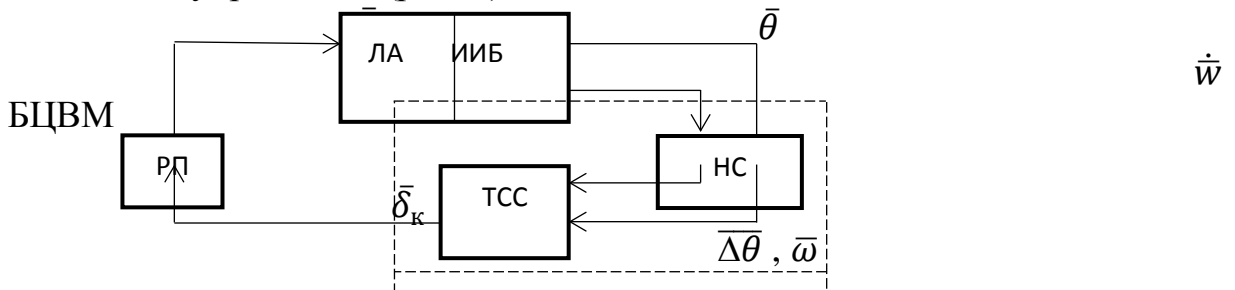


Рис. 3- Структурная схема терминальной системы

Здесь $\bar{\theta}$ - вектор углового положения ЛА

$\bar{\omega}$ - вектор «кажущейся скорости»,

$\Delta\bar{\theta}$ - вектор отклонений углов ориентации ЛА от заданных значений,

$\bar{\delta}$ - вектор отклонения органов управления,

$\bar{\delta}_k$ - вектор командных сигналов, подаваемых на рулевые приводы,

$\bar{\omega}$ - вектор угловых скоростей,

$\dot{\bar{w}}$ - вектор «кажущего» ускорения,

НС – навигационная система.

Алгоритмы, по которым БЦВМ вырабатывает командный сигнал $\bar{\delta}_k$, зависят от динамической схемы объекта регулирования и краевых условий поставленной задачи управления конечными параметрами.

При анализе ЛА как объекта регулирования с различными конструктивно-компоновочными схемами [4,6] могут использоваться его различные динамические модели [5,6]. Так, ЛА небольших размеров могут рассматриваться как твердые тела; при движении в малой окрестности опорной траектории на коротких участках можно использовать линеаризованные уравнения движения с постоянными коэффициентами, а при глубоких маневрах ЛА или при детальном анализе переходных, процессов следует использовать нелинейные уравнения движения в полных величинах, коэффициенты которых зависят от времени.

Для целей синтеза закона регулирования можно использовать линеаризованные уравнения движения ЛА как материальной точки или твёрдого тела в отклонениях относительно опорной траектории, которые для управления ЛА в плоскости тангажа имеют следующий вид:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{dy}{dt} = V_y \\ \frac{dV_y}{dt} = C_{v_y v_y} V_y + C_{v_y v} + C_{v_y \delta} \delta_v + F_y \\ \frac{dV}{dt} = \omega_v \\ \frac{d\omega_v}{dt} = C_{vv} V + C_{vV_y} V_y + C_{v\delta} \delta_v + M_v \end{array} \right. \quad (9)$$

Здесь V_y – вариация полной (или кажущейся) скорости в направлении нормали к спорной траектории; v – вариация угла тангажа относительно его требуемого конечного значения; δ_v – отклонение исполнительного органа, создающее управляющее воздействие в канале тангажа (силу, момент, угол атаки и т.п.);

F_y и F_v – возмущающие сила и момент в канале тангажа, отнесенные к единице массы и момента инерции соответственно;

ω_v – угловая скорость ЛА по тангажу;

y – отклонение центра масс по нормали к опорной траектории;

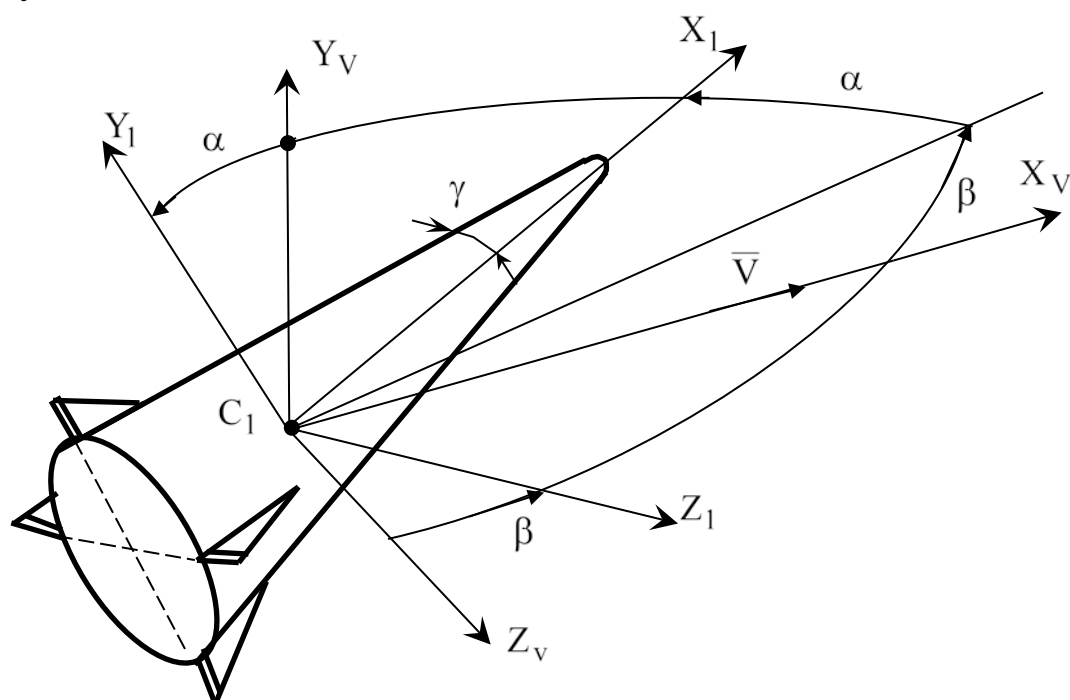
$C_{vV_y}, C_{v_y v}, C_{v_y \delta}, C_{vv}, C_{vV_y}, C_{v\delta}$ – коэффициенты линеаризованных уравнений движения.

Выражения для этих коэффициентов приведены в литературе [3].

Аналогичную (1) систему уравнений можно записать и для канала рыскания.

Сложность решаемой задачи определяется составом уравнений типа (9) и численными значениями коэффициентов этой системы для задач динамики точки или динамики твердого тела. Эти отличия обусловлены различными конструктивно-компоновочными схемами БПЛА и условиями полета (в атмосфере или в безвоздушном пространстве, при учёте или без учёта тяготения, в полных или кажущихся параметрах и др.). Для рассматриваемого случая использовалась схема ЛА, представленная на рис.4. При разработке терминальной системы стабилизации конечных параметров необходимо определить на основании характеристик объекта регулирования и краевых условий задачи управления движением алгоритм закона регулирования в форме обратной связи в

контуре терминального управления, которые обеспечивают устойчивость и требуемую точность достижения целей полета.



При этом могут использоваться обоснованные упрощения, заключающиеся в постоянстве коэффициентов уравнений движения ЛА ввиду непродолжительности конечного участка терминального управления.

Литература

1. Половинчук Н.Я, Ардашов А.А. Проектирование систем управления ракет-носителей и межконтинентальных баллистических ракет. – РВИ РВ, 2011. - 316 с.
2. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф., Сихарулидзе Ю.Г. Алгоритмы управления космическими аппаратами при входе в атмосферу. - М.: Наука, 1985. - 400с.
3. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полетом. - М.: Наука, 1987. - 232 с.
4. Батенко А.П. Системы терминального управления. – Радио и связь, 1984. – 160 с.
5. Половинчук Н.Я. Терминальное наведение баллистических летательных аппаратов.- РВИ РВ 2001.- 246 с.
6. Половинчук Н.Я., Щербань И.В. Методы и алгоритмы терминального управления летательными аппаратами, МО РФ, 2004, 290с.
7. Половинчук, Н. Я. С.В.Иванов. Синтез алгоритма терминально-оптимального управления высокоскоростным маневрирующим летательным аппаратом / Двойные технологии. – 2017. – №1.– С. 43-44.
8. Системы управления. Сб. трудов VII Международного симпозиума ИФАК по управлению в пространстве. М., «Наука». 1978. 118 с.

Меринская Екатерина Евгеньевна

Старший преподаватель кафедры экономики, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова»

Тразанова Мария Олеговна

Магистрант, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации имени Главного маршала авиации А.А. Новикова»

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ

Аннотация: Развитие и применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) активно происходит во многих странах и в различных отраслях. Они являются объектом активного исследования и инноваций. С каждым годом появляются новые модели, функциональные возможности и усовершенствования в области беспилотной авиации. В работе рассмотрены тенденции развития и совершенствования авиационной беспилотной техники. Главная цель статьи состоит в определении и описании тех факторов, которые способствуют развитию БПЛА в Красноярском крае. В данной статье используются такие методы как, PEST-анализ и анализ стратегических контуров среди производителей-разработчиков БПЛА в крае. Также, рассматриваются ограничения и проблемы, связанные с использованием БПЛА в Красноярском крае, включая урегулирование законодательством.

Ключевые слова: беспилотные летательные аппараты (БПЛА), авиация, транспортный узел, PEST-анализ, воздушный транспорт.

Merinskaya Ekaterina Evgen`evna

Senior Lecturer of the Department of Economics

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation named in honor of Air Chief Marshal A.A. Novikov

Trazanova Mariya Olegovna

Master student

Saint-Petersburg State University of Civil Aviation named in honor of Air Chief Marshal A.A. Novikov

ANALYSIS OF THE FACTORS OF DEVELOPMENT OF UNMANNED AERIAL VEHICLES ON THE EXAMPLE OF THE KRASNOYARSK TERRITORY

Abstract: The development and use of unmanned aerial vehicles (UAVs) is actively taking place in many countries and in various industries. They are the object of active research and innovation. Every year there are new models, functionality and improvements in the field of unmanned aviation. The paper considers the trends in the

development and improvement of unmanned aerial vehicles. The main purpose of the article is to identify and describe the factors that contribute to the development of UAVs in the Krasnoyarsk Territory. This article uses methods such as PEST analysis and analysis of strategic contours among manufacturers and developers of UAVs in the region. Also, restrictions and problems related to the use of UAVs in the Krasnoyarsk Territory, including regulation by legislation, are considered.

Keywords: unmanned aerial vehicles (UAVs), aviation, transport hubs, PEST analysis, air transport.

Красноярский край один из важных стратегических регионов для развития экономики России. В рамках национальной транспортной стратегии РФ до 2030 года была утверждена Транспортная стратегия Красноярского края до 2030 года, в которой поставлена задача создания флота беспилотных летательных аппаратов до 2024 года. В настоящее время Проект реализуется за счет средств регионального бюджета.

Использование БПЛА в транспортной системе Красноярского края предполагает различные направления для использования. Например, БПЛА могут применяться для доставки грузов в отдаленные районы края, где существенно ограничен доступ другими видами транспорта, к таким районам можно отнести территории сложного горного или лесного рельефа.

С другой стороны использование БПЛА в транспортной системе Красноярского края также может сталкиваться и с определенными ограничениями, такими как недоработка нормативной базы, система безопасности, а также в целом техническая инфраструктура. При использовании БПЛА важна также координация с исполнительными органами власти, разработка соответствующих правил и регуляций, а также обеспечение безопасности и конфиденциальности данных.

Еще одним из направлений использования БПЛА является возможность организации авиационной связи между удаленными населенными пунктами региона. Благодаря возможностям БПЛА, таким как скорость, маневренность и различная высота полета, они могут обеспечить более эффективное передвижение груза, как для физических, так и для юридических лиц. Особенно это актуально в труднодоступных районах края.

Однако, реализация использования флота беспилотных летательных аппаратов в Красноярском крае может столкнуться и с другими ограничениями, к которым можно отнести:

1. Технические проблемы: развитие и применение БПЛА требует высокого уровня технической оснащенности и надежности оборудования. БПЛА для работы в различных климатических условиях для выполнения задачи с определенной точностью должны быть оснащены сложным программным обеспечением и иметь защиту от неблагоприятных погодных условий.

2. Юридические проблемы: использование БПЛА в РФ требует соответствующих разрешений и сертификации. В связи с этим важно

своевременно урегулировать вопросы безопасности, ответственности и конфиденциальности данных, связанных с использованием БПЛА.

3. Инфраструктура региона: внедрение и использование БПЛА потребует обновления и адаптации авиационной инфраструктуры региона, включая посадочные площадки и систему наземного обслуживания (создание зон для взлета и посадки БПЛА, обеспечение обслуживания и зарядки, а также установление систем связи и контроля) [3].

Все эти ограничения и проблемы требуют детального изучения, разработки и принятия соответствующих мер и решений. Необходимо учесть их при разработке транспортной стратегии Красноярского края до 2030 года, чтобы обеспечить эффективное и безопасное использование БПЛА в регионе.

Следует отметить, что применение беспилотных летательных аппаратов имеет множество экономических и функциональных преимуществ. Функциональные особенности, которые может выполнять флот БПЛА:

- существенная экономия финансовых ресурсов на строительство инфраструктуры по причине отсутствия систем жизнеобеспечения, безопасности, а также на обучение и подготовку экипажа;
- экономия топлива, ввиду малых размеров, по сравнению с пилотируемыми аппаратами;
- отсутствует необходимость в строительстве аэродромов с качественным покрытием, достаточно грунтовой взлетно-посадочной полосы
 - мониторинг лесных пожаров;
 - мониторинг мест незаконной вырубке лесных насаждений, фиксация административных правонарушений, увеличение раскрываемости нарушений, связанных с незаконной вырубкой лесных насаждений;
 - создание топографических карт и фотографических планов местности;
 - обследование участков трубопровода на территории Красноярского края;
 - контроль пожароопасной обстановки Красноярского края [2, с. 18].

В целом на задачи развития беспилотного транспорта планируется выделить больше 800 млрд.руб. до 2030 года.

На данный момент активно расширяются сферы применения беспилотных летательных аппаратов по всей России. Использование беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в логистических узлах может принести значительные преимущества и оптимизировать логистические процессы. Так, например, Красноярский край обладает несколькими значимыми логистическими хабами, которые играют важную роль в организации грузоперевозок и обеспечении эффективной транспортной связи. Вот некоторые из них:

1. Красноярск - является главным логистическим хабом края. Он считается одним из крупнейших логистических центров Сибири. Красноярск располагает развитой транспортной инфраструктурой, включая железнодорожные станции, автомобильные транспортные магистрали, речной порт и международный аэропорт. Город является важным узлом для перевозок грузов, как на внутренних, так и международных направлениях.

2. Тайшет - расположен на Транссибирской железной дороге и является одним из ключевых железнодорожных хабов Красноярского края. В Тайшете находится железнодорожный узел, ветви которого связывают город с другими населенными пунктами Красноярского края и странами СНГ. Важным преимуществом Тайшета является его географическое положение на Транссибе, что позволяет эффективно организовывать перевозку грузов.

3. Норильск - расположен в Таймырском районе, является логистическим центром для перевалки грузов, в том числе связанных с добычей и переработкой ценных металлов, включая никель и палладий. Учитывая удаленность Норильска, его транспортная инфраструктура включает железнодорожную и автомобильную магистрали, а также речные порты для перевозки грузов по территории Красноярского края и далее.

4. Ачинск - является важным логистическим хабом в Красноярском крае. Расположенный на реке Чулым и имеющий железнодорожную связь, Ачинск обеспечивает транспортировку грузов и сырья от производственных предприятий Красноярского края.

Кроме этих ключевых логистических хабов, можно также упомянуть другие населенные пункты, такие как Железногорск, Канск и Енисейск, которые играют свою роль в логистике и грузоперевозках в Красноярском крае.

Эти логистические хабы обеспечивают связь между различными видами транспорта, включая железнодорожную, автомобильную, речную и воздушную. Они играют ключевую роль в организации грузовых потоков и обеспечении эффективности логистики внутри региона и связи с другими регионами России и международными партнерами.

Например, с применением квадрокоптеров будет осуществляться осмотр скальнообвальных и лавиноопасных участков Красноярской магистрали. Дроны помогут контролировать труднодоступные горные места и принимать своевременное решение о принудительном спуске лавин [1]. Также специалисты из Красноярска разработали основу для беспилотного судовождения во льдах: такая система автоматизирует работу судоводителей и снижает эксплуатационные затраты работы ледоколов, а в перспективе станет основой для беспилотного ледокола.

Для оценки тенденции развития необходимо проанализировать и определить факторы внешней среды, которые могут влиять на работу предприятий БПЛА, то есть провести PEST-анализ. PEST-анализ является инструментом стратегического анализа, который используется для изучения влияния политических (P), экономических (E), социокультурных (S) и технологических (T) факторов на организацию или рынок. Анализ PEST помогает понять внешнюю среду и определить факторы, которые могут повлиять на бизнес-процессы, решения и стратегии организации.

Данный метод анализа предназначен для того, чтобы выявить политические, экономические, социальные и технологические аспекты внешней среды, которые могут повлиять на деятельность компании.

При составлении PEST-анализа были выбраны факторы, которые представлены в таблице 1. Для определения веса фактора необходимо произвести некоторые вычисления. Во-первых, определить влияние фактора по 3-х балльной шкале, где 3 наиболее значимый. Во-вторых, провести метод экспертных оценок (в нашем случае 5 экспертов) и определить среднюю оценку. В итоге рассчитываем вес того или иного фактора, среднюю оценку умножаем на частное от влияния определенного фактора на сумму всех влияния факторов. По результатам расчетов наиболее значимым фактором является технологический, а именно финансирование исследование и составляет 0,53. Результаты проведенного анализа показали, что производители БПЛА не слишком активно внедряют новые технологии, используемые на более развитых рынках. Также присутствует напряжение и санкционное давление в отношениях между Россией и странами экспортерами, что негативно сказывается на внедрении БПЛА как в РФ, так и Красноярском крае. Данные подробного анализа представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Матрица результатов проведения PEST-анализа

<u>Политические факторы</u>		<u>Социально-культурные</u>	
Фактор	Вес	Фактор	Вес
Международные отношения	0,46	Повышение образованности населения	0,28
Текущее законодательство на рынке	0,23	Снижение численности населения	0,14
Поддержка государством IT специальности	0,11	Снижение уровня жизни	0,08
<u>Экономические</u>		<u>Технологические</u>	
Фактор	Вес	Фактор	Вес
Сокращение закупок с иностранными государствами	0,48	Финансирование исследований	0,53
Уровень инфляции в стране и курс рубля	0,46	Уровень инновационной активности бизнеса	0,32
Появление большого количества конкурентов	0,20	Повышение точности и контроля за сертификацией аппаратов	0,2

Для достижения цели исследования авторами рассмотрены пять крупнейших производителей БПЛА в РФ, а также проведен анализ стратегических контуров. Такой анализ позволяет выявить сильные и слабые стороны компаний, определить потенциал, который предприятие может использовать в процессе достижения своих целей.

По представленным ниже показателям существует сильнейший разброс по всем выделенным группам, а именно, дальность полетов, стоимость БПЛА, максимальная взлетная масса, область применения, доля на рынке, продолжительность полетов. По мнению авторов, данные факторы в наибольшей степени будут определять стратегические цели и задачи предприятий по разработке БПЛА в РФ.

Далее проведем анализ стратегических контуров по производителям: Геоскан, Zala, Авакс, АгродронГруп, Корпорация «Иркут» по таким факторам (ось X), как:

- дальность полета (K1);
- стоимость аппарата (K2);
- максимально взлетная масса (K3);
- область применения (K4);
- занимаемая доля на рынке (K5);
- продолжительность полетов (K6).

Результат анализа стратегических контуров представлен на рисунке 1.

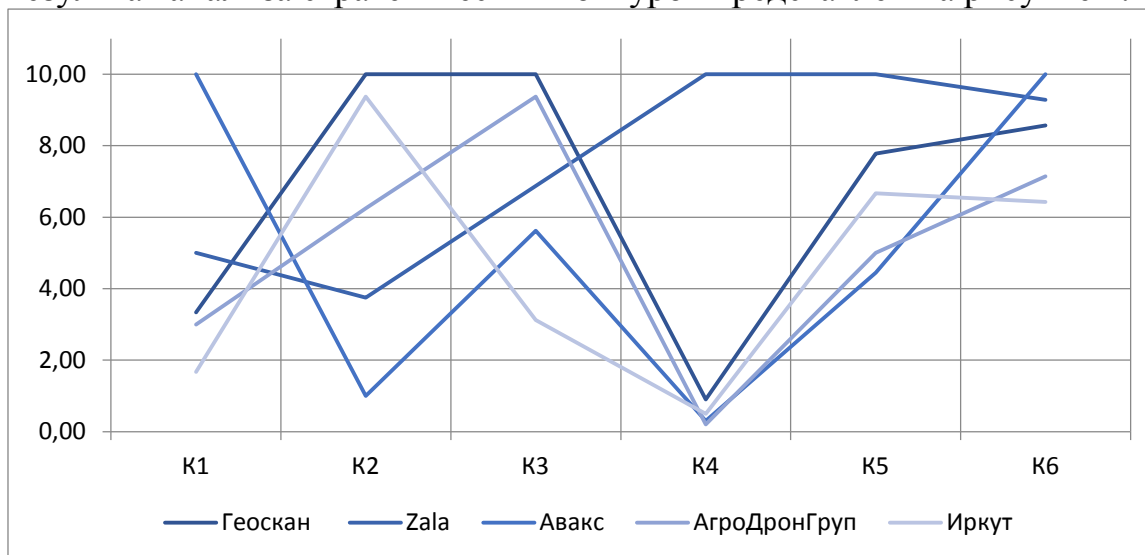


Рисунок 1 – Сравнительный анализ стратегических контуров производителей БПЛА в РФ [составлено авторами]

Представленный рисунок свидетельствует о том, что позиции таких производителей как Геоскан и Zala незначительно отличаются от конкурентов, а следовательно, стратегические позиции и цели указанных объектов будут также незначительно различаться [4, с. 975].

Рынок БПЛА в России находится в стадии активного роста и развития. В последние годы в стране наблюдается увеличение спроса на БПЛА в различных отраслях. Это связано с потребностью в оптимизации процессов, повышении эффективности и снижении риска.

Однако, важно отметить, что рынок БПЛА в РФ все еще остается относительно молодым и сталкивается с некоторыми вызовами. Внедрение и использование новых технологий уделяется особое внимание вопросам безопасности, конфиденциальности, регулированию и согласования с воздушными властями.

Прогнозы рынка БПЛА в России указывают на его дальнейший рост и увеличение объемов продаж. Это открывает новые возможности как для субъекта, так и для страны в целом.

Литература

1. «Паводковый разведчик» совершил первый полет на Красноярской железной дороге // РЖД. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://company.rzd.ru/ru/9349/page/4069?id=272133&ysclid=lni33x4ha392760949> (дата обращения: 01.10.2023).
2. Казанская Л.Ф., Савицкая Н.В., Камзол П.П. Перспективы развития беспилотного транспорта в России // БРНИ. 2018. №2. – С. 18-28.
3. Беспилотные летательные аппараты: библиографический указатель / сост. О. В. Давыденко; под ред. Н. Н. Астаповой. – Кемерово: ИИО Кузбасской ГСХА, 2021. – 23 с.
4. Просвирина Н.В., Тихонов А.И. Прогнозирование и перспективы развития отечественной авиационной промышленности // В сборнике: Стратегическое планирование и развитие предприятий. Материалы Восемнадцатого всероссийского симпозиума. Под редакцией Г.Б. Клейнера. 2017. – С. 975-979.

Потапова Дарья Юрьевна

Доцент кафедры организации перевозок на воздушном транспорте, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА), к.т.н.

Постоева Наталья Александровна

Студент, ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации»

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗКИ НЕСОПРОВОЖДАЕМЫХ ДЕТЕЙ

Аннотация: Целью представленного в статье исследования было рассмотрение процесса перевозки несопровождаемых детей. Анализ позволяет констатировать, что данный процесс может быть модернизирован, путем перехода от бумажного документооборота к электронному.

Ключевые слова: авиакатастрофы, авиапроисшествия, человеческий фактор, несопровождаемый ребенок, бумажный документооборот, электронный документооборот.

Potapova Darya Yurievna

*Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the
Department of OPVT, Moscow State Technical University of Civil Aviation
Postoeva Natalia Alexandrovna
Student, «Moscow State Technical University of Civil Aviation»*

IMPROVING THE TRANSPORTATION PROCESS UNACCOMPANIED CHILDREN

Annotation: The purpose of the research presented in the article was to consider the process of transporting unaccompanied children. The analysis allows us to state that this process can be modernized by switching from paper document management to electronic.

Keywords: plane crashes, accidents, human factor, unaccompanied child, paper document management, electronic document management.

Транспорт является одним из важнейших аспектов экономического и общественного развития. Он обеспечивает процесс перемещения грузов и пассажиров по всему миру. Поэтому так важно, чтобы страны с развитой промышленной отраслью обладали аналогично развитой транспортной инфраструктурой. Российская Федерация — это крупнейшее по территории государство в мире. Поэтому в стране нельзя заикливаться на модернизации одного вида транспорта. Каждый служит своим целям и имеет ряд преимуществ. Автомобильный транспорт является более выгодным при перевозках «от двери до двери». Железнодорожный не зависит от метеоусловий и имеет высокую грузоподъемность. Водный транспорт является самым дешевым. А воздушный транспорт, помимо своих скоростных преимуществ, является самым безопасным. Вероятность погибнуть во время полета на самолете составляет всего 1:8 000 000, что в разы меньше, чем у всех остальных видов транспорта. Но все же авиaproисшествия и авиакатастрофы неизбежны. В 2022 году в Российской Федерации из 580 тысяч вылетевших самолетов 34 попали в авиaproисшествия, 13 из которых - авиакатастрофы. [1] Это небольшое число относительно всех осуществленных рейсов, но подобные инциденты ведут за собой немалое количество последствий. В этом случае, стоит разобраться, почему именно произошла та, или иная ситуация, и что стало роковой ошибкой. Причиной может быть несколько факторов, включая отказы авиатехники, погодные условия, терроризм. Но основным фактором, приводящих к плачевным последствиям, является человеческий.

Человеческий фактор — это термин, описывающий влияние взаимодействия человека или группы людей с оборудованием, ведущие к ошибочным решениям в конкретных ситуациях. Шестьдесят процентов всех авиaproисшествий и авиакатастроф происходят именно по причине ошибки человеческого фактора. Часть из которых происходят из-за ошибки личностного

фактора летного экипажа. Личностный фактор — это совокупность индивидуальных качеств человека, которые в экстремальных условиях приводят к изменениям его поведения, что приводит к совершению ошибочных действий. Полностью устранить ошибки человеческого фактора невозможно, но нужно понять, как их уменьшить. Для этого нужно понимать, из-за чего они возникают. Основными причинами являются физические недуги людей. Но есть и ряд других причин, включая давление со стороны руководства, дефицит общения, не слаженная работа команды и нехватка ресурсов. Во избежание ошибок человеческого фактора, существует специальный метод подготовки летного экипажа. При проведении которого, проверяется психологическое состояние сотрудника и ряд других важных аспектов. Но если инцидент все же случился, то для решения подобного вопроса стоит рассматривать живую ситуацию и применять к ней индивидуальную систему, которая поможет людям решить все внутренние и внешние проблемы. [2,с.8]

Для снижения ошибок человеческого фактора, можно просто его исключить. Точнее заменить на автоматизированный процесс, ведь таких проблем у машин нет, а значит подобных ошибок и не возникнет. В авиационной деятельности много примеров автоматизации. Одним из них является процесс работы авиадиспетчера. До автоматизации большинства процессов, все делалось в ручную и процесс не являлся прозрачным. То есть, для проверки слов одного работника, второму приходилось возвращаться к громоздким таблицам и проделывать всю работу заново. Так же проблемой являлось то, что для передачи документов другому человеку приходилось переносить их самостоятельно, или отправлять, что также занимает немало времени. После внедрения нескольких автоматизированных процессов все стало намного проще. Все документы хранились, обрабатывались и проверялись в одной базе. К ним был доступ у всех требуемых специалистов, что привело к облегчению процесса работы с документами и их передачи, но главное, к снижению процента совершения ошибок.

Еще одним примером является группа систем, направленная на улучшение качества обслуживания на борту воздушного судна. Действия, выполняемые данной группой систем, заключаются в передаче информации о статусе рейса, управление заказами бортового питания и обеспечения сервиса для детей в зависимости от возрастной категории. Существует еще ряд процессов, которые подверглись автоматизации. На борту воздушного судна — это автопилотирование, система определения местоположения, бортовая система предотвращения столкновений, системы управления полетом, и система предупреждения о приближении к земле. В аэропорту — управление освещением, контроль и управление подъемно-транспортными системами, дверьми, вентиляцией, кондиционированием, отоплением и системами водоснабжения. При регистрации были автоматизированы информационно-справочные системы, системы автоматизации документооборота и их учет, системы научных исследований и проектирования. Перечисленные системы наиболее известны и предназначены для уменьшения влияния человека в процессе, а значит для

уменьшения возникновения ошибки человеческого фактора. Они не исключают работу персонала аэропорта, но делают ее значительно легче, чем было до автоматизации этих процессов. Бумажная документация также подверглась автоматизации, а точнее переводу в электронный формат. Вся информация, которая хранится в одной базе тяжелее разделить и потерять.

Одними из первых документов, которые подверглись переводу в электронный формат стали грузовые накладные. Раньше грузовые авианакладные перевозились на одном транспортном средстве с грузами. А об отслеживании грузов не могла идти и речи. Но при переводе авианакладных под стандарт e-Freight, то есть в безбумажный обмен документами, появилась возможность отслеживать и контролировать все перемещения грузов. Данная автоматизация не только сделала процесс более простым, но и помогла авиакомпаниям снизить затраты на перевозки. С помощью увеличения скорости обработки грузов и сокращения сотрудников, которые занимались обработкой и доставкой бумажной документации. Также перевод авианакладных позволил увеличить надежность и точность, так как все данные вбивались один раз в пункте отправки, благодаря чему процесс стал более прозрачный. Подводя вывод о переводе документации в электронный формат, можно сказать, что работа всей деятельности не только ускорилась и упростилась, но и стала намного выгоднее. [3,с.13] Так почему бы не внедрить данную модернизацию в еще какой-нибудь процесс авиационной перевозки.

Помимо грузовых рейсов, осуществляются еще и пассажирские, но для обычных пассажиров процесс перелета уже достаточно автоматизирован. Покупка билетов и регистрация возможна в электронном формате, и в большинстве аэропортов при отсутствии надобности в сдаче багажа можно пройти предполетный досмотр при наличии QR-кода. Получается что пассажир с ручной кладью полностью освобожден от любых бумажных документов и контакта с агентами по регистрации. Тогда стоит рассмотреть группу людей, которую на данный момент не смоги освободить от бумажной волокиты и попробовать разобрать план автоматизации данного процесса.

Одной из таких групп являются «несопровождаемые дети». «Несопровождаемый ребенок» — это человек в возрасте от 5 до 12 лет, который еще не может лететь самостоятельно, и по каким-то причинам не может лететь с кем-то из родителей. В таком случае требуется, чтобы ребенка сопровождали представители авиакомпании. Данная услуга предоставляется не всеми компаниями, но у тех, которые ее предлагают есть ряд требований и ряд обязанностей. Требования, выставляемые большинством авиакомпаний, заключаются в списке документов, который требуется иметь при себе в аэропорту отправления и прибытия. В свою очередь авиакомпания обязуется встретить ребенка на стойке регистрации, сопровождать на протяжении всего полета, и в конце передать ребенка родителю, или доверенному лицу. На стойке регистрации ребенка оформляют по стандартной схеме и далее направляют к агенту, который получает все основные документы по сопровождению. Следом агент вместе с несопровождаемым пассажиром идет на паспортный контроль и предполетный

досмотр. Далее ребенок с его сопровождаемым идут на посадку и несопровождаемый пассажир передается под ответственность бортпроводника, который принимает все документы и сажает ребенка на его кресло. После посадки самолета бортпроводник передает ребенка агенту, которые следует с пассажиром за багажом. Далее идет процесс передачи несопровождаемого ребенка родителю или ответственному лицу, который забирает маленького пассажира на выходе с зоны прилета. Заявление на «несопровождаемого ребенка» передается из рук в руки и подписывается всеми участниками, а в конце попадает в офисы авиакомпаний отправки и прибытия. [4] Но, что если попробовать избежать постоянной передачи документации, при которой она может быть потеряна или испорчена. Для решения проблемы бумажной документации следует перенести ее в электронный формат в новую базу данных, связанную только с перевозкой несопровождаемых детей. База данных, на которой документация будет не только добавляться, находится и сортировать, но и будет проходить автоматическую проверку, будет на сервере. Доступ к серверу будет у всех сотрудников и родителей ребенка. Доступ родителем нужен для составления заявления и его подписания электронной подписью, которая будет служить для подтверждения всех выше указанных в заявлении данных и намерений. Провожающий и встречающий должны будут подтвердить передачу и встречу ребенка в аэропортах отправления и прибытия. Также выше указанное заявление на перевозку несопровождаемого ребенка должны будут подписать сотрудники аэропорта, участвующие в процессе сопровождения. Перенос документов в электронный формат поможет упростить, ускорить и сделать процесс более надежным и безопасным для всех сторон, принимающих участие в такой перевозке.

Актуальность данного вопроса можно объяснить рядом факторов. Главным является уменьшение ошибок, возникающих по причине человеческого фактора. Вторым, не менее важным, является безопасность и надежность хранения документации. В электронном формате ее тяжелее потерять и испортить. Легче сортировать и хранить. Также электронный документооборот является более дешевым. Для хранения бумажной документации требуются отдельные архивы. Для подготовки бланков требуются принтеры и бумажные листы. Для проверки и сортировки требуются дополнительные сотрудники, которым нужно платить зарплату. Учитывая все выше написанные пункты, процесс перевозки «несопровождаемых детей» станет быстрее, проще и выгоднее.

Воздушный транспорт является самым быстрым и безопасным в мире. Но, как и на любом другом виде транспорта, на авиационном иногда случаются происшествия и катастрофы, которые вызывают большое количество последствий. Во избежание таких ситуаций стоит понять, что привело к таким обстоятельствам, и как в дальнейшем их избежать. На данный момент большинство проблем возникает по ошибкам человеческого фактора. Для минимизации ошибок, совершенных человеком, следует прибегнуть к автоматизации большинства процессов. И перевод документов в электронный формат является одной из важных задач. Это нелегкий процесс, но он

подразумевает под собой большой список преимуществ, которые окупят его сполна. И также автоматизация является технологическим развитием, без которого в настоящее время уже мало что способно обойтись.

Литература

1. Федеральное агенство воздушного транспорта. [Электронный ресурс]. - Режим доступа : - <https://favt.gov.ru/> (дата обращения: 16.08.2023)
2. Тиц С.Н., Человеческий фактор. : учеб. пособие / С. Н. Тиц. – Самара. : «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П.Королева», 2012. – 64 с.
3. Утушкина А.Е., Технологии грузовых авиаперевозок. : учеб. пособие / А.Е. Утушкина. – Санкт-Петербург. : ФГБОУ ВО СПбГУ ГА, 2016. – 37 с.
4. Официальный сайт авиакомпании «Аэрофлот». [Электронный ресурс]. - Режим доступа : - https://www.aeroflot.ru/sb/subsidized/app/ru-ru#/search?_k=0tdd90 (дата обращения: 19.08.2023)

Костенко Петр Иванович

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

Сафарьян Ольга Александровна

*Доцент кафедры кибербезопасности информационных систем, Донской
Государственный Технический университет*

Алферова Ирина Александровна

*Старший преподаватель кафедры кибербезопасности информационных
систем, Донской Государственный Технический университет*

Найденова Юлия Игоревна

*Техник кафедры кибербезопасности информационных систем, Донской
Государственный Технический университет*

АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ФЛУКТУАЦИИ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА В КАНАЛАХ СВЯЗИ ВЧ- И ОВЧ-ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ АВИАЦИОННОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Аннотация: в докладе рассмотрен алгоритм оценивания текущих значений частотно-временных параметров сигналов в авиационной сети электросвязи. В предлагаемом алгоритме используется возможность многократного оценивания длительности измерительного интервала по результатам измерений фаз совокупности сигналов, используемых в сети воздушной электросвязи. Целью доклада является разработка алгоритма оценивания мгновенных значений частотно-временных параметров сигналов, на основе которых может быть

выполнена стабилизация их параметров. Для достижения цели решаются следующие задачи: проводится анализ требований, предъявляемых к экспертным системам, разрабатывается последовательность операций, обеспечивающая получение оценок частотно-временных параметров.

Ключевые слова: авиационная сеть электросвязи, частотно-временные параметры сигналов, алгоритм оценивания частотно-временных параметров сигналов.

Kostenko Petr Ivanovich

Associate Professor of AERPO

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

Safaryan Olga Aleksandrovna

Associate professor «Cyber security of information systems»

Alferova Irina Aleksandrovna

Senior lecturer «Cyber security of information systems»

Naydenova Yulia Gorevna

FGBOU VPO «Don state technical university»

ALGORITHM FOR ESTIMATING THE FLUCTUATION OF THE SIGNAL FREQUENCY IN THE COMMUNICATION CHANNELS OF THE RF AND VHF FREQUENCY BANDS OF THE AVIATION TELECOMMUNICATION NETWORK

Abstract: the report considers an algorithm for estimating the current values of the time-frequency parameters of signals in the aviation telecommunication network. The proposed algorithm uses the possibility of multiple estimation of the duration of the measuring interval based on the results of phase measurements of a set of signals used in the air telecommunication network. The purpose of the report is to develop an algorithm for estimating the instantaneous values of the time-frequency parameters of signals, on the basis of which their parameters can be stabilized. To achieve the goal, the following tasks are solved: an analysis of the requirements for expert systems is carried out, a sequence of operations is developed that provides estimates of frequency-time parameters.

Keywords: aviation telecommunication network, time-frequency parameters of signals, algorithm for estimating time-frequency.

Авиационная воздушная электросвязь является единственным средством связи диспетчеров управления воздушным движением (УВД) с экипажами воздушных судов (ВС) и между экипажами ВС, находящихся в полете. Это определяет основные требования, предъявляемые к соответствующим системам связи [1–4]:

- непосредственное бесперебойное ведение радиотелефонной связи диспетчеров УВД с экипажами ВС на протяжении всего полета, начиная от взлета ВС до его посадки;
- ведение радиотелефонной слуховой связи между диспетчерами УВД (радиооператорами) и экипажами ВС, находящихся в полете;
- постоянная готовность обмена сообщениями между диспетчерскими пунктами УВД и экипажами ВС;
- высокое качество связи;
- связь без поиска и подстройки;
- возможность циркулярной передачи сообщений экипажами ВС.

Принципы организации авиационной воздушной связи УВД РФ изложены в [5]. В соответствии с данными принципами в РФ используется обслуживание ВД, что и определяет понятие УВД. Для повышения надежности радиосвязи при необходимости должны проводиться организационно-технические мероприятия по увеличению дальности и непрерывности радиосвязи с ВС. При организации авиационной воздушной электросвязи необходимо учитывать [6]:

- тактико-технические возможности применяемых радиосредств;
- электромагнитную совместимость применяемых радиотехнических средств;
- подбор частот;
- условия прохождения радиоволн, атмосферные, промышленные и другие электрические помехи, возможности проведения организационно-технических мероприятий по совершенствованию авиационной воздушной электросвязи в процессе ее работы.

В соответствии с концепцией CNS/ATM авиационная электросвязь является обязательным условием реализации как функций навигации (N) и наблюдения (S), так и для решения задач организации воздушного движения (OpВД) [7]. Реализация цифровых методов обмена информацией между бортом ВС и землей позволит существенно уменьшить объем речевого обмена, разгрузить пилота и диспетчера от выполнения рутинных функций по обмену сообщениями стандартного характера и, тем самым, уменьшить вероятность искажения передаваемой информации. При обмене данными обеспечивается высокая скорость передачи информации, они могут передаваться пакетами, предотвращается переполнение диапазонов. Данные могут быть сохранены и восстановлены. Обеспечивается селективность передачи данных от одного абонента к другому.

Обмен данными в каналах воздушной связи не означает отказа от обмена речевыми сообщениями. Прямая речевая связь пилот – диспетчер должна обеспечиваться всегда, иметь самый высокий приоритет и высокое качество. В основном речевая связь должна применяться в чрезвычайных и нестандартных ситуациях.

Одним из важнейших направлений реализации указанных требований является повышение стабильности частоты сигналов, что может быть достигнуто на основе оценки мгновенной частоты радиосигнала.

Целью доклада является разработка алгоритма оценивания частоты сигнала.

Алгоритм оценивания частоты сигнала может быть представлен в следующем виде:

1. При одновременном наблюдении нескольких сигналов проводится измерение фаз этих сигналов на совокупности измерительных интервалов.

2. На основе полученных результатов измерений определяются:

– частота каждого из наблюдаемых сигналов на каждом измерительном интервале;

– среднее значение частоты каждого из наблюдаемых сигналов на каждом измерительном интервале;

– дисперсия частоты каждого из наблюдаемых сигналов по результатам измерений фаз на измерительных интервалах

3. С учетом найденных значений средней частоты и дисперсии частоты сигналов задается набор статистических законов распределения случайных значений отклонений частоты. На основе введенных законов распределения случайных величин для каждого сигнала на каждом измерительном интервале в соответствии с введенными законами распределения формируются наборы упорядоченных по возрастанию (убыванию) значений отклонений частоты от среднего значения.

4. По результатам измерений фаз сигналов и предполагаемых в соответствии с номинальными значениями фаз сигналов формируются функционалы, представляющие сумму квадратов разностей найденной частоты и предполагаемого значения.

5. Для каждого из измерительных интервалов и каждого из рассматриваемых статистических законов распределения случайных значений отклонений частоты определяется условная оценка отклонения длительности временного интервала от номинального значения.

6. По набору условных оценок для каждого из измерительных интервалов формируется оценка отклонения длительности измерительного интервала от номинального значения. В качестве оценки выбирается значение, для которого имеет наименьшее значение минимума из всех функционалов на временном интервале.

7. Для получения характеристик оценок определяется среднее значение и СКО разности оценки длительности и действительного отклонения длительности измерительного интервала, вычисленное по всем интервалам измерений.

8. С учетом найденной оценки на каждом из измерительных интервалов находится оценка отклонения частоты для каждого из наблюдаемых сигналов.

Указанный алгоритм определяет по результатам измерения фаз каждого из сигналов на заданных измерительных интервалах получение глобального минимума квадратичного функционала на множестве выбранных законов статистического распределения мгновенных значений частотно-временных параметров сигналов.

Полученные оценки мгновенных значений частоты сигналов позволяют повысить стабильность формируемых сигналов, что дает возможность:

– улучшить тактико-технические характеристики применяемых радиосредств;

– улучшить электромагнитную совместимость применяемых радиотехнических средств за счет исключения взаимного проникновения спектральных составляющих различных каналов связи в частотные полосы соседних радиоканалов;

– расширить возможности по подбору частот и увеличить их количество за счет сокращения защитных частотных интервалов между соседними каналами связи;

– расширить возможности проведения организационно-технических мероприятий по совершенствованию авиационной воздушной электросвязи в процессе ее работы.

Выполненный анализ показал, что при выборе в качестве предполагаемого закона распределения, совпадающего с исследуемым законом распределения, минимум получаемого функционала будет меньше, и получаемое при этом значение отклонения оценки длительности временного интервала измерений от действительного значения также будет меньше, чем для любого другого закона распределения.

Таким образом, по результатам моделирования можно сделать вывод, что при исследовании текущих значений частоты генераторов и длительности временного интервала измерения может использоваться ЭС, в которой реализованы следующие операции:

- измерение текущих значений фаз сигналов генераторов;

- моделирование на основе предполагаемых законов распределения значений фаз сигналов генераторов;

- вычисление функционалов в виде суммы по числу измерений квадратов разностей между измеренными значениями фаз сигнала и смоделированными на основе соответствующего закона распределения;

- выбор в качестве действительного закона распределения текущих значений частоты генераторов закона, которому соответствует наименьшее значение минимума функционала;

- выбор в качестве оценки отклонения длительности временного интервала измерений значения, соответствующего аргументу минимума выбранного функционала.

На основе проведенного исследования можно отметить, что в данной работе был решён ряд задач и реализована поставленная цель по разработке экспертной системы на основе модели системы контроля технического состояния генераторов приемных и передающих каналов в телекоммуникационных системах. Разработанное приложение продемонстрировало пошаговое выполнение каждой операции, которые привели к требуемому результату. На основании этого результата был сделан вывод о работоспособности разработанного предложенного варианта построения ЭС и реализующей ее программного продукта.

Литература

1. Руководство по авиационной электросвязи (РС ГА-99) М. 1999.
2. Концепция и системы CNS/АТМ в гражданской авиации. Под ред. Г.А. Крыжановского. – М.: Академкнига, 2003.
3. Кузьмин Б.И. Авиационная цифровая электросвязь в условия реализации «Концепции ICAO – IATA CAN/АТМ» в Российской Федерации. – С. Петербург – Н. Новгород. ООО Агенство «ВиТ – принт», 2007.
4. Назаренко Е.В., Горбачев О.А. Системы связи гражданской авиации. Учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 2007.
5. Автоматизированные системы управления воздушным движением: Новые информационные технологии в авиации. Под. ред. Пятко С.Г. и Краснова А.И. СПб.: Политехника, 2004.
6. Д.В. Колядов, А.И. Логвин, А.В. Прохоров, Э.А. Лутин, Э.А. Болелов. Системы связи телекоммуникации на воздушном транспорте: учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 2017. – 84 с.
7. Авиационная электросвязь. Международные стандарты и рекомендации. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Том III / Системы связи. ИКАО, 2007. 276 с.

Лазуревская Юлия Андреевна

*Старший преподаватель кафедры социально-экономических дисциплин,
Ростовский филиал Московского государственного технического университета
гражданской авиации (МГТУ ГА)*

РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация: В статье рассмотрены вопросы возникновения и развития воздушного сообщения в регионе, выявлены основные тенденции развития гражданской авиации на Северном Кавказе.

Ключевые слова: гражданская авиация, воздушное сообщение, история, авиация, Северный Кавказ, Укрвоздухпуть.

Lazurevskaya Julia Andreevna

Senior Lecturer

Department of Socio-economic disciplines"

Rostov branch of FGBOU VO Moscow State Technical University of Civil Aviation"

REGIONAL FEATURES OF THE FORMATION OF DOMESTIC CIVIL AVIATION

Abstract: The article discusses the emergence and development of air traffic in the region, and identifies the main trends in the development of civil aviation in the North Caucasus.

Key words: civil aviation, air traffic, history, aviation, North Caucasus, Ukrvozduhput.

Датой возникновения авиации на Северном Кавказе, принято считать 1909 г., когда в Тифлисе была создана комиссия по воздухоплаванию, при Бакинском отделении Императорского русского технического общества, председателем комиссии был назначен Будагянц Т.А. и был утвержден Устав Кавказского воздухоплавательного кружка.[1 С.240]

Активное продвижение и популяризация авиации не только в военных, но и в мирных, гражданских целях, начинается с 1910 г. В Екатеринодаре местная газета «Кубанский курьер» 19 сентября 1910 г. опубликовала объявление о показательных полетах авиатора Гербер – Волынского Адама Мечеславовича.[2]

Также показательные полеты таких летчиков как Гербер – Волынский А.М., Уточкин С., Попов А., Ефимов М., Кузнецов П., Заикин И. С. Уточкин, А. Попов, М. Ефимов, П. Кузнецов, И. Заикин на аэроплане «Фарман», были организованы в Ростове-на-Дону. [3 С.8]

Серию показательных полетов 16 и 17 октября 1910 г. в Тифлисе провел С. Уточкин.[4 С.42] Во время демонстрации полетов на аэродроме находился Петр Николаевич Нестеров, именно здесь Нестеров принял окончательное решение связать свою жизнь с авиацией.

Следующая череда демонстрационных полетов, уже знаменитых летчиков, Сергея Уточкина и Адама Гербер-Волынского проходила в конце октября 1910 г. в Азербайджане. Показательные полеты были запланированы для проведения в г. Баку, на тот момент, динамично развивающийся, индустриальный центр и самый передовой город региона, в котором происходил значительный культурный и деловой обмен с Европой. Авиашоу проходило на поле у Балаханской дороги 20-30 октября 1910 г. Цена билета составляла 30 рублей 60 копеек, что было эквивалентно месячной зарплате рабочего-нефтяника. Кроме Уточкина и Гербер-Волынского в авиа неделю принимали участие летчики Ефимов М.Н. и Васильев А.А. 29 ноября 1910. летчик Васильев А.А. совершил перелет по маршруту Елизаветполь-Тифлис, пролетев 176 верст за 1 час 47 минут.[1 С.275]

Показательные полеты имели большой успех и вызвали живой интерес среди населения, таким образом авиация получала все большее распространение среди населения, очень многие молодые люди «заболели» тогда авиацией и мечтали связать свою жизнь с небом. Из этого следует, что авиация развивалась не только в военных, но и в гражданских, мирных целях. Повсеместное распространение авиации в регионе, практически одновременно с начала возникновения авиации в мире, и увлечение идеей полета большого количества людей, стало основой для возникновения и развития гражданской авиации Северного Кавказа.

В 1911 г. летчики А. Агафонов, П. Евсюков, В. Слюсаренко и Л. Зверева

были направлены на юг России, для проведения публичных полетов на аэроплане «Фарман», такие выступления проходили во многих городах региона. В 1912 г. они совершали показательные полеты в Баку и Тифлисе.

Следует упомянуть о вкладе в развитие авиации и самолетостроения русского авиаконструктора, ученого, изобретателя и философа Игоря Ивановича Сикорского. В 1911 г. им был создан первый в мире четырехмоторный самолет «Русский витязь», который положил начало тяжелой авиации. [5 С.83] Этот самолет сыграл важную роль в истории авиации, так как являлся прототипом всех дальнейших тяжелых самолетов.

И.И. Сикорский писал о необходимости применения авиации в мирной созидательной работе, указывая, что «значение аэроплана будет особенно велико в таких странах, как Россия, с ее огромными расстояниями». [6 С.181] С их помощью появляется возможность сократить время доставки срочных посылок и грузов там, где не существует альтернативных средств сообщения.

И.И. Сикорский предлагал использование аэроплана в Сибири, говоря об огромных богатствах в виде ценных и необходимых для людей веществ, металлов и т. д., для осуществления коммуникации работников с родственниками, врачами в случае болезни, чтобы исключить осознание отрезанности от мира. И.И. Сикорский писал: «Наша родина на севере ограничена Ледовитым океаном... С помощью аэропланов можно будет всегда разыскать дорогу среди льдов и давать знать кораблям, где лежит свободный путь. При таких условиях северный водный путь может быть всегда использован, что, в свою очередь, может очень сильно помочь развитию окраин России». [6 С.181]

В подтверждение того, что авиацию можно использовать в качестве пассажирских перевозок, а не только в военных целях, И.И. Сикорский сконструировал в 1913 г. четырехмоторный пассажирский самолет «Илья Муромец», на базе своего первого четырехмоторного самолета «Русский Витязь». [5 С.98]

«Илья Муромец» стал первым в мире пассажирским самолетом, он впервые в истории авиации был оснащен отдельным от кабины комфортабельным салоном, спальными комнатами и даже ванной с туалетом. На нем имелось отопление (выхлопными газами двигателей), а также электрическое освещение. По бортам располагались выходы на консоли нижнего крыла. Но начало Первой мировой войны и Гражданской войны в России помешали дальнейшему развитию отечественной гражданской авиации. [7 С.184]

В октябре 1913 г. кубанский летчик-казак подьесаул В.М. Ткачев совершил перелет из Киева в Екатеринодар, совершая посадки в Виннице, Бирзулах, Одессе, Херсоне, Джанкое, перелетев через Керчинский пролив и Тамань. В составе экипажа находился механик унтер-офицер Малько. [8] Аэроплан «Ньюпорт» приземлился 12 октября 1913 г. в Екатеринодаре, на посадочном поле между Чистяковской рощей и Черноморским вокзалом о чем было широко освещено в местных газетах, В.М. Ткачев был награжден Киевским обществом воздухоплавания «За выдающийся перелет в 1913 г.». [9 С.46]

Распространение авиации на Северном Кавказе происходило за счет

отдельных личностей, авиаторов-энтузиастов, которые личным примером прививали любовь к небу и вносили вклад в развитие авиации в регионе. Популяризация авиации происходила на Дону и Кубани, выходцы из Кубанского и Донского казачьего войска принимали активное участие в этом процессе.

Одним из таких авиаторов-энтузиастов был Амбарцум Кеворкевич Арутюнов (1877–1919гг.), о нем упоминается в серии номеров местной газеты того времени. Выходец из г. Армавир, Амбарцум Кеворкевич в 1913 г. закончил обучение в Одесской авиационной школе, и посвятил всю свою жизнь авиации. В Одессе, на собранные у сельчан деньги, около 5 тысяч рублей, он купил биплан «Фарман».[10] Первые демонстрационные полеты, были организованы после возвращения в Армавир в 1913 г. А с 1914 г. летчик начал организовывать показательные полеты в городах Северного Кавказа с авиатором из Армавира Георгием Ивановичем Хазанжиевым. Во время показательных полетов в Баку произошла поломка биплана «Фарман» А.К. Арутюнова, после чего Г.И. Хазанжиев, перешел помощником к летчику А.А. Васильеву. [9 С.45-51]

В начале Первой мировой войны А.К. Арутюнов пошел добровольцем на фронт. Как авиационного специалиста, его перевели работать на авиационный завод в Петрограде, а с 1916 г. в составе летных частей он принимал участие в боях. После Октябрьской революции А.К. Арутюнов продолжил службу в авиационных отрядах Красной армии, организовал передвижной авиаремонтный завод. В 1919 г. первый летчик Армавира умер от тифа. [11 С.17]

Следует отметить, что в России еще до революции 1917 года, совершались попытки использования авиации не только в военных, но и в гражданских целях. Активно проводились показательные выступления авиационной техники, которые вызывали неподдельный интерес среди населения, таким образом происходила популяризация авиации, благодаря чему многие молодые талантливые изобретатели, решили посвятить свою жизнь авиации.

Авиация Российской Империи прекратила свое существование вместе с царским режимом, в конце 1917 – начале 1918 г. Многие летчики вместе с техникой перешли на сторону белогвардейцев, но советская власть смогла сохранить костяк российского воздушного флота.

Таким образом, в начале XX в. правительство государства относилось к появлению и развитию авиации в России весьма скептически. Российская промышленность способна была производить только часть самолётов, а большую часть авиапарка, в том числе и двигателя для отечественных самолетов, приходилось закупать за границей. События октября 1917 г. и Падение имперской России, привели к развалу авиации на Кавказе. Аэропланы и авиационные специалисты перешли к двум противоборствующим лагерям – красным и белым, все это усложнило и несколько замедлило процесс развития отечественной авиации как военной, так и гражданской.

Литература

1. Бычков В.Н. Летопись авиации и воздухоплавания. М., 2006. С.240.
2. Кубанский курьер. 1910. 20 октября.

3. Костенко Г.Д. Авиавань тихого Дона. Ростов-н/Д: Новая книга, 2003.
4. Вагабова Э.Р. История открытия и деятельности Бакинской офицерской школы морской авиации // Гуманитарные и юридические исследования. Ставрополь, 2019. №1.
5. Катышев Г.И., Михеев В.Р. Крылья Сикорского. М. Воениздат, 1992.
6. Сикорский И.И. Воздушный путь. М.; Н.-У., 1998. С. 181. URL:<http://militera.lib.ru/research/sikorsky/index.html> (дата обращения: 15.09.2019).
7. Желтова Е.Л. Культурные мифы вокруг авиации в России первой трети XX века//Труды «Русской антропологической школы»: Выпуск 4 (часть 2). М.: РГГУ, 2007
8. Кубанский край. №1133. 1913. 13 октября.
9. Кушнерёв В.В. Исторические предпосылки появления и дислокации авиации в Краснодаре (Екатеринодаре) в 1910–1921гг.//Историческая и социально-образовательная мысль.2017. №2.
10. Отклики Кавказа. 1913. № 65,118,172.
11. Аствацатуров Г.О., Арутюнов А.К. Именитые граждане Армавира. Историко-биографический словарь. Армавир, 2000.
12. Лазуревская Ю.А. Предпосылки становления гражданской авиации на юге России. Наследие веков №4 2019. С.97-105
13. Лазуревская Ю.А. Этапы становления гражданской авиации на территории Северо-Кавказского края. Общество: философия, история, культура. №8 2022. С.158-162

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

Иванов Станислав Валерьевич

*Старший преподаватель, Краснодарское высшее военное училище, к.т.н.
доцент*

Белоножко Дмитрий Григорьевич

Преподаватель, Краснодарское высшее военное училище, к.т.н.

АЛГОРИТМ ТЕРМИНАЛЬНОГО НАВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Аннотация: В работе для повышения точности предлагается алгоритм обработки навигационных измерений на основе алгоритма терминального наведения. Формирование управления на конечном участке траектории является одним из направлений совершенствования систем управления высокоманевренными беспилотными летательными аппаратами (БЛА). Однако

точность таких алгоритмов в традиционно используемых системах управления снижается вследствие действия возмущений большого уровня, которые являются априорно неопределенными.

В алгоритмах терминального управления связанных с прогнозированием будущего движения присутствуют итерационные процедуры, что при ограниченных возможностях БЦВМ не позволяет существенно увеличивать частоту замыкания контура обратной связи. Использование подхода, учитывающего формирование в контуре прогнозирования алгоритмов терминального управления, позволяет компенсировать ограниченные возможности бортовых ЭВМ и повысить точность приземления БПЛА в заданную область.

Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, терминальное наведение, угол тангажа, угол атаки, граничные условия, конечный участок полета.

Polovinchuk Nikolay Yakovlevich

*Professor of the Department, Candidate of Technical Sciences,
Professor Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil
Aviation*

Stanislav V. Ivanov

*Senior lecturer, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Krasnodar
Higher Military School*

Dmitriy G. Belonozhko

*Lecturer, Candidate of Technical Sciences
Krasnodar Higher Military School*

AN ALGORITHM TERMINAL GUIDANCE OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Abstract: In order to improve accuracy, an algorithm terminal guidance. Iterative procedures are present in terminal control algorithms associated with predicting future movement, which, with limited capabilities of the BCVM, does not significantly increase the frequency of closing the feedback loop. The formation of control on the final section of the trajectory is one of the areas of improvement of control systems for highly maneuverable unmanned aerial vehicles (UAVs). The accuracy of such algorithms in traditionally used control systems is reduced due to the action of large-level disturbances, which are a priori uncertain.

Using an approach that takes into account the formation of terminal guidance algorithms in the prediction loop makes it possible to compensate for the limited computing capabilities of on-board computers and increase the accuracy of landing the UAV in a given terminal area. Numerical simulation of the presented algorithm is carried out.

Keywords: unmanned aerial vehicle, terminal guidance, pitch angle, angle of attack, boundary conditions, stage of flight.

Одним из направлений совершенствования систем управления высокоманевренными беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) является повышение эффективности их функционирования за счет формирования управления на конечном участке траектории [1]. Однако точность терминальных алгоритмов наведения (управления движением центра масс), традиционно используемых для управления такими аппаратами, снижается вследствие влияния возмущений большого уровня [2]. Снижение точности объясняется неадекватностью используемых в контуре прогноза моделей, их структурной неопределенностью и ограниченностью вычислительных ресурсов бортовых ЭВМ (БЦВМ) [3,5].

Статья посвящена решению задачи синтеза терминального управления движением центра масс (задача наведения) беспилотного летательного аппарата с большой дальностью полета на участке полета в атмосфере с учетом ограничений. Рассматривается задача синтеза алгоритма для контура управления движением центра масс беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

БПЛА, движущийся в атмосфере и управляется за счет аэродинамических сил, создаваемых органами управления, при отклонении которых на определенные углы появляется балансирующий угол атаки. Управление по углу крена при наличии управляемого балансирующего угла атаки позволяет осуществлять требуемые маневры в вертикальной и горизонтальной плоскости [1].

Для рассматриваемого движения ЛА линеаризованные уравнения продольного движения центра масс в плоскости тангажа можно записать в следующем виде

$$\begin{cases} \frac{dy}{dt} = V_y, \\ \frac{dV_y}{dt} = aV_y + b\alpha + cg. \end{cases} \quad (1)$$

Запись уравнений состояния в форме (1) предполагает, что опорным движением ЛА является его прямолинейное движение вдоль оси x с нулевым углом атаки ($\alpha = 0$) при отсутствии гравитационного ускорения ($g=0$). Поэтому третье слагаемое во втором уравнении системы (1) можно рассматривать как влияния возмущения, искривляющего траекторию опорного движения, коэффициент C определяется выражением

$$C = \cos \theta, \quad (2)$$

где θ – угол наклона траектории к местному горизонту, а g – модуль гравитационного ускорения на рассматриваемом участке полета, который может считаться известной (идентифицируемой), легко вычисляемой в БЦВМ величиной. В качестве опорной траектории для априорного программного наведения выбирается рассчитанная заранее траектория, а для терминального наведения берется траектория, определяемая на каждом шаге реализации

длиннопериодического контура [5]. Алгоритм терминального регулятора, решающий задачу стабилизации конечных параметров в вертикальной и боковой плоскости, реализуется в короткопериодическом контуре системы наведения. Терминальные системы наведения являются замкнутыми системами и обладают свойством адаптации к действующим возмущениям. Точность реализации конечных параметров при этом возрастает к конечному моменту времени. Замыкание обратной связи осуществляется в длиннопериодическом контуре. Частота обновления траекторных параметров (частота замыкания обратной связи) зависит от вычислительных характеристик используемой бортовой ЭВМ [1,6].

Коэффициенты a и b во втором уравнении системы (1) характеризуют демпфирующее влияние вертикальной скорости V_y на движение центра масс ЛА и угла атаки α на поперечное ускорение соответственно

$$\left(a = \frac{C_x q S_m}{mv}, b = \frac{C_y^\alpha q S_m}{m} \right).$$

Таким образом, матрицы производных влияния параметров $\frac{Df}{Dx}, \frac{Df}{Du}, \frac{Df}{D\vartheta}$, в рассматриваемом случае будут иметь следующий вид

$$\frac{Df}{Dx} = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & a \end{pmatrix}; \frac{Df}{Du} = \begin{pmatrix} 0 \\ b \end{pmatrix}; \frac{Df}{D\vartheta} = \begin{pmatrix} 0 \\ c \end{pmatrix}, \quad (3)$$

a векторы состояния, управления и возмущения будут определяться следующими соотношениями:

$$x = \begin{pmatrix} y \\ V_y \end{pmatrix}; u = \alpha; \vartheta = g, \quad (4)$$

где y - смещение центра масс ЛА в направлении, перпендикулярном опорной траектории, V_y - вертикальная скорость.

Интервал (t_0, t_k) управляемого движения будем считать малым, поэтому коэффициенты a, b, c , уравнений движения (1) примем постоянными.

Начальное состояние движения БПЛА

$$x_0 = x(t_0) = \begin{pmatrix} y(t_0) \\ V_y(t_0) \end{pmatrix} \quad (5)$$

в общем случае рассматривается как возмущенное, которые должен обрабатывать терминальный контур наведения.

Потребуем от контура наведения обнуление поперечного смещения и поперечной скорости к моменту t_k окончания процесса терминального управления. Тогда краевые условия $Q=0$ будут иметь следующую структуру:

$$Q: \begin{cases} q_1: y(t_k) = 0, \\ q_2: V_y(t_k) = 0. \end{cases} \quad (6)$$

Система сопряженных уравнений имеет в данном примере вид

$$\begin{cases} \frac{d\psi_y}{dt}=0, \\ \frac{d\psi_{V_y}}{dt}=-\psi_y - a\psi_{V_y}, \end{cases} \quad (7)$$

а граничные условия для них будут определяться соотношениями следующего вида:

$$\psi_Q(t_k) = \frac{DQ}{Dx_k} = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}. \quad (8)$$

Эта сопряженная система имеет следующие решения в терминах аргумента - временного интервала

$$\sigma = t_{\text{ост}} = t_k - t:$$

$$\begin{cases} \psi_y = \psi_y(t_k), \\ \psi_{V_y} = \frac{1}{a}\psi_y(t_k)[\exp(a\sigma)-1] + \psi_{V_y}(t_k)\exp(a\sigma). \end{cases} \quad (9)$$

Полученные в данном случае экспоненты, в отличие от полиномов, обусловлены наличием аэродинамического демпфирования поперечного движения центра масс ЛА при значениях угла атаки не равных нулю ($a \neq 0$).

Постоянные интегрирования $\psi_y(t_k)$ и $\psi_{V_y}(t_k)$ определяются граничными условиями (8), которые дают следующие значения параметров:

$$\begin{cases} \psi_y(t_k) = 1, \\ \psi_{V_y}(t_k) = 1. \end{cases} \quad (10)$$

Матричное решение сопряженной системы в этом случае будет иметь следующий вид:

$$\psi_Q(\sigma) = \begin{pmatrix} 1 & \frac{1}{a}[\exp(a\sigma)-1] \\ 0 & \exp(a\sigma) \end{pmatrix}, \quad (11)$$

Функции влияния управления (угла атаки) на конечные значения траекторных параметров высоты $y(t_k)$ и вертикальной скорости $V_y(t_k)$ определяются выражениями:

$$\begin{cases} K_{q1}^u = K_{yK}^\alpha = \psi_Q(\sigma) \frac{Df}{D\alpha} = \frac{b}{a}[\exp(a\sigma)-1], \\ K_{q2}^u = K_{V_yK}^\alpha = \psi_Q(\sigma) \frac{Df}{D\alpha} = b \exp(a\sigma). \end{cases} \quad (12)$$

Поскольку функции K_{yK}^α и $K_{V_yK}^\alpha$ линейно независимы, их можно взять в качестве базиса, которому соответствует линейная форма, в виде которой

формируется управляющее воздействие $(K_{yK}^\alpha = e_1, K_{V_yK}^\alpha = e_2)$:

$$\alpha = \mu_1 K_{y_K}^\alpha + \mu_2 K_{V_{y_K}}^\alpha. \quad (13)$$

Матрица-функция влияния возмущения $v=g$ на терминальные траекторные параметры $y(t_k)$ и $V_y(t_k)$ в рассматриваемой задаче ненулевая и имеет следующий вид

$$K_Q^V(\sigma) = \psi_Q(\sigma) \frac{Df}{Dg} = \begin{pmatrix} \frac{c}{a} [\exp(a\sigma) - 1] \\ c \exp(a\sigma) \end{pmatrix}. \quad (14)$$

Так как краевые условия $Q=0$ не зависят от конечного управления $u_k = \alpha_k$,

$$K_Q^U = \int_{\sigma}^0 K_Q^\alpha (K_Q^\alpha)^T d\xi$$

матрица интегральной эффективности управления, в силу того, что интегралы от экспонент и их произведений берутся аналитически, после соответствующих несложных выкладок принимает такую форму:

$$K_Q^И = \begin{pmatrix} \frac{b^2}{a^2} \left(\frac{1-\varphi^2}{2a} - \frac{2(1-\varphi)}{a} - \sigma \right) & \frac{b^2}{a^2} \left(\frac{1-\varphi^2}{2a} - \frac{1-\varphi}{a} \right) \\ \frac{b^2}{a} \left(\frac{1-\varphi^2}{2a} - \frac{1-\varphi}{a} \right) & \frac{b^2}{2a} (1-\varphi^2) \end{pmatrix}, \quad (15)$$

где $\varphi = \exp(a\sigma)$.

Определитель матрицы K_Q^Σ суммарной эффективности управления, совпадающей в нашем случае с матрицей $K_Q^И$, определяется выражением

$$\det K_Q^\Sigma = \det K_Q^И = -\frac{b^4}{2a^4} (1-\varphi) [2(1-\varphi) + a\sigma(1+\varphi)]. \quad (16)$$

Обратная матрица $(K_Q^\Sigma)^{-1}$ будет иметь следующий вид

$$(K_Q^\Sigma)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{a^3(1+\varphi)}{b^2[2(1-\varphi)+a\sigma(1+\varphi)]} & \frac{a^2(1+\varphi)}{b^2[2(1-\varphi)+a\sigma(1+\varphi)]} \\ \frac{a^2(1-\varphi)}{b^2[2(1-\varphi)+a\sigma(1+\varphi)]} & \frac{a^3(4\varphi-\varphi^2-3-2a\sigma)}{b^2(1-\varphi)[2(1-\varphi)+a\sigma(1+\varphi)]} \end{pmatrix} \quad (17)$$

Матрицы усиления по текущим, терминальным и возмущающему параметрам в рассматриваемом случае будут определяться следующими соотношениями:

$$A = -K_Q^\alpha (K_Q^\Sigma)^{-1} \psi_Q = \begin{pmatrix} \frac{a^2(1-\varphi)}{2b\Delta} ; \frac{a(4\varphi-3\varphi^2+2\sigma\varphi^2-1)}{2b\Delta(\varphi-1)} \end{pmatrix}, \quad (18)$$

$$B = K_Q^\alpha = \left(\frac{a^2(\varphi-1)}{2b\Delta}, \frac{a(2a\sigma\varphi-\varphi^2+1)}{2b\Delta(\varphi-1)} \right),$$

(19)

$$C = -K_Q^\alpha (K_Q^\Sigma)^{-1} \int_{\sigma}^0 K_Q^V(\xi) d\xi = \frac{c}{b}, \quad (20)$$

где $\Delta = 1 - \varphi + \frac{a\sigma}{2}(1 + \varphi)$.

Таким образом, для короткопериодического контура закон терминального управления в канале тангажа в форме обратной связи по текущим, терминальным и возмущающим параметрам принимает следующий вид:

$$\alpha = \frac{a^2(1-\varphi)}{b[2(1-\varphi)+a\sigma(1+\varphi)]} y + \frac{a(4\varphi-3\varphi^2-2\sigma\varphi^2-1)}{2b\Delta(1-\varphi)} V_y + \frac{a^2(\varphi-1)}{2b\Delta} y_k + \frac{a(2a\sigma\varphi-\varphi^2+1)}{2b\Delta(\varphi-1)} V_{y_K} + \frac{c}{b} g. \quad (21)$$

В боковом канале рыскания, где вектор состояния определяется

$$x = \begin{pmatrix} z \\ V_z \end{pmatrix},$$

соотношением вида $x = \begin{pmatrix} z \\ V_z \end{pmatrix}$, а гравитационное возмущение отсутствует, закон терминального управления двумя конечными параметрами - боковой координатой и боковой скоростью $\begin{pmatrix} z_K \\ V_{z_K} \end{pmatrix}$ имеет вид (в случае симметричного ЛА)

$$\beta = \frac{a^2(1-\varphi)}{b[2(1-\varphi)+a\sigma(1+\varphi)]} z + \frac{a(4\varphi-3\varphi^2-2\sigma\varphi^2-1)}{2b\Delta(1-\varphi)} V_z + \frac{a^2(\varphi-1)}{2b\Delta} z_k + \frac{a(2a\sigma\varphi-\varphi^2+1)}{2b\Delta(\varphi-1)} V_{z_K}.$$

(22)

Здесь β - командный угол скольжения, формируемый контуром наведения в канале рыскания БПЛА. Ненулевые значения терминальных параметров $y_k, z_k, V_{y_K}, V_{z_K}$ задаются в тех случаях, когда требуется оперативно изменить параметры движения в конечной точке, в частности, в задаче уклонения от встречного маневрирующего ЛА.

В рассматриваемом случае матрица (коэффициент) усиления по возмущению оказался постоянным и его наличие проявляется в том, что даже при отсутствии возмущений по начальным условиям контур наведения канала

тангажа вырабатывает командный угол атаки $\alpha = \frac{c}{b} g$, необходимый для реализации прямолинейной (как и опорной) траектории движения ЛА в атмосфере, что приводит к парированию силового возмущения.

Иллюстрация реакции терминального контура наведения канала тангажа на возмущения по начальным условиям приводится на рис.1 и 2, где изображены соответствующие переходные процессы для случая, когда начальное отклонение по координате $y(t)$ составляло 1000 м, а возмущения по начальной поперечной скорости составляло 600 м/с. Значение коэффициентов уравнения состояния определяются следующими величинами: $a=-0,12$ [1/с], $b=11000$ [м/с²]; $c=\cos 25^\circ$. Время регулирования составило 2,3 секунды. Интервал короткопериодического контура – постоянства параметров составлял величину 0,03 сек. Как показали проведенные расчеты, времени регулирования 2,3 сек. оказывается достаточным для парирования имевшихся возмущений с высокой точностью. При этом предельный балансирующий угол атаки, составлял величину $|\alpha|_{\max} = 10^\circ$.

Моделирование управляемого полета БПЛА показало работоспособность алгоритма терминального контура стабилизации. Он обладает требуемым быстродействием и точностью при выполнении двух краевых условий (при наличии требуемой эффективности органов управления ЛА по тангажу и рысканию). Данное обстоятельство в ряде случаев может оказаться решающим, так как время, отводимое на парирование возмущений для БПЛА рассматриваемого типа весьма ограничено [5]. Требования к реализации алгоритма управления в реальном масштабе времени соответствуют характеристикам современных бортовых ЭВМ.

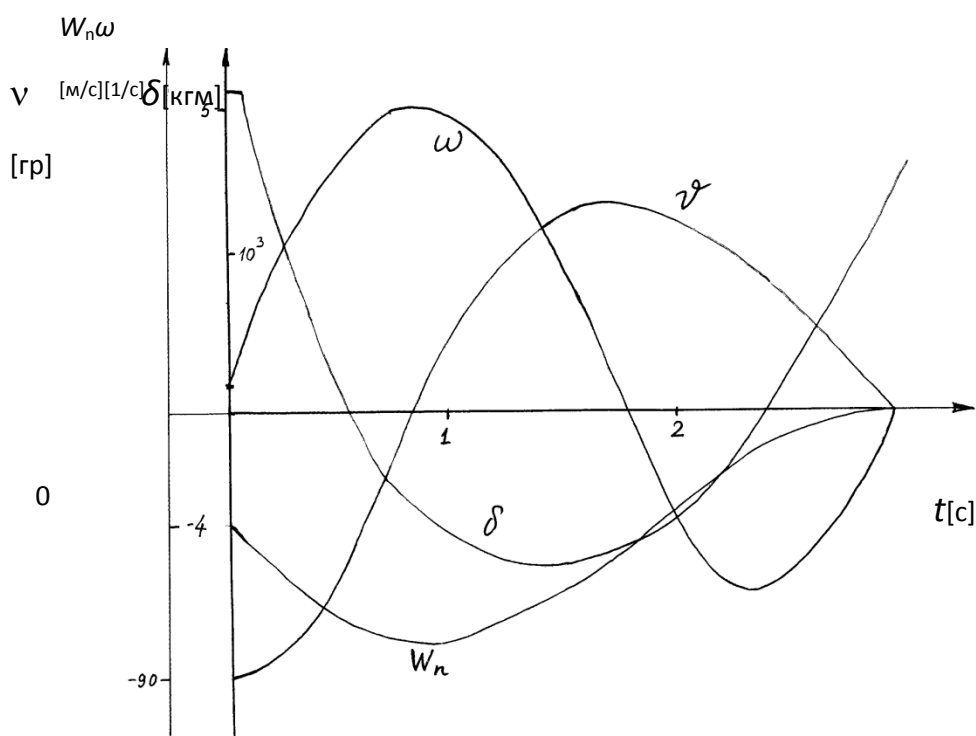


Рис.1- Переходные процессы по угловому ускорению, углу тангажа и углу отклонения органов управления

y [м] V_y [м/с]

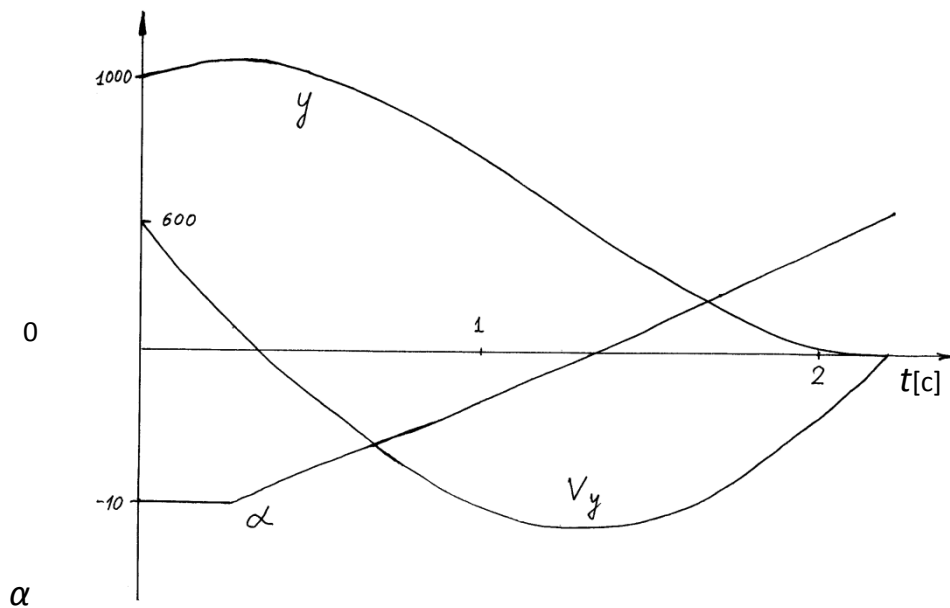


Рис.2-Переходные процессы по вертикальной координате, вертикальной скорости скорости и углу атаки

Конструктивно-компоновочная схема гипотетического БПЛА показана на рис.3, функциональная схема системы управления показана на рис.4.

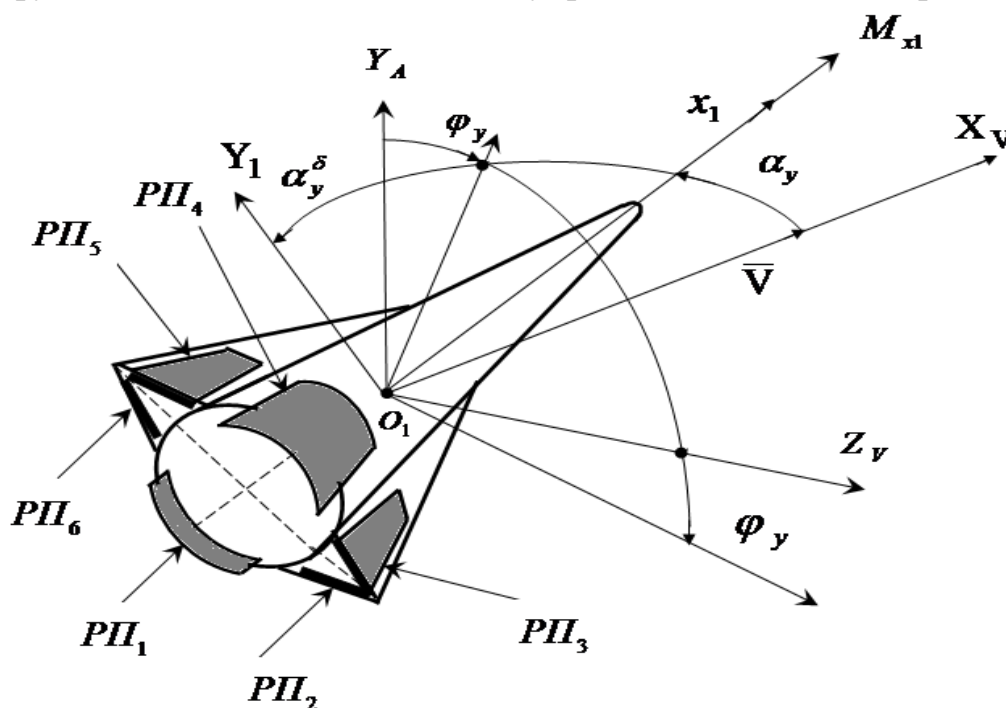


Рис.3 – Конструктивно-компоновочная схема БПЛА

Управляемая асимметрия ЛА (создание требуемого для маневра балансировочного угла атаки) осуществляется за счет одновременного отклонения PP_3 , PP_4 и PP_5 вверх при кабрировании и за счет отклонения PP_1 , PP_2 , PP_6 вниз при пикировании. При левом маневре создается вращательный момент для разворота на угол 90^0 за счет отклонения PP_3 и PP_6 , а при правом

маневре за счет отклонения РП1 и РП3. Развороты вокруг продольной оси могут производятся при угле атаки равном нулю или необходимом для маневра управляемом угле атаки. При реализации режима кабрирования: поднимаются «вверх» рулевые поверхности РП4, РП5, РП6, при режиме пикирования: отклоняются «вниз» рулевые поверхности РП1, РП2, РП3. Вращение вокруг продольной оси Ox_1 обеспечивается поднятием в противоположные стороны соответствующей противоположной пары рулевых поверхностей: РП1, РП4 или РП3, РП6.

В качестве модели навигационного комплекса беспилотного ЛА использовалась модель бесплатформенной инерциальной навигационной системы, включающей три акселерометра и три датчика угловой скорости. Модели погрешностей измерителей представлялись белым гауссовским шумом с известными характеристиками.

С целью повышения достоверности анализа были выполнены численные исследования традиционного алгоритма оптимально-терминального управления без процедуры идентификации, а также разработанного алгоритма управления.

Численные исследования разработанного модифицированного алгоритма терминального наведения показали, ошибки приведения в заданную терминальную область и погрешности обеспечения заданных параметров движения центра масс ЛА для траектории меньше на 35%-40% по сравнению с ошибками традиционного метода [5,6].

Полученные результаты подтвердили, что синтезированный алгоритм может быть эффективно использован для управления маневрами БПЛА на участке полета в атмосфере с реализацией на современных бортовых ЭВМ.

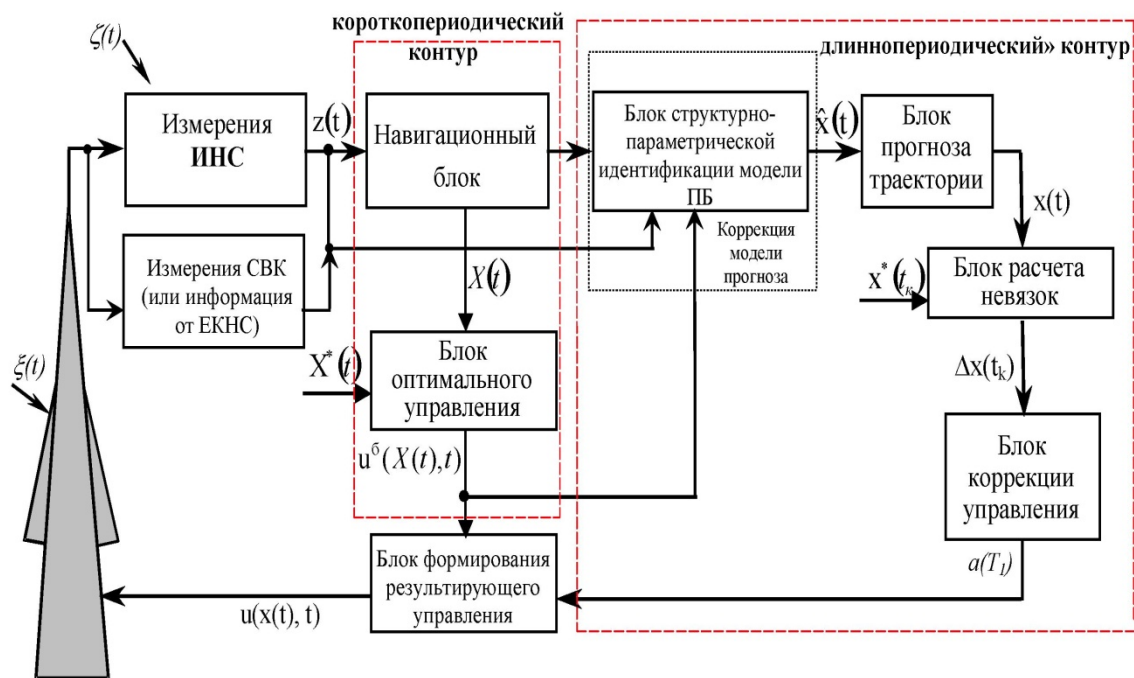


Рис.3 – Функциональная структура системы терминального управления БПЛА

Литература

1. Половинчук Н.Я, Ардашов А.А. Проектирование систем управления ракет-носителей и межконтинентальных баллистических ракет. – РВИ РВ, 2011. - 316 с.
2. Охоцимский Д.Е., Голубев Ю.Ф., Сихарулидзе Ю.Г. Алгоритмы управления космическими аппаратами при входе в атмосферу. - М.: Наука, 1985. - 400с.
3. Буков В.Н. Адаптивные прогнозирующие системы управления полетом. - М.: Наука, 1987. - 232 с.
4. 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
5. Половинчук Н.Я. Терминальное наведение баллистических летательных аппаратов.- РВИ РВ 2001.- 246 с.
6. Половинчук, Н. Я. С.В.Иванов. Синтез алгоритма терминально-оптимального управления высокоскоростным маневрирующим летательным аппаратом / Двойные технологии. – 2017. – №1.– С. 43-44.

Мицкая Мария Николаевна

Доцент кафедры социально-экономических дисциплин, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.х.н., доцент

Медведев Никита Евгеньевич

Студент, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА).

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС АЭРОДРОМОВ ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ

Аннотация: В данной работе рассмотрены различные способы очистки взлетно-посадочных полос аэродромов от обледенения с упором на химические методы. Рассмотрены эффективные отечественные противогололедные реактивы.

Ключевые слова: обледенение ВПП, Бионорд Авиа.

Mitskaya Maria Nikolaevna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department, Associate Professor of Socio-Economic disciplines

Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation

Nikita Medvedev

PROMISING WAYS TO CLEAN THE RUNWAYS OF AIRFIELDS FROM ICING

Abstract: In this paper, various methods of cleaning the runways of airfields from icing with an emphasis on chemical methods are considered. Effective domestic deicing reagents are considered.

Keywords: icing of the runway, Bionord Avia.

С наступлением заморозков основной целью в обеспечение безопасности полетов является подготовка аэродромных покрытий, а именно устранение снежных и гололедных образований на взлетно-посадочных полосах (ВПП) аэропортов. Которое должно проходить очень быстро и качественно, именно поэтому снегоуборочная техника во время снегопада и после него работает не останавливаясь.

Сравнительный анализ технологий очистки ВПП.

В любую погоду ВПП должна иметь хорошее сцепление с воздушным судном, поэтому покрытие взлетной полосы должно быть тщательно очищено на момент взлета и посадки авиалайнера. Для очистки снега на ВПП применяются различные методы:

- механический;
- тепловой;
- химический.

Применение механического метода очень распространено и способ его реализации зависит от вида осадков (уплотненный снег, сухой снег; сырой снег; слякоть) и от направления и скорости ветра.

При скорости ветра $v \leq 3$ м/с применяется круговая схема от середины к кромке. Снег складывается с двух сторон на кромке ВПП таким образом, чтобы шнекороторная машина могла его перебросить за 30-35 м на БПБ, не задевая боковые пограничные огни.

Если скорость ветра $v = 3-5$ м/с, то 1/3 ВПП чистится навстречу ветру и 2/3 попутно ветру по круговой схеме. Если снег сырой - до 5 м/с используется первая схема. При $v = 5-7$ м/с очистка от одной кромки к другой. По круговой схеме с одним холостым проходом.

Но применение этого метода непосредственно во время снегопада бесполезно, поэтому в таких случаях есть смысл в химическом способе очистки ВПП.

Суть этого метода, в применение различных органических и неорганических солей: хлоридов, нитратов, ацетатов и другие.

Температура замерзания воды 0 °С, а температура замерзания солевого раствора ниже нее на несколько градусов (конкретное значение зависит от концентрации соли в растворе: например, 10% солевой раствор замерзает при

температуре -6 градусов, а 20% при -16). Это явление объясняется коллигативными свойствами растворов.

Свойства растворов, которые зависят только от концентрации компонентов, но не зависят от их природы, называются коллигативными. К ним относятся:

- 1) понижение давления насыщенного пара над раствором по сравнению с растворителем;
- 2) повышение температуры кипения и понижение температуры замерзания (кристаллизации) растворов по сравнению с растворителем;
- 3) осмотические явления.

Поэтому, когда мы посыпаем лед солью, на подтаявшей поверхности льдинки мы получаем солевой раствор. А у него температура замерзания ниже, чем у чистой воды - поэтому и лед, посыпанный солью, начинает таять.

Химические реагенты имеют самую высокую эффективность. Но их применение негативно влияет на металлические части машин и бетонные конструкции, портит обувь и изделия из кожи и меха, причиняет вред окружающей среде.

Распространены комбинированные ПГМ, в состав которых входят фрикционный материал (70-90%) и химический реагент (10-30%).

Фрикционный материал представляет собой каменный материал с размером частиц не больше 5 мм в диаметре: песок, отсев, каменная крошка, дресва. Он насыпается на слой уплотненного снега и улучшает сцепление подошвы с покрытием. Фрикционные материалы абсолютно безвредны для человека и окружающей среды. Но они тоже имеют свои минусы, из которых главные – это загрязнение городской канализации и высокое пылеобразование.

Комбинированные ПГМ не только образуют безопасную шероховатую поверхность, но и подтапливают лед. Их эффективность ниже, чем у чистой «химии», но выше, чем у обычного песка или каменной крошки.

«Бионорд Авиа» - это ПГМ специального назначения, в составе которого нет компонентов с хлором. Средство может применяться для эффективного устранения зимней скользкости с различных поверхностей гражданской авиации: бетонных, асфальтобетонных, цементных, асфальтовых. Противогололедный материал обеспечивает длительное сохранение обработанных участков в рабочем состоянии, имеет продолжительное действие. Твердому ПГМ присущи высокие экологические свойства и отсутствие вредного воздействия на окружающую среду и элементы конструкции воздушных судов. Рекомендован для предотвращения и очистки снежно-ледовых образований на всех видах искусственных покрытий аэродромов.

В состав Бионорда и других противогололедных материалов в зависимости от их назначения, типа и марки могут входить в различных соотношениях хлорид кальция CaCl_2 , хлорид натрия NaCl , хлорид калия KCl , мочевины $(\text{NH}_2)_2\text{CO}$, формиат калия HCOOK , формиат натрия HCO_2Na , хлорид магния MgCl_2 , карбонат кальция CaCO_3 и диметилаллиламмоний хлорида $\text{C}_{22}\text{H}_{48}\text{ClN}$.

Препарат НКММ – высокоэффективный антигололедный реагент предназначение которого изначально полагало собой очистку ВПП аэродромов. В

состав данного препарата входят такие химические соединения как: нитрат кальция и магния, карбамид и поверхностно активные вещества.

Надо отметить еще один антигололедный реагент нового поколения отечественного производства «Авиагоризонт», который можно применять для обработки ВПП. Он биологически распадается за 28 дней. В составе реагента присутствуют ингибиторы коррозии металлов и сплавов, применяемых в авиастроении. Реагент «Авиагоризонт» содержит формиат калия в качестве основного активного ингредиента.

Также нельзя не упомянуть относительно новый реагент, который появился на рынке антигололедных материалов – жидкий антиобледенитель Gen3. Обеспечивающий большую эффективность, экологическую безопасность, также решает проблему коррозии металлов, которая присуще материалам на основе калия. Данный препарат минимизирует разрушение тормозной системы, не разрушает электрокоммуникационные системы. Gen3 изготовлен на основе 4 компонентов:

- Водный раствор ацетата калия(50%)
- Глицерин
- Вода
- Запатентованная многокомпонентная добавка

Расход Gen3 более чем в 3 раза ниже по сравнению с материалами на основе муравьинокислого калия, проявляет существенно более высокую эффективность и срок действия. Следовательно, ВПП находится в эксплуатации дольше. Периодичность нанесения Gen3 более низкая, что снижает требования по занятости рабочего персонала. Отсутствует коррозия как в самолетах, так и в оборудовании для нанесения Gen3 и в отличии от своих предшественников, расход данного препарата практически не меняется.

Литература

1. Официальный сайт жидкого противогололедного материала «Бионорд Авиа» <https://uzpm.ru/catalog/bionord-avia/>
2. Ильвес Антти, Реййонен Хейкки, Ниеминен Юкка-Пекка. Описание изобретения к патенту от 20.10.2002 на тему «Жидкость против обледенения самолетов и взлетно-посадочных полос».
3. Макеенко К.В., Гайлитис Д.И. Актуальные вопросы борьбы со скользкостью на взлетно-посадочных полосах аэродромов с учетом экологических характеристик материалов. В сборнике: СТРОИТЕЛЬСТВО-2016. Материалы II Брянского международного инновационного форума. 2016. С. 198-203.

Акимов Алексей Иванович

Профессор, Филиал Российского государственного университета нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина в г. Оренбурге, д.т.н, доцент

Елисейев Владимир Николаевич

Доцент, Оренбургский институт путей сообщения — филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения», к. пед. н., доцент

Акимов Иван Алексеевич,

Студент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого (СПбПУ), г. Санкт-Петербург

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ КОМПОЗИЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛОПАСТЕЙ И КОРПУСОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Аннотация: В данной работе составлена математическая модель процесса полимеризации на этапе нагрева композиционных материалов при их изготовлении в установках автоматического ведения технологических процессов (АВТП). Представлен численный и аналитический метод решения задачи массообмена на первом этапе производства композиционных материалов в установках АВТП, описывающих работу на первом этапе полимеризации для изготовления многослойных композиционных материалов, рассматриваются результаты изучения теплопередачи в многослойных изделиях на первом этапе производства композиционных материалов. Многослойные композиционные материалы изготавливаются в установках АВТП методом полимеризации. При полимеризации выделяется тепло фазового перехода. Поэтому при разработке системы управления производством композиционных материалов приходится учитывать различные факторы. Из общей модели составим частные модели, соответствующие каждому интервалу полимеризации композитов и решим их численными методами.

Ключевые слова: метод изотермических поверхностей, численные методы, аналитические методы, композиционные материалы, установка АВТП, полимеризация, пресс – формы, термоупругие напряжения и деформация.

Akimov Alexey Ivanovich

Professor, Branch of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas (NIU) in Orenburg, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

Yeliseyev Vladimir Nikolaevich

Associate Professor, Orenburg Institute of Railway Engineering — branch of the Samara State University of Railway Engineering, Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor

Akimov Ivan Alekseevich,

Student, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University (SPbPU), St. Petersburg

MATHEMATICAL MODELING OF THE PROCESS OF POLYMERIZATION OF COMPOSITE STRUCTURES FOR THE CREATION OF BLADES AND HOUSINGS OF AIRCRAFT

Abstract: In this paper, a mathematical model of the polymerization process at the stage of heating composite materials during their manufacture in automatic process control units (AVTP) is compiled. A numerical and analytical method for solving the problem of mass transfer at the first stage of the production of composite materials in AVTP installations describing the work at the first stage of polymerization for the manufacture of multilayer composite materials is presented, the results of studying heat transfer in multilayer products at the first stage of the production of composite materials are considered. Multilayer composite materials are manufactured in AVTP installations by polymerization. During polymerization, the heat of the phase transition is released. Therefore, when developing a management system for the production of composite materials, various factors have to be taken into account. From the general model, we will make up partial models corresponding to each polymerization interval of composites and solve them by numerical methods.

Key words: isothermal surface method, numerical methods, analytical methods, composite materials, AVTP installation, polymerization, press form, thermoelastic stresses and deformation.

Произведем математическое моделирование процесса полимеризации на этапе нагрева композиционных материалов при их изготовлении в установках автоматического ведения технологических процессов (АВТП).

Составим математическую модель проблемы «теплообмена и массообмена».

$$\frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} = a_{gk}^2 \left(\frac{\partial^2 U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k^2} + \frac{1}{r_k} \cdot \frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k} \right) + \sigma \frac{c_{mk}}{c_{gk}} \frac{d_k}{1-d_k} \frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} + W_k(r_k, \tau),$$

$$\frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} = a_{mk}^2 (1-d_k) \left(\frac{\partial^2 m_k(r_k, \tau)}{\partial r_k^2} + \frac{1}{r_k} \cdot \frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial r_k} \right), (k=1,2,\dots,N) \quad (1)$$

НУ :

$$U_k(r_k, 0) = f(r_k), m_k(r_k, 0) = m_0, k = 1, 2, \dots, N, \quad (2)$$

ГУ:

$$U_N(R_N, \tau) = g(\tau), m_N(R_N, \tau) = h(\tau) \quad \text{и} \quad \frac{\partial U_1(R_0, \tau)}{\partial r} = 0, \frac{\partial m_1(R_0, \tau)}{\partial r} = 0. \quad (3)$$

$$U_k(R_k, \tau) = U_{k+1}(R_k, \tau), \lambda_{gk} \frac{\partial U_k(R_k, \tau)}{\partial r} = \lambda_{g(k+1)} \frac{\partial U_{k+1}(R_k, \tau)}{\partial r}, \quad (4)$$

$$m_k(R_k, \tau) = m_{k+1}(R_k, \tau), \lambda_{mk} \frac{\partial m_k(R_k, \tau)}{\partial r} = \lambda_{m(k+1)} \frac{\partial m_{k+1}(R_k, \tau)}{\partial r}, \quad (5)$$

при $W_k(r_k, \tau) = \frac{q_y(r_k, \tau)}{C \cdot g}$;

В фазе нагрева - (1) решается $d_k = 0$.

В фазе стабилизации температуры – (1) решается $d_k \neq 0$.

В фазе остывания – (1) решается $d = 0$ и $W_k(r_k, \tau) = 0$

Используем «численные методы».

$$\frac{\partial U_j}{\partial \tau} = a_{gj}^2 \frac{1}{r_j} \frac{\partial}{\partial r_j} \left(r_j \frac{\partial U_j}{\partial r_j} \right) + W_j; \quad (6)$$

$$\frac{\partial m_j}{\partial \tau} = a_{mj}^2 \frac{1}{r_j} \frac{\partial}{\partial r_j} \left(r_j \frac{\partial m_j}{\partial r_j} \right) \quad (7)$$

НУ:

$$U_j(r_j, 0) = \varphi_j(r_j), j = 1, 2, \dots, N, \quad (8)$$

$$m_j(r_j, 0) = g_j(r_j), \quad (9)$$

ГУ:

$$\frac{\partial U_1(R_0, \tau)}{\partial r_1} = 0, U_N(R_N, \tau) = g(r), \quad (10)$$

$$\frac{\partial m_1(R_0, \tau)}{\partial r_1} = 0, m_N(R_N, \tau) = h(r), \quad (11)$$

ГУС:

$$U_j(R_j, r) = U_{j+1}(R_j, r), \lambda_{gj} \frac{\partial U_j(R_j, \tau)}{\partial r_j} = \lambda_{g(j+1)} \frac{\partial U_{j+1}(R_j, \tau)}{\partial r_j}, \quad (12)$$

$$m_j(R_j, r) = m_{j+1}(R_j, r), \lambda_{mj} \frac{\partial m_j(R_j, \tau)}{\partial r_j} = \lambda_{m(j+1)} \frac{\partial m_{j+1}(R_j, \tau)}{\partial r_j}. \quad (13)$$

Исследуем как трехточечное уравнение

$$A_i U_{i-1}^{k+1} - C_i U_i^{k+1} + B_i U_{i+1}^{k+1} = -F_i. \quad (14)$$

$$A_i = \frac{a^2 r_i - 0.5 \Delta \tau}{h^2 r_i}, B_i = \frac{a^2 r_i + 0.5 \Delta \tau}{h^2 r_i^2},$$

$$C_i = A_i + B_i + 1, F_i = U_i^k + \Delta \tau \cdot W_i^k, \quad (15)$$

$$U_i^0 = \varphi(r_i).$$

Используем метод прогонки «прогонки».

Уравнение (10) исследуется аналогично.

Исследуем по радиальной схеме уравнения вида. [2]

$$\frac{1}{c} \cdot \frac{\partial m_k(r, \tau)}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 m_k(r, \tau)}{\partial \tau^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial m_k(r, \tau)}{\partial r} + h_k(r, \tau); \quad (16)$$

$$\tau > 0, R_{k-1} > r > R_k \text{ при } k = 1, 2, \dots, j, \dots, n;$$

$$R_0(r, \tau) > r > \xi(\tau) - 1 \text{ (зона жидкой среды),}$$

$$\xi(\tau) > r > R_{n+1}(r, \tau) - 2 \text{ (зона твердой среды),}$$

НУ:

$$m_k(r, 0) = m_0; \quad (17)$$

ГУ:

$$m_k(R_n, \tau) - \frac{\chi_n}{\beta_n} \cdot \frac{\partial m_n(R_n, \tau)}{\partial r} = 0; \quad (18)$$

$$m_{k-1}(R_{k-1}, \tau) = m_k(R_{k-1}, \tau) = Q_{k-1}(\tau); \quad (19)$$

$$m_1(R_0, \tau) - \frac{\chi_1}{\beta_1} \cdot \frac{\partial m_n(R_n, \tau)}{\partial r} = 0; \quad (20)$$

$$m_1[\xi(\tau), \tau] = m_{11}[\xi(\tau), \tau] = m_{kp}; \quad (21)$$

$$m_{11}[\alpha \xi(\tau), \tau] = m_0; \quad (22)$$

$$\chi_{k-1} \cdot \frac{\partial m_{k-1}(R_{k-1}, \tau)}{\partial r} = \chi_k \cdot \frac{\partial m_k(R_{k-1}, \tau)}{\partial r}; \quad (23)$$

$$R_k(r, \tau) \neq \xi(\tau);$$

$$\chi_I \cdot \frac{\partial m_I[\xi(\tau), \tau]}{\partial r} - \chi_{II} \cdot \frac{\partial m_{II}[\xi(\tau), \tau]}{\partial r} = q, \quad (24)$$

Используем метод «метод изотермических поверхностей», для чего заменим истинное распределение массы $m_\tau(r)$ внутри каждой области $[R_k(r, \tau), \xi(\tau)]$ а $[\xi(\tau), \alpha\xi(\tau)]$ при фиксированных положениях границы $\xi_i(\tau) \equiv \xi(\tau_j)$ нестационарным распределением массы $m_j(r, \tau), \tau \rightarrow \tau_j = \tau(\xi_j)$

$$R_{j-1}(r, \tau) > \xi_j(\tau)r > R_j(r, \tau), \text{ при } 1 \leq j \leq n, [3]$$

$$\theta_n(r, \tau_j) = Q_{n-1}(\tau_j) + [Q_n(\tau_j) - Q_{n-1}(\tau_j)] \cdot \frac{r - R_{n-1}}{R_n - R_{n-1}};$$

$$\dots\dots\dots$$

$$\theta_1(r, \tau_j) = Q_0(\tau_j) + [Q_1(\tau_j) - Q_0(\tau_j)] \cdot \frac{r - R_0}{R_1 - R_0}, \quad (25)$$

представим данные уравнений (16) – (24) в следующей форме[4]

$$m_k(r, \tau_j) = P_k(r, \tau_j) + \theta(r, \tau_j), \quad (26)$$

В результате эти задачи можно привести к следующей форме[4]:

$$\frac{1}{c_k} \cdot \frac{\partial P_k(r, \tau_j)}{\partial \tau} = \frac{\partial^2 P_k(r, \tau_j)}{\partial \tau^2} + \frac{1}{r} \cdot \frac{\partial P_k(r, \tau_j)}{\partial r} + \omega_k(r, \tau_j); \quad (27)$$

НУ:

$$P_k(r, 0) = m_k(r, 0) + \theta(r, 0), \quad (28)$$

Исследуем «задачу массообмена»:

$$\frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial r} = a_{mk}^2 (1 - d_k) \left(\frac{\partial^2 m_k(r_k, \tau)}{\partial r_k^2} + \frac{1}{r_k} \frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial r_k} \right), \quad (29)$$

$$R_{k-1} \leq r_k \leq R_k, \quad \tau > 0, \quad k = 1, 2, \dots, N;$$

НУ:

$$m_k(r_k, 0) = g_k(r_k); \quad (30)$$

ГУ «3 рода»:

$$\lambda_{mN} \frac{\partial^2 m_N(R_N, \tau)}{\partial r_N} + a_{mN} [m_N(R_N, \tau) - m_{cN}] = 0; \quad (31)$$

$$\lambda_{m1} \frac{\partial^2 m_N(R_1, \tau)}{\partial r_1^2} + a_{m1} [m_1(R_0, \tau) - m_{c1}] = 0; \quad (32)$$

ГУ «4 рода»

$$m_k(R_k, \tau) = m_{k+1}(R_k, \tau); \quad (33)$$

$$\lambda_{mk} \frac{\partial m_k(R_k, \tau)}{\partial r_k} = \lambda_{m(k+1)} \frac{\partial m_{k+1}(R_k, \tau)}{\partial r_{k+1}} \quad (34)$$

УП:

$$m_I[\xi(\tau), \tau] = m_{II}[\xi(\tau), \tau] = m_{kp}; \quad (35)$$

$$m_{II}[\xi(\tau), r] = m_0; \quad (36)$$

$$\lambda_I \frac{\partial m_I[\xi(\tau), \tau]}{\partial r} - \lambda \frac{\partial m_{II}[\xi(\tau), \tau]}{\partial r} = g. \quad (37)$$

Применяя «метод изотермических поверхностей», получено решение в виде

$$m_k(r_k, \tau) = C_{mk} + D_{mk} \ln(r_k) + \sum_{n=1}^{\infty} \frac{M \left(\frac{\mu_{mn}}{C_{mk}} r_k \right)}{\sum_{k=1}^N \|M_k\|^2} \sum_{k=1}^N \frac{\lambda_{mk}}{C_{mk}^2} \int_{R_{k+1}}^{R_k} r_k [g_k(r_k) - \psi_{mk}(r_k)] \times \\ \times M \left(\frac{\mu_{mn}}{C_{mk}} r_k \right) dr_k e^{-(\mu_{mn}^2 \tau)}, \quad (38)$$

$$\text{при } C_{mk} = a_{mk}^2 (1 - d_k),$$

Используя данные уравнения (38) можно исследовать и найти решение уравнения (39).

$$\frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} = a_{gk}^2 \left(\frac{\partial^2 U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k^2} + \frac{1}{r_k} \frac{\partial U_k(r_k, \tau)}{\partial r_k} \right) + \sigma \frac{c_{mk}}{c_{dk}} \frac{d_k}{1 - d_k} \frac{\partial m_k(r_k, \tau)}{\partial \tau} + W_k(r_k, \tau), \quad (39)$$

$$R_{k-1} \leq r_k \leq R_k, \quad \tau > 0, \quad k = 1, 2, \dots, N;$$

НУ:

$$U_k(r_k, 0) = \varphi_k(r_k), \quad (40)$$

ГУ:

$$\lambda_{gN} \frac{\partial U_N(R_N, \tau)}{\partial r_N} + a_{gN} [U_N(R_N, \tau) - U_{cN}] = 0; \quad (41)$$

$$\lambda_{g1} \frac{\partial U_1(R_0, \tau)}{\partial r_1} + a_{g1} [U_1(R_0, \tau) - U_{c1}] = 0; \quad (42)$$

УС:

$$U_k(R_k, \tau) = U_{k+1}(R_k, \tau); \quad \lambda_{gk} \frac{\partial U_k(R_k, \tau)}{\partial r_k} = \lambda_{g(k+1)} \frac{\partial U_{k+1}(R_k, \tau)}{\partial r_{k+1}}. \quad (43)$$

Литература

1. Акимов А.И. Решения задачи массообмена на втором этапе полимеризации производства композиционных материалов в установках автоматического ведения технологического процесса аналитическим методом / А.И. Акимов, В.Н. Елисеев // Инженерная физика. – 2022. – № 6. – С. 3-6.

2. Акимов А.И. Исследования теплопередачи в многослойных цилиндрических изделиях в установках Шольца на этапе нагрева композиционных материалов / А.И. Акимов, В.Н. Елисеев // Инженерная физика. – 2022. – № 8. – С. 31-34.

3. Акимов А.И. Исследование теплопередачи при изготовлении композитов в установках автоматического ведения технологических процессов на всех этапах производства / А.И. Акимов, В.Н. Елисеев // Прикладная физика и математика. – 2022. – № 4. – С. 10-13.

4. Акимов А.И., Козлов В.Н., Фатыхов М.А. Зависимость механических свойств композиционных материалов от температурного режима полимеризации // Инженерная физика. – 2009. – № 9. – С. 19-24.

Овчаров Петр Николаевич

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

УЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ

Аннотация: В современных условиях предъявляются повышенные требования к обеспечению безопасности полетов воздушного судна, достигаемой как за счет действия экипажа, так и за счет эффективных методов контроля

технического состояния воздушного судна и проведения на основе такого контроля соответствующих ремонтных мероприятий. Диагностика работоспособности авиационного двигателя, исходя из его термодинамических характеристик, является неотъемлемым элементом контрольных мероприятий. Методы такой диагностики разнообразны и их выбор осуществляется исходя из установленной методики контроля технического состояния воздушного судна.

Ключевые слова: авиационные двигатели, газотурбинные двигатели, метод анализа ошибок, отклонение фактических значений, термодинамические характеристики, диагностика работоспособности.

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»*

ACCOUNTING THE THERMODYNAMIC CHARACTERISTICS OF AN AIRCRAFT ENGINE WHEN DIAGNOSTING ITS OPERATIONAL CAPACITY

Abstract: In modern conditions, increased requirements are imposed to ensure the safety of aircraft flights, achieved both through the actions of the crew and through effective methods of monitoring the technical condition of the aircraft and carrying out appropriate repair measures on the basis of such control. Diagnostics of the performance of an aircraft engine, based on its thermodynamic characteristics, is an integral element of control measures. The methods of such diagnostics are diverse and their choice is based on the established methodology for monitoring the technical condition of the aircraft.

Key words: aircraft engines, gas turbine engines, error analysis method, deviation of actual values, thermodynamic characteristics, diagnostics of operability.

В современных условиях безопасность воздушного судна имеет первостепенное значение. Для повышения безопасности воздушного судна, а также в целях снижения затрат на его техническое обслуживание, необходимо использовать современные методы, основанные на диагностике состояния как воздушного судна в целом, так и его отдельных элементов и систем. По указанной причине выбор правильного подхода к диагностике авиационного двигателя видится весьма актуальным.

Авиационные двигатели важны для безопасности полета воздушного судна, поскольку они вырабатывают мощность, необходимую для совершения полета [1], и, как отмечается в специализированной литературе, с учетом своих термодинамических характеристик должны эксплуатироваться в установленных физических пределах [1, 2]. Современные авиационные двигатели имеют сложную механическую систему, работают при высоких температурах, высоком давлении и высоких скоростях и изнашиваются с течением времени. При этом небольшие неисправности существенным образом не сказываются на работе

двигателя. Однако если такие неисправности своевременно не диагностированы и не предприняты все необходимые меры в рамках технического обслуживания, то имеется высокая доля вероятности, что незначительные неисправности могут привести к более серьезным неисправностям, последствия которых заключаются как в увеличении стоимости на ремонт, так и в возникновении несчастных случаев при осуществлении полета.

В основе мероприятий по техническому обслуживанию и ремонту авиационных двигателей, помимо прочего, лежит диагностика работоспособности таких двигателей с учетом их термодинамических характеристик.

В специализированной литературе встречается достаточно много исследований, посвященных выбору оптимальных методов диагностики работоспособности авиационного двигателя с учетом его термодинамических характеристик. Так, одни исследователи предлагают использовать нелинейные адаптивные оценки для прогнозируемого отказа [8]. Другие исследователи предлагают использовать методы на основе нечеткой матрицы и нелинейных адаптивных оценок [10], методы на основе байесовских иерархических моделей [11], метод опорных векторов и использование динамической нейронной сети [9]. Также выделяют комплекты методов диагностики работоспособности: визуально-оптический, радиографический, оценки температурного состояния, диагностирования, омываемых маслом деталей авиационного двигателя [4], кибернетические методы [5], методы, основанные на анализе информации о термодинамических особенностях работы двигателей [6].

Многообразие методов диагностики работоспособности авиационного двигателя с учетом его термодинамических характеристик позволяет сделать вывод как об отсутствии универсального (оптимального) метода диагностики, так и о том, что существующие методы диагностики работоспособности имеют свои преимущества и недостатки. Кроме того, многообразие методов диагностики может быть обусловлено тем, что информативность диагностики по термодинамическим параметрам авиационного двигателя невысока. Отсюда можно предположить, что сочетание различных методов диагностики, в том числе учитывающих ошибки в работе авиационного двигателя с учетом его термодинамических характеристик, приведет к более точным результатам.

В специализированной литературе принято выделять следующие термодинамические параметры авиационных двигателей, которые необходимо оценивать в рамках диагностики работоспособности: давление, температура, соотношение давлений и температур, расход топлива и масла в двигателе, скорость течения, тяга, частота вращения роторов, проходные площади сечений проточной части [1, 3].

Акцентируя внимание на недостатках диагностики работоспособности авиационных двигателей с учетом вышеприведенных термодинамических характеристик двигателей, необходимо отметить, что в основу большинства существующих методов диагностики заложено сопоставление фактических параметров работы двигателя с идеализированными параметрами работы. На

основании такого сопоставления дается итоговая оценка работоспособности. Однако такой подход к диагностике видится не правильным.

В газотурбинных двигателях охвачены широкие диапазоны давлений и температур. Следовательно, предположение об идеальных свойствах газа, т.е. постоянной удельной теплоемкости и соотношении теплоемкостей, приводит к ошибкам, которые слишком велики для точного расчета основных показателей производительности, таких, как тепловой коэффициент полезного действия.

Отклонение фактических газотурбинных циклов от идеализированных в условиях эксплуатации авиационных двигателей является нормальным явлением. Так, например, фактический газотурбинный цикл отличается от идеального цикла Брайтона по нескольким причинам. Во-первых, во время процессов добавления тепла и отвода тепла неизбежно некоторое падение давления. Во-вторых, фактическая рабочая нагрузка на компрессор больше, а фактическая выходная мощность авиационного двигателя меньше из-за необратимости.

Авиационные газовые турбины работают по открытому циклу, называемому циклом реактивного движения. Идеальный цикл реактивного движения отличается от простого идеального цикла Брайтона тем, что газы не расширяются до давления окружающей среды в турбине авиационного двигателя. При этом они расширяются до такого давления, что мощности, вырабатываемой турбиной двигателя, хватает для приведения в действие компрессора и вспомогательного оборудования (например, генератор и гидравлические насосы), при этом суммарная производительность цикла реактивной тяги будет равна нулю. Газы, выходящие из турбины авиационного двигателя под относительно высоким давлением, впоследствии ускоряются в сопле, обеспечивая тягу для приведения самолета в движение (рисунок 1).

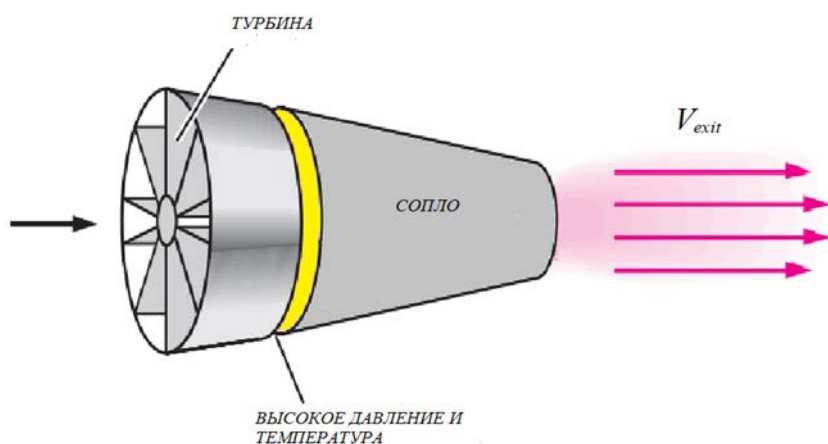


Рис. 1 – Авиационный двигатель

На рис. 1 показано, что газы высокой температуры и высокого давления, выходящие из турбины, попадают в сопло. Далее они ускоряются в сопле для обеспечения тяги. Кроме того, авиационные газовые турбины работают на более высоких скоростях соотношения давлений и жидкость сначала проходит через диффузор, где она замедляется и ее давление повышается, прежде чем она попадет в компрессор.

Воздушные суда приводятся в движение за счет ускорения жидкости в направлении, противоположном движению. Это достигается либо незначительным ускорением большой массы жидкости (пропеллерный авиационный двигатель), либо значительным ускорением небольшой массы жидкости (реактивный или турбореактивный авиационный двигатель), либо и тем и другим (турбовинтовой авиационный двигатель).

Например, в авиационном турбореактивном двигателе воздух сжимается компрессором и смешивается с топливом в камере сгорания, где воздушно-топливная смесь сжигается при постоянном давлении. Газы сгорания под высоким давлением и при высокой температуре частично расширяются в турбине, вырабатывая мощность, достаточную для приведения в действие компрессора и другого оборудования, при этом газы, расширяясь в сопле до давления окружающей среды, выходят из авиационного двигателя с высокой скоростью.

В идеальном случае предполагается, что работа турбины равна работе компрессора. Кроме того, предполагается, что процессы в диффузоре, компрессоре, турбине и сопле представляют собой термодинамические изопроцессы, происходящие при постоянной энтропии, то есть являются изоэнтропийными. Вместе с тем, при анализе фактических циклов следует учитывать необратимость, связанную с диффузором, компрессором, турбиной и соплом. Эффект необратимости заключается в снижении тяги, которую можно получить от авиационного двигателя.

Еще одной проблемой в рамках диагностики работоспособности авиационного двигателя является контроль такого параметра, как температура выхлопных газов, поскольку данный параметр позволяет определять длительность работоспособности газотурбинного авиационного двигателя. Температура выхлопных газов авиационного двигателя измеряется в градусах и указывает на рабочее состояние конструкции двигателя - чем выше значения температуры, тем вероятнее наступление преждевременного износа двигателей.

Преждевременный износ по причине повышенной температуры в значительной степени связан с неправильной работой компонентов двигателя по таким причинам, как засорение компрессора, протечка уплотнений, эрозия аэродинамического профиля, поэтому фактический режим работы двигателя и температура выхлопных газов могут, как и другие термодинамические параметры, отличаться от параметров идеализированных.

Отклонения фактического режима работы от идеализированного режима необходимо учитывать при проведении диагностики работоспособности, поскольку точность модели прогнозирования работоспособности авиационного двигателя с учетом его термодинамических характеристик будет зависеть от того, насколько близки значения прогнозирования к фактическому значению работы параметров авиационного двигателя. Если построенная в рамках процесса диагностики модель будет предсказывать фактические значения, ошибка прогнозирования будет относительно низкой.

Литература

1. 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.
2. 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.
3. 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
4. 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.
5. 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.
6. Машошин О.Ф., Бигус А.В. Прогнозирование технического состояния ГТД по выбегу ротора // Научный вестник МГТУ ГА. Серия: эксплуатация воздушного транспорта и ремонт АТ, безопасность полетов. - 2003. - №66. - С. 101-106.
7. Машошин О.Ф., Бигус А.В. Информационное обеспечение процессов диагностирования авиационной техники // Научный вестник МГТУ ГА. Серия: эксплуатация воздушного транспорта и ремонт АТ, безопасность полетов. - 2002. - № 49. - С.44-48.
8. Коробкин С.В. Анализ внутренних дефектов и методов контроля структуры композиционного материала. В сборнике: Актуальные проблемы развития транспортных коммуникаций (Авиатранс-2017). Материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 204-210.

Геворгян Ваган Маратович

*Преподаватель, Общество с ограниченной ответственностью «С 7
Тренинг»,*

Шаров Валерий Дмитриевич

*Профессор кафедры «Безопасности полетов и жизнедеятельности»,
ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет
гражданской авиации» (МГТУ ГА), д.т.н.*

ВНЕДРЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ПРОГРАММУ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ СВЕРХЗВУКОВЫХ ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ

Аннотация: Разработка проектов новых сверхзвуковых гражданских самолетов (СГС) – одна из важных задач авиационной науки и техники. Среди многих вызовов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией перспективных СГС важное место занимает проблема обеспечения безопасности полетов (БП). Для решения данной проблемы необходимо создать современную систему подготовки персонала, которая будет задействована в эксплуатации СГС. Такая система предусматривает внедрение современного компетентностного подхода в программу подготовки пилотов СГС. В этой программе будут широко рассмотрены не только принципы управления ресурсами экипажа (Crew resource management – CRM) в виде нетехнических компетенций, но и технические компетенции.

Ключевые слова: сверхзвуковой гражданский самолет (СГС), безопасность полетов, подготовка и оценка на основе компетенций.

Gevorgian Vagan Maratovich

lecturer, S7 Training LLC

Sharov Valeriy Dmitrievich

*doctor of Engineering Sciences, Docent, Professor at the Department of Safety
Moscow State Technical University of Civil Aviation*

INTRODUCTION OF A COMPETENCE-BASED APPROACH TO THE TRAINING PROGRAM FOR PILOTS OF SUPERSONIC TRANSPORT

Abstract: The development of projects for new supersonic civil aircraft is one of the important tasks of aviation science and technology. Among the many challenges associated with the design, manufacture and operation of advanced supersonic civil aircraft the problem of safety occupies an important place. For a high level of safety support, it is necessary to create a modern personnel training system that will be involved in the operation of the supersonic civil aircraft. For effective and safe work, it is necessary to introduce a competence-based approach into the training program of the pilots of supersonic civil aircraft, where not only the principles of Crew resource management (CRM) in the form of non-technical competencies, but also technical competencies are widely considered.

Keywords: The Supersonic Transport (SST), safety, competency-based training and assessment.

Скорость является важнейшим преимуществом авиации перед другими видами транспорта, поэтому повышение скорости авиаперевозок всегда рассматривалось как одна из важных задач авиационной науки и техники. Разработкой проектов новых сверхзвуковых гражданских самолетов (СГС) занимались и после прекращения эксплуатации Ту-144 и Concorde, как в Советском Союзе, позже в России, так и в других авиационных державах.

Как отмечено в статье [1,с.4-9], актуальность создания СГС в РФ обуславливается необходимостью повышения уровня мобильности экономических субъектов в условиях протяженной территории России и связью их с мировыми центрами.

Решение данной задачи соответствует общей работе по повышению обеспечения авиатранспортной связанности регионов и мобильности населения, важность которой отмечена в Государственной программе Научно-технологическое развитие Российской Федерации, утв. постановлением Правительства РФ от 29.03.2019 г. №377, Транспортной стратегии РФ до 2030 г. с прогнозом на период до 2035 г., утв. распоряжением Правительства РФ от 27.11.2021 г. №3363-р. и Комплексной программе развития авиатранспортной отрасли РФ до 2030 года, утв. распоряжением Правительства РФ от 25.06.2022 г. №1693-р.

Среди многих вызовов, связанных с проектированием, изготовлением и эксплуатацией перспективных СГС важное место занимает проблема обеспечения безопасности полетов (БП). Для высокого уровня обеспечения БП необходимо создать современную систему подготовки персонала, которая будет задействована в эксплуатации СГС.

Необходимо разработать программу обучения для пилотов, механиков и бортпроводников, специально адаптированную для сверхзвуковых полетов и эксплуатации. Комплексная программа обучения должна будет опираться на опыт профессиональных инструкторов, имеющих соответствующие квалификации и компетенции, включать в себя самые современные тренажеры и условия для обучения. Также, необходимо подготовить систему инструктажей для поддержки клиентов коммерческих авиакомпаний, которые будут эксплуатировать СГС.

Проект СГС Ту-144 был реализован благодаря тяжелому труду и необходимости каждодневно решать важнейшие инженерные задачи по доводке характеристик самолета необычной аэродинамической схемы с характерными особенностями пилотирования, которые должны были быть вначале правильно поставлены, а затем и разрешены. Для решения данных задач была создана летающая лаборатория Ту-144ЛЛ, которая помогала на практике понять те или иные особенности и опробовать их решения. Особенности Ту-144 и его систем потребовали особого подхода к составлению руководства по летной эксплуатации (РЛЭ) [2], которым пользовались пилоты во время подготовки и эксплуатации СГС.

Многие страны в отдельности и совместно ведут в настоящее время разработку СГС, при этом занимаются и вопросами подготовки персонала. Так, например, частная американская компания Boom Supersonic, разрабатывающая сверхзвуковой пассажирский авиалайнер Overture, заключила контракт с провайдером услуг подготовки авиационного персонала Flight Safety International. В Boom объявили, что новый партнер займется разработкой программ подготовки пилотов, техников и кабинных экипажей для Overture, а также созданием полнопилотажного и других тренажеров [3].

Создание программы подготовки пилотов для высокотехнологического СГС возможно только при участии различных компаний и специалистов, которые задействованы в системе подготовки летного состава и используют современные подходы в этом вопросе. На сегодняшний день, пилоты военных истребителей, вероятно, будут наиболее квалифицированными для полетов быстрее скорости звука [4], но необходимо учитывать то, что данные полеты будут не в многочленном закрепленном экипаже (4 человека), а в составе экипажей из двух пилотов, которые носят незакрепленный характер, так называемую западную коммерческую модель «все летают со всеми». Для эффективной и безопасной работы по такой модели необходимо внедрение компетентностного подхода в программу подготовки пилотов СГС, где широко рассмотрены не только принципы управления ресурсами экипажа (Crew resource management – CRM) в виде нетехнических компетенций, но и технические компетенции.

Компетентностный подход или Competency-Based Training and Assessment (СВТ/А) – Подготовка и оценка на основе компетенций является новым и современным подходом для подготовки летного состава в гражданской авиации (ГА). ИКАО выделяет восемь компетенций [5,с.79-83]: «применение процедур и соблюдение нормативных документов»; «коммуникация»; «управление траекторией полета ВС – автоматизация»; «управление траекторией полета ВС – ручное управление»; «лидерство и работа в команде»; «решение проблем и принятие решений»; «ситуационная осведомленность и управление информацией»; «управление рабочей нагрузкой».

Перспективный СГС будет выполнять полет на высоте 15-18 км в условиях повышенного уровня солнечного космического излучения. В зарубежной печати встречаются публикации, в которых пилоты ГА рассматриваются как группа повышенного риска облучения наряду с представителями профессий, традиционно связанных с опасностью облучения. В таблице 1 приведены данные из статей [6,с.349-355; 7,с.1-13] по среднегодовым дозам работников 6 таких профессий в двух странах.

Таблица 1 – Среднегодовые дозы радиации работников опасных профессий

№ п/п	Профессия	Среднегодовые эквивалентные дозы, мЗв	
		Канада	Великобритания

1	Рабочий, подверженный воздействию радона	-	5,3
2	Рабочий по добыче урана	2	3,5
3	Пилот гражданской авиации	4,6	2,0
4	Рентгенолог	2,8	0,7
5	Работник ядерной промышленности	4,7	0,7
6	Врач ядерной диагностики	1,4	-

Интенсивность космического излучения зависит от географической широты и высоты над уровнем моря (рисунок 1 на основе данных из [8]). Так как космические лучи в основном являются заряженными частицами, то они в районе над экватором отклоняются в магнитном поле и собираются в виде воронок в районе полюсов. В приполярных областях поверхности Земли достигают и частицы, имеющие сравнительно невысокую энергию (не нужно преодолевать магнитное поле Земли), а в экваториальной области поверхности достигают лишь частицы, которые обладают максимальными энергиями. Поэтому наиболее опасными являются полеты в районах северного и южного полюсов Земли.

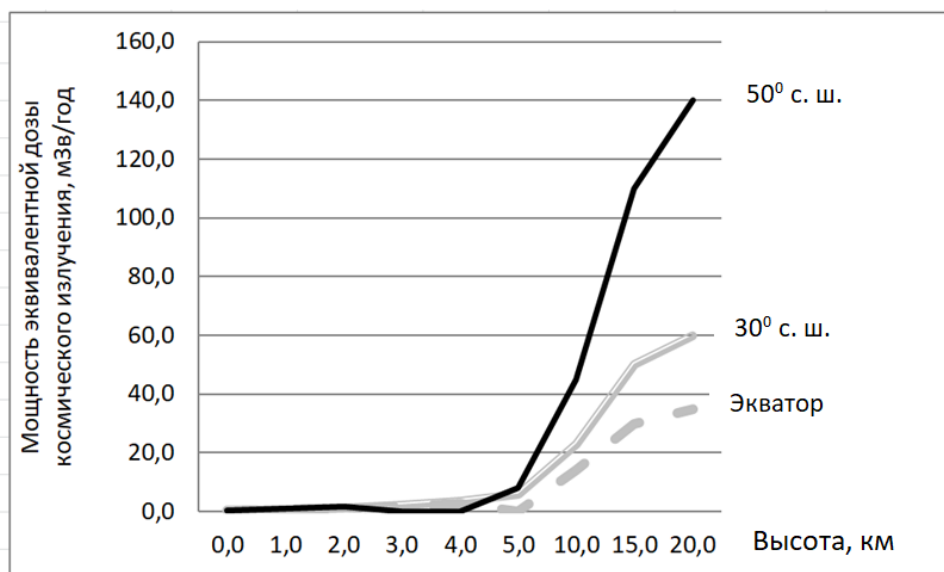


Рисунок 1 – Зависимость эквивалентной дозы облучения за год от широты места и высоты над уровнем моря

Приведенные данные относятся к полетам на высотах до 12 км. Как следует из научных публикаций по данной теме [8, с.47] на высотах более 15 км следует ожидать эквивалентные дозы облучения вдвое большие. Поэтому необходимо учитывать дополнительные факторы, которые будут влиять на работу пилотов и, соответственно, их нужно готовить к этому. Так, например, в Циркуляре ИКАО [9, с.72] были разработаны рекомендации по действиям пилота в случае получения информации о резком повышении уровня радиации и/или о сбоях в

радиосвязи и навигации из-за влияния космических лучей. Краткое изложение рекомендованных процедур:

а) когда пилот воздушного судна (ВС) при полете на высоте более 15000 м (49 000 футов) получает сообщение об общей мощности дозы облучения в 10 мкЗв/час, он должен предупредить подразделение организации воздушного движения (ОВД) о возможной необходимости изменения эшелона полета;

б) когда суммарная мощность дозы облучения достигает 50 мкЗв/час, пилот должен запросить разрешение на снижение до приемлемого эшелона полета (при котором общая доза облучения будет не больше той, которой подвергнутся пассажиры дозвукового самолета, летящего по тому же маршруту) и должен снизиться после получения разрешения;

с) когда появление солнечной космической радиации прерывает связь «воздух-земля», а получаемая мощность дозы неприемлема, ситуация рассматривается как аварийная и следует как можно скорее уведомить подразделение ОВД о принятых мерах.

При таком серьезном внешнем воздействии, влияющим на работу пилотов, встает важный вопрос о рассмотрении дополнительных компетенций и переработке ранее выделенных с учетом этого фактора. Компетентностный подход позволит разработать соответствующие компетенции для пилотов, которые будут эксплуатировать СГС. В процессе подготовки летного состава они будут дорабатываться и пересматриваться для совершенствования и развития важных профессиональных качеств.

СВТ/А – это инструмент, который позволяет разрабатывать учебные программы, эффективно учитывающие операционные риски, а не просто удовлетворяющие традиционным требованиям к обучению [10,с.179-180]. Дополнительно для программы подготовки пилотов СГС необходимо пересмотреть данные компетенции и изучить влияние различных факторов, таких как: утомляемость во время сверхзвуковых полетов; быстрые смены часовых поясов; повышение уровня космической и солнечной радиации; передача и использования информационных сообщений о космической погоде; особенности взаимодействия с органами ОВД и т.п.

Литература

1. Шапкин В. С., Пухов А. А. Современные факторы создания сверхзвукового гражданского самолета нового поколения // Авиасоюз. 2022. – № 3/4 (90). – С. 4-9.

2. Близнюк В., Васильев Л., Вуль В. и др. «Правда о сверхзвуковых пассажирских самолетах» [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://testpilot.ru/review/sst/3/22.php> (дата обращения: 22.09.2023).

3. Flight Safety займется подготовкой пилотов для сверхзвукового пассажирского авиалайнера Boom Overture [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://aeroo.ru/34686-FlightSafety-zaiymetsya-podgotovkoiy-pilotov-dlya-sverhzhukovogo-passazhirskogo-avialaynera-Boom-Overture.html> (дата обращения: 22.09.2023).

4. The Future of Air Travel: Supersonic Jets [Электронный ресурс]: сайт. – URL: <https://www.vaughn.edu/blog/the-future-of-air-travel-supersonic-jets/> (дата обращения: 22.09.2023).
5. Правила аэронавигационного обслуживания. Подготовка персонала. / Doc.9868. – 3-е изд., перераб. – Монреаль: ИКАО, 2020. – 230 с.
6. Bartlett D.T. Radiation protection aspects of the cosmic radiation exposure of aircraft crew // Radiation Protection Dosimetry – 2004. – V.109. – N.4. – P. 349-355.
7. Al Anid H., Lewis B. J., Bennett L. G. I., Takada M. and Duldig M. Aircrew radiation dose estimates during recent solar particle events and the effect of particle anisotropy // Radiation Protection Dosimetry – 2013. – P. 1-13.
8. Морозова М.А., Лапшин В.Б., Доренский С.В., Сыроешкин А.В. Дозиметрия при авиаперелётах // Гелиогеофизические исследования. 2014. – Выпуск 10. – С. 45-92.
9. Guidance material on SST aircraft operations. / Circular 126-AN/9 – Montreal: ICAO, 1975. – 82 с. изд.-1, 1975 г.
10. Геворгян В. М., Шаров В. Д., Николайки Н. И. К вопросу о применимости компетентностного подхода при подготовке пилотов гражданской авиации. / Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации. – Москва: МГТУ ГА. – 2023. – С.179-180.

Костенко Петр Иванович

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

Сафарьян Ольга Александровна

*Доцент кафедры кибербезопасности информационных систем, Донской
Государственный Технический университет*

Алферова Ирина Александровна

*Старший преподаватель кафедры кибербезопасности информационных
систем, Донской Государственный Технический университет*

**АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА
НА ВЕРОЯТНОСТЬ БИТОВОЙ ОШИБКИ В БОРТОВЫХ КОМПЛЕКСАХ
ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**

Аннотация: в статье анализируется влияние нестабильности частоты сигнала на вероятность битовой ошибки в линиях передачи данных (VDL) ОВЧ-ВЧ-диапазонов бортового комплекса (ACARS) с использованием М-КАМ-сигналов.

Ключевые слова: радиоэлектронная система, M-QAM-сигналы, стабильность частоты сигнала, вероятность битовой ошибки.

Kostenko Petr Ivanovich

Associate Professor of AERPOFGBOU VO «Rostov branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation»

Safaryan Olga Aleksandrovna

*Associate professor «Cyber security of information systems»
FGBOU VPO «Don state technical university»*

Alferova Irina Aleksandrovna

*Senior lecturer «Cyber security of information systems»
FGBOU VPO «Don state technical university»*

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF SIGNAL FREQUENCY INSTABILITY ON THE PROBABILITY OF A BIT ERROR IN ON-BOARD DATA TRANSMISSION COMPLEXES

Abstract: The article analyzes the effect of signal frequency instability on the bit error probability in the data lines (VDL) of the VHF-HF airborne complex (ACARS) using M-QAM signals.

Key words: radio-electronic system, M-QAM signals, signal frequency stability, bit error probability.

В настоящее время для обеспечения взаимодействия воздушного судна (ВС) с наземными сетями обслуживающих организаций организуется канал передачи данных «воздух-земля», позволяющий бортовому оборудованию ВС функционировать в режиме подвижного терминала связи. В этом случае ВС представляет собой удаленный составной элемент внутренней системы передачи цифровых данных авиакомпаний. Технической основой такой организации обмена данными является бортовая подсистема ACARS [1]. Кроме того, наряду с обработкой сообщений, получаемых и передаваемых по ОБЧ-каналу передачи данных, центральный блок обработки ACARS управляет всеми периферийными устройствами и обеспечивает синхронизацию по времени между внешними и внутренними процессами [2].

Связь ACARS осуществляется через выделенную ОБЧ радиостанцию, так называемый 3-й бортовой комплект, который, как правило, имеет переключатель «телефон/передача данных». Указанная подсистема обеспечивает достаточно высокую скорость передачи цифровой информации в универсальных веб-ориентированных протоколах в обоих направлениях - «воздух-земля» и «земля-воздух».

В настоящее время система ВЧ-ACARS представляет собой дополнение и резерв системы ОБЧ-ACARS. Она имеет следующие основные характеристики:

- квадратурная фазовая модуляция со скоростью передачи информации 2400 бит/с;

- адаптивное управление частотной связью; автоматическое образование линий радиосвязи;

- обнаружение и исправление ошибок способами прямого исправления и избирательного автоматического запроса на повторение [3].

Организация передачи данных в современных комплексах и каналах радиосвязи осуществляется на основе цифровой технологии, в которой широкое применение для подвижных средств и, в частности, ВС находят М-КАМ-сигналы. Однако применение таких сигналов требует высокой стабильности частоты [4].

В настоящее время наиболее широко применяемой технологией получения высокой стабильности частоты в радиотехнических системах является фазовая автоподстройка частоты (ФАПЧ) с высокостабильными генераторами радиосигналов [5–7]. На основе указанной системы автоподстройки может быть достигнута высокая стабильность частоты сигналов. Однако применение технологии ФАПЧ и, в первую очередь, входящего в ее состав генератора сигналов представляет собой сложную техническую задачу по обеспечению заданных требований стабильности температурно-влажностного режима, напряжения питания, малых уровней вибрации и т. д. Кроме того, система ФАПЧ имеет ограниченное быстродействие и полосу захвата для последующей стабилизации частоты сигнала. Несмотря на большое число работ, посвященных вопросам стабилизации частоты генераторов с использованием системы ФАПЧ, не все вопросы, связанные с применением указанной технологии на борту ВС нашли свое разрешение [5–7]. Частично указанные вопросы рассмотрены в работах [8–11].

Целью доклада является анализ влияния нестабильности несущей частоты сигнала на вероятность битовой ошибки при передаче данных по цифровым радиоканалам с использованием М-КАМ-сигналов.

Представим синфазную и квадратурную составляющие сигнала на выходе устройства корреляционной обработки в виде

$$\begin{aligned} v_I &= v_I^{(0)} \cdot \cos \Delta\varphi - v_Q^{(0)} \cdot \sin \Delta\varphi + \zeta_I, \\ v_Q &= v_Q^{(0)} \cdot \cos \Delta\varphi + v_I^{(0)} \cdot \sin \Delta\varphi + \zeta_Q, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\Delta\varphi = \int_0^T \Delta\omega(\tau) d\tau$ - фазовая нестабильность частоты, связанная

с флуктуацией частоты сигнала; ζ_I и ζ_Q - аддитивный белый гауссовский шум (АБГШ) в синфазном и квадратурном каналах соответственно.

Наличие частотного шума (ЧШ) обуславливает, как непосредственно следует из соотношения (1), к повороту сигнального созвездия на угол $\Delta\varphi$. Кроме того, нестабильность частоты приводит к уменьшению уровня сигнала на выходе

устройства корреляционной обработки, что эквивалентно снижению отношения сигнал/шум (ОСШ) в канале связи. Зависимость уменьшения уровня сигнала на выходе устройства корреляционной обработки может быть представлена в виде

$$\begin{aligned} v_I^{(0)} &= V_I^{(0)} \cdot \int_0^T \cos \Delta\omega(\tau) d\tau \\ v_Q^{(0)} &= V_Q^{(0)} \cdot \int_0^T \cos \Delta\omega(\tau) d\tau \end{aligned} \quad 2)$$

где $V_I^{(0)}$ и $V_Q^{(0)}$ - соответственно уровни синфазной и квадратурной составляющих сигнала в отсутствии флуктуации частоты; T - длительность импульса для передачи одного информационного символа.

Вероятность битовой ошибки, учитывающие влияние обоих факторов, связанных с флуктуацией частоты, могут быть записаны в виде [12]

$$P_{M-KAM} = J(A, B, C, D, \sigma_\omega^2), \quad 3)$$

где γ - отношение мощности несущей сигнала к мощности шума в канале связи.

Выражение для функции $J(A, B, C, D, \sigma_\omega^2)$ имеет вид [12]

$$\begin{aligned} J(A, B, C, D, \sigma_\omega^2) &= \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_\omega^2}} \times \\ &\times \int_0^{T+\infty} \int_{-\infty}^{\infty} F(A \cdot D(\tau) \cdot \cos \Delta\varphi + B \cdot D(\tau) \cdot \sin \Delta\varphi + C \cdot D(\tau)) \exp\left[-\frac{(\Delta\omega)^2}{2\sigma_\omega^2}\right] d(\Delta\omega) \end{aligned} \quad 4)$$

где $F(x)$ - интеграл вероятности [9]

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^{+\infty} \exp(-t^2/2) dt \quad 5)$$

Представленные результаты совместно с результатами моделирования позволяют сделать следующие выводы:

1. Появление ЧШ в канале связи может рассматриваться как эквивалентное снижение ОСШ. Сравнение сплошной и точечной кривых показывает, что в отсутствии ЧШ ($\sigma_\omega = 10^{-10}$) для значений $\gamma = 30$ дБ значение P_{2-KAM} составляет

10^{-8} , в то время как при наличии ЧШ ($\sigma_{\omega} = 5 \cdot 10^{-8}$) значение $P_{2-КАМ}$ повышается до 10^{-3} . Указанное значение $P_{2-КАМ}$ соответствует $\gamma = 23$ дБ.

2. Влияние ЧШ на $P_{2-КАМ}$, как следует из рисунка 1, а проявляется наиболее сильно при больших значениях γ . Так при малых значениях ОСШ значения вероятности $P_{2-КАМ}$, соответствующие различным значениям σ_{ω} , незначительно отличаются между собой. Однако по мере увеличения ОСШ и соответствующем уменьшении $P_{2-КАМ}$ влияние ЧШ возрастает.

3. При увеличении σ_{ω} значение $P_{2-КАМ}$ стремится к одному значению независимо от ОСШ. Различие влияния ЧШ на вероятность $P_{2-КАМ}$ проявляется только при малых значениях σ_{ω} .

Для наглядности при проведении исследований значения СКО, соответствующие АБГШ и ЧШ, принимались равными 0,01, что соответствует ОСШ $\gamma = 20$ дБ.

Приведенные результаты трансформирования сигнальных созвездий допускают простую физическую интерпретацию. В частности, АБГШ приводит к размытию сигнального созвездия в радиальном направлении. В свою очередь, появление ЧШ приводит к размытию сигнального созвездия в азимутальном направлении.

При совместном воздействии АБГШ и ЧШ в канале связи размытие фазового созвездия происходит уже в обоих направлениях. Кроме того, как следует из приведенных зависимостей, наличие ЧШ приводит к дополнительному размытию сигнального созвездия. Последнее обусловлено как снижением ОСШ в канале связи и соответственно увеличением размытия сигнального созвездия в радиальном направлении, так и увеличением размытия в азимутальном направлении из-за интегральной флуктуации фазы, связанной с флуктуацией частоты в течение импульса.

Выводы. Результаты выполненных исследований показывают, что ЧШ в канале связи обуславливает появление двух факторов, влияющих на вероятность битовой ошибки при передаче КАМ-сигналов:

- появление ЧШ в канале связи приводит к снижению уровня сигнала в канале при корреляционной обработке принимаемого сигнала и соответствующему снижению ОСШ;

- снижение ОСШ вызывает дополнительно к размытию сигнального созвездия в азимутальном направлении, связанному с появлением интегральной флуктуации фазы из-за флуктуации частоты в течение импульса, увеличение размытия сигнального созвездия в радиальном направлении.

Таким образом, можно отметить, вопросы уменьшения помех в канале связи и повышение стабильности частоты сигнала являются одинаково важными при передаче КАМ сигналов.

Литература

1. Д.В. Колядов, А.И. Логвин, А.В. Прохоров, Э.А. Лутин, Э.А. Болелов Системы связи телекоммуникации на воздушном транспорте: учебное пособие. – М.: МГТУ ГА, 2017. – 84 с.
2. Радиосредства ВЧ и ОВЧ диапазонов. Построение и эксплуатация: / В.А. Кабанов, С.В. Рогов.; - Красноярск.: Сибирский филиал Института аэронавигации, 2013. – 261 с.
3. Системы связи и телекоммуникации на воздушном транспорте: учебник / М.: ИД Академии Жуковского, 2020. – 160 с.
4. Авиационная электросвязь. Международные стандарты и рекомендации. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации. Том III / Системы связи Ч. I. Системы передачи цифровых данных. ИКАО, 2007. 276 с.
5. Zheng T., Chen L., Chen T., Wei S.M., Virtual synchronous generator technology and prospects // Autom. Electric Power Syst. – 2015, № 39 (21) P. 165–175.
6. Shao H., Li P., Fu W.B., Yang G.H., Wind-solar grid-connected technology based on virtual synchronous generator control strategy // Electr. Autom. – 2018. № 40 (5) P. 16–18.
7. Ling Y.L., Adaptive control of distributed power inverter based on VSG // Energy Conserv. – 2020, № 39 (4). P. 5–9.
8. Габриэльян Д.Д., Костенко П.И., Сафарьян О.А. Аналитическое оценивание параметров сигналов в информационно-измерительных системах на основе многомерной статистической обработки // Авиатранс 2020: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Изд.-во Фонд науки и образования. 2020. С. 36–43.
9. Габриэльян Д.Д., Костенко П.И., Сафарьян О.А. Метод экспертных оценок при многомерной статистической обработке частотно-временных параметров сигналов Авиатранс 2021: материалы международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: Изд.-во Фонд науки и образования. 2021. С. 39–44.
10. Габриэльян Д.Д., Костенко П.И., Сафарьян О.А. Повышение стабильности частоты ВЧ-сигналов в передающем устройстве курсового радиомаяка на основе статистического оценивания фаз // Научный Вестник МГТУГА. 2020. Т. 23. № 05. С. 19–28.
11. Габриэльян Д.Д., Костенко П.И., Сафарьян О.А. Система интеллектуального контроля технического состояния радиомаяков навигационно-посадочного комплекса // Научный Вестник МГТУГА. 2022. Т. 25. № 01. С. 8–20.
12. Артеменк А.А., Мальцев А.А., Рубцов А.Е. Влияние неточности оценивания фазы несущей на вероятность битовых ошибок в М-КАМ системах передачи данных // Вест. Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского. 2007. – № 2. – С. 81–87.

Харченко Виктор Викторович

Доцент, ФГК ВОУ ВО Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж, к.т.н.

Кулагин Артём Иванович

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Серебренко Даниил Иванович

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОПТИМИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕННЫХ СВОЙСТВ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Аннотация: в статье рассматривается применение перспективных конструкций антенных систем, применяемых в радиолокационных комплексах и комплексах радиосвязи, размещаемых на неплоских конструкциях.

Ключевые слова: антенные системы, радиолокационные комплексы, комплексах радиосвязи, фазированные антенные решетки.

Kharchenko Viktor Viktorovich

Associate Professor, FGC HEU HE Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin", Voronezh, Candidate of Technical Sciences

Kulagin Artem Ivanovich

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh)

Daniil Ivanovich Serebrenko

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh)

OPTIMIZATION OF DIRECTIONAL PROPERTIES OF AN ANTENNA ARRAY OF A RADAR COMPLEX

Abstract: the article discusses the use of promising designs of antenna systems used in radar systems and radio communication systems placed on non-planar structures.

Key words: antenna systems, radar systems, radio communication systems, phased array antennas.

Современные радиотехнические комплексы, эксплуатируемые в настоящее время, по своей структуре являются сложными системами, состоящими из большого числа функциональных узлов, важное место среди которых занимает антенно-фидерная система. Именно свойствами антенн зачастую определяются технические возможности и эффективность функционирования указанных комплексов. Создание многофункциональных радиоэлектронных комплексов (РЛК), предназначенных для решения широкого круга задач, неразрывно связано с использованием в их составе фазированных антенных решеток (ФАР) [1].

Одним из наиболее перспективных видов антенн, применяемых в радиолокационных комплексах и комплексах радиосвязи, являются антенные системы, размещаемые на неплоских конструкциях [2]. Это связано с тем, что наиболее полно совокупности требований по обеспечению заданного сектора сканирования, возможности быстрого углового перемещения главного максимума диаграммы направленности (ДН), независимости характеристик излучения от направления сканирования удовлетворяют именно выпуклые антенные решетки (АР). При этом для повышения помехозащищенности антенных систем в указанных комплексах в условиях активного воздействия различного рода помех, необходимо улучшать характеристики направленности таких антенн. Для снижения уровня бокового и заднего излучения могут применяться специальные защитные интеллектуальные (управляемые) покрытия, которые позволяют не только улучшить характеристики излучения и согласования таких антенн, но и защитить излучающий раскрыв от механических повреждений и негативного влияния окружающей среды.

Учитывая специфику применения радиолокационных комплексов и комплексов радиосвязи в настоящее время, в условиях сложной помеховой обстановки, которая будет способствовать снижению эффективности работы последних, вопросы улучшения характеристик и параметров антенных систем указанных комплексов являются весьма актуальными. Применение в антенной технике интеллектуальных покрытий с управляемыми в реальном масштабе времени характеристиками рассеяния является одним из возможных направлений решения, указанных выше задач.

Современное состояние развития средств вычислительной техники открывает большие возможности для моделирования как отдельных излучателей, так и антенных решеток. При этом оказывается возможным выполнить исследование характеристик излучающего полотна совместно с делителем мощности, т. е. учесть не только взаимодействие излучателей через внешнее пространство, но и через цепи питания. В последнем случае АР рассматривается как объединение двух многополюсников, в качестве одного из которых берется излучающее полотно решетки, а другого — делитель мощности. Определение характеристик излучающего полотна, в том числе и его матрицы рассеяния, сводится к нахождению токов излучателей при определенных способах

возбуждения. Как правило, используется «свободное» возбуждение волнами, распространяющимися в фидерных линиях, связывающих излучатели с делителем мощности. Под токами излучателей в дальнейшем подразумеваются как электрические токи, протекающие по металлическим элементам конструкции излучателей, так и эквивалентные магнитные токи, соответствующие полям в отверстиях связи. Излучающий элемент АР в общем случае представляет собой совокупность металлических и диэлектрических конструктивных элементов, включая отверстия связи, соединяющие излучатель с делителем мощности в решетках проходного типа или фазовращателями в отражательных решетках.

Рассматриваемой антенной конструкцией является металлический круговой цилиндр конечной длины, возбуждаемый магнитными излучателями конечных размеров, расположенными на поверхности цилиндра под слоем магнитодиэлектрического покрытия (с различными значениями относительных диэлектрической и магнитной проницаемостей). В цилиндрической антенной решетке с магнитодиэлектрическим покрытием в качестве излучателей целесообразно использовать щели в виду простоты их выполнения с технологической точки зрения. Кроме того, при использовании щелевых излучателей толщина покрытия может быть выбрана произвольной, в то время как при использовании электрических вибраторов на толщину покрытия будут накладываться ограничения, связанные с вопросами размещения излучателей в слое магнитодиэлектрика.

Важнейшие характеристики ФАР, такие как коэффициент усиления и его изменение в секторе сканирования, уровень боковых лепестков, предельные отклонения луча и рабочая полоса частот, в первую очередь определяются характеристиками излучателя в решетке. К этим характеристикам относятся коэффициент направленного действия излучателя D , его диаграмма направленности $F(\theta, \varphi)$ по полю, входное сопротивление излучателя $Z(\theta, \varphi)$ полностью возбужденной решетки в зависимости от фазового распределения при формировании луча в направлении θ, φ и рабочая полоса частот.

Рассмотрим идеально проводящий круговой цилиндр с бесконечной образующей, покрытый многослойным магнитодиэлектрическим покрытием, как показано на рисунке 1. Внутренний радиус магнитодиэлектрического покрытия совпадает с радиусом цилиндра r_1 , а внешний радиус магнитодиэлектрика равен r_{m+1} , где m – номер слоя, граничащего со свободным пространством. Относительные диэлектрическая и магнитная проницаемости магнитодиэлектрика имеют соответственно значения ϵ и μ . На поверхности цилиндра располагается система магнитных излучателей, ориентированных параллельно образующей цилиндра, ко входам которых подключены ЭДС. Зависимость всех величин от времени определяются множителем $\exp(i\omega t)$, который в дальнейшем опущен.

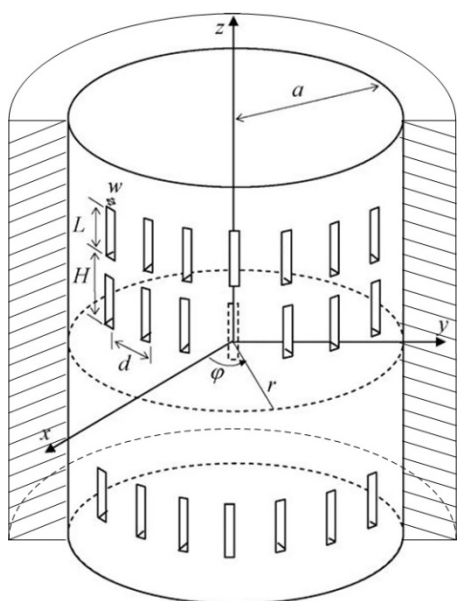
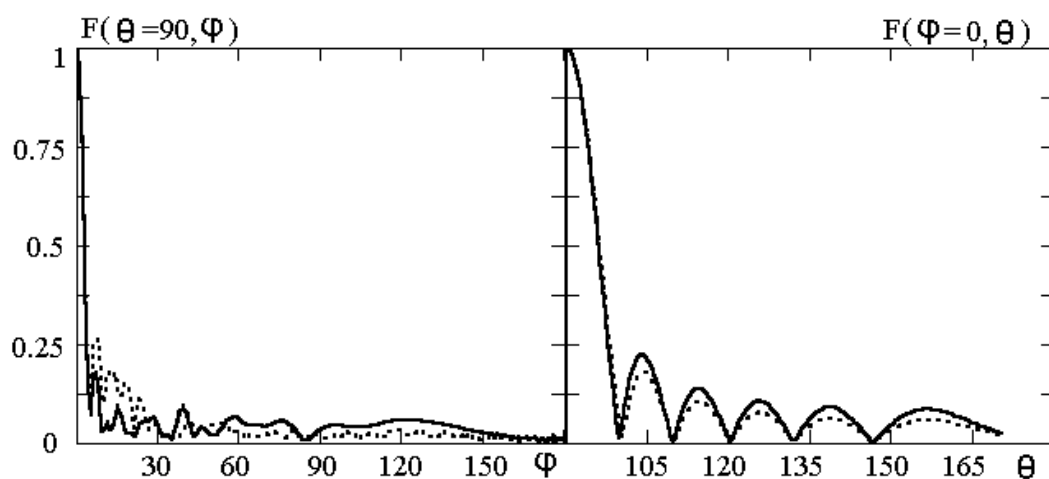


Рисунок 1. Модель антенной решетки радиолокационного комплекса

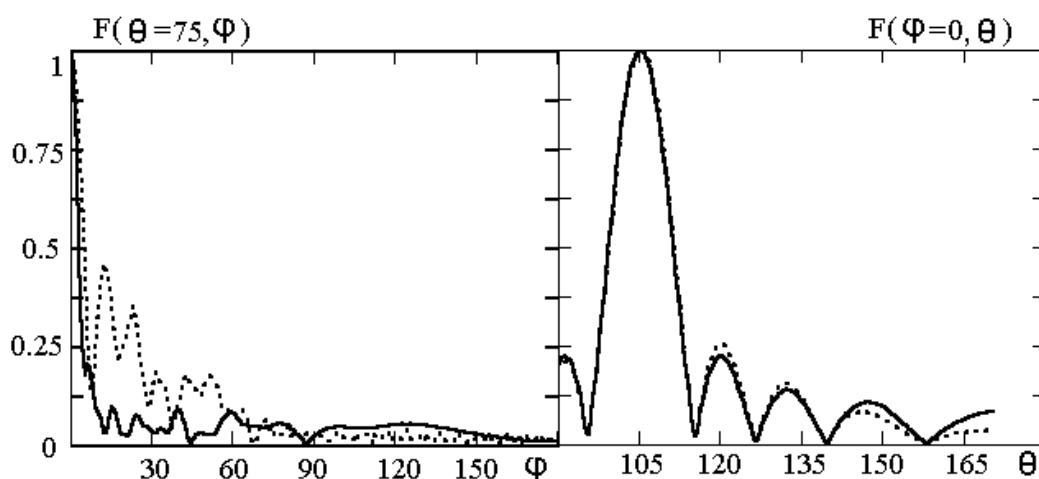
Решение задачи о возбуждении проводящего цилиндра системой щелевых излучателей под управляемым покрытием описано в нескольких работах, например, [3, 4].

Проведем анализ возможности оптимизации направленных свойств указанной антенны за счет изменения геометрических и электрических параметров конструкции.

Основной целью применения магнитоэлектрического покрытия в рассматриваемой антенной конструкции является значительное снижение уровня боковых лепестков диаграммы направленности при незначительном увеличении или сохранении ее ширины, что позволяет повысить помехозащищенность и помехоустойчивость антенной системы. Степень влияния параметров магнитоэлектрического покрытия на диаграмму направленности антенной решетки можно оценить из графиков, приведенных на рисунках 2а,б. На данных рисунках приведены нормированные диаграммы направленности цилиндрических антенных решеток щелевых излучателей, состоящих из двенадцати колец, по двадцать пять излучателей в каждом, размещенных в кольце с шагом 0.6λ и шагом между кольцами 0.6λ .



а)



б)

Рисунок 2. Нормированные диаграммы направленности цилиндрических антенных решеток (ЦАР) щелевых излучателей из двенадцати колец, по двадцать пять излучателей в каждом, размещенных в кольце с шагом: а) 0.6λ и б) 0.6λ

Сплошными кривыми изображены диаграммы направленности цилиндрической АР без покрытия со спадающим амплитудно-фазовым распределением в раскрыве антенны, а штриховыми линиями – диаграммы направленности ЦАР с магнитодиэлектрическим покрытием с различными параметрами при равномерном амплитудно-фазовом распределении.

Из рисунков видно, что использование магнитодиэлектрического покрытия с определенными параметрами позволяет значительно изменять характеристики излучения ЦАР как в лучшую (рисунок 2а), так и в худшую (рисунок 2б) стороны.

Проведенный анализ показывает, что при использовании магнитодиэлектрических покрытий в ЦАР щелевых излучателей при определенных параметрах данных покрытий, можно добиться снижения уровня бокового и заднего излучения таких антенн в диапазоне углов от 30 до 180 градусов в азимутальной плоскости, и в диапазоне углов от 0 до

90 градусов в угломестной плоскости по отношению к аналогичным ЦАР без покрытия.

Литература

1. Инденбом М.В. Антенные решетки подвижных обзорных РЛС. Теория, расчет, конструкции. Монография. – М.: Радиотехника, 2015. – 416 с.
2. Вендик О. Г. Антенны с электрическим сканированием (Введение в теорию) / Вендик О.Г., Парнес / Под ред. Л.Д. Бахрака. – М.: Сайнс-Пресс, 2002, 233с.
3. Габриэльян Д.Д., Звезда М.Ю., Харченко В.В. Влияние параметров магнитоэлектрического покрытия на излучение продольной щели на цилиндре // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2004. Т. 7. №4. С. 34-39.
4. Габриэльян Д.Д., Звезда М.Ю., Костенко П.И. Уменьшение уровня бокового и заднего излучения антенны на основе использования импедансных структур // Изв. вуз. Радиоэлектроника. 2003. т. 46, №2. С. 38 □43.

Коробкин Сергей Витальевич

Старший преподаватель кафедры воздушных судов и авиационных двигателей, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА)

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ МЕСТ ПЛАНЕРА ВОЗДУШНОГО СУДНА

Аннотация: Повышенное внимание к критическим местам планера, остекления кабины экипажа и пассажирского салона. Особенности технического обслуживания этих критических мест.

Ключевые слова: критические места конструкции; неподвижные соединения; чувствительные к усталости; технического обслуживания; безопасный ресурс.

Korobkin Sergey Vitalievich

Senior lecturer of the Department of VS and AD Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation Features of maintenance of criareas of the aircraft airframe.

FEATURES OF MAINTENANCE OF CRITICAL AREAS OF THE AIRCRAFT AIRFRAME

Abstract: Increased attention to the critical places of the airframe, the glazing of the crew cabin and passenger compartment. Features of maintenance of these critical places.

Key features: critical construction sites; fixed joints; fatigue-sensitive; maintenance; safe resource.

К критическим местам конструкции, как правило, относятся:

- соединения между основными частями конструкции;
- неподвижные соединения, которые требуют смазки для предотвращения фреттинг-коррозии;
- участки конструкции, чувствительные к усталости;
- области конструкции, подверженные коррозии;
- элементы и участки конструкции, повреждения которых могут быть вызваны случайными причинами при сборке, изготовлении, во время технического обслуживания и ремонта ЛА;
- элементы конструкции, которым установлен безопасный ресурс (срок службы) до замены;
- элементы конструкции, выявленные по результатам испытаний образцов конструктивных элементов.

Перечень критических мест конструкции ВС разрабатывается (прогнозируется) на этапе проектирования и уточняется по результатам испытаний и опыта эксплуатации.

Укрупненный алгоритм оценки допустимого повреждения на этапе создания ВС (до его сертификации как типа) должен включать:

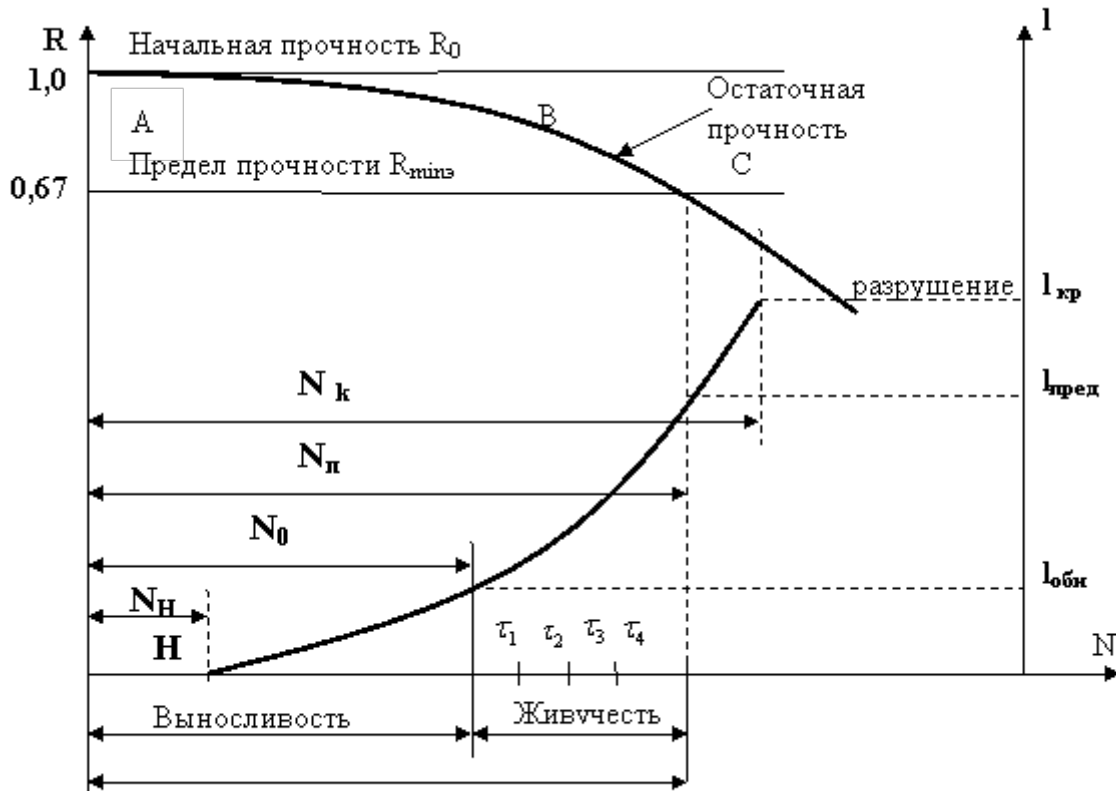
- определение характеристик внешней среды и типовых условий эксплуатации ВС;
- определение характеристик повторяемости перегрузки в центре тяжести ВС, формирование типового спектра нагружения;
- определение критических мест конструкции для последующей оценки;
- определение характеристик нагруженности и условий функционирования каждого критического места конструкции;
- получение кривой роста трещины для каждого критического места конструкции;
- определение основных методов анализа роста трещины, а также методов анализа остаточной прочности;
- определение максимальной степени повреждения для каждого критического места при предельной нагрузке;
- определение категории конструкции для каждого критического места;
- принятие решения о программе осмотров конструкций.

Эта программа должна позволять с высокой надежностью определять:

- элементы (части) конструкции с ограниченным ресурсом, подлежащие замене;
- места конструкции, подлежащие доработке, и сроки их выполнения;

- места конструкции, подлежащие контролю, и сроки (периодичность) их выполнения.

Долговечность



R - прочность; l - длина трещины; N - число полетов; $l_{\text{пред}}$, $l_{\text{кр}}$, $l_{\text{обн}}$ - длина трещины: обнаруживаемой, предельной и критической соответственно; τ_1 , τ_2 , τ_3 , τ_4 - периодичность осмотров элемента; N_H , N_0 , $N_{\text{п}}$, $N_{\text{к}}$ - число полетов: до появления трещины, до ее обнаружения, до предельного значения, до критического значения соответственно

Для обеспечения безопасной эксплуатации в течение периода живучести необходимо провести не одну проверку, поскольку трещина с минимальным размером, допускающим ее обнаружение, при одной проверке может быть пропущена. Количество осмотров зависит от величины интервала между осмотрами $\tau_{\text{осм}}$, которую, в свою очередь, рекомендуется определять по следующему выражению

Количество осмотров зависит от величины интервала между осмотрами $\tau_{\text{осм}}$, которую, в свою очередь, рекомендуется определять по следующему выражению

$$\tau_{осм} = \frac{\text{Допустимая наработка за период живучести}}{\text{Нормируемый коэффициент надежности}}$$

Период живучести авиаконструкции определяется моментом достижения так называемого предельного состояния, которое характеризуется:

- регламентированным повреждением;
- нормированной остаточной прочностью;
- требуемой длительностью роста усталостной трещины.

Испытаниям на сопротивление усталости, как правило, подвергаются:

- крыло, в том числе элероны, закрылки, предкрылки и другие элементы механизации крыла;
- оперение (стабилизатор, киль, рули высоты и направления);
- фюзеляж с герметической кабиной и элементами их остекления;
- шасси, в том числе колеса и тормоза;
- механические элементы проводки управления самолетом;
- установки под двигатели;
- узлы и элементы конструкции, обеспечивающие взаимную силовую стыковку указанных частей и агрегатов.

Программа испытаний на сопротивление усталости должна как можно более полно воспроизводить типовые спектры нагружения в эксплуатации во всех критических местах с учетом влияния различных режимов и компонент нагружения, а также с учетом сочетания величин переменных нагрузок и движения подвижных элементов силовой конструкции.

Для решения этой проблемы необходимо совершенствовать расчетно-экспериментальные исследования по оценке прочностных характеристик элементов конструкций при наличии в них коррозионных поражений. Таким образом, несмотря на большие объемы теоретических и экспериментальных исследований, проблемы влияния коррозионных поражений на обеспечение безопасности полетов существуют как для «стареющих» самолетов, так и проектируемых. Методика определения оценки остаточной долговечности элементов конструкции при коррозионных поражениях и эксплуатационной нагруженности самолетов заключается в следующем:

- 1) проведение статистического анализ обобщенного параметра для конструктивных элементов планера самолета с коррозионными повреждениями;
- 2) получение значений теоретического и эффективного коэффициентов концентрации напряжений при коррозионных повреждениях элементов конструкции, необходимые для прогнозирования долговечности элементов конструкции;
- 3) получение фактических данных о характеристиках долговечности элементов конструкции планера самолета при различных видах коррозионных повреждений;

4) разработка методики оценки долговечности и предельного состояния по долговечности для типовых элементов конструкции планера самолета, пораженных коррозией;

Техническое обслуживание планера сводится в основном к дефектации обшивки планера и элементов фюзеляжа, работающих под действием избыточного давления в гермокабине, -- дверей и крышек люков, фонаря кабины пилотов, остекления пассажирских кабин; проверке узлов навески рулей, элеронов, закрылков, предкрылков и интерцепторов; периодической проверке систем запираания и отпираания входных и служебной дверей; работоспособности крышек аварийных выходов; смазке трущихся поверхностей.

Предотвращение появления коррозии, ее своевременное выявление и устранение являются важнейшими требованиями обслуживания планера. Для этого необходимо предохранять от механических повреждений элементы конструкции планера.

Во избежание повреждения антикоррозионного покрытия не допускается хождение по обшивке самолета в обуви без специальных чехлов или при отсутствии на обшивке мягких ковриков или матов; нельзя касаться обшивки стремянками, лестницами, шлангами, заправочными пистолетами и другим оборудованием, не обшитым в местах касания резиной или мягкой тканью; не разрешается класть на нее детали, инструмент и другие предметы, а снятые с самолета рули, закрылки, носки и панели крыла и прочее необходимо укладывать на козелки и стеллажи с мягкой обивкой. По этой же причине не допускается удаление льда с поверхностей самолета механическим путем.

Больше всего подвержены поражению коррозией места скопления пыли, грязи и влаги, а также места попадания на обшивку кислот, щелочей, масла, бензина и других вредно действующих жидкостей и их паров. Поэтому необходимо своевременно удалять загрязнения с обшивки и регулярно мыть внешнюю поверхность самолета, не допускать попадания воды в самолет. Если же вода попала в самолет, мокрые детали и агрегаты протереть насухо чистой салфеткой, а из труднодоступных мест воду удалить при помощи шприца и затем просушить теплым воздухом из подогревателя. Не следует допускать контактов металлических изделий с мокрой теплозвукоизоляцией. При техническом обслуживании самолета следить за чистотой дренажных отверстий для слива конденсата. Для защиты самолета от атмосферных осадков необходимо укрывать его чехлами. Чехлы надевать на чистые сухие поверхности. В теплое время года при техническом обслуживании самолета для удаления влаги производится проветривание кабин и багажных помещений фюзеляжа при открытых дверях, люках и форточках. При попадании кислоты или щелочи на самолет необходима немедленно ее удалить. Для этого тщательно несколько раз промыть пораженное место теплой водой с содой и нейтральным мылом, затем протереть чистой салфеткой. Особенно тщательно промыть и просушить сжатым воздухом зазоры. Случаи проливания кислоты или щелочи записывать в формуляр самолета и в течение месяца вести систематическое наблюдение за облитым кислотой участком.

На самолете особенно подвержены поражению коррозией подпольная часть фюзеляжа в районе багажных помещений, зонах расположения туалетных комнат, в отсеках аккумуляторов и агрегатов высотного оборудования, через которые выпускается воздух из гермокабины в атмосферу.

Признаком коррозии алюминиевых сплавов является появление на деталях белых и серых пятен, иногда имеющих вид черных точек. При коррозии магниевых сплавов появляется вспучивание лакокрасочного покрытия и рыхлый солевой налет грязно-белого цвета. Коррозия стальных деталей сопровождается образованием налета ржавчины.

Обработка пораженной коррозией детали сводится к удалению продуктов коррозии и защите поврежденного участка лакокрасочным покрытием.

Дефектация обшивки фюзеляжа, крыла, стабилизатора, киля, рулей, элеронов, закрылков, предкрылков (и их торцовых нервюр), интерцепторов, а также зализов, аэродинамических ребер производится для выявления трещин, пробоин, глубоких вмятин, царапин, деформации, нарушения лакокрасочных покрытий, ослабления заклепочных швов и болтовых соединений.

Необходимо проверять путем простукивания, нет ли на обшивке рулей, имеющей сотовую конструкцию, непроклеенных мест, а на обшивке закрылков, предкрылков и интерцепторов -- потертостей в местах прилегания к крылу.

Особо важно предотвратить появление дефектов на обшивке герметической части фюзеляжа. При выявлении царапин глубиной свыше 0,1 мм на обшивке толщиной до 1,2 мм и глубиной 0,15 мм на обшивке толщиной 1,5--3 мм эксплуатация самолета не разрешается без ремонта поврежденных мест.

Все указанные выше дефекты не допускаются, обшивка и другие элементы планера подлежат ремонту согласно соответствующей технологии. Ослабленные заклепки подтягиваются или заменяются, ослабленные винты и болты подтягиваются.

Дефектация входных, служебной и запасной дверей, аварийных выходов, форточек, крышек люков багажных помещений и эксплуатационных люков предусматривает выявление на их обшивке и окантовках фюзеляжа пробоин, глубоких вмятин, трещин, деформаций, царапин, ослабления заклепочных швов; проверяется исправность узлов навески и замков дверей и крышек люков, состояние резиновых профилей герметизации.

При наличии дефектов производится ремонт; неисправные замки ремонтируются или заменяются, резиновые профили заменяются.

Узлы навески рулей, элеронов, закрылков, предкрылков осматриваются на отсутствие люфтов, трещин, коррозии, надежность крепления кронштейнов, исправность контровок, исправность и надежное крепление лент металлизации.

Детали с трещинами, неисправные ленты металлизации и контровки заменяются.

Осмотр остекления фюзеляжа производится изнутри кабин при хорошей освещенности. Особое внимание обращается на отсутствие трещин, царапин, забоин и других механических повреждений. Органические стекла проверяются также на отсутствие «серебра» (мелких поверхностных трещин), триплексные

стекла на отсутствие отливов. Проверяется крепление стекол фонаря и прилегание их к каркасу. На остеклении допускаются волосяные царапины, отдельные неглубокие царапины -- риски, «серебро» в виде цепочки длиной не более 60 мм и шириной до 6 мм в количестве не более одной цепочки на деталь или «серебро» в виде отдельных пятен (не более трех) площадью до 2 см² по всей поверхности.

При появлении «серебра» необходимо следить за его развитием если оно увеличивается по размеру и возникает в других местах и общая площадь поражения превышает 6 см², стекло подлежит замене.

Стекло, имеющее большое количество царапин, мешающих видимости, полируется пастой ВИАМ-2. Полировка производится вручную тампоном из гигроскопической ваты с небольшим количеством пасты сначала вдоль царапины, затем поперек и окончательно круговыми движениями с легким нажимом без задержки на месте во избежание нагревания поверхности стекла.

Органические стекла нужно предохранять от ударов твердыми предметами и других механических повреждений, не подвергать длительному воздействию влаги и солнечных лучей и особенно важно не допускать действия органических растворителей и их паров (ацетона, дихлорэтана, этилового спирта, клея 88 и др.), вызывающих образование поверхностных микротрещин. От действия солнечных лучей и атмосферных осадков стекла защищаются самолетными чехлами.

Пыль и грязь с поверхности стекла удаляются мягкой чистой хлопчатобумажной тканью, смоченной в чистой воде, с последующей протиркой досуха сухой мягкой тканью.

Детали, на которых обнаружена коррозия, должны подвергнуться специальной обработке, заключающейся в удалении продуктов коррозии и в защите от дальнейшего ее распространения. При зачистке пораженных коррозией участков не следует стремиться к полному удалению коррозионных язвин, достаточно зачистить (сгладить) кромки язвин и удалить продукты коррозии с помощью жестких волосяных, травяных или щетинных щеток. Применение абразивных шкурок или металлических щеток запрещается из-за повреждения ими защитного слоя. При устранении коррозии на деталях из алюминиевых сплавов внутри самолета допускается применение наждачной пыли №200, нанесенной на ветошь, смоченную в чистом бензине. Коррозия на кронштейнах и деталях из магниевых сплавов устраняется стеклянной шкуркой №200, а внутри коррозионных язвин - шабером.

Поверхности рельсов предкрылков и закрылков должны быть чистыми и сухими, без следов масляной пленки, кожухи подъемников закрылков - чистыми и иметь на поверхности скольжения масляную пленку смазки «Эра», а винты подъемников предкрылков и закрылков смазаны слоем (тонким) смазки ЦИАТИМ-221 или «Эрой».

В процессе эксплуатации необходимо систематически следить за целостностью защитного покрытия обшивки герметической кабины. При проведении противокоррозионной обработки при температурах ниже 5°С необходимо выполнить запись в формуляре самолета.

Литература

1. Ступаков В.Я., Конкин Б.Б. Направление внешних силовых воздействий на самолет при выполнении полетного задания.
2. В сборнике: INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH сборник статей XII Международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2018. С. 51-54.
3. Овчаров П.Н., Ступаков В.Я., Конкин Б.Б., Биндус В.А., Бородин А.В., Коробкин С.В. Поддержание и сохранение летной годности воздушных судов В книге: Инновационное развитие: потенциал науки и современного образования монография. Пенза, 2018. С. 125-147.
4. Ступаков В.Я., Коробкин С.В. Конструктивные доработки камеры сгорания ГТД для повышения устойчивости горения топлива.
5. В сборнике: EUROPEAN RESEARCH сборник статей XV Международной научно-практической конференции : в 2 ч.. Пенза, 2018. С. 97-100.
6. Овчаров П.Н., Коробкин С.В. Производственные процессы технического обслуживания в условиях возможной реализация опасностей факторов производственной среды. В сборнике: INTERNATIONAL INNOVATION RESEARCH сборник статей XII Международной научно-практической конференции: в 3 частях. 2018. С. 55-58.
7. Коробкин С.В. Факторы, влияющие на выбор метода формирования пера лопаток компрессоров высокого давления газотурбинных двигателей В сборнике: Актуальные проблемы развития транспортных коммуникаций (Авиатранс-2017)Материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 216-221.

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.

ТЕРМИНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ТРАЕКТОРНОГО ДВИЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Аннотация: Статья посвящена решению задачи формирования терминального управления беспилотного летательного аппарата в условиях неопределенности текущих характеристик движения. При этом траектория

маневрирующего ЛА должна удовлетворять требованиям оптимальности некоторых заданных функций фазовых переменных в конечный момент времени и условиям прохождения его траектории через заданную терминальную область пространства. Начальные условия и динамические возможности ЛА в начальный момент времени считаются известными. Управление ЛА формируется его бортовыми средствами навигации и наведения в реальном масштабе времени на основе нелинейного позиционного управления с обратной связью.

Целью работы является построение алгоритма решения задачи синтеза терминального управления движением центра масс высокоскоростного беспилотного летального аппарата, позволяющего осуществлять терминальное управление в функции текущих координат объекта.

Рассмотрение задачи в такой постановке отличает ее от классических и требуют поиска эффективных в вычислительном отношении способов ее решения.

Ключевые слова: летательный аппарат, терминальные условия, траектория, управление.

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

TERMINAL SYSTEM FOR STABILIZING THE TRAJECTORY OF AN UNMANNED AERIAL VEHICLE

Abstract. The article is devoted to solving the problem of forming terminal control of an unmanned aerial vehicle in conditions of uncertainty of current motion characteristics. At the same time, the trajectory of the maneuvering aircraft must meet the optimality requirements of some given functions of phase variables at a finite time and the conditions for passing its trajectory through a given terminal region of space. The initial conditions and dynamic capabilities of the aircraft at the initial moment of time are considered known. The control of the aircraft is formed by its on-board navigation and guidance means in real time on the basis of nonlinear positional control with feedback.

The aim of the work is to construct an algorithm for solving the problem of synthesis of terminal control of the center of mass movement of a high-speed unmanned aerial vehicle, which allows terminal control in the function of the current coordinates of the object. Consideration of the problem in this formulation distinguishes it from the classical demand efficient computationally of ways to solve it.

Consideration of the problem in this formulation distinguishes it from the classical ones and requires the search for computationally efficient ways to solve it.

Keywords: aircraft, terminal conditions, trajectory, control.

При управлении движением беспилотного летательного аппарата (БПЛА) на конечном участке полета терминальная система стабилизации параметров движения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) должна обеспечить выполнение граничных или краевых условий определённой структуры. Стабилизация осуществляется относительно опорной траектории рассчитанной предварительно до старта или формируемой в процессе полета в контуре наведения. В первом случае задача решается системой априорного программного управления, а во втором – системой текущего итерационного управления [2,3]. Терминальная система стабилизации в обоих случаях функционирует аналогично и отличается только составом бортовых алгоритмов. Во втором случае нет необходимости осуществлять стабилизацию параметров движения центра масс БПЛА, ограничиваясь алгоритмами угловой ориентации и стабилизации [3]. Управляющие воздействия, входящие в правые части уравнений состояния (движения) [1,3] в матричной форме можно записать в следующем виде:

$$\dot{x} = f(x, u, v); \quad x(t_0) = x_0 \quad (1)$$

Здесь x - вектор состояния; u - управляющий вектор; f - вектор правых частей уравнений состояния; x_0 - вектор начального состояния; V - вектор возмущений. Будем рассматривать движение БПЛА как динамической управляемой системы на конечном участке траектории, определяемом интервалом (t_0, t_k) , где t_k – конечный момент управляемого движения: $t \in (t_0, t_k)$.

Краевые условия движения задаются системой функционалов Q , зависящих в общем случае от векторов конечного состояния X_k и конечного управления U_k :

$$Q(x_k, u_k) = 0; \quad Q = (q_1, q_2, \dots, q_n). \quad (2)$$

Для БПЛА рассматриваемого типа такими краевыми условиями могут быть следующие:

1. $y_k=0$ - требование отсутствия отклонения центра масс вдоль нормали к опорной траектории в конечной точке,
2. $V_{y_k} = 0$ - требование отсутствия отклонения полной скорости в направлении нормали к опорной траектории в конечной точке,
3. $W_{y_k} = 0$ - то же в отношении кажущейся скорости,
4. $V_k = 0$ - требование отсутствия отклонения продольной оси ЛА от требуемого ее положения по углу тангажа в конечной точке,
5. $\omega v_k = 0$ требование отсутствия угловой скорости ЛА по тангажу в конечной точке,
6. $\delta v_k = 0$ - требование отсутствия отклонения управляющего органа в конечной точке.

В этих примерах величины y , V_y , W_y , v , относятся к компонентам вектора состояния X , а величина δv - к вектору управления ($\delta v = u$).

Краевые условия (2) должны быть достигнуты к определённому моменту времени t_k , причём одновременно. Однако этот момент t_k , вообще говоря, может быть и не фиксированным. В общем случае условие окончания управляемого

движения можно записать в виде:

$$\phi(X_k) = 0 \quad (3)$$

Здесь ϕ - скалярный функционал, зависящий от параметров вектора конечного состояния. Скорость $\dot{\phi}_k$ изменение функционала ϕ в момент t_k должна быть отлична от нулевой, с тем чтобы условие (3) непременно выполнялось.

В качестве конечных условий окончания полета БПЛА можно выбрать следующие: 1. $t_k - t=0$ -окончание по времени (момент t_k фиксирован),

2. $W_{x_k} - W_x = 0$ - окончание по кажущейся скорости (W_x - текущее значение продольной компоненты кажущейся скорости, W_{x_k} - её требуемое конечное значение).

3. $R - R_k = 0$ - окончание по геоцентрическому расстоянию (R - текущее расстояние до центра Земли, R_k - расстояние до центра Земли в точке окончания управляемого участка движения).

В качестве универсального параметра, позволяющего осуществить привязку терминального управления к моменту t_k и тем самым зафиксировать правый конец траектории, целесообразно использовать время $t_{\text{ост}}=t_k-t$, остающееся от текущего момента t (на пример, момент начала снижения для посадки) до момента t_k . Оценка этого параметра может быть получена путём деления текущего значения функционала ϕ на оценку скорости $\dot{\phi}$ его изменения во времени; так, для примера 2): $\hat{t}_{\text{ост}}=\frac{W_{x_k}-W_x}{\hat{w}}$, а для условия 3: $\hat{t}_{\text{ост}}=\frac{R-R_k}{\hat{R}}$, где \hat{w} и \hat{R} оценки значений продольного кажущегося ускорения и радиальной скорости ЛА.

Законы управления, получаемые при синтезе терминальных регуляторов, являются линейными с переменными коэффициентами []. Однако системы управления, включающие такие регуляторы в целом могут быть нелинейными по следующим причинам:

- в случаях значительных отклонений параметров движения объекта управления от их значений на опорной траектории уравнения состояния (2) становятся существенно нелинейными и отличаются от уравнений типа (1);

- в ряде случаев нелинейными характеристиками обладают органы управления. Типичной нелинейностью такого рода является ограниченность отклонения такого органа от его «нулевого» положения. Так, для поворотного сопла реактивного двигателя указанная нелинейность принимает вид следующего ограничения: $|\delta_v| \leq \delta_{\text{max}}$, где δ_{max} - максимально допустимая величина отклонения сопла в начале тангажа. При управлении движением центра масс ЛА путём создания балансировочного угла атаки рассматриваемая нелинейность имеет вид $|\alpha| \leq \alpha_{\text{max}}$, где α_{max} , - предельное значение угла атаки, которое может быть создано при текущих значениях параметров движения ЛА в атмосфере;

- в некоторых задачах необходимо учитывать ограничение в скорости перемещения органа управления его приводом. Данная нелинейность для привода поворотного сопла реактивного двигателя, например, имеет вид $|\dot{\delta}_v| \leq \delta_{\text{max}}$, где δ_{max} - предельная скорость перемещения, развивается приводом с учетом сопротивления этому перемещению.

Все или некоторые из перечисленных нелинейностей необходимо

имитировать при математическом моделировании замкнутой системы управления для исследования их влияния на качество и точность процессов управления по достижению требуемых конечных параметров. В частности, такое моделирование позволяет определить минимально-допустимое время работы ТСС, которое позволяет решить поставленную задачу при предельных разбросах возмущающих параметров и тем самым оптимизировать быстрдействие системы или затраты энергетических ресурсов БПЛА.

Задача синтеза терминального управления заключается в создании такой ТСС, которая устойчиво и с высокой точностью выполняет все граничные условия в характерной точке траекторий движения БПЛА путём непрерывной коррекции опорного управления.

Первым этапом ее решения является аналитическое конструирование линейного регулятора. С этой целью производится линеаризация уравнения состояния (2) в окрестности опорной траектории.

Общий вид линеаризованного уравнения:

$$\frac{d}{dt} \delta_x = \frac{Df}{Dx} \delta_x + \frac{Df}{Du} \delta_u + \frac{Df}{Dv} \delta_v \quad (4)$$

Здесь $\delta_x, \delta_u, \delta_v$ - отклонения (вариации) параметров состояния, управления и возмущения от их значений на опорной траектории; $\frac{Df}{Dx}, \frac{Df}{Du}, \frac{Df}{Dv}$ – матрицы производных правых частей уравнения (2) по параметрам x, u и v соответственно. В дальнейшем с тем, чтобы не смешивать обозначение вариаций с отклонением органов управления символ δ в вариациях параметров будет отпущен.

С использованием методов первой вариации можно показать [1], что в окрестности опорного движения справедливо следующее соотношение:

$$Q = \frac{DQ}{DU_k} U(t_k) + \psi(t)x(t) + \int_t^{t_k} K_Q^u(\tau)u(\tau)d\tau + \int_t^{t_k} K_Q^v(\tau)v(\tau)d\tau; \quad (5)$$

Здесь ψ – матричное решение уравнения

$$\dot{\psi} = -\frac{Df}{Dx} \psi \quad (6)$$

сопряженного к однородному линеаризованному уравнению состояния

$$\dot{x} = \frac{Df}{Dx} x \quad (7)$$

вектор Q – вектор желаемого изменения регулируемых конечных параметров по сравнению с их нулевыми опорными значениями (3); $K_Q^u = \psi \frac{Df}{Du}$ и $K_Q^v = \psi \frac{Df}{Dv}$ – матрицы – функции интегрального влияния вариаций управления u и возмущения v на векторный функционал Q ; $\frac{DQ}{DU_k}$ – матрица сингулярного («единичного» сосредоточенного в конечной точке) влияния вариации конечного управления $U(t_k) = U_k$ на функционал Q ; T – символ транспортирования матрицы $\frac{Df}{Dx}$.

Граничное условие для сопряженной системы (6) задается на правом конце траектории и имеет вид:

$$\psi(t_k) = \frac{DQ}{Dx_k} \quad (8)$$

где $\frac{DQ}{Dx_k}$ матрица частных производных векторного функционала Q по параметрам конечного состояния X_k .

Для решения интегрального уравнения (6) относительно искомого корректирующего управления U последнее задаётся в виде следующей линейной формы:

$$U = e \cdot \alpha \quad (9)$$

Здесь e - матрица базисных функций пространства U функций корректирующего управления; α - подлежащий определению постоянный векторный множитель, размерность которого совпадает с числом n краевых условий (3).

Постоянство множителя α позволяет перейти от решения интегрального уравнения (6) к решению системы алгебраических уравнений относительно компонент вектора α (свободных параметров управления) в предположении, что возмущение V будет постоянным на остающемся интервале (t, t_k) управляемого движения. Для этого достаточно подставить корректирующее управление в форме (10) в уравнение (5). В результате получим:

$$Q = (K_c^u + K_n^u)\alpha + \psi x + K_n^v \cdot V \quad (10)$$

Здесь $K_c^u = \frac{DQ}{DU_k}(t_k)$ - матрица сингулярной эффективности корректирующего управления; $K_n^u = \int_t^{t_k} K_Q^u(\tau) v(\tau) d\tau$ - матрица интегральной эффективности управления.

$K_n^v = \int_t^{t_k} K_Q^v(\tau) d\tau$ - матрица интегральной эффективности возмущения.

В качестве основных компонент матрицы базисных функций целесообразно использовать компоненты матрицы K_Q^u , которые являются импульсными переходными функциями влияния управляющего воздействия и на регулируемые терминальные параметры q_i , так как они являются компонентами градиента функционала Q в пространстве U , а форма (10) есть шаг по градиенту для спуска в точку минимума (нуля) невязок краевых условий (3).

В тех случаях, когда компоненты вектора зависят не только от параметров X_k конечного состояния, но и от параметров конечного управления, некоторые компоненты матрицы K_Q^u могут оказаться нулевыми. В этих случаях необходимо выбрать соответствующие дополнительные базисные функции. В качестве их следует использовать такие функции, которые линейно независимы от компонент матрицы-функции $K_Q^u(t)$ поскольку это обеспечивает невырожденность матрицы $K_\Sigma = K_c^u + K_n^u$ суммарной эффективности корректирующего управления и существование решения системы (10) алгебраических уравнений относительно вектора α . Искомое решение имеет форму:

$$\alpha = K_\Sigma^{-1} (Q - \psi \cdot x - K_n^v \cdot V) \quad (11)$$

Подстановка этого решения в линейную форму (10) завершает аналитическое конструирование регулятора конечных параметров в части синтеза закона управления в форме обратной связи. Закон управления принимает следующий вид:

$$U = A \cdot X + B \cdot Q + C \cdot V \quad (12)$$

Здесь A – матрица-функции усиления по параметрам X текущего состояния; B – матрица-функции усиления по терминальным параметрам q ; C – матрица-функции усиления по возмущающим параметрам V . Развёрнутые выражения для матрицы A, B и C имеют следующую форму:

$$\begin{cases} A = -eK_{\Sigma}^{-1}\psi \\ B = eK_{\Sigma}^{-1} \\ C = -eK_{\Sigma}^{-1}K_n^v \end{cases} \quad (13)$$

Здесь K_{Σ}^{-1} , – обращенная матрица суммарной эффективности управления. Аргументом матриц A, B и C является параметр $t_{\text{ост}}$.

Для того, чтобы элементы матриц A, B и C выражались в конечном виде, необходимо, чтобы в конечном виде брались определённые интегралы, являющиеся компонентами матриц K_n^u и K_n^v . В свою очередь, для этого необходимо существование аналитического решения сопряженного уравнения (6) с граничными условиями (8) и предположение о постоянстве матриц $\frac{Df}{Du}$, $\frac{Df}{Dv}$ чувствительности правых частей уравнения состояния (2) к управляющим и возмущающим воздействиям.

Для получения аналитического решения уравнения (6) следует принять предположение о постоянстве матрицы $\frac{Df}{Dx}$ коэффициентов однородного линеаризованного уравнения движения (7).

Вид аналитического решения сопряженного уравнения зависит от типа ЛА и модели его движения. Так, если объектом управления является ЛА как твердое тело, движущееся в безвоздушном пространстве под действием реактивных сил, решение находится в классе многочленов; если объектом управления является центр масс ЛА, движущего в атмосфере и управляемого с помощью аэродинамических сил, в решении появляются экспоненциальные функции, и т.д. В соответствии с этим элементами матриц усиления A, B и C могут быть дробные функции, в числители и знаменатели которых входят многочлены, экспоненты и другие функции, а также различные их комбинации.

Пример. Рассмотрим траекторное движение БПЛА как твёрдого тела. Конструктивно-компоновочная схема ЛА предусматривает, что перемещение органа управления создает только управляющий момент. Линеаризованные уравнения движения в плоскости тангажа при отсутствии силовых возмущений имеют вид:

$$\begin{cases} \frac{dV_y}{dt} = \alpha \cdot v \\ \frac{dv}{dt} = \omega_v \\ \frac{d\omega_v}{dt} = B \cdot \delta_v \end{cases} \quad x = \begin{pmatrix} V_y \\ v \\ \omega_v \end{pmatrix}; \quad \frac{Df}{Dx} = \begin{pmatrix} 0 & a & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{pmatrix} \quad (14)$$

Здесь a и b – обозначения, принятые для коэффициентов $Cv_y v$ и $Cv \delta$ в целях сокращения записи (величины постоянные); V_y – скорость движения центра масс ЛА (в направлении y , ортогональном направлении X опорного движения, в качестве которого принимается прямолинейное поступательное; V – отклонение

продольной оси ЛА от оси x ; ω_v - угловая скорость ЛА в плоскости xu ; δ_v - эквивалентное перемещение органов управления в неповоротных сопловых блоках ЛА, создающее управляющий момент за счёт разности тяг этих блоков ($\delta_v = u$).

Пусть от ТСС требуется выполнить следующие краевые условия: обеспечить ориентацию продольной оси ЛА в конечной точке по оси x , обнулить поперечную скорость V_y поступательного движения и погасить угловую скорость в той же точке. Тогда условия (3) принимают вид:

$$\begin{cases} V_{yk} = 0 & V_{yk} = q_1 \\ \mathcal{V}_k = 0 & \mathcal{V}_k = q_2 \\ \omega_{vk} = 0 & \omega_{vk} = q_3 \end{cases} \quad (15)$$

Сопряженные уравнения в рассматриваемом примере имеют форму:

$$\begin{cases} \dot{\Psi}_V = 0 \\ \dot{\Psi}_v = -a\Psi_v \\ \dot{\Psi}_\omega = -\psi_v \end{cases} \quad \text{или} \quad \begin{pmatrix} \dot{\Psi}_V \\ \dot{\Psi}_v \\ \dot{\Psi}_\omega \end{pmatrix} = - \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0 \\ a & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Psi_V \\ \Psi_v \\ \Psi_\omega \end{pmatrix} \quad (16)$$

а граничные условия для них – следующий вид:

$$\psi(t_k) = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (17)$$

Произвольное решение сопряженной системы имеет форму:

$$\begin{cases} \Psi_V = \psi_V(t_k) \\ \Psi_v = \psi_v(t_k) + a \psi_V(t_k)t_{\text{ост}} \\ \Psi_\omega = \psi_\omega(t_k) + \psi_v(t_k)t_{\text{ост}} + \frac{1}{2}a\psi_V(t_k)t_{\text{ост}}^2 \end{cases} \quad (18)$$

Постоянные интегрирования $\psi_V(t_k)$, $\psi_v(t_k)$, $\psi_\omega(t_k)$ определяются граничными условиями (18) т.е. элементами матрицы $\psi(t_k)$; частые решения системы (16) имеют вид:

$$\begin{cases} \psi_{q1}(t_{\text{ост}}) = (1; a_{t_{\text{ост}}}^v; \frac{1}{2}at_{\text{ост}}^2) \\ \psi_{q2}(t_{\text{ост}}) = (0; 1; t_{\text{ост}}) \\ \psi_{q3}(t_{\text{ост}}) = (0; 0; 1) \end{cases} \quad (19)$$

А матричное решение сопряженного уравнения принимает форму:

$$\psi = \begin{pmatrix} 1 & at_{\text{ост}} & \frac{1}{2}at_{\text{ост}}^2 \\ 0 & 1 & t_{\text{ост}} \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (20)$$

Функции интегрального влияния управляющего воздействия на регулируемые конечные параметры в настоящем примере (элементы матрицы K_Q^u), а также матрица $\frac{Df}{Du}$ имеют вид:

$$\frac{Df}{Du} = \frac{Df}{D\delta_v} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}; K_{V_{yk}}^{\delta_v} = \frac{ab}{2}t_{\text{ост}}^2; K_{v_k}^{\delta_v} = vt_{\text{ост}}; K_{\omega_{vk}}^{\delta_v} = b.$$

Поскольку все функции влияния линейно независимы как многочлены нулевой, первой и второй степени от $t_{\text{ост}}$, они могут быть взяты в качестве

элементов базиса е:

$$e_1 = K_{V_{yk}}^{\delta_v} = \frac{ab}{2} t_{\text{ост}}^2; \quad e_2 = K_{v_k}^{\delta_v} = vt_{\text{ост}}; \quad e_3 = K_{\omega_{vk}}^{\delta_v} = v.$$

Граничные условия (16) не зависят от конечного управления $\delta_{vk}(t_k) = \delta_{vk}(\frac{DQ}{D\delta v_k} = 0)$, поэтому матрица K_n^u в рассматриваемом примере оказывается

нулевой. Матрица K_n^v имеет форму: $K_n^u = \int_{t_{\text{ост}}}^0 K_Q^u (K_Q^u)^T d\xi = \int_{t_{\text{ост}}}^0 K_Q^{\delta v} (K_Q^{\delta v})^T d\xi$;

В развернутом виде она принимает вид:

$$K_n^u = \begin{pmatrix} \frac{a^2 b^2}{20} t_{\text{ост}}^5 & \frac{ab^2}{8} t_{\text{ост}}^4 & \frac{ab^2}{6} t_{\text{ост}}^3 \\ \frac{ab^2}{8} t_{\text{ост}}^4 & \frac{b^2}{3} t_{\text{ост}}^3 & \frac{b^2}{2} t_{\text{ост}}^2 \\ \frac{ab^2}{6} t_{\text{ост}}^3 & \frac{b^2}{2} t_{\text{ост}}^2 & b^2 t_{\text{ост}} \end{pmatrix} \quad (21)$$

В данном примере матрица K_Σ суммарной эффективности управления равна матрице интегральной эффективности. Ее определитель равен $\frac{a^2 b^6}{8640} t_{\text{ост}}^9$, а обратная ей матрица K_Σ^{-1} , фигурирующая в формулах (13) для матриц усиления, имеет вид:

$$K_\Sigma^{-1} = (K_n^u)^{-1} = \begin{pmatrix} \frac{720}{a^2 b^2 t_{\text{ост}}^5} & \frac{-360}{ab^2 t_{\text{ост}}^4} & \frac{60}{ab^2 t_{\text{ост}}^3} \\ \frac{-360}{ab^2 t_{\text{ост}}^4} & \frac{192}{b^2 t_{\text{ост}}^3} & \frac{-36}{b^2 t_{\text{ост}}^2} \\ \frac{60}{ab^2 t_{\text{ост}}^3} & \frac{-36}{b^2 t_{\text{ост}}^2} & \frac{9}{b^2 t_{\text{ост}}} \end{pmatrix} \quad (22)$$

Поскольку прогнозируемые на остающемся интервале управляемого движения силовые возмущения отсутствуют, матрица K_u^v интегральной эффективности возмущения, а вместе с ней и матрица усиления по возмущающим параметрам, равны нулевым (отсутствуют). Матрицы-функции А и В усиления по текущим и терминальным параметрам, вычисленные по первым двум формулам (13), принимают форму:

$$A(t_{\text{ост}}) = \left(-\frac{60}{abt_{\text{ост}}^3}; -\frac{36}{bt_{\text{ост}}^2}; -\frac{9}{bt_{\text{ост}}} \right) \quad (23)$$

$$B(t_{\text{ост}}) = \left(\frac{60}{abt_{\text{ост}}^3}; -\frac{24}{bt_{\text{ост}}^2}; \frac{9}{bt_{\text{ост}}} \right) \quad (24)$$

Как видим, в рассматриваемой задаче элементы матриц усиления являются дробно-рациональными функциями времени $t_{\text{ост}}$, остающегося до окончания управляемого движения.

Закон управления в форме обратной связи по текущим и терминальным параметрам имеет вид:

$$\delta_v = -\frac{60}{abt_{\text{ост}}^3} V_y - \frac{36}{bt_{\text{ост}}^2} \mathcal{V} - \frac{9}{bt_{\text{ост}}} \omega_v + \frac{60}{abt_{\text{ост}}^3} V_{yk} - \frac{24}{bt_{\text{ост}}^2} \mathcal{V}_k + \frac{9}{bt_{\text{ост}}} \omega_{vk}. \quad (25)$$

Формирование параметров, входящих в закон управления РКП, и вопросы реализации алгоритма терминального управления.

К числу параметров, входящих в закон терминального управления, относятся в общем случае:

- параметры текущего состояния,
- параметры модели объекта управления,
- терминальные параметры,

- аргумент терминального управления,
- константы закона терминального управления,
- идентифицированные возмущающие параметры.

Для формирования параметров текущего состояния – фазовых переменных X , фигурирующих в законе управления РКП – используются: результаты измерений параметров движения, полученные с помощью навигационных приборов; результаты вычислений в навигационной системе управления исходных кинематических параметров движения; установки значений терминальных параметров, задаваемых РКП контуром наведения в качестве целеуказаний; величины, определяющие системы координат, в которых ведется терминальное управление.

Как показывает закон управления (25), при приближении к конечной точке, где аргумент $t_{\text{ост}}$ стремится к нулю, коэффициенты усиления стремятся к бесконечности. Разумеется, в БЦВМ могут вычисляться лишь ограниченные величины, поэтому во избежание получающейся особенности производится «фиксация» терминального управления в малой окрестности конечной точки. Эта операция может выполняться различными способами:

- путём фиксации аргумента терминального управления при достижении им заданной малой величины Δ ($t_{\text{ост}} = \Delta \forall t \in [t_k - \Delta, t_k]$), в этом случае система стабилизации на остающемся интервале должна иметь время на устранения невязок краевых условий;

- путём фиксации значения управляющего воздействия и в момент $(t_k - \Delta)$ достижения Δ -окрестности конечной точки (так называемая «заморозка управления» с помощью экстраполятора нулевого порядка);

- путем фиксации скорости измерения управляющего воздействия и в момент $(t_k - \Delta)$ достижения той же окрестности (так называемая «фиксация скорости изменения управления» с помощью экстраполятора первого порядка).

Константы закона терминального управления, полученные на этапе аналитического конструирования ТСС закладываются в память БЦВМ заранее или оперативно (перед пуском в полёте по командному радиоканалу). При необходимости смены структуры регулируемых краевых условий на борт ЛА (в БЦВМ) могут быть заложены различные наборы соответствующих констант.

Матрица C коэффициентов усиления по параметрам определяется заранее на стадии аналитического конструирования ТСС, а её элементы закладываются в память БЦВМ до полета ЛА.

В соответствии с определенными зависимостями функциональная структура терминальной системы стабилизации и регулирования конечных параметров включает следующие блоки: блок динамики БПЛА, измерительно-навигационный блок, навигационный вычислитель, усилительно-преобразовательный блок, программно-установочный блок и исполнительные органы и представлена на рис. 1

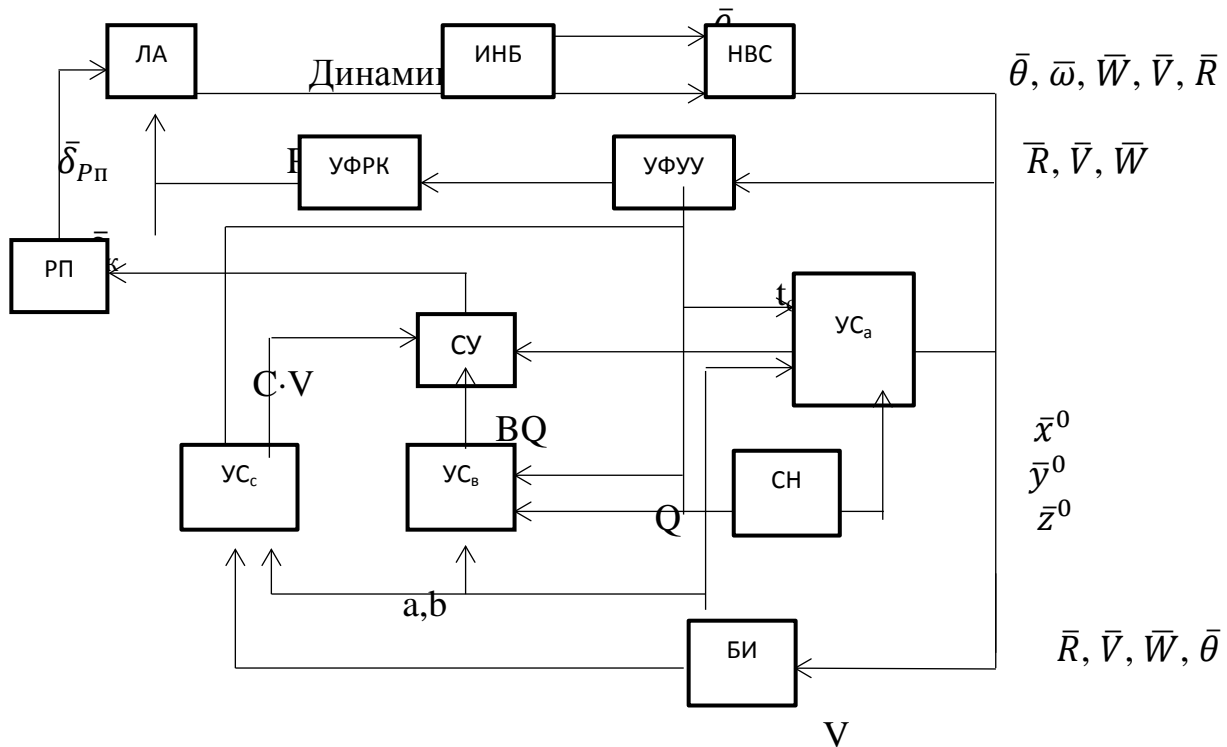


Рис.1- Терминальная система стабилизации БПЛА

БПЛА – исследуемый объект управления, в соответствии с выбранной математической моделью, описывается кинематическими и динамическими уравнениями. Изменение параметров движения воспринимаются комплексом инерциальных измерительных приборов инерциального навигационного блока (ИНБ), который содержит акселерометры, расположенные на платформе трехосного гироскопического стабилизатора (ТГС). Акселерометры измеряют кажущее ускорение $\dot{\bar{W}}$. Датчики углов тангажа, рыскания и крена, стоящие на осях карданова подвеса ТГС, измеряют углы Эйлера-Крылова $\mathcal{V}_Г, \Psi_G, \Upsilon_G$ которые определяют ориентацию корпуса ЛА относительно инерциальной системы координат (ИСК) и являются компонентами вектора $\bar{\theta}$. В навигационном вычислителе (НВ) решается навигационная задача по вычислению текущих параметров поступательного и вращательного движения ЛА, в результате чего определяются: вектор положения центра масс ЛА в инерциальной системе координат; векторы кажущейся (\bar{W}) и абсолютной (\bar{V}) скорости его движения в инерциальной системе координат; вектор $\bar{\omega}$ угловой скорости движения БЛА относительно центра масс.

В устройстве формирования управления (УФУ) вычисляется функционал ϕ окончания соответствующего участка управляемого полета и аргумент ($t_{ост}$) терминального управления. Текущее значение функционала ϕ поступает в устройство формирования разовых команд (УФРК), которое является исполнительным органом и при выполнении условия $\phi=0$ выдаёт разовую команду (например, на изменение аэродинамических поверхностей ЛА).

Текущее значение аргумента терминального управления подаётся в усилители по текущим ($УС_A$), терминальным ($УС_B$) и возмущающим ($УС_C$) параметрам, в которых производится формирование коэффициентов передачи

(усиления) по соответствующим параметрам, входящим в закон регулирования системы стабилизации.

В блоке идентификации (БИ) производится идентификация возмущений (V) и параметров (a, b) объекта управления, которые поступают в усилители для их коррекции (подстройки), т.е. адаптации к реальным условиям полёта БПЛА.

Из системы наведения (СН) в усилители $УС_A$ поступают параметры, определяющие ориентацию осей терминальной системы координат ($\bar{x}^0, \bar{y}^0, \bar{z}^0$) и необходимые для формирования вектора X текущих фазовых переменных, входящих в закон терминального управления ТСС. Кроме того, из СН на вход усилителя $УС_B$ поступают значения уставок Q , позволяющие изменять опорные значения терминальных параметров.

В суммирующем устройстве СУ производится суммирование трёх слагаемых $A \cdot x, B \cdot Q, C \cdot V$, формируемых согласно формуле (13) в блоках $УС_A, УС_B, УС_C$. Результатом вычисления является командный сигнал $\bar{\delta}_k$, который поступает на рулевые приводы органов управления (РП), приводящие в действие исполнительные органы, перемещение которых определяется вектором $\bar{\delta}_{рм}$. Часть алгоритмов функциональных блоков представленной схемы реализуется бортовой ЭВМ БПЛА.

Литература

1. Воробьев В. Г., Кузнецов С. В.. Автоматическое управление полетом самолетов: Учеб. для вузов.-М: Транспорт. 1995.-448 с.
2. Батенко А.П. Системы терминального управления. М.: Радио и связь. 1984.
3. Половинчук Н.Я., Щербань И.В. Методы и алгоритмы терминального управления движением летательных аппаратов. МО РФ, 2004.
4. Разыграев А.П. и др. Системы Терминального управления космических летательных аппаратов. М, Наука, 1976.
5. Аппазов Р.Ф., Сытин О.Г. Методы проектирования траекторий носителей и спутников. М, Наука, 1987.
6. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М, Наука, 1971.
7. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М, Наука, 1967.
8. MATCHCAD 6.0 PLUS/ Финансовые, инженерные и научные расчеты в среде Windows 95. М.: Информационно-издательский дом "Филинь", 1997.

Ландышева Ольга Николаевна

Преподаватель, Институт водного транспорта им. Г.Я. Седова

Ландышев Владимир Александрович

*Доцент кафедры «Информационные технологии», Донской Государственный
Технический университет, Ростов-на-Дону, к.т.н.*

ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ МАЛОГО АВИАПРЕДПРИЯТИЯ

Аннотация: в настоящей работе рассматриваются вопросы перевода учебного процесса ВУЗа на отечественное программное обеспечение.

Ключевые слова: импортозамещение, аутентификация служба каталогов российское программное обеспечение, замена общесистемного программного обеспечения.

Landysheva Olga Nikolaevna

Teacher of IVT named after G. ya. Sedov

Landyshev Vladimir Alexandrovich

*associate Professor of the Department «Information technologies»
FGBOU VPO «Don state technical university»*

PROBLEMS OF IMPORT SUBSTITUTION OF A CENTRALIZED SYSTEM OF USER AUTHENTICATION INFORMATION SYSTEM FOR A SMALL AIRLINE ENTERPRISE

Abstract: this article is devoted to the problems of replacing the user authentication service based on Russian solutions, replacement of system software

Keywords: import substitution, Russian software, authentication, directory service.

Система централизованной аутентификации пользователей в сети авиапредприятия является ключевой общесистемной службой обеспечивающих аутентификацию пользователей и дальнейшую их авторизацию при доступе к системам и сервисам.

На протяжении последних двадцати лет в большинстве случаев для реализации данного функционала использовалась служба каталогов, реализованная на базе программного продукта Microsoft Active Directory. Данная служба реализует аутентификацию по протоколу Kerberos RFC 1510 [1] и сетевую базу данных использующую протокол LDAP RFC 4511 [2]. Программная архитектура системы аутентификации приведена в [3] и представлена на рис 1

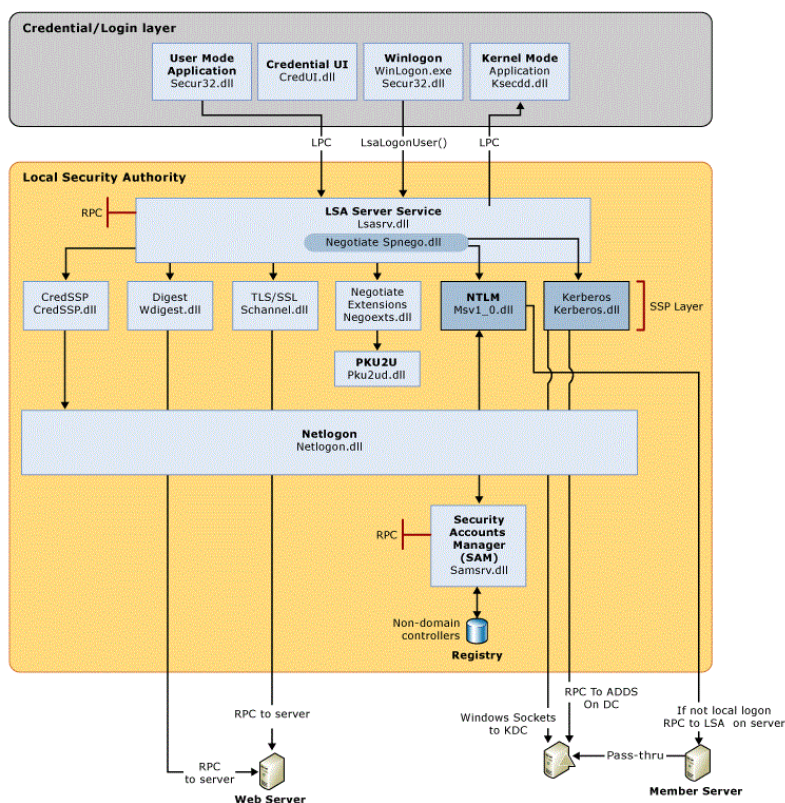


Рисунок 1. Система аутентификации пользователей

В таблице 1 приведено описание основных программных компонентов.

Таблица 1. Компоненты системы аутентификации

Компонент	Описание
Вход пользователя в систему	Winlogon.exe — это исполняемый файл, ответственный за управление безопасным взаимодействием с пользователем.
Вход в приложение	Для входа в приложение или службу, для которых не требуется интерактивный вход. Большинство процессов, инициируемых пользователем в пользовательском режиме с помощью Secur32.dll, а процессы, инициированные при запуске, такие как службы, выполняются в режиме ядра с помощью Ksecdd.sys.
Secur32.dll	Несколько поставщиков проверки подлинности, которые формируют основу процесса проверки подлинности.
Lsasrv.dll	Служба сервера LSA, которая применяет политики безопасности и выступает в качестве диспетчера пакетов безопасности для LSA. LSA содержит функцию «Согласование», которая выбирает протокол NTLM или Kerberos после определения успешного выполнения протокола.
Поставщики	Набор поставщиков, которые могут вызывать по

Компонент	Описание
поддержки безопасности	отдельности один или несколько протоколов проверки подлинности.
Netlogon.dll	Службы, которые выполняет служба net Logon, выполняются следующим образом: — поддерживает безопасный канал компьютера (не путать с Schannel) на контроллер домена. — передает учетные данные пользователя через безопасный канал контроллеру домена и возвращает идентификаторы безопасности домена (SID) и права пользователя для пользователя. — публикует записи ресурсов службы в системе доменных имен (DNS) и использует DNS для разрешения имен в IP-адресах контроллеров домена. — реализует протокол реплика tion на основе удаленного вызова процедуры (RPC) для синхронизации основных контроллеров домена (PDCs) и контроллеров домена резервного копирования (BDCs).
Samsrv.dll	Диспетчер учетных записей безопасности (SAM), в котором хранятся локальные учетные записи безопасности, применяет локальные хранимые политики и поддерживает API.
Реестр	Реестр содержит копию базы данных SAM, параметры локальной политики безопасности, значения безопасности по умолчанию и сведения об учетной записи, доступные только системе.

В большинстве случаев ситуация усугубляется наличием в многолетней эксплуатации большого количество программно-аппаратных комплексов, использующих данную систему аутентификации. В настоящее время фактически отсутствует возможность приобретения обновление и подписки на данные программные продукты что делает актуальным вопрос поиска адекватной замены для данных видов сервисов.

В настоящее время авиапредприятия рассматривают вопрос замены зарубежной системы на отечественные решения.

В связи с тем, что в своей сущности отечественные операционные продукты являются GNU Linux системами в основе службы аутентификации пользователей реализованной в программных продуктах лежат системы FreeIPA и Samba

FreeIPA был разработан Red Hat – американской компанией, которая является одним из ведущих мировых производителей операционных систем на ядре Linux и в настоящее время распространяется по лицензии свободного программного обеспечения.

Решение работает только с компьютерами под ОС на ядре Linux, но не умеет управлять пользователями, в свою очередь Samba предназначена для

замены контроллера домена Windows и управления Windows-машинами и пользователями этой ОС.

Для организации совместимого с Windows файлохранилища FreeIPA использует механизмы Samba. Отечественные продукты построенные по данной технологии включают в себя:

«Альт Домен» [5] производства «Базальт СПО» — это единый центр управления компьютерами и учетными записями пользователей. Он представляет собой Samba-сервер и набор графических и консольных приложений, с помощью которых администратор может создавать, редактировать и применять групповые политики, влияя на конфигурации компьютеров и доступные пользователям ресурсы;

РЕД АДМ [6] разработки фирмы «РЭД СОФТ». Сервер разработки позволяет управлять контроллером домена и автоматизирует типовые задачи администратора с парком рабочих станций и серверов на базе РЕД ОС. Система имеет веб-интерфейс управления. Продукт имеет модульную структуру и может агрегировать в себе множество модулей администрирования различного назначения.

По пути воспроизведения функционал системы ActiveDirectory пошла ГК «Астра» и создала продукт Astra Linux Directory (ALD) который представляет из себя систему управления единым пространством пользователей. Таким образом, ALD является надстройкой над технологиями LDAP, Kerberos 5, CIFS и обеспечивает автоматическую настройку всех необходимых файлов конфигурации служб, реализующих перечисленные технологии, а также предоставляет интерфейс управления и администрирования

Выводы

1. В настоящее время замена системы аутентификации зарубежной разработки является насущной необходимостью и стратегической задачей для всех российских авиапредприятий.

2. Импортозамещение не является одномоментным процессом и требует совместной плановой работы как производственных так, так и ИТ подразделений, необходимо выделение временных и материальных ресурсов.

3. В настоящее время на рынке представлено три продукта от разных производителей [5–7] реализующий требуемый функционал. Каждая из представленных систем требует предварительного изучения и тестирования что в большинстве случаев вызовет необходимость привлечения подрядной организации.

4. При внедрение отечественных программных продуктов необходимо планировать риски, связанные с значительным переходным периодом, требующим сосуществование двух систем и отладки работы пользователей в новой среде.

Литература

1. The Kerberos Network Authentication Service (V5)
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4120>
2. Lightweight Directory Access Protocol (LDAP): The Protocol
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc4511>
3. Процедуры с учетными данными в проверке подлинности Windows
<https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows-server/security/windows-authentication/credentials-processes-in-windows-authentication>
4. Единый реестр российских программ для электронных вычислительных машин и баз данных <https://reestr.digital.gov.ru/reestr/>
5. Альт Сервер — центр управления <https://www.basealt.ru/alt-server>
6. РЕД АДМ Сервер <https://redos.red-soft.ru/base/red-adm/red-adm-view/#serv>
7. Astra Linux Directory в Astra Linux Special Edition версии 1.2
<https://wiki.astralinux.ru/pages/viewpage.action?pageId=1212422>

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.*

Ксенз Николай Васильевич

*Профессор кафедры «Техническая механика и физика», Азово-Черноморский
инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный
аграрный университет» в г. Зернограде, д.т.н.*

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.*

ПОЛУЧЕНИЕ АНТИДИФФУЗИОННЫХ СЛОЁВ ДЛЯ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ

Аннотация: В статье показана возможность получения магнетронным распылением антидиффузионных слоёв оксида олова на границе прозрачное проводящее покрытие – р- слой электрооптических преобразователей приборов, используемых в авиационной технике.

Ключевые слова: магнетронное распыление, прозрачные проводящие покрытия, оксид олова, электрооптический преобразователь.

Продление срока эксплуатации и повышение надёжности электрооптических преобразователей приборов является актуальной задачей. Одной из причин ухудшения со временем их характеристик является диффузия атомов индия из прозрачного проводящего покрытия (ППП) в р-слой электрооптического преобразователя [1, с.886;2]. Перспективным способом решения этой задачи является нанесение антидиффузионного слоя между р-слоем и ППП в процессе производства электрооптического преобразователя.

В данной работе исследовалась возможность применения для этой цели наноразмерных слоёв оксида олова. Антидиффузионные слои оксида олова осаждались на р-слой электрооптического преобразователя методом магнетронного распыления перед нанесением ППП в аргонной плазме тлеющего разряда постоянного тока [3, с.59; 4 с.2130; 5 с.129] на установке УВН-71ПЗ. Твёрдотельная мишень из порошка оксида олова марки ХЧ формировалась методом горячего прессования. Рабочий объём откачивался до давления 10^{-5} мм рт. ст. Давление аргона в процессе осаждения слоёв регулировалось автоматической системой напуска СНА-1 в диапазоне от 10^{-4} до $6 \cdot 10^{-2}$ мм рт. ст.

Однородность получаемых слоёв контролировалась методом контактной разности потенциалов (КРП) [6, с.53]. Этот метод позволяет, не разрушая контролируемую поверхность, оценить физико-химическое состояние тонких слоёв без нарушения структуры, фазового состава и свойств. Применяемая портативная установка сочетает принципы методов прямого и ионизационного измерения КРП и позволяет проводить оперативный контроль однородности тонких слоёв. Зонд оборудован источником ионизирующего излучения, обеспечивающим ионизацию воздушного зазора между измерительным электродом и контролируемой поверхностью. В зоне измерения обеспечивается стабильная среда и высокая воспроизводимость показаний (до 1 мВ). Время установления показаний не превышает 0,5 с.

Исследование электропроводности аморфных пленок углерода проводилось на установке блок-схема, которой представлена на рисунке 1.

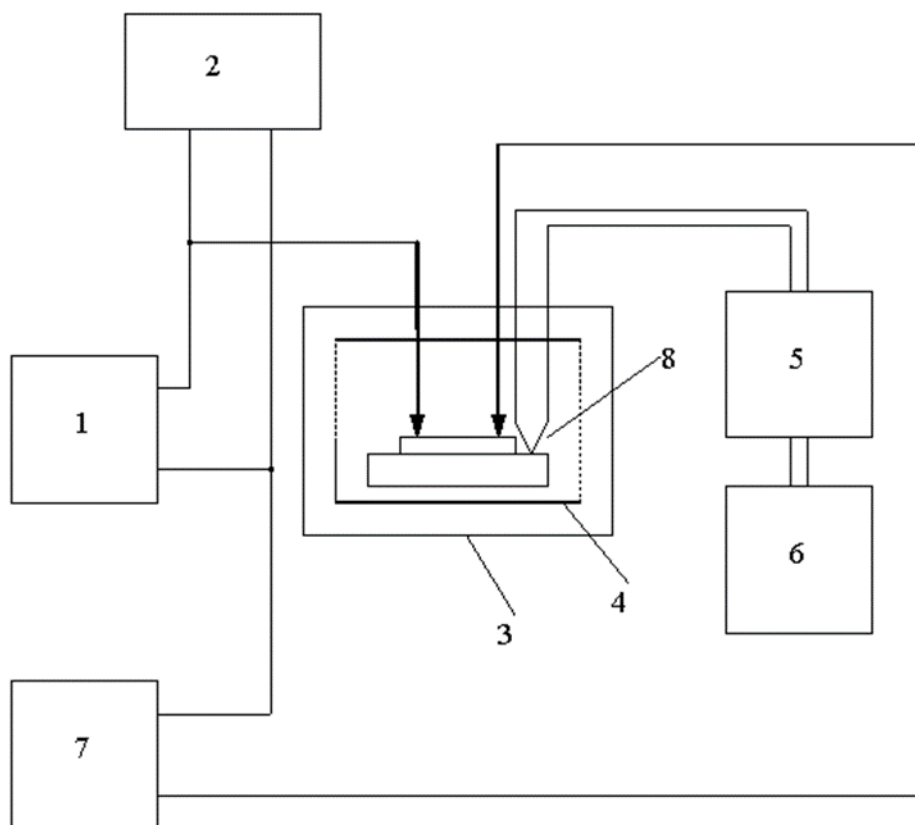


Рисунок 1. Блок-схема для измерения сопротивления и его температурной зависимости

1– источник регулируемого напряжения; 2– мультиметр; 3– термостат; 4– измерительная камера; 5– терморегулятор; 6– указатель температуры; 7– тераомметр Е6-13А; 8– термопара.

Электропроводность определялась на слоях оксида олова толщиной 5...100 нм, нанесённых на кварцевые подложки. Серебряные электроды в виде параллельных полос наносились термическим испарением на подложку до нанесения слоёв. Нагрев образца осуществлялся со скоростью 1°C в минуту [7, с.71].

Удельная электропроводность определялась по формуле (1):

$$\sigma = \ell / (R \cdot d \cdot h) \quad (1)$$

где R – сопротивление плёнки, Ом; ℓ – расстояние между электродами, м; d – длина электродов, м; h – толщина плёнки, м.

Энергия активации проводимости ΔE_a слоёв в интервале температур 273...373К определялась по формуле (2)

$$\Delta E_a = 0,1986 \cdot (\lg \sigma_2 - \lg \sigma_1) / (10^3/T_2 - 10^3/T_1) \quad (2)$$

где σ_2 и σ_1 – проводимости слоёв при температуре T_2 и T_1 соответственно. Относительная погрешность измерения электропроводности составляла 4%.

Толщина слоёв контролировалась по интенсивности рефлекса 101 оксида олова методом дифракции рентгеновского излучения Fe K_α на рентгеновском дифрактометре ДРОН-3М (таблица 1).

Таблица 1. Зависимость интенсивности рефлекса 101 SnO₂ от времени осаждения.

τ , с	0	10	20	30
I(101)	0	25	65	80

На рентгенограммах p-слоёв электрооптических преобразователей с антидиффузионным слоем оксида олова, осаждённым в течении 20 с и более, появляются рефлекс 101 SnO₂. Экспериментально было определено, что эти рефлексы появляются на рентгенограммах при толщине слоёв 10...15 нм.

При осаждении антидиффузионных слоёв в течении 10 с значения КРП в различных точках поверхности слоя изменяют значения в широких пределах (от 9 до 75 мВ) (таблица 2). Это свидетельствует о наличии существенных неоднородностей, обусловленных переходными процессами при образовании антидиффузионного слоя оксида олова на подложке. Увеличение времени осаждения SnO₂ существенно снижает разброс значений КРП (53...82 мВ при $\tau=20$ с), что свидетельствует об увеличении однородности антидиффузионного слоя, как по структуре, так и по свойствам.

Таблица 2. Зависимость КРП от перемещения зонда по поверхности слоя

Время нанесения слоя оксида олова, с	Значения КРП в различных точках образца, мВ				
	1	2	3	4	5
10	52	18	23	9	75
20	76	65	53	82	57
30	98	109	97	101	93
45	120	119	107	111	121

Зависимость слоевого сопротивления R_s антидиффузионных слоёв на основе оксида олова приведена на рисунке 2. Оно практически, не зависит от времени осаждения в интервале 15...25 с. Дальнейшее увеличение времени осаждения приводит к быстрому росту R_s (рисунок 2).

Зависимость слоевого сопротивления ППП от времени осаждения SnO₂

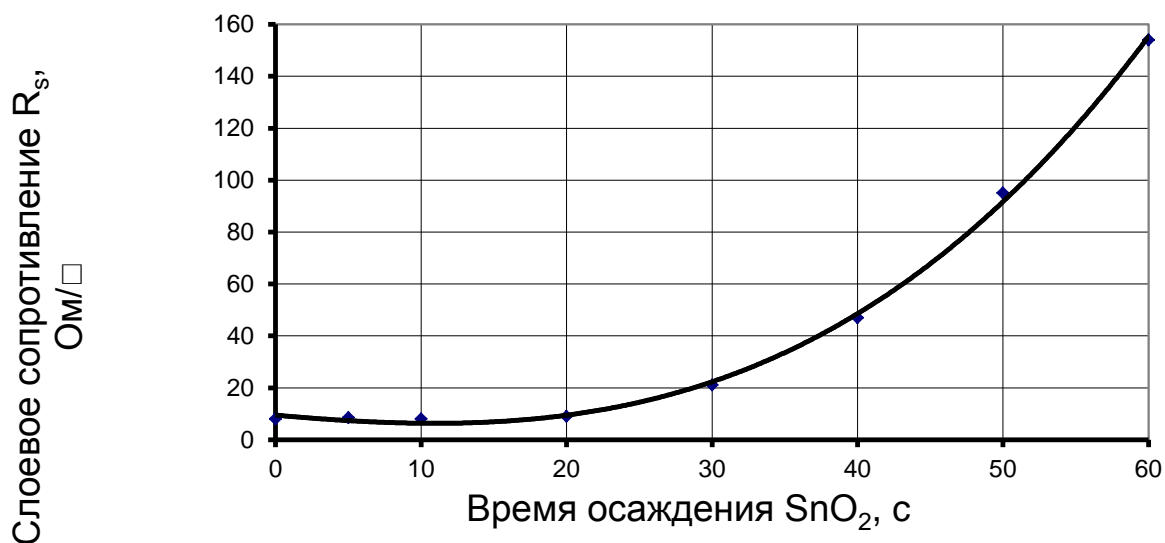


Рисунок 2

На рисунке 3 приведены экспериментальные зависимости прозрачности ППП с антидиффузионным слоем.

Спектры пропускания слоёв ИТО с антидиффузионным слоем.
Ряд 1 – время осаждения 10 с, 2 – 20 с, 3 – 30 с.

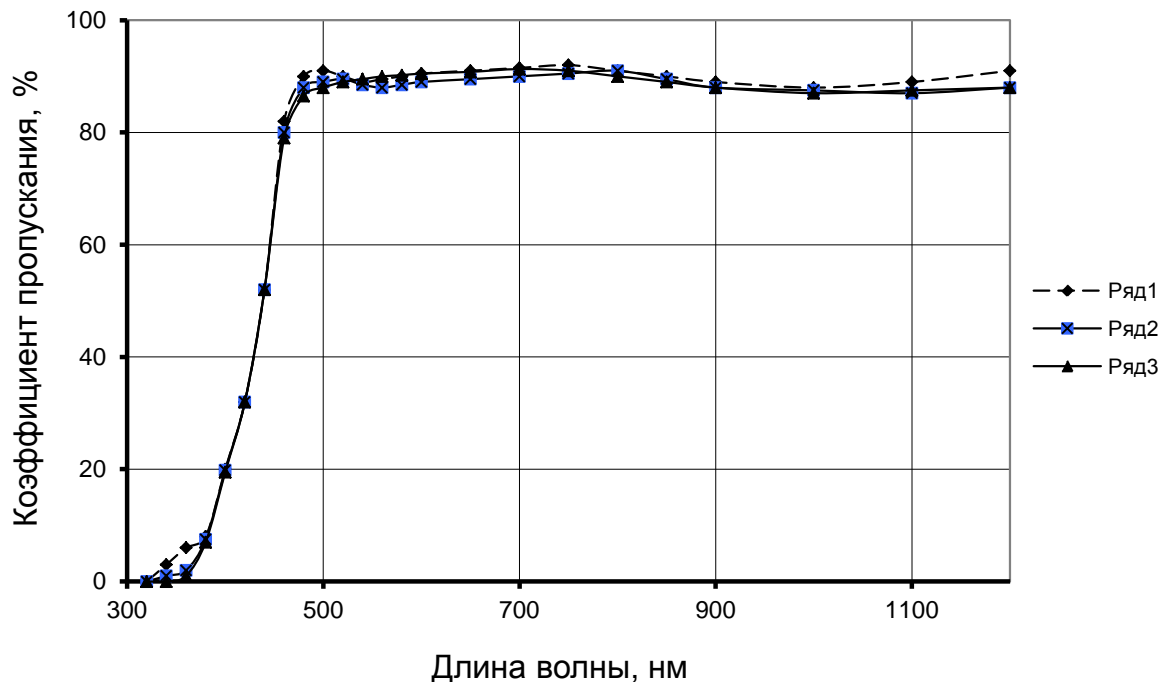


Рисунок 3

Она практически, не зависит от времени осаждения слоя SnO₂, а следовательно и от толщины слоя оксида олова. Оптическая ширина запрещённой зоны ППП тоже практически не изменяется в данном диапазоне толщины слоя SnO₂.

Опытная проверка показала, что нанесение на р-слой фотопреобразователей

солнечных модулей PVM-60 антидиффузионных слоёв на основе SnO_2 практически не изменяет их технологические параметры, но деградация фотопреобразователей при увеличении рабочей температуры уменьшилась на 30...40% по сравнению с контрольными. Применение антидиффузионных слоёв в процессе их изготовления существенно снижало эффект старения фотопреобразователей.

Проведённые исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Нанесение на р-слой фотопреобразователей антидиффузионного слоя на основе оксида олова практически не изменяет электрооптические свойства ППП и структуру запрещённой зоны.

2. В работе, показана возможность получения и эффективного использования антидиффузионных слоёв на основе SnO_2 при изготовлении фотопреобразователей электрооптических приборов.

Литература

1. Dencurud- suzy sogo kэнkjусё uxo. /Yamanaka Mitsuyuki, Hayashi Yutaka, Iida Hideyo, Mishuku Tshio, Karasawa Hideyuki, Ito Atsuo, Shiba Nobuyuki. //Bull. Elektroschem. Lab. 49. №11. 1985. P.884-893.

2. Перунков М.А., Шамин А.А. Сравнение, синтез и получение прозрачных проводящих покрытий в лабораторных условиях // Современные научные исследования и инновации. 2017. № 2 [Электронный ресурс]. URL: <https://web.snauka.ru/issues/2017/02/78290> (дата обращения: 03.06.2023).

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. Effect of ITO spreading layer on performance of blue light-emitting diodes / M.V. Bogdanov, K.A. Bulashevich, O.V. Khokhlev, I.Yu. Evstratov, M.S. Ramm, S.Yu. Karpov // Phys. stat. solid. – 2010. – № 7–8. – P. 2127–2131.

5. Прозрачные проводящие покрытия на основе оксидов металлов. Технологии получения, свойства и области применения / В. И. Кондрашин, Н. О. Рыбакова, С. В. Ракша [и др.]. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2015. — № 13 (93). — С. 128-132. — URL: <https://moluch.ru/archive/93/20562/> (дата обращения: 08.06.2023).

6. Полуниин, В.Н. Контроль однородности тонких пленок методом контактной разности потенциалов. /Полуниин В.Н., Сидорцов И.Г., Сидорцова О.В., Абрамов И.Г. //Научная конференция по итогам научно-исследовательской работы за 1991-92 г.г. Тез. докл. сб.АЧИМСХ, Зерноград, С.52-54,, 1993 г.

7. Шамин, А. А. Получение и исследование прозрачного проводящего покрытия на стеклянных подложках / А. А. Шамин, Е. А. Печерская. — Текст : непосредственный // Молодой ученый. — 2017. — № 4 (138). — С. 71-74. — URL: <https://moluch.ru/archive/138/38825/> (дата обращения: 08.06.2023).

Имад Абдулриза Джасим Аль-Хулайфави

Аспирант, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»

Иошпа Александр Рувимович

Доцент кафедры океанологии, ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет»,

к.г.н.

Цай Светлана Николаевна

Заведующий кафедрой метеорологии, экологии и природопользования, Филиал

Российского государственного гидрометеорологического университета в г.

Tuapse, к.с.-х.н., доцент.

ДИНАМИКА ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА РОСТОВА-ЦЕНТРАЛЬНЫЙ

Аннотация: в статье рассматривается грозовая активность в районе аэродрома Ростов-Центральный

Ключевые слова: конвективная облачность, гроза, опасные явления погоды

I.A.J. Al-Khulaifawi

Postgraduate Student, Southern Federal University

Ioshpa Alexander Ruvimovich

Ph.D., Associate Professor of the Department of Oceanology,

Southern Federal University

Tsai Svetlana Nikolaevna

Ph.D., Associate Professor, Head of the Department of Meteorology, Ecology and Environmental Management, Branch of the Federal State Educational Institution of Civil Aviation Russian State Hydro-Meteorological University» in Tuapse

DYNAMICS OF THUNDERSTORM ACTIVITY IN THE AREA OF THE ROSTOV-TSENTRALNY AIRFIELD

Abstract: The article discusses thunderstorm activity in the area of the Rostov-Tsentrallyy airfield

Keywords: convective cloudiness, thunderstorm, dangerous weather phenomena

Метеорологические элементы и явления оказывают существенное влияние на безопасное использование воздушного транспорта. В 2020 году произошли 268 событий, связанных с нарушением порядка использования воздушного пространства и ошибками в навигации (NAV), из них 40 событий явились следствием влияния метеорологических условий на безопасность полетов (WSTRW, TURB). По данным ICAO из общего числа авиационных происшествий, связанных с метеорологическими условиями, 62 % вызваны ухудшением видимости, 11 % - грозовыми явлениями, 11 % - сильной болтанкой, 7 % - обледенением, 9 % - другими причинами [1].

Наибольшее воздействие на условия полетов ВС относится кучево-дождевая облачность и связанные с ней опасные явления погоды на всех этапах полета. Это обусловлено в первую очередь тем, что даже на расстоянии до нескольких десятков километров от облака летательный аппарат может быть поражен молнией, попасть в зону интенсивной турбулентности, обледенения, а также велики горизонтальные и вертикальные градиенты (сдвиги) ветра, вызывающие перегрузку самолета, сильную турбулентность и болтанку [3; 4]. В развитой кучево-дождевой облачности, достигающей уровня грозы, полеты категорически запрещены [2].

Закономерности возникновения гроз на нашей планете интересовали науку с древнейших времен [5]. Грозы впервые начали изучаться современной наукой в XVIII веке. Авторами пионерских работ в этой области являлись М. В. Ломоносов, Чарльз Вильсон, Г.В. Рихман.

Систематический мониторинг повторяемости гроз над различными регионами мира начал осуществляться с 1856 г. после создания Всемирной метеорологической организации.

Анализ накопленных данных показал, что повторяемость гроз над различными регионами мира существенно зависит как от их географического положения, так и от времени.

В зависимости от вида конвекции принято различать внутримассовые грозы, которые возникают при свободной (термической) конвекции, и фронтальные и орографические грозы, причиной которых является динамическая (вынужденная) конвекция [6].

На территориях континентального умеренного климата, где расположен аэродром Центральный в г. Ростове-на-Дону, по данным многолетних наблюдений, в исследуемый период (1990–2020 гг.) активная грозовая деятельность наблюдается в основном в теплый период года, в единичных случаях в холодную половину года.

В табл. 1 представлено распределение среднего многолетнего числа дней с грозой.

Таблица 1 Среднее многолетнее число дней с грозой на аэр. Ростов-Центральный.

Месяц	янв	фев	мар	апр	май	июн	июл	авг	сен	окт	нояб	дек	год
Число дней	0,1	0,1	0,3	1	5	8	7	5	3	1	0,2	0,1	31

Из графика, представленного на рис.1, видно, что грозы в исследуемом районе возникают преимущественно в летний период. А именно, наибольшая повторяемость приходится на июнь, наименьшая на зимние месяцы.

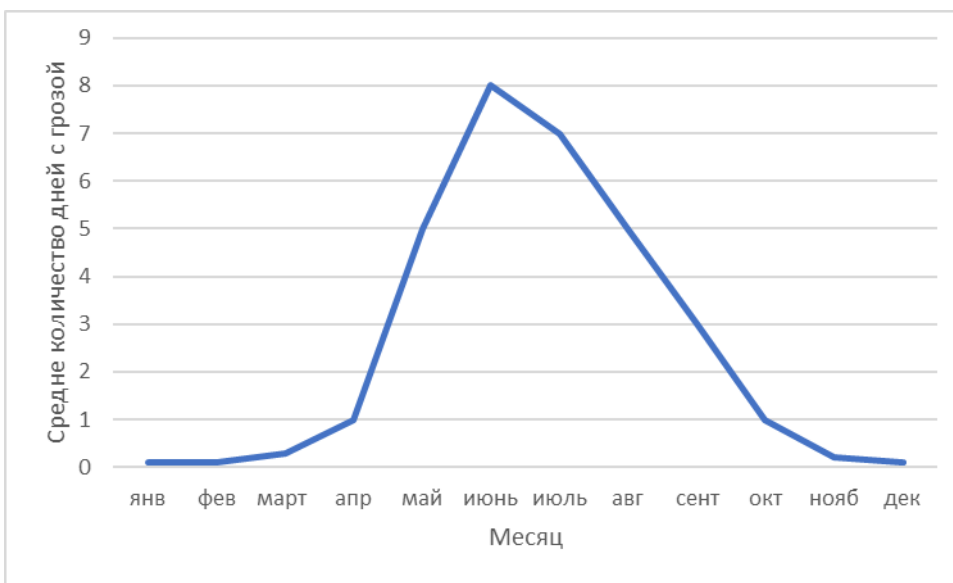


Рисунок 1- График распределения гроз по месяцам

Из общего числа гроз на внутримассовые приходится около 35 %. В подавляющей большинстве случаев (90 %) внутримассовые грозы возникают в малоградиентных областях пониженного атмосферного давления, затем в тылу заполняющихся циклонов, центры которых располагаются на востоке рассматриваемой территории, на западной периферии антициклонов, отступающих к востоку.

При внутримассовых грозах, на высотах над всей рассматриваемой территорией обычно расположена барическая ложбина с малыми градиентами или циклон, совмещенные с областью холода в поле относительного геопотенциала H 500/1000.

Из опыта прогнозирования гроз с использованием моделей термической конвекции в Ростове-на-Дону установлены следующие параметры этих явлений:

- 1) толщина конвективно-неустойчивого слоя 80 гПа и более (под толщиной слоя понимается разность давления на нижней и верхней границах слоя);
- 2) уровень конденсации располагается на высоте не более 3 км;
- 3) суммарный дефицит точки росы в слое 850-500 гПа равен 20°C и менее;
- 4) скорость конвективных восходящих движений более 6-7 м/с;
- 5) толщина облачного слоя более 400 гПа;
- 6) отклонение кривой состояния от кривой стратификации в слое от уровня конденсации до уровня конвекции 2°C и больше.

Грозы и ливни могут возникать и при суммарном дефиците точки росы в слое 850-500 гПа более 20°C , но при этом необходимо, чтобы толщина конвективно-неустойчивого слоя была порядка 200 гПа и более.

Внутримассовые грозы над рассматриваемой территорией возникают к 13 - 15 часам.

Важными дополнительными условиями, благоприятствующими возникновению внутримассовых гроз, являются высокая относительная влажность у поверхности Земли (более 50 % в утренние часы) и удельная

влажность (около 4 - 7 г/кг на высоте 1,5 км и 5 - 6 г/кг на высоте 3 км), а также неустойчивая стратификация и слабые скорости ветра до высоты 6 - 8 км. При значениях относительной влажности у поверхности Земли в утренние часы менее 50 % и при больших скоростях ветра на высотах грозы и связанные с ними ливни не наблюдаются, даже если имеются благоприятные для них условия.

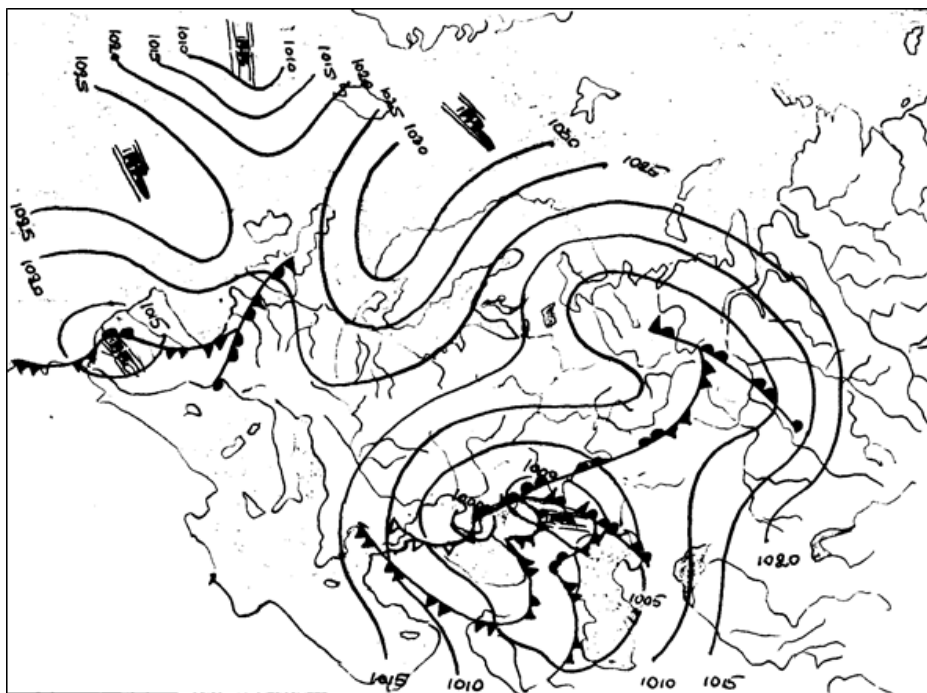


Рисунок 2- Синоптическая ситуация (приземное поле) выхода циклона с северо-запада

Преобладающее число гроз в районе аэродрома Ростов-Центральный связано с прохождением атмосферных фронтов, в основными холодных (66 % общего числа фронтальных гроз). Чаще всего грозы вызываются фронтами, смещающимися с северо-запада (рис. 2). При этом типе процесса наиболее интенсивные грозы обычно отмечаются на севере области во второй половине дня, когда контрасты температур в зоне фронта достигают наибольших величин. В ночное время, вследствие уменьшения контрастов температур в зоне фронта, происходит ослабление гроз. При этом типе процессов происходит уменьшение повторяемости гроз в направлении на юго-восток, это объясняется тем, что теплый воздух, вытесняемый клином вторгающегося холодного воздуха не обладает достаточным влагосодержанием. Довольно часто при смещении холодного фронта на центральные районы на нем образуются волны, замедляющие его дальнейшее продвижение к юго-востоку. Холодные фронты, смещающиеся с северо-запада, бывают в большинстве случаев связаны с циклонами над северными или центральными районами ЕТР. При этом Скандинавский полуостров и северный район Западной Европы обычно бывает занят областью высокого давления.

Таким образом, установлено, что в период современного изменения климата происходит увеличение дней с грозовой активностью в теплый период на

территории аэродрома Ростов-Центральный, что естественно скажется на сложности эксплуатации воздушных судов на земле и полетов их в этой зоне.

Литература

1. Анализ состояния безопасности полетов в гражданской авиации Российской Федерации в 2020 году. – Текст: электронный // Федеральное агентство воздушного транспорта Управление инспекции по безопасности полетов. [Электронный ресурс]. URL: https://aviaforum.ams3.cdn.digitaloceanspaces.com/data/attachment-files/2021/04/1598384_a3450354b90aa72fe5588472bb4eedfc.pdf (дата обращения: 1.10.2023).

2. Богаткин О. Г. Практикум по авиационной метеорологии / О. Г. Богаткин, В. Ф. Говердовский, В. Д. Еникеева. – Л. : Гидрометеиздат, 1987. – 184 с

3. Васильев А. А. Сдвиги ветра, турбулентность и вертикальные потоки в нижнем слое атмосферы, влияние их на взлет и посадку воздушных судов / А. А. Васильев, В. Г. Глазунов. – Л. : Гидрометеиздат, 1979. – 30 с.

4. Глазунов В. Г. Временной ход вертикального сдвига ветра в связи с эволюцией синоптического положения / В. Г. Глазунов // Тр. ГНИЦ. – 1980. – Вып.235. – С. 108–120.

5. Кун Н., Нейхардт А. Легенды и сказания Древней Греции и Древнего Рима. М., Правда. 1990 г. - 576 с.

6. Зверев А.С. Синоптическая метеорология, Л. Гидрометиздат. 1977 г, с. 712.

Хорольский Евгений Михайлович

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

Штрекер Евгений Николаевич

Доцент кафедры Вычислительной техники, Российский Технологический Университет, к.т.н., доцент.

Дуксина Илона Ильинична

Инженер лаборатории специализированных вычислительных систем, Российский технологический университет

Дуксин Никита Александрович

Инженер лаборатории специализированных вычислительных систем, Российский технологический университет

Щепухин Денис Олегович

Инженер лаборатории специализированных вычислительных систем, Российский технологический университет

АРХИТЕКТУРА САПР, ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ ОТКРЫТЫЙ МАРШРУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ АППАРАТУРЫ НА БАЗЕ ПЛИС

Аннотация: В данной работе изучается вопрос открытых САПР для разработки цифровой аппаратуры на базе ПЛИС. Рассмотрена архитектура открытого учебного САПР LogisimFX, на примере которой выделены сильные и слабые стороны использованного подхода к разработке такого рода систем. Произведена декомпозиция подсистем с открытым исходным кодом. Детально разобраны реализованные маршруты проектирования двоичных образов. Хотя указанная система уступает современным САПР по некоторым аспектам, данный архитектурный подход, с учетом всех изначальных ограничений, имеет место быть.

Ключевые слова: архитектура, САПР, ПЛИС, цифровая аппаратура, проектирование, открытое программное обеспечение, SymbiFlow, F4PGA, Java.

Khorolsky Evgeny Mikhailovich

Associate Professor of Aviation Electrical Systems and Flight navigation Systems, Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation (MGTU GA), Candidate of Technical Sciences, Associate Professor.

Shtreker Evgeny Nikolaevich

Associate Professor of the Department of Computer Engineering, Russian Technological University, Ph.D., Associate Professor.

Duxina Ilona Ilyinichna

Engineer of the Laboratory of Specialized Computing Systems, Russian Technological University

Duksin Nikita Alexandrovich

Engineer of the Laboratory of Specialized Computing Systems, Russian Technological University

Shchepukhin Denis Olegovich

Engineer of the Laboratory of Specialized Computing Systems, Russian Technological University

CAD ARCHITECTURE THAT SUPPORTS THE OPEN DESIGN ROUTE OF DIGITAL EQUIPMENT BASED ON FPGA

Annotation: In this paper, we study the issue of open CAD systems for the development of digital equipment based on FPGA. The architecture of the open educational CAD of LogisimFX is considered, on the example of which the strengths and weaknesses of the approach used to develop such systems are highlighted. Decomposition of open source subsystems has been performed. Implemented routes for designing binary images are analyzed in detail. Although this system is inferior to

modern CAD in some aspects, this architectural approach, taking into account all the initial limitations, takes place.

Keywords: architecture, CAD, FPGA, digital equipment, design, open source software, SymbiFlow, F4PGA, Java.

Введение.

На сегодняшний день проектирование цифровой аппаратуры — это достаточно сложный и трудоемкий процесс. Он включает в себя следующие этапы:

1. Этап ввода схемы
2. Логический синтез списка соединений технологических логических элементов из RTL-модели.
3. Размещение логических элементов на схеме и трассировка соединений между ними (place and route).
4. Статический временной анализ.
5. Синтез топологического представления.

На этапе ввода схемы инженеры разрабатывают RTL описание логической схемы с использованием языков описания аппаратуры, а также задают набор проектных ограничений.

На втором этапе происходит логический синтез. Он начинается с синтаксического анализа RTL-модели схемы, и составления промежуточного представления, необходимого для обработки модели на следующих этапах.

Заданное внутреннее представление впоследствии оптимизируется и преобразуется с помощью технологических библиотек в список соединений (netlist) из логических элементов (netlist cell).

На третьем этапе элементы списка соединений отображаются на ресурсы ПЛИС или размещаются на будущей СБИС в зависимости от целевой платформы. Вместе с этим происходит трассировка соединений: сначала общая, затем — детальная.

На четвертом этапе проводится проверка того, что схема после размещения и трассировки удовлетворяет заданным проектным ограничениям. После чего осуществляется генерация топологического представления аппаратуры. В случае ПЛИС физическим представлением является двоичный образ (bitfile), описывающий необходимый набор ресурсов ПЛИС и конфигурацию соединений между ними.

Коммерческие САПР, используемые такими мировыми технологическими гигантами как Xilinx/AMD и Intel, реализуют каждый из перечисленных этапов проектирования аппаратуры. Однако, текущее положение вещей более не позволяет рассчитывать на зарубежных поставщиков ПО. Это ставит перед отечественными разработчиками задачу проектирования своих собственных решений в области САПР.

Одной из таких открытой САПР является LogisimFX [1], архитектура которого будет рассмотрена далее. Данный САПР используется для генерации двоичных образов преимущественно для ПЛИС Xilinx 7 серии.

Основной задачей LogisimFX является работа с ПЛИС компании Xilinx. Особое внимание уделяется 7 серии чипов, которые могут быть использованы как для проектирования промышленных решений, так и в образовательных целях.

Принимая во внимание всю сложность задачи разработки САПР, использование программ с открытым исходным кодом в качестве отдельных модулей общей системы может существенно упростить, ускорить и удешевить разработку такого рода решений.

LogisimFX

Прежде чем рассматривать архитектуру LogisimFX, стоит уделить внимание программному продукту Logisim за авторством Карла Берча [2], который лежит в его основе.

Logisim — это образовательный инструмент с открытым исходным кодом для проектирования и моделирования цифровых логических схем, который разрабатывался с 2001 по 2011 год на языке Java. Программа доказала свою эффективность в образовательных целях, о чем свидетельствует география распространения пользователей [3]. При этом реальное число намного больше и не снижается с каждым годом. От своего предшественника LogisimFX используют основную кодовую базу, симулятор дискретных событий (event-driven simulator) и, соответственно, наследует некоторые архитектурные ограничения.

Логическим продолжением Logisim является Logisim Evolution [4], который разрабатывается группой Швейцарских институтов (Haute École Spécialisée Bernoise, Haute École du paysage, d'ingénierie et d'architecture de Genève, and Haute École d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud). Помимо устранения ошибок в кодовой базе, Logisim Evolution привнес модуль генерации Verilog описаний элементов стандартных библиотек. Также, отличительной особенностью данной версии является возможность генерации двоичных образов с использованием маршрутов проектирования Vivado [5], Xilinx ISE [6], Altera/Intel Quartus.

LogisimFX является глубокой переработкой оригинальной Logisim с адаптацией лучших идей из альтернативных видений этой программы, но не ограничивается этим. Данный САПР преследует цель стать эффективным инструментом, поддерживая необходимый уровень абстракции, для студентов на начальных этапах обучения.

Архитектура

Перейдем непосредственно к рассмотрению архитектуры. На рисунке представлена общая концепция разрабатываемого решения с дополнительным указанием маршрутов обработки проектных файлов (рис. 1).

Введем обозначения:

- прямоугольник — система/подсистема;
- скругленный четырехугольник — модуль подсистемы;
- трапеция — физическое устройство;

- символ файла — файл проекта;
- пунктир — возможное расширение функционала в рамках текущей архитектуры;
- штрих-пунктир — агрегация;
- черный маршрут — маршрут генерации двоичного образа;
- зеленый маршрут — high level synthesis;
- красный маршрут — генерация RTL-модели из Verilog описания для симуляции;
- голубая линия — линия управления.

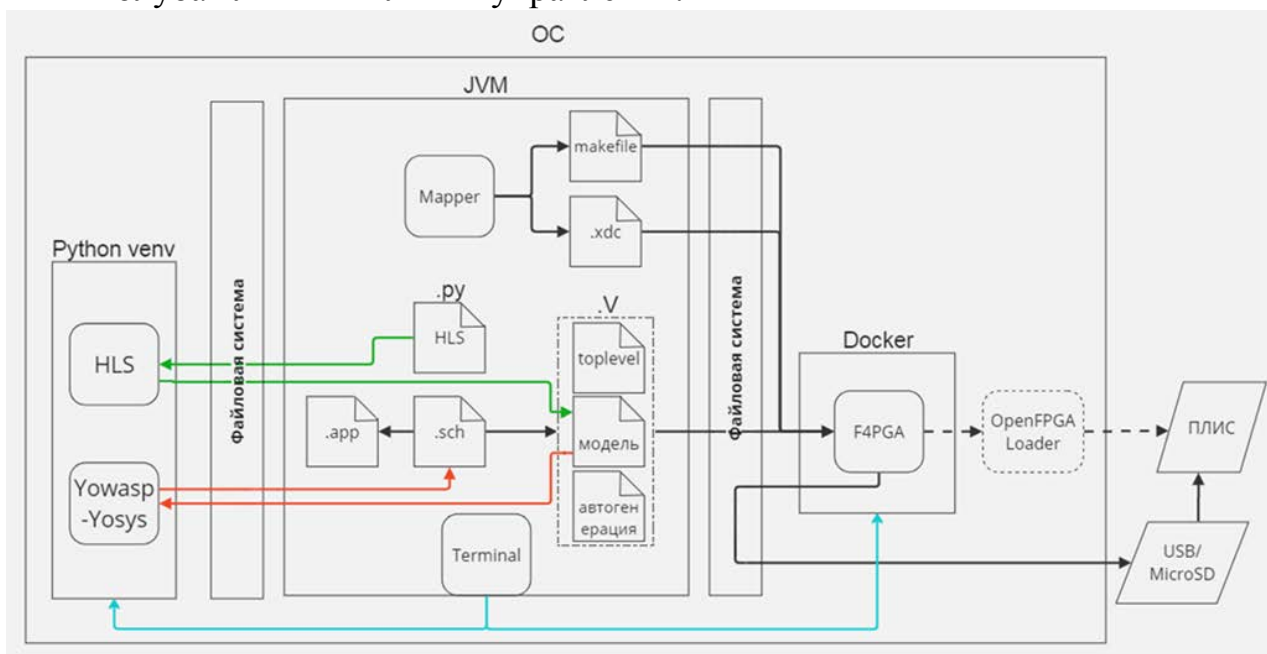


Рисунок 1 — Архитектура САПР LogisimFX

Таким образом, САПР состоит из основных 3 подсистем:

- клиентское Java-приложение;
- виртуальное окружение Python, поставляемое вместе с клиентским приложением;
- docker-контейнер, устанавливаемый отдельно.

Рассмотрим каждую из них подробнее.

Клиентское Java-приложение — подсистема, основанная на Logisim. Оно содержит модуль симуляции, текстовый редактор, схемотехнический редактор, рабочее пространство и т.д. Также отсюда осуществляется управление оставшимися подсистемами и взаимодействие с файловой системой.

В LogisimFX пользователь оперирует логическими схемами. Каждая логическая схема имеет следующие представления:

- схематичное представление — состоит из элементов стандартной библиотеки LogisimFX. Является основным представлением схем для их симуляции. Обозначено файлом «.sch» на рисунке 1;
- внешний вид — используется для отображения схемы в составе других схем. Обозначено файлом «.app» на рисунке 1;
- Verilog модель — описание схемы на языке Verilog, а также автогенерируемые файлы описания логических элементов стандартной

библиотеки и верхнеуровневое описание в случае главной схемы (toplevel). Обозначено агрегацией «.v» на рисунке 1;

- высокоуровневое описание — описание функции схемы на языке Python. Обозначено файлом «.py» на рисунке 1.

Поскольку симулятор клиентского приложения, в силу архитектурных ограничений, может работать только с элементами стандартной библиотеки, Verilog модель предварительно конвертируется в RTL-модель, которая впоследствии переносится в схематичное представление. Для этого используется красный маршрут (рис. 1), в рамках которого задействуется виртуальное окружение Python. В данном виртуальном окружении содержится платформонезависимая реализация программного пакета Yosys [7] — Yowasp-Yosys [8]. Данный пакет реализует логический синтез Verilog модели.

Пользователь может описать функцию своей схемы с помощью высокоуровневого языка Python. Для симуляции схемы, заданной таким описанием, предварительно выполняется зеленый маршрут. В данном маршруте снова участвует виртуальное окружение Python в связке с библиотекой sfgen [9]. Данная библиотека предоставляет инструментарий для высокоуровневого синтеза математических функций. В результате процесса синтеза получается Verilog модель, которая далее используется в красном маршруте.

Таким образом, сделав описание схемы в одном из представлений и получив удовлетворительные результаты симуляции, пользователь может перейти к процессу генерации двоичного образа (черный маршрут). В рамках данного маршрута, ему необходимо сопоставить порты ввода/вывода схемы верхнего уровня и целевой ПЛИС. Сделать это можно либо с помощью графического интерфейса, либо путем редактирования файла проектных ограничений «.xdc», что эквивалентно. После этого, LogisimFX берет оставшуюся работу на себя: в соответствии с представлением схемы, генерируются необходимые Verilog файлы, по проекту составляется файл конфигурации «makefile». Полученный набор файлов передается в docker-контейнер с F4PGA [10].

Если пользователю требуется только функционал схемотехнического редактора, то наличия на рабочей станции Python версии 3.8 и клиентского приложения позволяет полностью покрыть весь перечень задач пользователя.

F4PGA

F4PGA (ранее SymbiFlow) — это набор инструментов с полностью открытым исходным кодом для разработки аппаратного обеспечения на базе ПЛИС различных производителей. В настоящее время набор ориентирован на ПЛИС Xilinx 7-й серии, Lattice iCE40, Lattice ECP5, QuickLogic EOS S3 и постепенно расширяется для обеспечения комплексного сквозного процесса синтеза двоичных образов.

Рассмотрим основные этапы генерации двоичных образов в F4PGA, показанные на рисунке 2:

1. Логический синтез, выполняемый с помощью программного пакета Yosys.

2. Размещение и трассировка ресурсов ПЛИС с помощью VTR [11] или nextpnr [11]. Оба инструмента создают представление аппаратуры в формате FASM (Field Array State Machine).

3. Генерация двоичных образов с помощью специализированных программных пакетов для различных серий ПЛИС: Project IceStorm [12] (Lattice iCE40), Project Trellis [13] (Lattice ECP5), Project Oxide [14] (Lattice Nexus), а также Project X-Ray [15] (Xilinx 7-й серии).

Полученный двоичный образ возвращается из docker-контейнера и сохраняется в файловой системе.

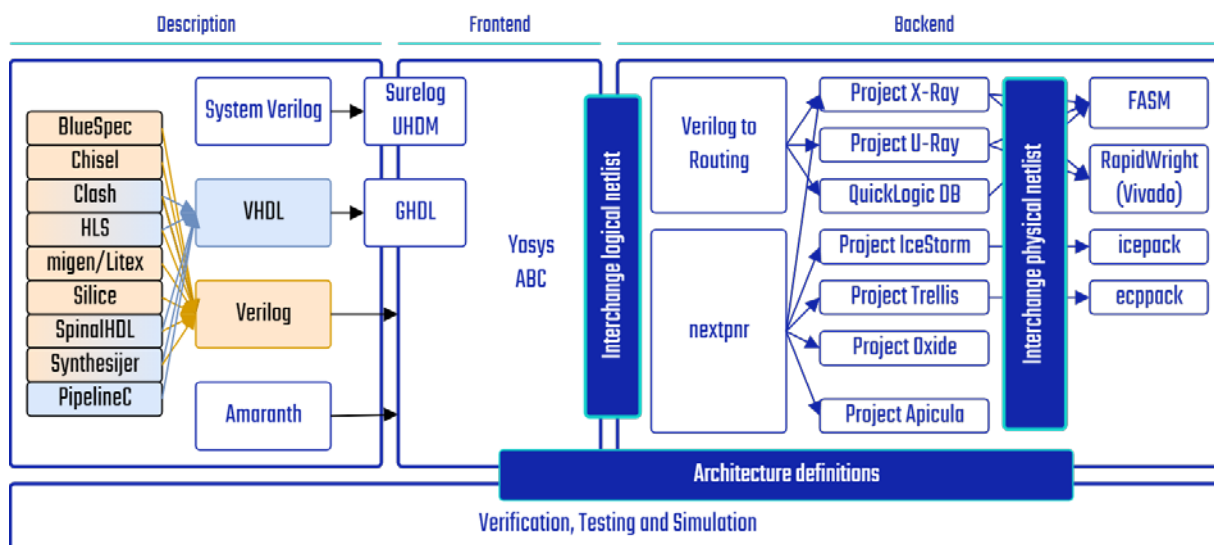


Рисунок 2 — Архитектура маршрута проектирования F4PGA

В текущей реализации LogisimFX доступна только генерация двоичного образа без последующей загрузки на ПЛИС. Перенос двоичного образа осуществляется при помощи внешнего накопителя. Существуют свободные реализации утилит для прошивки ПЛИС, например, openFPGAloader [16]. Однако, установка и работа с данной утилитой может быть нетривиальной задачей для рядового пользователя. Применительно к Docker, существуют свои нюансы во взаимодействии между контейнером и драйверами COM-портов, требующее повышение привилегий первого, что может идти в разрез с политиками безопасности операционной системы. Поэтому использование данного ПО остается на усмотрение пользователя.

Иные ограничения

Стоит отметить, что связь между клиентским приложением и остальными подсистемами, а также управление ими, осуществляется при помощи эмулятора терминала, реализованного с помощью библиотеки pty4j. Обмен данными между подсистемами ведется путем передачи соответствующих файлов. Данный способ сильно уступает современным архитектурным решениям в виде общей базы данных проекта, как, например, в Xilinx Vivado (рисунок 3), что, собственно, и является одним из тех архитектурных ограничений, о которых было сказано выше.

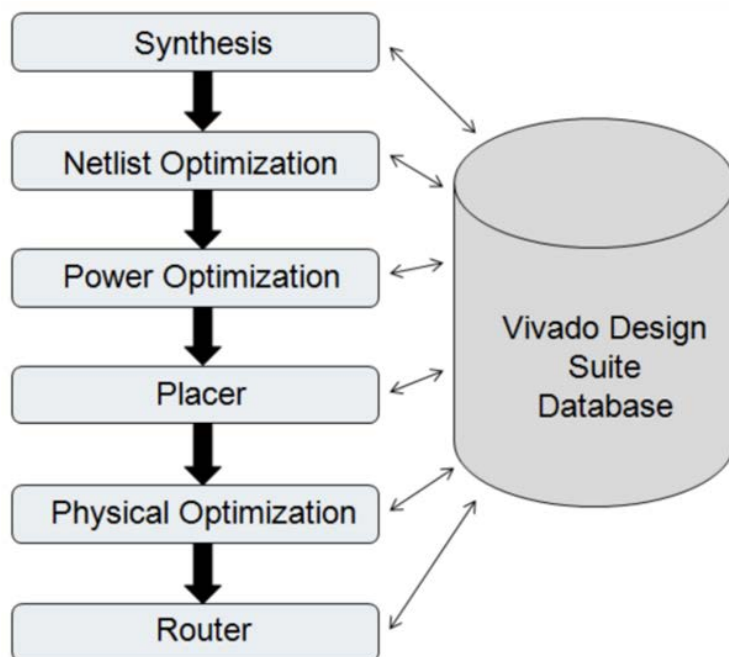


Рисунок 3 — Взаимодействие этапов проектирования с базой данных проекта в САПР Xilinx Vivado

Заключение.

В настоящее время, помимо коммерческих САПР для проектирования цифровой аппаратуры на базе ПЛИС, существует множество свободных САПР решающих схожие. Они различаются разной степенью глубины проработки реализованного функционала и количеством поддерживаемых аппаратных платформ.

Рассматриваемый в работе САПР LogisimFX можно рассматривать как аналог существующих САПР с одной стороны, а с другой он представляет собой уникальное решение сочетающее в себе как преимущества производственных САПР, так и решения нацеленные на образовательную среду.

LogisimFX не лишен недостатков среди которых можно отметить тот факт, что архитектура содержит ряд ограничений, добавление новых подсистем потребует изрядных трудозатрат квалифицированных программистов. Однако, он разительно отличается от других систем, использующихся при обучении, простотой эксплуатации и учетом лучших практик при обучении с помощью подобных систем.

Литература

1. Страница LogisimFX на Github. URL:<https://github.com/Pe3aTeJlb/LogisimFX> (дата обращения 01.09.2023).
2. Официальный сайт Logisim. URL:<http://cburch.com/logisim/> (дата обращения 01.09.2023).
3. Официальный сайт Logisim. География пользователей. URL:<http://cburch.com/logisim/usage.html> (дата обращения 01.09.2023).
4. Страница Logisim Evolution на Github. URL:<https://github.com/logisim-evolution/logisim-evolution> (дата обращения 01.09.2023).

5. Официальный сайт Xilinx. Vivado.
URL:<https://www.xilinx.com/products/design-tools/vivado.html> (дата обращения 01.09.2023).
6. Официальный сайт Xilinx. ISE Design Suite
URL:<https://www.xilinx.com/products/design-tools/ise-design-suite.html> (дата обращения 01.09.2023).
7. Официальный сайт Yosys. URL:<https://yosyshq.net/yosys/> (дата обращения 01.09.2023).
8. Официальный сайт Yowasp-Yosys. URL:<https://yowasp.org/> (дата обращения 01.09.2023).
9. Страница sfgen на Github. URL:<https://github.com/dillonhuff/SFGen> (дата обращения 01.09.2023).
10. Официальный сайт F4PGA. URL:<https://f4pga.org/> (дата обращения 01.09.2023).
11. Камкин А.С., Смоллов С.А., Чупилко М.М. Сравнение открытых маршрутов проектирования цифровой аппаратуры: qFlow, OpenLANE, Coriolis, SymbiFlow. Труды ИСП РАН, том 33, вып. 6, 2021 г., стр. 111-130. DOI: 10.15514/ISPRAS-2021-33(6)-8
12. Страница Icestorm на Github. URL:<https://github.com/f4pga/icestorm> (дата обращения 01.09.2023).
13. Официальный сайт Project Trellis.
URL:<https://prjtrellis.readthedocs.io/en/latest/> (дата обращения 01.09.2023).
14. Страница Project Oxide на Github.
URL:<https://github.com/gatecat/prjoxide> (дата обращения 01.09.2023).
15. Страница Project X-Ray на сайте F4PGA.
URL:<https://f4pga.readthedocs.io/projects/prjxray/en/latest/> (дата обращения 01.09.2023).
16. Официальный сайт openFPGALoader.
URL:<https://trabucayre.github.io/openFPGALoader/> (дата обращения 01.09.2023).

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.*

**АНАЛИЗ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ, ЕЁ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В
ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД НА ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ**

Аннотация: в статье рассматривается динамика грозовой активности на восточном побережье Черного моря

Tsai Svetlana Nikolaevna

*Head of the Department of Meteorology, Ecology and Nature Management,
Branch of the Russian State Hydrometeorological University in Tuapse, PhD, Associate
Professor.*

Dymov-Ivanov Viktor Vasilyevich

*Head of the Department of Aviation Electrical and Radio Equipment, Rostov
Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation (MGTU GA), Ph.D.,
Associate Professor.*

ANALYSIS OF THUNDERSTORM ACTIVITY, ITS DISTRIBUTION DURING THE COLD PERIOD ON THE EASTERN COAST OF THE BLACK

Abstract: the article discusses the dynamics of thunderstorm activity on the eastern coast of the Black Sea

Для изучения динамики и интенсивности грозовой активности территории были использованы имеющиеся архивные данные «Специализированного центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Черного и Азовского морей». В целом информационный массив данных содержит стандартные описания гроз: дата, время начала и конца события, характер грозы (сильная, слабая, средняя, в окрестности, в точке наблюдения и т.п.).

Анализ осуществлялся после статистической обработки ежегодных наблюдений за грозовой активностью с метеостанций Сочи – Адлер - Красная поляна, производимый вариационными методами.

Условия формирования и интенсивность грозовой деятельности зависит от ряда факторов, основным из которых является — синоптическое положение. Благодаря данным рассмотренным синоптическим процессам можно выделить типы синоптических ситуаций для Черноморского побережья Кавказа (г. Сочи), при которых возникают наиболее благоприятные условия для образования гроз.

К первому типу, относятся частный циклогенез над юго-восточными районами Чёрного моря. Преобладающее значение в макросиноптической ситуации имеют основные циклоны, связанные с атмосферными фронтами, но с точки зрения прогноза местных особенностей погоды частные (орографические) циклоны не менее важны, т.к. вызывают существенные изменения погодных условий. Условия формирования циклонов над юго-востоком Черного моря напрямую связаны с особенностями географического положения региона – рядом с теплым Черным морем и горами Кавказа)[2,с.78].

Вторым типом синоптического положения, выделим активизацию «западных» циклонов, что связано напрямую с грозовой деятельностью над Северной Атлантикой. Западные циклоны включают в себя: циклоны,

перемещающиеся по северным ЕТР; над центральными районами ЕТР; над южными районами ЕТР и Украиной; «ныряющие» циклоны. При данном типе отметим, формирование фронтальных гроз, связанных с прохождением фронтальных разделов.

Третий тип синоптической ситуации связан с процессом выхода Средиземноморских циклонов на побережье Черного моря. Выходы средиземноморских циклонов могут происходить в двух случаях: циклоническая деятельность развивается над центральной частью Средиземного моря и распространяется на запад Черного моря, холодный воздух проникает на Средиземное море, а оттуда на Балканы и Черное море; циклоническая деятельность развивается над востоком Средиземного моря и распространяется на восток Черного моря, при этом над юго-восточными и центральными районами ЕТР наблюдается антициклогенез, т.е. формируется блокирующая система, препятствующая смещению циклонов к северу за пределы Черного моря [1, с.112].

Далее будет рассмотрено распределение среднего и наибольшего числа грозовых дней по территории Черноморского побережья Кавказа (на участке Сочи- Адлер - Красная поляна) данные получены за период 2020-2022 гг. (таблица 1).

Таблица 1 – Среднее число дней с грозой (2020-2022 гг.)

Станция	XII	I	II	Год
Красная Поляна	1,3	0,5	0,5	2,3
АМСГ (Адлер)	1,7	1,6	1,0	4,3
М2-Сочи	2,3	1,3	1,0	4,6

Днем с грозой считается день, в течение которого отмечается хотя бы одна гроза независимо от ее продолжительности. В таблице приведено среднее число дней с близкими и отдаленными грозами по месяцам (холодного времен года) и за год за период 2010-2019 гг.

Среднее число дней с грозой по месяцам получено путем деления суммарного количества дней с грозой для конкретного месяца за многолетний период на число лет наблюдений. Среднее годовое число дней с грозой получено путем суммирования среднего количества гроз по месяцам. При этом среднее число дней с грозой может быть и меньше единицы. Например, «0,5» – означает, за 10 лет бывает пять дней с грозой.

Из таблицы следует то, что максимум грозовой активности приходится на декабрь месяц, отмеченные случаи наблюдались на станции М2-Сочи, а наименьшее количество на Красной поляне.

Об этом можно судить по грозовым характеристикам на метеостанциях Черноморского побережья (таблица 2).

Таблица 2 — Средняя суммарная продолжительность гроз в различное

время (часы)

Станция	Часы	XII	I	II	Год
Красная поляна	18-24	0,5	0,7	0,6	0,07
	24-06	0,8	2,9	0,8	
	06-12	0,2	0,1	13,6	
	12-18	0,6	0,2	4	
АМСГ	18-24	1,2	0,3	1,9	0,06
	24-06	0,2	0,4	4,5	
	06-12	1,2	0,0	4,3	
	12-18	0,8	0,2	3,2	
М2-Сочи	18-24	0,3	0,3	1,0	0,05
	24-06	1,5	0,4	7,4	
	06-12	0,5	1,2	4,1	
	12-18	3,4	1,9	2,7	

Так, В Сочи (Н = 142 м) наблюдалось всего – 4,6 дней с грозой в среднем за год, в Адлере (Н = 13 м) – 4,3 дней, а в Красной поляне (Н = 566 м) – 2,3. Следовательно, грозовая деятельность существенно меняется от одного пункта к другому.

Далее представлена таблица средней суммарной продолжительности гроз, из неё следует, что наиболее продолжительнее грозы наблюдались в течении суток с 24-06 часов и с 06-12 часов. Годовой и суточный ход суммарной продолжительности распределяется в связи с неоднородностью рельефа местности станций, от прибрежной зоны к предгорной и горной местности. Можно сделать вывод, что горной и предгорной местности наибольшая вероятность повторяемости грозовой активности, которая наблюдается во второй половине дня. В районе Адлера и Красной Поляны проявляется ночной максимум гроз, а в Сочи максимумы наблюдаются в дневное время.

Средняя непрерывная длительность единичной грозы колеблется по территории в незначительных пределах 0,6 часа в прибрежной зоне, и до 1,9 часа в горных и предгорных районах.

В общем, можно выделить тенденцию увеличения числа грозовых дней с севера на юг. Это обуславливается тем, что с севера (горной местности) поступают холодные и сухие воздушные массы, а со стороны моря и прибрежной зоны поступают влажные воздушные массы, тем более необходимо учитывать неравномерный рельеф, при движении этих потоков. Образуются адвективные потоки, которые являются источником образования мощной кучево-дождевой облачности, как следствие и грозовой деятельности.

Далее приведена диаграмма распределения количества дней с грозой и их распределение по месяцам холодного периода (рисунок 1).

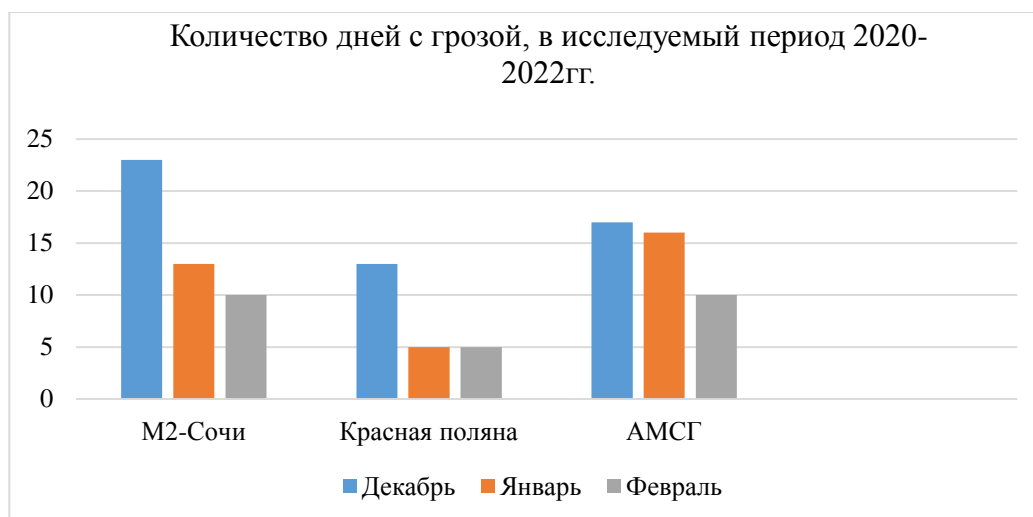


Рисунок 1 – Диаграмма месячного распределения грозовой активности

Из диаграммы следует, что максимальное количество дней с грозой на протяжении временного периода с 2020-2022 гг. приходится на декабрь месяц, вне зависимости от месторасположения станции. Максимум отмечается на станции М2-Сочи более 20 с лишним дней, а минимум наблюдался на станции Красная Поляна и не превышает 5 дней.

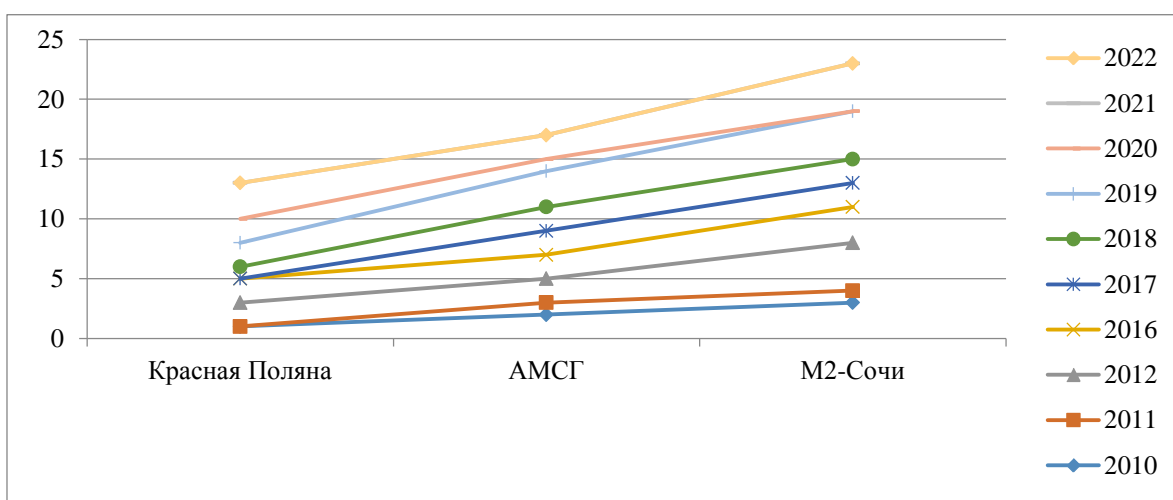


Рисунок 2– Тенденция дней с грозой в декабре месяце

Несмотря на то, что грозы наблюдаются на Черноморском побережье Кавказа круглогодично, нельзя не заметить тенденцию прироста грозовой активности в зимний период.

Далее следует наглядная диаграмма (рисунок 2), в ней подробно представлено, количество дней, в которые наблюдалась грозовая активность – декабрь месяц, на который приходится максимум случаев. В среднем на участке станций Красная Поляна-АМСГ-М2-Сочи отмечалось от 5 до 7 дней с грозой. В горной местности максимум немного увеличивается до 10 дней

Если выполнять оценку зимнего периода, то можно прийти к выводу что соотношение количества дней теплого и зимнего периода стремительно меняется.

Учитывая, что атмосфера представляет собой единую (если отвлечься от

фронтальных разрывов) непрерывную среду, образование грозовой деятельности на Черноморском побережье Кавказа, взаимосвязан с аномалиями общей циркуляции атмосферы.

Следующей неотъемлемой частью формирования грозовой деятельности — является наличие барических новообразований — так называемой циклонической деятельности, а именно с фронтальными циклонами, «перемещающимися» циклонами, частным циклогенезом. Они влекут за собой фронтальные разрезы, которые порождают метеорологические явления погоды[1].

Не менее важный фактор повышенной грозовой активности, отмечаемой круглогодично на Черноморском побережье Кавказа — наличие особых физико-географических характеристик. Южное расположение района, наличие незамерзающего моря и отрогов Главного Кавказского хребта оказывают существенное влияние на климат. Это влияние сказывается в том, что все процессы, протекающие с довольно определённой закономерностью на равнинных местах, в данном рельефе претерпевают значительные изменения, которые порой трудно учесть.

Литература

1. Ватъян, М.Р., Песков, Б.Е. К характеристике грозовой деятельности в предгорных и горных районах Северного Кавказа // Труды ГМЦ СССР. – 1973. – Вып. 105. – С. 109-116.
2. Грачева, В.П. Исследование характеристики образования гроз // Труды ГГО. – 1960. – Вып. 94. – С. 76-79
3. Гроза [Электронный ресурс]. URL: <http://ru.wikipedia.org> (дата обращения: 21.06.2022)
4. Нагалеvский, Ю.Я., Чистяков, В.И. Физическая география Краснодарского края: учеб. пособие. – Краснодар, 2003. – 256 с.

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.*

Дымов-Иванов Виктор Васильевич

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

СЕЗОННЫЙ ХОД ПОВТОРЯЕМОСТИ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ В АЭРОПОРТУ МАЙКОП РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ

Аннотация: в статье рассматривается сезонный характер высоты границы облаков аэропорта Майкоп Республики Адыгея.

Ключевые слова: Майкоп Республики Адыгея, орография, высота нижней границы облаков.

Tsai Svetlana Nikolaevna

Head of the Department of Meteorology, Ecology and Nature Management, Branch of the Russian State Hydrometeorological University in Tuapse, PhD, Associate Professor.

Velichko Vitaly Andreevich

Associate Professor, Branch of the Russian State Hydrometeorological University in Tuapse, Ph.D.

Dymov-Ivanov Viktor Vasilyevich

Head of the Department of Aviation Electrical and Radio Equipment, Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation (MGTU GA), Ph.D., Associate Professor.

SEASONAL COURSE OF THE REPEATABILITY OF THE HEIGHT OF THE LOWER BOUNDARY OF CLOUDS AT THE MAYKOP AIRPORT OF THE REPUBLIC OF ADYGEA

Abstract: the article discusses the seasonal nature of the height of the cloud boundary of the airport of Maikop of the Republic of Adygea

Keywords: Maikop of the Republic of Adygea, orography, height of the lower cloud boundary

Аэропорт города Майкоп расположен в предгорьях Северного Кавказа, в долине реки Белой, ныне используется как посадочная площадка для вертолётов и лёгких самолётов (Ан-2 и подобные) при авиационных работах.

Водораздельные возвышенности с абсолютными отметками до 350 м находятся в 4-5 км юго-западнее города. Рельеф правобережья представляет собой слабо пересеченную, распахиваемую равнину, плавно понижающуюся к северо-западу, а левобережья холмистый, с высотами до 30-70 метров

Высота нижней границы облаков является существенной и практически необходимой для авиации характеристикой [4].

Ее необходимо знать для оценки возможности взлета и посадки самолётов.

Годовой ход повторяемости высоты облаков ниже 300 м за исследуемый период представлен в таблице 1

Таблица 1 – Повторяемость пределов высоты нижней границы облаков, годовой ход (2020 -2022 гг.)

Высота	Менее 100 м		Менее 200 м		Менее 300 м		Число наблюдений
	Месяцы	ч.сл.	%	ч.сл.	%	ч.сл.	
01	55	1,9	296	10,1	408	13,8	2945
02	39	1,4	204	7,6	303	11,3	2678
03	41	1,4	306	10,4	485	16,4	2945
04	20	0,7	167	5,9	319	11,2	2850
05	6	0,2	38	1,3	99	3,8	2945
06	1	0,04	18	0,6	38	1,3	2850
07	-	-	24	0,8	35	1,2	2945
08	2	0,1	5	0,2	21	0,7	2945
09	3	0,1	15	0,5	46	1,6	2850
10	2	0,1	60	2,0	170	5,8	2945
11	14	0,5	155	5,4	250	8,8	2850
12	12	0,4	263	8,9	381	12,9	2944

Из анализа следует, что облачность ниже 300 м может наблюдаться в любое время года с максимумом повторяемости в марте (более 16%).

Облачность ниже 200 м также имеет наибольшую повторяемость в марте (10,4%), однако, значительна она и в январе (10,1%), Облачность ниже 100 м в условиях аэропорта Майкоп довольно редкое явление и отмечается она преимущественно с января по март, с максимумом повторяемости в январе (1,9%).

В теплый период года, с мая по октябрь, повторяемость всех пределов низкой облачности невелика и не превышает даже для предела ниже 300 м 6%, причем облачность ниже 100 м наблюдается не каждый год, а в июле за рассматриваемый пятилетний период отсутствует вообще.

Для определения повторяемости заданной градации высоты облаков какого-либо месяца необходимо из высоты повторяемости верхнего предела высоты облаков данной градации вычесть величину повторяемости нижнего предела [2, с.23].

Например, чтобы получить вероятность повторяемости высоты облаков 100-200 м в феврале, необходимо из значения повторяемости высоты облаков ниже 200 м (7,6%) вычесть повторяемость высоты ниже 100м (1,4%). Полученная разность $7,6\% - 1,4\% = 6,2\%$ и даёт искомую величину повторяемости.

Суточный ход повторяемости высоты нижней границы облаков в каждом сезоне (месяце) имеет свои особенности.

Суточный ход повторяемости высоты нижней границы облаков (для ниже 100 м, ниже 200 м, ниже 300 м), построены отдельно для лета (V-IX), переходных месяцев года: октября и ноября и зимы (XII-II) представлены в таблице 2, таблицы 3 и таблице 4.

Таблица 2 – Повторяемость градаций высоты нижней границы облаков, по срокам наблюдений за сезон: май, июнь, июль, август, сентябрь (2020-2022 гг.)

Высота	Менее 100 м		Менее 200 м		Менее 300 м		Число наблюдений
	Часы	ч.сл.	%	ч.сл.	%	ч.сл.	
01	-	-	0,4	0,3	0,6	0,4	153
03	0,2	0,1	0,6	0,4	1,2	0,8	153
05	0,2	0,1	1,0	0,7	1,4	0,9	153
06	0,8	0,5	1,8	1,2	1,8	1,2	153
07	0,4	0,3	2,0	1,3	3,8	2,5	153
08	0,6	0,4	3,0	2,0	6,2	4,1	153
09	0,6	0,4	2,2	1,4	6,6	4,3	153
10	-	-	0,6	0,4	3,8	2,5	153
11	-	-	2,0	1,3	6,6	3,9	153
12	-	-	0,8	0,5	5,2	3,4	153
13	-	-	0,6	0,4	1,8	1,2	153
14	-	-	0,4	0,3	2,6	1,7	153
15	-	-	1,0	0,7	2,4	1,6	153
16	-	-	0,6	0,4	1,6	1,0	153
17	-	-	0,6	0,4	1,0	0,7	153
18	-	-	0,4	0,3	0,8	0,5	153
19	-	-	0,2	0,1	1,2	0,8	153
21	-	-	0,6	0,4	1,0	0,7	153
24	-	-	0,8	0,5	1,4	0,9	153

В теплый период года (май-сентябрь) облачность ниже 300 м и ниже 200 м чаще всего отмечается с 07 до 12 часов, при этом повторяемость её не превышает 4,3%. Облачность ниже 100 м очень редкое явление и наблюдается только с 3 до 9 часов утра (менее 1%).

Таблица 3 – Повторяемость градаций высоты нижней границы облаков, по срокам наблюдений за октябрь, ноябрь (2020-2022 гг)

Высота	Менее 100 м		Менее 200 м		Менее 300 м		Число наблюдений
	часы	ч.сл.	%	ч.сл.	%	ч.сл.	
01	-	-	-	-	3	1,9	155
03	-	-	3	1,9	10	6,4	155
05	-	-	2	1,3	6	3,9	155
06	-	-	4	2,6	6	3,9	155
07	-	-	4	2,6	10	6,4	155
08	-	-	8	5,2	16	10,3	155
09	-	-	3	1,9	11	7,1	155
10	-	-	4	2,6	14	9,0	155
11	1	0,6	7	4,5	19	12,3	155
12	-	-	6	3,9	12	7,7	155
13	1	0,6	4	2,6	7	4,5	155

14	-	-	4	2,6	11	7,1	155
15	-	-	2	1,3	7	4,5	155
16	-	-	5	3,2	13	8,4	155
17	-	-	1	0,6	7	4,5	155
18	-	-	1	0,6	5	3,2	155
19	-	-	1	0,6	6	3,9	155
21	-	-	1	0,6	4	2,6	155
24	-	-	1	0,6	3	1,9	155

В переходный месяц октябрь повторяемость облачности ниже 200 м, ниже 300 м по сравнению с летним периодом возрастает, максимум первой из них отмечается в 8, второй - в 11 часов и составляет 5% и 12% соответственно. В период с 17 до 06 часов повторяемость этих пределов низких облаков колеблется от 1 до 6%. Что касается облачности ниже 100 м, то как и в летний период, она отмечается в единичных случаях.

В ноябре повторяемость всех пределов низкой облачности несколько увеличивается, причем в дневные часы она больше, чем в остальное время суток. Максимальная повторяемость облачности ниже 200 м и ниже 300 м отмечается в 14 часов (9,3% и 13,3%).

Облачность ниже 100м наблюдается преимущественно в период с 09 до 15 часов в единичных случаях.

В таблице.4 представлена повторяемость градаций высоты нижней границы облаков, по срокам наблюдений за сезон: декабрь, январь, февраль 2020-2022 гг.

Таблица 4 – Повторяемость градаций высоты нижней границы облаков, по срокам наблюдений за сезон: декабрь, январь, февраль (2020-2022 гг.)

Высота Месяцы	Менее 100 м		Менее 200 м		Менее 300 м		Число наблюдений
	ч.сл.	%	ч.сл.	%	ч.сл.	%	
01	2,0	1,3	9,3	6,2	13,6	9,1	150
03	3,6	2,4	15,0	10,0	18,0	12,0	150
05	3,6	2,4	13,0	8,7	16,0	10,7	150
06	3,0	2,0	15,0	10,4	17,6	11,7	150
07	4,3	2,9	17,6	11,7	22,0	14,7	150
08	3,0	2,0	18,3	12,2	23,0	15,3	150
09	2,6	1,7	17,0	11,3	21,0	14,0	150
10	3,0	2,0	17,0	11,3	20,6	13,7	150
11	2,6	1,7	14,3	9,5	21,0	14,0	150
12	3,0	2,0	17,3	11,5	26,3	17,5	150

Продолжение таблицы 4

13	1,6	1,1	15,3	10,2	23,3	15,5	150
14	1,6	1,1	15,0	10,0	23,0	15,3	150
15	1,0	0,6	11,3	7,5	23,6	15,7	150
16	1,3	0,9	11,0	7,3	19,3	12,8	150
17	1,3	0,9	11,0	7,3	19,3	12,8	150

18	1,0	0,6	13,3	8,9	19,6	13,1	150
19	1,6	1,1	9,6	6,4	16,0	10,7	150
21	1,0	0,6	9,6	6,4	12,6	8,4	150
24	2,0	1,3	10,3	6,9	14,3	9,5	150

В холодный период года (декабрь-февраль) повторяемость облачности ниже 200 м. ниже 300 м велика, при этом в утренние и дневные часы облачность этих пределов бывает чаще, чем в остальное время суток, максимум первой их них приходится на 08 часов, второй - на 12 часов и составляет 12,2 и 17,5% соответственно.

В остальное время суток повторяемость колеблется в незначительных пределах. Суточный ход облачности ниже 100 м сглажен, максимум повторяемости её в 07 часов (2,9%). Во второй половине дня и в первой половине ночи повторяемость её не превышает 1%.

В переходном месяце марте повторяемость облаков ниже 300 м и ниже 200 м наибольшая. Облачность ниже 300 м чаще всего отмечается в первой половине дня с максимумом в 10 часов (22,6%) и минимумом в ранние утренние часы 5-6 часов (12,3%).

В остальное время суток её повторяемость колеблется в незначительных пределах. Максимум повторяемости облачности ниже 200 м приходится на 01 час (15,5%), минимум на 5 часов -4,5%. В остальное время суток её повторяемость колеблется от 8 до 12%.

Облачность ниже 100 м наблюдается преимущественно во второй половине ночи и утром с максимумом повторяемости в 3 часа-3,8%. В дневные часы облачность ниже 100 м наблюдается не во все сроки и её повторяемость не превышает 1 - 1,5%.

В апреле повторяемость высоты облаков ниже 300 м и ниже 200 м ещё велика, максимум её приходится на 8 часов и составляет 20,6% и 12,7% соответственно. Облачность ниже 100 м наблюдается преимущественно в период с 06 до 08 часов (3%), в остальное время суток она отмечается в единичных случаях и не во все сроки.

Следовательно, высота нижней границы облаков на исследуемой территории носит изменчивый характер и различается как в годовом так и суточном ходе [3, с. 89].

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.
4. Сайт о Республике Адыгея [Электронный ресурс]. URL: <http://adygeya-republic.info/> (дата обращения: 15.10.2022)

Макогон Валерий Константинович

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Илларионов Владимир Викторович

Старший научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н.

Санникова Светлана Михайловна

Старший научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н., доцент

Грищенко Борис Александрович

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Лакей Владимир Николаевич

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Кашиников Владимир Иванович

Старший научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н., доцент

Басарев Михаил Владимирович

Научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

Леденев Андрей Александрович

Старший научный сотрудник, Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж), к.т.н., доцент

УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ И СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ С АВТОДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ

Аннотация: в статье рассматривается инновационное оборудование для удаления ледяных и снежно-ледяных образований с автодорожных и аэродромных покрытий, позволяющее осуществлять очистку ледяных и снежно-ледяных образований толщиной 1...5 мм с автодорожных и аэродромных покрытий со скоростью 2...5 км/ч с необходимым качеством и в минимальные сроки. Применение данного оборудования позволит сократить расходы на противогололедные реагенты, что принесет существенный экономический эффект.

Ключевые слова: эксплуатационное содержание аэродромов, оборудование, навесное, базовое шасси, плуг, цилиндрическая щетка, плужно-щеточный модуль, зимняя уборка дорог и аэродромных покрытий.

Makogon Valery Konstantinovich

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh)

Illarionov Vladimir Viktorovich

*Senior Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences*

Svetlana Mikhailovna Sannikova

*Senior Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

Grishchenko Boris Alexandrovich

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh)

Lackey Vladimir Nikolaevich

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh)

Kashnikov Vladimir Ivanovich

*Senior Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

Basarev Mikhail Vladimirovich

Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh)

Ledenev Andrey Aleksandrovich

*Senior Researcher, Federal State State Military Educational Institution of Higher Education "Military Training and Research Center of the Air Force "Air Force Academy named after Professor N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin" (Voronezh),
Candidate of Technical Sciences, Associate Professor*

DEVICE FOR REMOVING ICE AND SNOW-ICE FORMATIONS FROM ROAD AND AIRFIELD SURFACES

Abstract: the article discusses innovative equipment for the removal of ice and snow-ice formations from road and airfield coatings, which allows cleaning ice and snow-ice formations with a thickness of 1...5 mm from road and airfield coatings at a speed of 2...5 km/h with the necessary quality and in the shortest possible time. The use of this equipment will reduce the cost of deicing reagents, which will bring a significant economic effect.

Keywords: operational maintenance of airfields, equipment, mounted, basic chassis, plow, cylindrical brush, plow-brush module, winter cleaning of roads and airfield surfaces.

Применение инновационных технологий для эксплуатационного содержания аэродромов является одним из факторов для успешного выполнения задач по обеспечению постоянной готовности аэродрома к полетам.

Известно: оборудование дорожной уборочной машины со съемным плужно-щеточный модулем, состоящим из плуга и щетки, установленных на рамной конструкции спереди базового шасси машины, причем щетка выполнена цилиндрической и расположена с тыльной стороны плуга, который снабжен механизмом подъема, при этом плуг, цилиндрическая щетка и их рамная конструкция оформлены единым конструктивно-технологическим модулем с параллельным расположением линии отвала плуга и продольной оси цилиндрической щетки с возможностью как совместного, так и раздельного функционирования плуга и цилиндрической щетки, причем в зависимости от условий уборки: плуг – с возможностью регулирования подъема перед и над цилиндрической щеткой, а цилиндрическая щетка – с возможностью регулирования размера пятна контакта цилиндрической щетки с убираемой поверхностью и с возможностью регулирования величины и направления скорости вращения цилиндрической щетки посредством гидропривода. Диапазон регулирования величины скорости вращения цилиндрической щетки с возможностью реверсирования составляет от 0 до 1500 оборотов в минуту. Съемный плужно-щеточный модуль своим стыковочным узлом, линиями энергопитания и управления присоединен к машине через съемный унифицированный гидромодуль с несущей рамной конструкцией и имеет возможность синхронного поворота плуга и цилиндрической щетки в горизонтальной плоскости в диапазоне угла от -30° до $+30^{\circ}$ относительно поперечной оси машины [1].

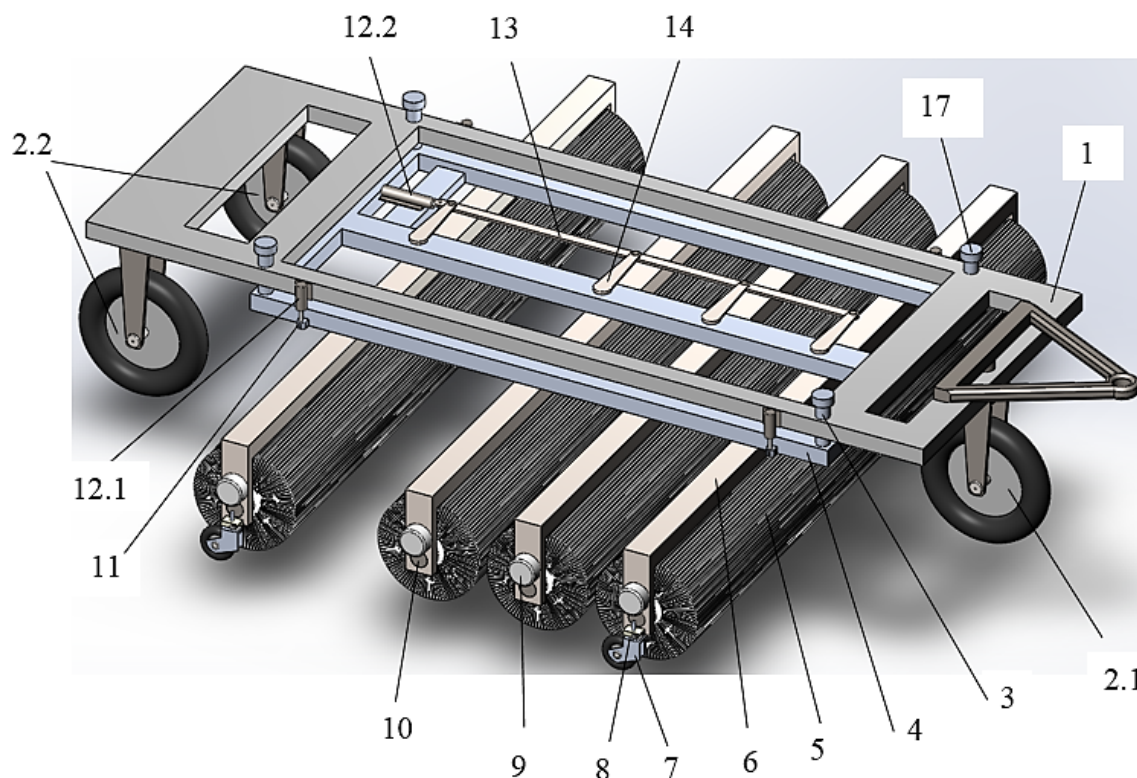
Недостатком указанного устройства является низкое качество очистки автодорожного или аэродромного покрытия, что обусловлено отсутствием возможности удаления с них ледяных образований толщиной более 1 мм и низкой скоростью перемещения при этом.

Известно: устройство очистки от наледи и спрессованного снега, состоящее из рамы, шнека со спиралью правого и левого направлений, двух скребков, опорных спаренных колес, трансмиссии привода рабочих органов, гидроцилиндров опускания, подъема и ротора, ротор состоит из вала, на котором установлены на шпонках с определенным шагом дисковые пилы, разделенные между собой молотками с прикрепленными к ним пластинами с заостренной кромкой, шарнирно установленными на осях, проходящих через дисковые пилы, а с торцов на вал установлены на подшипниках скольжения опорные зубчатые колеса, наружный диаметр которых больше наружного диаметра дисковых пил и молотков с пластинами с заостренными кромками [2].

Недостатком указанного устройства является повреждение поверхности автодорожных или аэродромных покрытий при очистке от наледи и спрессованного снега вследствие механического на них воздействия рабочих органов устройства.

Научным коллективом авторов научно-исследовательского центра (далее НИЦ) проблем применения, обеспечения и управления авиацией Военно-воздушных сил (далее НИЦ (ППО и УА ВВС)), Военного учебно-научного центра Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (далее - ВУНЦ ВВС «ВВА» (г. Воронеж)), разработано устройство для зимней уборки дорог и аэродромных покрытий, относящееся в частности к навесному или прицепному специальному оборудованию для удаления ледяных и снежно-ледяных образований с дорожных и аэродромных покрытий всех категорий [3].

На рисунке 1 представлен общий вид устройства.



1 – рама; 2.1 – колесо переднее поворотное и 2.2 заднее неповоротное; 3 – направляющий палец; 4 – подрамник; 5 – цилиндрическая щетка; 6 – вилка цилиндрической щетки; 7 – опорное колесо; 8 – механизм регулировки опорного колеса; 9 – двигатель привода цилиндрической щетки; 10 – ось привода цилиндрической щетки; 11 – проушина подрамника; 12.1, 12.2 – гидроцилиндры опускания (поднятия) подрамника и изменения угла поворота цилиндрических щеток соответственно; 13 – тяга; 14 – рычаг; 15 – вал привода поворота цилиндрической щетки; 16 – отверстие; 17 – ограничитель.

Рисунок 1. Общий вид устройства для удаления ледяных и снежно-ледяных образований с автодорожных и аэродромных покрытий.

Сущность конструкции устройства заключается в том, что рама 1 снабжена задними неповоротными 2.1 и передними поворотными колесами 2.2.

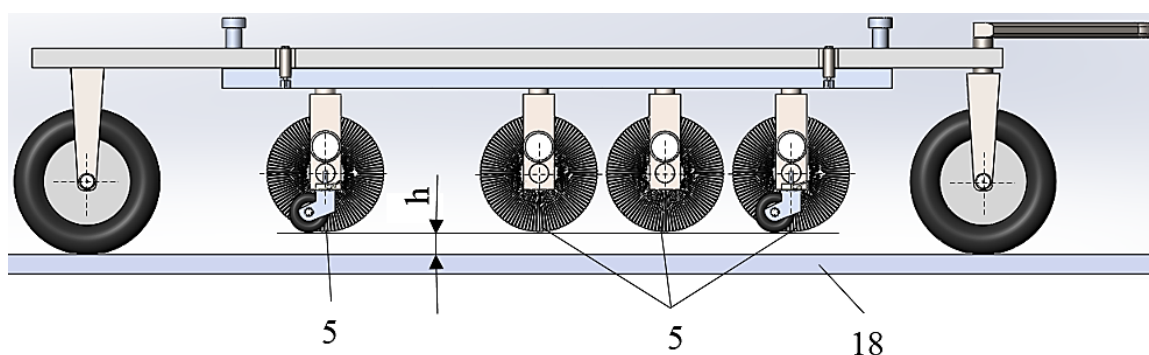
В конструкцию рамы дополнительно введен подрамник 4, на котором последовательно установлены четыре цилиндрических щетки 5, с возможностью вращения вокруг своей оси и синхронного поворота относительно поперечной оси подрамника 4 в горизонтальной плоскости в диапазоне угла от -30° до $+30^\circ$, с возможностью регулирования величины и направления скорости вращения, при этом крайние цилиндрические щетки 5 снабжены парой опорных колес 7 с механизмами регулирования размера пятна контакта цилиндрических щеток с убираемой поверхностью, подрамник 4 соединен с нижней частью рамы 1 с возможностью перемещения в вертикальной плоскости. Диапазон регулирования величины скорости вращения цилиндрических щеток с возможностью реверсирования составляет от 0 до 1500 оборотов в минуту.

Повысить качество очистки возможно осуществить за счет удаления ледяных образований толщиной 1...5 мм с автодорожных и аэродромных покрытий без разрушения их поверхности и с необходимой скоростью перемещения, с помощью последовательно установленных на подрамнике, по меньшей мере, четырех цилиндрических щеток, расположенных близко друг от друга – на расстоянии 40...50 мм и крайняя сзади на большем удалении – 350...400 мм. При этом первая по ходу движения цилиндрическая щетка разогревает и разрушает поверхность льда на глубину 1 мм. Тепло, образованное первой щеткой не успевает за доли секунды рассеяться в атмосфере, и вода опять превратится в лед, как следом за ней вторая и последующие до предпоследней по ходу движения, близко расположенные друг от друга щетки, продолжают разогревать и разрушать поверхность льда на глубину 1 мм каждая. Последняя по ходу движения цилиндрическая щетка осуществляет окончательную, чистовую очистку поверхности от ледяных и снежно-ледяных образований. Подрамник обеспечивает крепление цилиндрических щеток, их подъем, опускание и поворот на необходимый угол.

Опорные колеса с механизмами регулировки крайних цилиндрических щеток обеспечивают необходимый размер пятна контакта цилиндрических щеток с убираемой поверхностью. Задние неповоротные и переднее поворотное колеса, прикрепленные к раме, обеспечивают перемещение устройства.

Устройство для удаления ледяных и снежно-ледяных образований с автодорожных и аэродромных покрытий работает следующим образом.

Устройство прицепляется к автомобильному или тракторному средству. Оператор устанавливает цилиндрические щетки 5 из походного положения устройства, которое представлено на рисунке 2, при котором цилиндрические щетки 5 находятся над поверхностью дорожного покрытия 18 на высоте h , в рабочее положение, которое представлено на рисунке 6 и при котором опорные колеса 7 первой и последней цилиндрических щеток 5 опираются на поверхность дорожного покрытия 18.



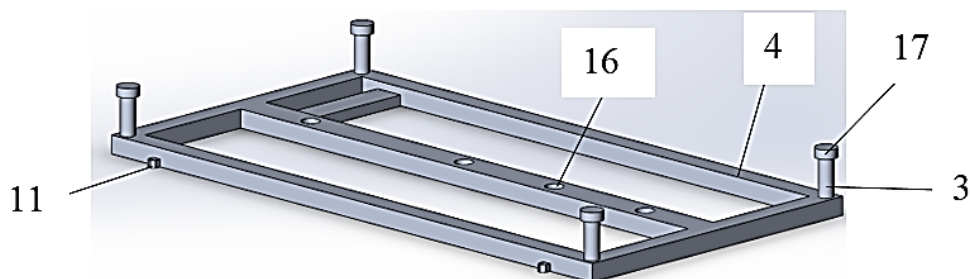
5 – цилиндрические щетки, 18 – дорожное покрытие

Рисунок 2. Положение щеточного механизма при транспортировке

Оператор опускает в нижнее положение подрамник 4 с помощью блока управления (не показан) гидроцилиндров 12.1, которые закреплены на раме 1, а

их штоки – на проушинах подрамника 11. Подрамник 4 опускается по направляющим пальцам 3 до ограничителей 17.

На рисунке 3 представлен подрамник 4, на котором показаны пальцы 3 с ограничителями 17 и проушинами подрамника 11.



3 – пальцы, 4 – подрамник, 11 – проушины подрамника, 16 – отверстие, 17 – ограничители

Рисунок 3. Подрамник

На рисунке 4 представлен вид на устройство сверху, где показан синхронный поворот цилиндрических щеток 5 относительно поперечной оси подрамника 4 в горизонтальной плоскости на угол α .

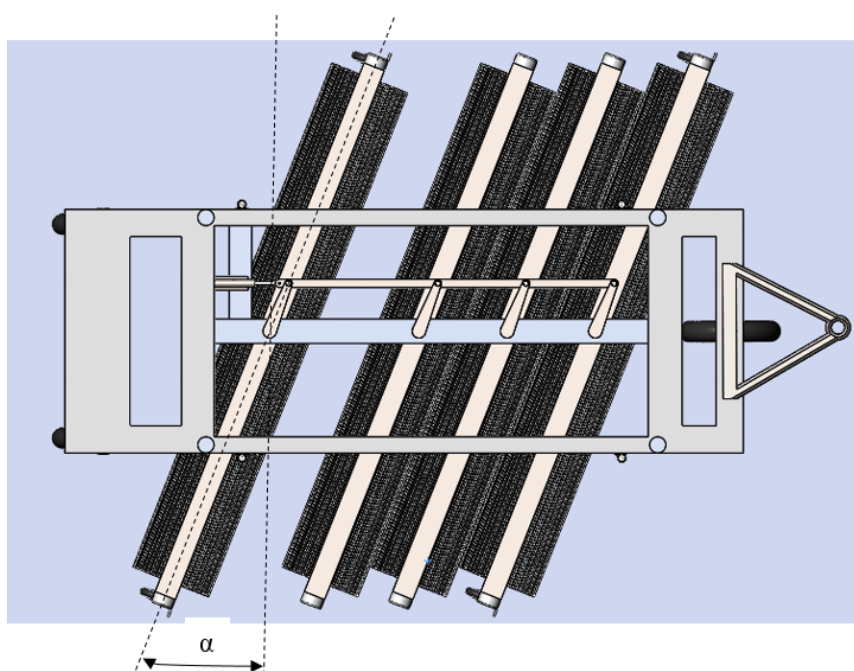


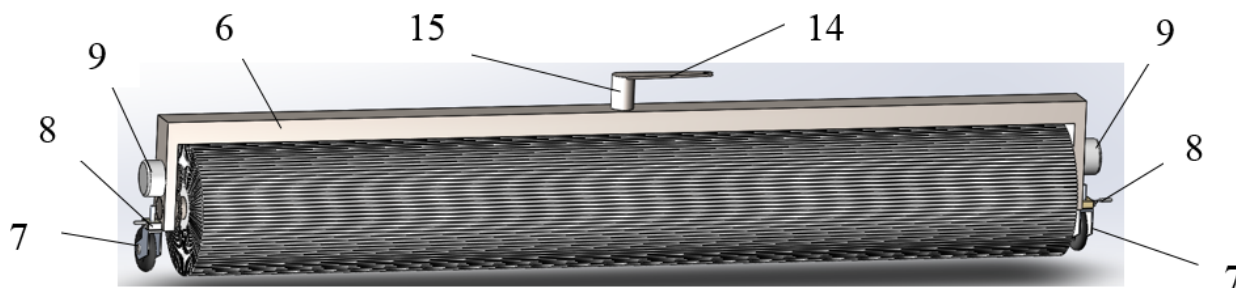
Рисунок 4. Вид на устройство сверху

Оператор устанавливает угол поворота α цилиндрических щеток 5 через блок управления (не показан) гидроцилиндром 12.2, который перемещает тягу 13 и воздействует на рычаги 14 вследствие чего происходит синхронный поворот цилиндрических щеток 5 на валах 15 относительно поперечной оси подрамника 4 в горизонтальной плоскости в диапазоне угла $\alpha = (-30) - (+30^\circ)$.

После этого оператор регулирует размер пятна контакта цилиндрических щеток 5 с убираемой поверхностью дорожного покрытия 18 с помощью

механизмов регулировки 8 опорных колес 7, установленных на первой и последней цилиндрических щетках 5.

На рисунке 5 представлена цилиндрическая щетка 5 в сборе с опорными колесами 7 и механизмами регулировки 8.

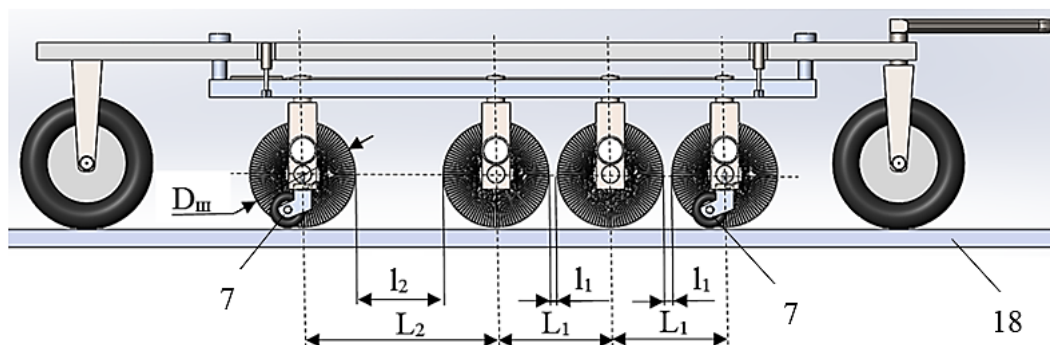


6 – вилка цилиндрической щетки, 7 – опорное колесо; 8 – механизм регулировки опорного колеса; 9 – двигатель привода цилиндрической щетки; 14 – рычаг; 15 – вал привода поворота цилиндрической щетки

Рисунок 5. Цилиндрическая щетка в сборе

Прижатие ворса щеток к поверхности очищаемых покрытий должно находиться в пределах 10...25 мм. Оператор через блок управления (не показан) включает двигатели привода 9 цилиндрических щеток 5, регулирует величину скорости и направление их вращения и проверяет качество работы цилиндрических щеток 5 по удалению льда с поверхности покрытия. При необходимости регулировочные работы по размеру пятна контакта (степени прижатия цилиндрических щеток 5 к очищаемой поверхности дорожного покрытия 18), величине скорости и направлению вращения цилиндрических щеток 5 повторяются до необходимого качества очистки. Затем оператор перемещается в тягач и начинает работу по удалению ледяных и снежно-ледяных образований с автодорожных и аэродромных покрытий с помощью последовательно установленных на подрамнике, по меньшей мере, четырех цилиндрических щеток, расположенных на определенном расстоянии друг от друга.

На рисунке 6 представлено рабочее положение устройства, где показаны расстояния L_1 , L_2 между осями вращения смежных цилиндрических щеток, от первой до предпоследней, предпоследней и последней цилиндрических щеток по ходу движения, соответственно, и расстояния l_1 и l_2 между цилиндрическими щетками диаметром $D_{щ}$.



7 – опорное колесо, 18- покрытие

Рисунок 6. Устройство в рабочем положении

Первая по ходу движения цилиндрическая щетка разогревает и разрушает поверхность льда на глубину 1 мм. Тепло, образованное первой щеткой не успевает за доли секунды рассеяться в атмосфере, и вода опять превратится в лед, как следом за ней вторая и последующие до предпоследней по ходу движения, близко расположенные друг от друга цилиндрические щетки 5 продолжают разогревать и разрушать поверхность льда на глубину 1 мм каждая. Последняя по ходу движения цилиндрическая щетка 5 осуществляет окончательную, чистовую очистку поверхности дорожного покрытия 18 от ледяных и снежно-ледяных образований. Таким образом, происходит повышение качества очистки ледяных и снежно-ледяных образований с автодорожных и аэродромных покрытий.

Расстояние между осями вращения смежных цилиндрических щеток L_1 , от первой до предпоследней по ходу движения, составляет:

$$L_1 = D_{\text{ш}} + l_1, \quad (1)$$

где $D_{\text{ш}}$ – диаметр цилиндрической щетки; $l_1 = 40 \dots 50$ мм,

Расстояние между осями вращения предпоследней и последней цилиндрических щеток L_2 по ходу движения составляет:

$$L_2 = D_{\text{ш}} + l_2, \quad (2)$$

где $l_2 = 350 \dots 400$ мм.

Предлагаемое техническое решение практически применимо, так как для его реализации могут быть использованы типовые устройства и узлы.

Предлагаемое техническое решение позволяет в зависимости от конкретных условий уборки оперативно регулировать работу устройства по подъему цилиндрических щеток и выставлению необходимого размера пятна контакта с убираемой поверхностью, по величине и направлению скорости вращения цилиндрических щеток, по синхронному повороту цилиндрических щеток в горизонтальной плоскости для очистки любых дорожных и аэродромных полос с уборкой, как в левую, так и в правую стороны от направления движения транспортного средства и осуществлять очистку ледяных и снежно-ледяных образований толщиной 1...5 мм с автодорожных и аэродромных покрытий со скоростью 2...5 км/ч с необходимым качеством и в минимальные сроки.

Коллектив авторов приглашает к взаимному сотрудничеству предприятия и научные коллективы, желающие изготовить опытный образец по нашей разработке.

Литература

1. https://yandex.ru/patents/doc/RU64220U1_20070627. (Дата обращения 10.10.2022 г.)
2. https://yandex.ru/patents/doc/RU2291245C2_20070110. (Дата обращения 10.04.2022 г.)
3. Патент РФ на полезную модель RU № 216535 U1 от 14 февраля 2023г.

Бакулин Михаил Алексеевич

*Магистрант кафедры вычислительной техники и защиты информации,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий*

«ЗЕЛЕНОЕ» УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация: мировой воздушных трафик гражданской авиации продолжает свой рост, что приводит к росту негативного воздействия на окружающую среду. В связи с чем возникает необходимость определения и поддержания оптимального баланса между ростом такого трафика и экологической устойчивости. Данная статья посвящена исследованию менеджмента экологичного жизненного цикла в гражданской авиации.

Ключевые слова: гражданская авиация, экологичный жизненный цикл, SoS, SoSE, LCM, SCM, зеленое управление.

Bakulin Mikhail Alekseevich

Master's student of the Department of Computer Engineering and Information Security Ufa University of Science and Technology

«GREEN» MANAGEMENT OF THE LIFE CYCLE OF CIVIL AVIATION

Abstract: the global air traffic of civil aviation continues to grow, which leads to an increase in the negative impact on the environment. In this connection, there is a need to determine and maintain an optimal balance between the growth of such traffic and environmental sustainability. This article is devoted to the study of environmental life cycle management in civil aviation.

Keywords: civil aviation, eco-friendly life cycle, SoS, SoSE, LCM, SCM, green management.

За последние десятилетия концепция экологически чистой авиации стала областью научных исследований на международном уровне. Воздушный транспорт фактически сталкивается с неустойчивым будущим, и это побудило к проведению множества исследований, посвященных устойчивости авиационной системы. Нынешние последствия усугубляются экспоненциальным ростом трафика, наблюдаемым в большинстве регионов мира, с последующим экспоненциальным увеличением выбросов и осознанием того, что существующие системы и инфраструктура станут неадекватными в углеродно-нейтральной отрасли. Международная ассоциация воздушного транспорта (IATA), Международная организация гражданской авиации (ICAO) и другие правительственные и независимые организации возглавляют движение авиации к более экологичному будущему [1]. Однако по-прежнему сохраняется двусмысленность в отношении необходимых усовершенствований и того, будут ли эти постепенные изменения достаточными для решения экологических проблем.

В настоящее время на долю воздушного транспорта приходится лишь 2-3% глобальных антропогенных выбросов углерода, однако последние оценки показывают, что к 2050 году этот показатель может достичь примерно 10-15% [2]. Стратегии смягчения последствий потребуют тщательного рассмотрения для достижения оптимального баланса между ростом и внешними факторами. Тем не менее существующие подходы оказываются несколько недостаточными в их попытках учесть воздействие воздушного транспорта в целом на окружающую среду. Реагирование на вызовы устойчивой авиации требует учета характеристик устойчивой системы и фундаментального изменения в способах проектирования, производства и эксплуатации продуктов и процессов. Сложные системы, которые традиционно задумывались и разрабатывались как автономные объекты, больше не могут рассматриваться изолированно. Управление жизненным циклом играет важную роль в этом процессе совершенствования, поскольку оно воплощает концепцию управления каждым этапом системы как подходом к достижению поставленных целей. Потребность в систематическом подходе усилилась в результате глобализации и последующего расширения связей между фирмами.

Проектирование систем из систем (SoS): определение границ гражданской авиации

Междисциплинарный подход системной инженерии обеспечил полезные методологии, помогающие в решении сложных проблем реального мира, предполагающие системную оценку рассматриваемой системы в сочетании с систематическими процессами, обозначающими логичный и упорядоченный подход к поиску решений. Общая идея дисциплины заключается в «объединении теорий и инструментов, которые подходят для решения проблем, часто имеющих большой масштаб» [3]. Однако у него есть ряд недостатков, особенно в его неспособности решать проблемы с высокой степенью контекстуального влияния, что приводит к неспособности предоставлять комплексные решения [3]. Системы, задуманные и разработанные на автономной основе для решения отдельной проблемы, не должны анализироваться изолированно. Следовательно, практики в

настоящее время решают проблемы, возникающие в результате комплексной системной интеграции, называемой системной инженерией (SoSE), которая обеспечивает более полный, целостный подход к достижению оптимальности между независимыми элементами внутри предприятия [4].

Система систем (SoS) состоит из набора элементов, которые способны функционировать независимо. Переход теории к подходу SoSE подчеркивает необходимость анализа взаимодействий независимых элементов как способа получения синергетического эффекта, который приводит к повышению возможностей и производительности. Хотя общепринятого определения этого понятия не существует, совершенно очевидно, что система систем становится повсеместной в литературе. Большинство авторов, похоже, согласны с тем, что управление сложными системами является серьезной проблемой и, возможно, становится препятствием для достижения определенных успехов [5]. Растет интерес к поиску способов достижения синергии между независимыми элементами системы как способа оптимизации общей производительности системы. Поэтому крайне важно понимать контекстуальное влияние данной системы и проводить различие между ее стратегическим замыслом и ее уникальной проблемой.

Несмотря на то, что литература, посвященная системной инженерии, значительно расширяется, у нас по-прежнему нет устоявшейся базы знаний. Литература, посвященная транспортным системам, относительно скудна, однако определение границ и элементов системы является критическим аспектом, если рассматривать его в контексте управления жизненным циклом или экологической устойчивости. Управление жизненным циклом является ключевым аспектом системной инженерии, реализующим принцип, согласно которому системный дизайн и архитектурные изменения должны быть прослеживаемы в соответствии с требованиями всей системы в целом. Большинство реализаций системной инженерии в авиации связаны только с проектированием летательных аппаратов и их компонентов [6]. Некоторые рассматривают авиационную систему как совокупность физических (спрос и предложение) и нефизических компонентов (правила эксплуатации). Другие приняли подход SoS для оптимизации безопасности в аэропортах. Все вышеперечисленное сосредоточено только на одном элементе, и, хотя это может быть практично, преимущества, достигнутые в одном конкретном элементе, не обязательно могут принести пользу всей системе.

Рассматриваются правительства, международные и национальные авиационные власти, поскольку они являются регулирующими органами гражданской авиации и движущей силой оптимизации окружающей среды. Идентификация этих элементов направлена на то, чтобы проиллюстрировать и расширить наше понимание взаимодействия между различными аспектами гражданской авиации. Это критический фактор в смягчении внешних факторов, поскольку каждый элемент будет создан с учетом уникальных проблем и ограничений. Это подчеркивает требование одновременного решения экологических проблем каждого элемента. Например, несмотря на то, что было проведено много исследований по оптимизации авиационной техники,

экологические выгоды, полученные на этапе проектирования, будут ограничены, если аэропорт и инфраструктура воздушного движения не будут оборудованы таким образом, чтобы учитывать рост объемов воздушного движения на этапе эксплуатации. Таким образом, создание прочной основы для распознавания закономерностей и структуры проблем SoS поможет разработать усовершенствованные инструменты и методологии с целью оптимизации общего воздействия гражданской авиации на окружающую среду.

Экологичное управление жизненным циклом.

Мышление о жизненном цикле стало новой нормой в управлении окружающей средой, что указывает на важный сдвиг парадигмы в подходе практиков к решению проблемы. Мышление о жизненном цикле – это широкая концепция, которая рассматривает экологические проблемы на системном уровне и обеспечивает целостный подход к разработке продукта с точки зрения «от колыбели до могилы» [7]. Это создает потребность в пересмотре взаимосвязей между элементами авиационной системы и гарантирует, что изменения, внесенные в дизайн продукта или архитектуру системы, уменьшат общее воздействие на окружающую среду, а не перенесут внешние эффекты на другую стадию жизненного цикла.

Это привлекает внимание к управлению жизненным циклом (LCM) – подходу, направленному на решение экологических проблем путем интеграции людей, процессов, бизнес-систем и информации для управления полным жизненным циклом продукта на предприятии. Традиционно экологический менеджмент был сосредоточен исключительно на процессах проектирования и производства, обеспечивающих очень ограниченный объем воздействия данного продукта на окружающую среду, обычно за счет других этапов его жизненного цикла. Управление жизненным циклом – это не отдельный инструмент или метод, а система управления продуктом, обеспечивающая организациям необходимую основу для структурирования деятельности и информации, связанной с продуктом, для повышения устойчивости с экологической точки зрения [8]. Это можно определить просто как бизнес-инициативу, которая управляет портфелем продуктов фирмы на протяжении всего ее жизненного цикла: от концептуализации идей и дизайна до выхода на пенсию и утилизации.

На рисунке 1 представлено подробное описание модели жизненного цикла, которая имеет отношение к гражданской авиации. Здесь верхняя строка обозначает элементы системы, которые непосредственно связаны с выполнением миссии (например, самолет). Однако диаграмма также иллюстрирует две системы жизненного цикла, тесно связанные с первой. Они специально разработаны как информационные циклы для одновременного использования возможностей проектирования и конструирования, которые могут оказать значительное влияние на работу системы.

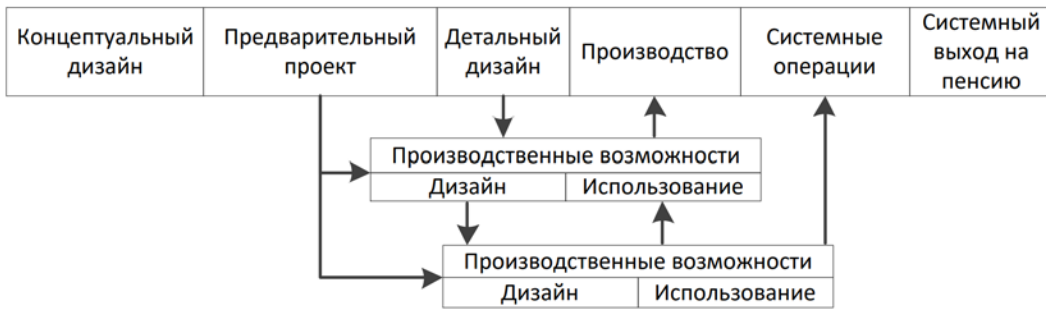


Рисунок 1 – Этапы жизненного цикла системы

Архитектура цепочки поставок для разработки экологически чистых систем

Концепция управления цепочками поставок (SCM) неразрывно связана с управлением жизненным циклом [9]. Можно отметить, что система будет проходить различные стадии предопределенного жизненного цикла. Это подчеркивает необходимость распространения продукции от одного этапа к следующему, осуществляемого с помощью разветвленной структурной сети организаций. Здесь можно определить различия между двумя теориями менеджмента, заключающиеся в том, что управление жизненным циклом связано с продуктом от его проектирования до утилизации, а SCM – с процессами и системами распределения продукта от поставщика до конечного пользователя.

Архитектура устойчивой цепочки поставок немного отличается от архитектуры LCM тем, что в ней используется подход к жизненному циклу продукта «от колыбели до колыбели» (в отличие от «от колыбели до могилы»). Компания стремится создать саморегулирующуюся систему, которая в конечном счете снижает потребность в первичных материалах. Рассматривается переход к обратной логистике, которая включает в себя как восходящие, так и нисходящие потоки, что обеспечивает необходимую инфраструктуру для переработки и повторного производства. Это обеспечивает необходимую координацию между двумя рынками: спросом со стороны потребителя и предложением возвращаемых товаров. Обратная логистика инкапсулирует процесс планирования и реализации потока сырья, материальных отходов и бывших в употреблении товаров от места потребления к месту происхождения как способ извлечения ценности из вторичной переработки. Это существенно снижает зависимость систем от первичных материалов и существенно сокращает выбросы при их синтезе. На рисунке 2 изображена схема авиационной цепочки поставок. Черные связи обозначают прямой поток компонентов самолета к производителю для централизованной сборки. Затем готовый продукт (самолет) доставляется заказчику (авиакомпания). Красными связями отмечен обратный поток (обратная логистика) подержанных воздушных судов от пункта потребления до пункта управления.

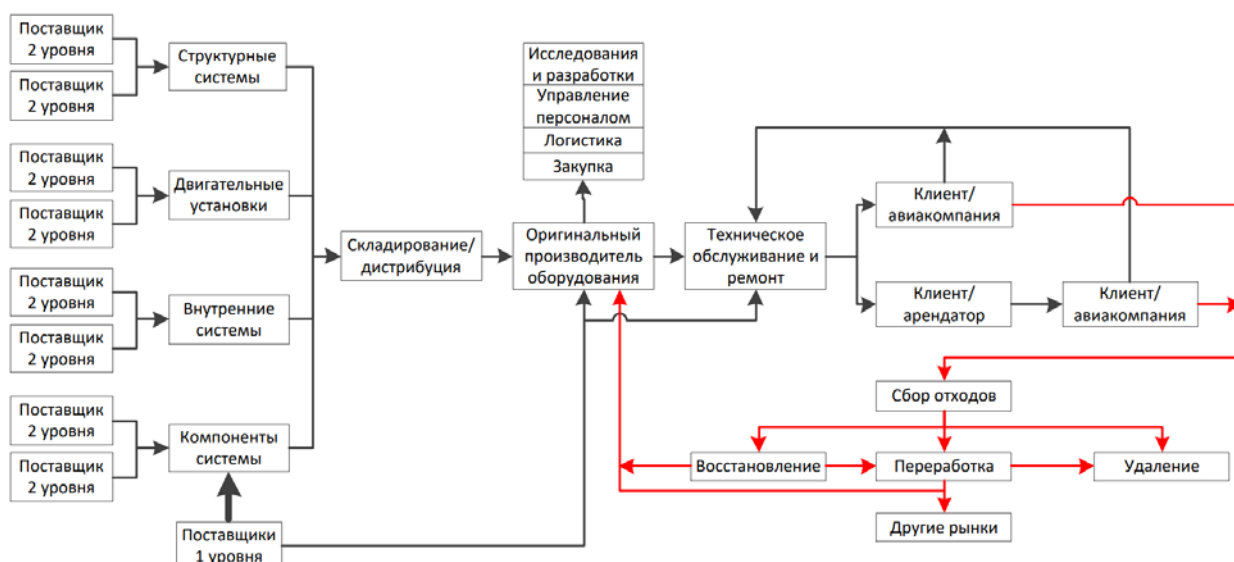


Рисунок 2 – Архитектура обратной логистики гражданской авиации

Внедрение концепции жизненного цикла в контексте авиаперевозок открыло новую методологию для проектирования и внедрения будущих систем. Предполагается, что воздушный транспорт следует рассматривать как систему – совокупность систем, реализуемых как единое целое для решения общей функциональности. Это также открывает возможность решать экологические проблемы в целом, отходя от традиционных методов смягчения внешних воздействий на окружающую среду только на одном конкретном этапе жизненного цикла системы.

Литература

1. Международная организация гражданской авиации (ИКАО) – [Электронный ресурс] / Министерство транспорта Российской Федерации. – Режим доступа: <https://mintrans.gov.ru/activities/69/79> (дата обращения 20.09.2023);
2. Изменение климата: половина крупнейших авиакомпаний мира не предлагает компенсацию выбросов углерода – [Электронный ресурс] / Eng-News. – Режим доступа: <https://eng-news.ru/Climate-change-Half-world-s-biggest-airlines-don-t-offer-carbon-offsetting/> (дата обращения 23.09.2023);
3. Подход «система систем» (system of systems) и его применение для повышения эффективности в менеджменте и бизнесе – [Электронный ресурс] / Издательство журналов «Стандарты и качество». – Режим доступа: <https://ria-stk.ru/ds/adetail.php?ID=193014> (дата последнего обновления 01.10.2020; дата обращения 23.09.2023);
4. Система системной инженерии – [Электронный ресурс] / Энциклопедия. – Режим доступа: https://iiwiki.ru/wiki/System_of_systems_engineering (дата обращения 28.09.2023);
5. Терехова А.Е., Верба Н.Ю. Проблемы управления большими и сложными проектами // КиберЛенинка. 2013 – 5 с. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-upravleniya-bolshimi-i-slozhnymi-proektami> (дата обращения 28.09.2023);

6. Инженерное обеспечение проектирования летательного аппарата – [Электронный ресурс] / StudFiles. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/6711193/page:5/> (дата обращения 28.09.2023);

7. Оценка жизненного цикла – [Электронный ресурс] / Энциклопедия МОТ по охране труда и технике безопасности. – Режим доступа: <https://www.iloencyclopaedia.org/ru/part-vii-86401/environmental-policy/item/746-life-cycle-assessment-cradle-to-grave> (дата обращения 29.09.2023);

8. Управление жизненным циклом требований (LCM) – [Электронный ресурс] / Requirements Management ALM Tool. – Режим доступа: <https://visuresolutions.com/ru/Блог/управление-жизненным-циклом-требований/> (дата обращения 01.10.2023);

9. Управление цепями поставок (scm) – [Электронный ресурс] / StudFiles. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/2799535/page:2/> (дата обращения 01.10.2023).

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.

**ВАРИАНТ ИДЕНТИФИКАТОРА ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ОГИБАЮЩЕЙ СИГНАЛА В КВ РАДИОСВЯЗИ**

Аннотация: В статье рассматривается математический аппарат, с помощью которого можно будет 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 декаметровый радиоканала.

Ключевые слова: декаметровый радиоканал, мощность передатчика, многолучевость.

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
Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation

A VARIANT OF THE IDENTIFIER OF THE DISTRIBUTION LAW OF THE SIGNAL ENVELOPE IN A DECAMETER RADIO CHANNEL

Abstract: The article discusses a mathematical apparatus with which it will be possible to develop a device for identifying the fading law of the signal envelope at the input of the receiving path in a decameter radio line. When using it, the accuracy of determining the required output power of the transmitter will increase to ensure the stability of the communication channel, respectively, the efficiency of the decameter radio line.

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 – станционные 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 станционных 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 ν - 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 $m_{y_1} > 0, m_{y_2} = 0$ и одинаковыми дисперсиями σ^2 .

Обобщением релейского 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 $a = 0,25n, n = 2, c = 2, \beta = 2$.

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

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 стационарных 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:

$$\widehat{l}_i = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \ln x_i,$$

$$S = 2, 3, \dots \quad (14)$$

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

где n – объем выборки.

Далее вычисляются коэффициенты

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

$$k_2 = \frac{1,5\widehat{L}_3^2 + 6\widehat{L}_2^3}{\widehat{L}_2(\widehat{L}_4 + \widehat{L}_2^2)}. \quad (15)$$

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.

Котов Алексей Романович

Ассистент кафедры социально-экономических дисциплин, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА)

МЕЖДУНАРОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АЭРОПОРТАХ

Аннотация: в данной статье рассмотрено международная безопасность в аэропортах. Проанализированы правовые акты и международные договоры. Выделены основные концепции безопасности в аэропортах.

Ключевые слова: Федеральная система авиационной безопасности, правовые акты, служба безопасности, профайлинг, металлодетектор.

Kotov Alexey Romanovich,

Assistant of the Department of Socio-Economic Disciplines, Rostov Branch of the Moscow State Technical University of Civil Aviation

INTERNATIONAL AIRPORT SECURITY

Abstract: this article discusses international airport security. Legal acts and international treaties are analyzed. The main concepts of security at airports are highlighted.

Keywords: Federal Aviation Security system, legal acts, security service, profiling.

Каждый человек, хоть раз летавший самолётами гражданской авиации, задавался вопросом: как именно обеспечивается безопасность в аэропортах? Что видят операторы зоны досмотра? Как вычисляются потенциальные нарушители?

В аэропортах обеспечивает безопасность Федеральная система авиационной безопасности жизни и здоровья пассажиров, членов экипажей воздушных судов, наземного персонала авиапредприятий и других лиц, охраны воздушных судов и объектов аэропортовой инфраструктуры путём осуществления мер по защите от актов незаконного вмешательства посредством внедрения и реализации комплекса мер, людских и материальных ресурсов в соответствии с установленными нормативными правовыми актами Российской Федерации.

Международное сотрудничество в сфере обеспечения авиационной безопасности, осуществляемое в рамках Международной организации гражданской авиации (ИКАО).

Правовыми актами, регламентирующими деятельность по защите гражданской авиации от актов незаконного вмешательства, являются: Международные правовые акты например: Конвенция о международной гражданской авиации, принята в г. Чикаго 07.12.1944 – ратифицирована Указом Президиума Верховного Совета СССР от 14.10.1970 (изменения и дополнения, внесённые Протоколами от 06.10.1989 и от 26.10.1990, вступили в силу для Российской Федерации 16.08.2005 (Собрание законодательства РФ», 30.10.2006, № 44)); Конвенция о преступлениях и некоторых других актах, совершаемых на борту воздушных судов, принята в г. Токио 14.09.1963 (Doc 8364) – ратифицирована 04.12.1987 Указом Президиума Верховного Совета СССР № 8109-XI (документ вступил в силу для Российской Федерации 03.05.1988); 14 Конвенция о борьбе с незаконным захватом воздушных судов, принята в г. Гаага 16.12.1970 (Doc 8920) – ратифицирована 04.08.1971 Указом Президиума Верховного Совета СССР № 2000-VIII (документ вступил в силу для СССР 24.10.1971); Руководство по авиационной безопасности (Doc 8973 Restricted, ИКАО); Руководство по перехвату гражданских воздушных судов (Doc 9433-AN/926, ИКАО); Руководство по организации контроля за обеспечением авиационной безопасности (Doc 10047, ИКАО) и другие международные договоры.

В рамках Федеральной системы контроля качества обеспечения авиационной безопасности гражданской авиации лица, осуществляющие надзорные и контрольные функции в сфере обеспечения авиационной безопасности, в обязательном порядке проходят отбор, а также обучение в рамках утверждённых программ подготовки инспекторов, в том числе по программе ИКАО по курсу «Национальный инспектор по авиационной безопасности».

Рассмотрим работу служб безопасности по некоторым направлениям их работы.

Первое, на что обращают внимание, сотрудники служб безопасности — поведение пассажиров. Оценка его поведения и выявление в потоке посетителей аэропортов потенциальных нарушителей называется профайлингом.

Основная сила профайлинга — в умении специалиста по мимике и некоторым другим признакам определить состояние человека. Готовящийся к преступлению человек может выдать себя движениями, одеждой, походкой, несоответствием багажа предстоящему полёту — всего критериев оценки насчитывается несколько десятков. По внешним признакам выделяют и людей в состоянии наркотического и алкогольного опьянения. Опросная часть профайлинга — простые вопросы, которые задают вам сотрудники паспортного контроля и операторы досмотровых зон («Куда летите?», «Цель поездки?», «Что в багаже?»). В первую очередь, их интересует не ответ на вопрос, а ваша реакция. В некоторых аэропортах внедрены программно-аппаратные комплексы оценки

психоэмоционального состояния — на экранах операторов потенциальные нарушители подсвечиваются красным цветом.

Следующее направление на входах во все аэропорты уже давно установлены рамки металлодетекторов. Металлодетекторы настраиваются под определённый уровень веса металлических изделий, превышение которого просигнализирует сотруднику о необходимости повторного, более тщательного досмотра пассажира.

Помимо металлодетекторов в зонах досмотра используются и другие инструменты: например, газоанализаторы. Чуткие детекторы могут определить наличие следов взрывчатых веществ и почти всего спектра наркотических средств, даже если человек контактировал с такими веществами несколько дней назад.

Такие же газоанализаторы присутствуют и в других местах аэропортов, например, при досмотре сданного багажа.

С быстрым развитием новых технологий аэропорты будущего, становятся реальностью. От новейшего программного обеспечения для сбора биометрических данных и сканеров обуви.

Биометрическая технология существует с 1969 года, когда начали настаивать на использовании автоматической идентификации отпечатков пальцев. Первые сканеры отпечатков пальцев были представлены в 1975 году, а в 1990-х биометрическая аутентификация безопасности стала обычным явлением в компаниях и учреждениях. В 2001 году после терактов 11 сентября законодательство США предписало использовать биометрические данные в аэропортах для входа и выхода. С тех пор использование биометрии, особенно сканирования отпечатков пальцев, широко используется в аэропортах по всему миру.

Эпидемия коронавируса ускорила разработку бесконтактной биометрической аутентификации, чтобы обеспечить пассажирам более гигиеничное и беспроблемное прохождение аэропортовых процедур. Опрос, проведенный IATA - Международной ассоциацией воздушного транспорта в 2021 году, показал, что 73% пассажиров были готовы поделиться своими биометрическими данными для улучшения процессов в аэропортах (по сравнению с 46% в 2019 году).

По данным SITA - Société Internationale de Télé Communications Aéronautiques, почти четверть аэропортов мира начали вкладывать в биометрические технологии, и ожидается, что к 2024 году инвестиции авиакомпаний в биометрическую посадку вырастут на 60%.

Двумя известными авиакомпаниями, использующими бесконтактную биометрию для работы с пассажирами, являются Emirates и British Airways.

Биометрический маршрут Emirates в Dubai International Airport начал функционировать в октябре 2020 года и открыт для пассажиров Emirates, путешествующих из аэропорта Дубая и через него.

Используя новейшие биометрические технологии, сочетание распознавания лица и радужной оболочки глаза, пассажиры Emirates теперь могут

зарегистрироваться на рейс, пройти иммиграционные службы, войти в зал ожидания авиакомпании и сесть на рейс, просто двигаясь по аэропорту. Биометрические данные можно собирать даже без остановки пассажира.

В ноябре 2022 года British Airways запустила тестирование смарт-технологии, в рамках которого группе пассажиров было предложено отсканировать свои лица, паспорта и посадочные талоны на своих смартфонах перед поездкой.

Когда эти пассажиры прибыли в Терминал 5 Хитроу, камеры Smart Bio-Pod подтвердили их личность менее чем за три секунды, что позволило им вообще не доставать свой паспорт.

Некоторые из последних инноваций в области безопасности аэропортов можно буквально уместить на ладони. Запущенная Таможенной службой США в марте 2023 года программа мобильного паспортного контроля теперь представляет собой приложение для мобильных телефонов, которое позволит пассажирам летящим в США из Канады, избежать очереди на таможне.

И так надо понимать, что все мероприятия (а в аэропортах также используются и другие, менее афишируемые системы) проводятся исключительно для повышения безопасности полётов.

Бакулин Михаил Алексеевич

*Магистрант кафедры вычислительной техники и защиты информации,
ФГБОУ ВО Уфимский университет науки и технологий*

ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация: статья посвящена формулированию принципов, которых необходимо придерживаться для эффективного экологичного управления на протяжении всего жизненного цикла гражданской авиации. Обозначается текущее положение дел, в том числе приводятся статистические показатели и что необходимо исключить, добавить, заменить и модернизировать.

Ключевые слова: экологичное управление, жизненный цикл гражданской авиации, воздушное судно, принципы управления, устойчивое управление.

Bakulin Mikhail Alekseevich

*Master's student of the Department of Computer Engineering and Information
Security, Ufa University of Science and Technology*

PRINCIPLES OF ECO-FRIENDLY MANAGEMENT OF THE LIFE CYCLE OF CIVIL AVIATION

Abstract: the article is devoted to the formulation of principles that must be adhered to for effective environmental management throughout the life cycle of civil aviation. The current state of affairs is indicated, including statistical indicators and what needs to be excluded, added, replaced and modernized.

Keywords: eco-friendly management, the life cycle of civil aviation, aircraft, management principles, sustainable management.

В данном исследовании предполагается, что надлежащий уровень смягчения последствий будет достигнут только при углубленном рассмотрении как прямых, так и непрямых авиационных систем и связанных с ними энергетических и жизненных циклов выбросов. Методы смягчения воздействия на окружающую среду в зависимости от вида транспорта должны охватывать весь его жизненный цикл. Предпринята попытка внедрить более целостную методологию оценки внешних факторов отрасли с помощью более экологичных процессов управления жизненным циклом. Основная цель данного исследования – обозначение подхода к устойчивому системному мышлению в отрасли гражданской авиации.

Принципы более экологичного проектирования.

Дизайн системы, по сути, определяет экологический след продукта на протяжении всего его жизненного цикла. В то время как типичный жизненный цикл состоит из множества различных фаз, системное проектирование в основном выполняется на стадии разработки, с учетом ключевых конструктивных соображений при производстве, эксплуатации и выводе из эксплуатации [1]. Традиционная разработка продуктов была направлена на достижение улучшений в дизайне с точки зрения экономики (стоимости), функциональности и производства. Однако растущее давление со стороны правительств, заинтересованных сторон и широкой общественности вынудило многие отрасли промышленности, включая авиацию, внедрять методы «зеленой инженерии», которые требуют, чтобы продукты проектировались и разрабатывались с учетом требований охраны окружающей среды.

Интеграция системотехнического подхода на этапах проектирования определяет общую целостность системы в целом. Его следует использовать как систематический обзор общей производительности систем, а не отдельных элементов. Это позволяет провести четкую грань между тем, как продукт будет развиваться с момента его первоначального проектирования, и тем, как его эксплуатационное использование на различных этапах жизненного цикла будет представлять угрозу для окружающей среды. Это открывает ряд возможностей для поиска решений экологических проблем, связанных с продуктом, благодаря возможности контролировать типы требуемых входных данных и создаваемых выходных данных. Стоит отметить, что даже если система оптимизирована с точки зрения проектирования, производительность может быть менее оптимальной из-за взаимодействия других элементов на этапах жизненного цикла.

Проектирование для окружающей среды (DfE).

Дизайн для окружающей среды (DfE) используется в качестве стратегической методологии, направленной на систематическое снижение воздействия на окружающую среду, оказываемого на протяжении всего жизненного цикла продукта [2]. DfE – это, по сути, принцип, который учитывает экологические соображения при проектировании и редизайне продуктов и процессов. Смягчения воздействия на окружающую среду легче добиться, когда экологические проблемы выявляются и решаются на ранних стадиях проектирования продукта.

Важно подчеркнуть, что концепция DfE сама по себе не является гарантией обеспечения экологической устойчивости на протяжении всего жизненного цикла системы. При просмотре литературы по экологичному жизненному циклу и устойчивой цепочке поставок становится очевидным, что стадия окончания срока службы является неотъемлемой частью экологической устойчивости. Этот этап обеспечивает общую способность системы быть в некоторой степени автономной, например, возможность вторичной переработки и повторного изготовления воздушного судна будет оказывать прямое влияние:

- на количество извлекаемого сырья;
- использование энергии с начала эксплуатации.

Есть несколько ключевых областей, которые необходимо рассмотреть. Во-первых, необходимо быть избирательным в отношении типов материалов, используемых при проектировании и производстве. Позволит ли это свести к минимуму отходы? Легко ли его отделять и перерабатывать? Архитектура самолетов склоняется к использованию эпоксидных смол, армированных углеродным волокном. Например, Boeing 787 и Airbus A350 примерно на 55% состоят из композитов [3]. Его применение позволяет снизить общий вес самолета примерно на 20% по сравнению с традиционным алюминием. Вес напрямую влияет на расход топлива, который пропорционален выбросам.

Это приводит к концепции проектирования для вторичной переработки, повторного производства и утилизации, которые составляют основную часть более широкой концепции DfE. Они фокусируются на элементе дизайна, который поддерживает вторичную переработку материалов в изделии. Разработке продукта для вторичной переработки уделяется значительно меньше внимания с точки зрения производителя. Это объясняется тем фактом, что расходы на утилизацию продуктов традиционно оплачиваются обществом в целом. Важность вторичной переработки проистекает из сокращения использования первичных материалов, т. е. это формирует основу для саморегулирующейся системы. Вторичная переработка, как правило, может обеспечить дополнительную ценность для цепочки создания стоимости в авиации, в то же время предоставляя возможность повысить эксплуатационные характеристики самолетов за счет повторного производства.

Принципы более экологичного производства.

Термин «экологичное производство» все чаще встречается в литературе, что указывает на необходимость рассмотрения производственного процесса с точки зрения образующихся отходов и выбросов. «Зеленое производство» можно

определить как систему, которая объединяет вопросы, связанные с проектированием продукта и процесса, с вопросами планирования и контроля производства с целью выявления, количественной оценки, анализа и управления производством отходов окружающей среды с конечной целью снижения воздействия на окружающую среду при одновременном максимальном использовании ресурсов [4]. Применение этих принципов к авиации повлечет за собой общесистемное изменение существующих производственных процессов. У практиков нет единого подхода к тому, что необходимо изменить. Можно выделить три основных метода преобразования авиационного производства:

- 1) использование экологически чистой энергии, политика, которая должна быть принята на основе сотрудничества по всей цепочке поставок;
- 2) разработка экологически чистых продуктов, процесс, в значительной степени зависящий от современных технологий и проектирование;
- 3) использование экологически чистых процессов в бизнес-операциях.

Также некоторые придерживаются другого подхода, предполагая, что необходимы изменения в политике закупок предприятий, промышленных технологиях и трансформации логистической системы. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) подчеркивает необходимость целостного подхода к устойчивому производству, который выходит за рамки предприятия [5].

Промышленная экология (ИЕ) – это исследовательский подход к устойчивому развитию, который анализирует, каким образом производственный сектор может удовлетворять своим фундаментальным требованиям, ведя себя как естественная система [6]. В природе не существует неограниченного потока ресурсов, а это означает, что ресурсы естественным образом пополняются по мере их использования. Оптимизация производственных систем с учетом обратного потока материала должна рассматриваться как воплощение принципа естественной экологической системы. На рисунке 1 изображено упрощенное представление периодической производственной системой с замкнутым циклом.



Рисунок 1 – Периодическая производственная система с замкнутым циклом
Более устойчивые операции.

Было проведено множество исследований о воздействии операций воздушного транспорта на окружающую среду и связанных с ними стратегиях по снижению этих внешних факторов. В первую очередь это связано с тем, что на долю операций приходится более 75% выбросов углекислого газа на протяжении всего жизненного цикла [7]. Аналогичные тенденции преобладают во всех отраслях производства товаров и услуг. Отмечается, что существует множество факторов, которые могут снизить выбросы при эксплуатации воздушных судов, таких как мультимодальные сети, наземные операции, новая инфраструктура и т. д., однако в данной работе предпринята попытка представить краткий анализ одного аспекта, который считается наиболее значительным и многообещающим. Наиболее заметным из них является управление воздушным движением (УВД).

Управление воздушным движением (УВД).

УВД, пожалуй, является наиболее важной областью исследований для повышения эксплуатационной эффективности и устойчивости, поскольку маршруты нескольких воздушных судов, пересекающих одни и те же районы воздушного пространства, не могут планироваться независимо друг от друга, поэтому любая проводимая оптимизация должна проводиться с учетом общей картины наблюдения как в стратегическом, так и в тактическом плане. Сектора воздушного пространства и аэропорты подвергаются растущему давлению в результате роста объемов перевозок. Существующая инфраструктура банкоматов приближается к своему порогу, вызывая общесистемную неэффективность из-за ограничений пропускной способности. Топливо является основной переменной при рассмотрении воздействия на окружающую среду. Меньшее количество топлива означает меньшее количество выбросов, поэтому инициативы в области УВД в основном направлены на сокращение потребления топлива за счет улучшения инфраструктуры и эксплуатации.

Наиболее многообещающие стратегии, которые реализуются для оптимизации ограничений воздушного движения, сосредоточены на сетевом уровне с амбициозными целями по обеспечению экологической устойчивости. Фреймворки, разработанные Консультативным советом по авиационным исследованиям и инновациям (ACARE) в Европе, пожалуй, являются наиболее упоминаемыми [8]. Исследование по управлению воздушным движением в Едином европейском небе (SESAR) [9] и Совместная технологическая инициатива «Чистое небо» (JTI) [10] – это программы, специально разработанные для достижения целей высшего уровня безопасности, эффективности и экологической устойчивости путем повышения эксплуатационной и экологической эффективности. Чтобы понять и снизить неэффективность УВД, необходимо проанализировать отдельные этапы выполнения полетного задания, которые нужно выполнить.

Оптимизация траектории.

Непрерывные профили набора высоты и снижения ведут к экологичной эксплуатации воздушных судов. Общий расход топлива во время вылета может

быть снижен на 1,67%, если будут приняты процедуры непрерывного набора высоты. Совместное предприятие SESAR [9] предоставляет результаты операций непрерывного набора высоты, опробованных на трансатлантических рейсах Air France. Они утверждают, что только на испытательных трансатлантических рейсах можно ежегодно экономить 135000 тонн углекислого газа.

Кроме того, непрерывный заход на посадку – это метод, используемый для оптимизации эффективности вертикального профиля траекторий воздушных судов. Эта процедура позволяет самолету непрерывно снижаться с крейсерской высоты, уменьшая необходимость выравнивания. Таким образом, двигатели могут работать на холостом ходу или почти на холостом ходу, что приводит к экономии времени и расхода топлива.

Устойчивое управление в конце срока службы.

Сокращение потребления ресурсов на общесистемном уровне становится необходимостью в практике устойчивого развития. Подход, основанный на жизненном цикле, в значительной степени направлен на минимизацию отходов во всей системе. Важно подчеркнуть, что продукты имеют различные стратегии по истечению срока службы, основанные на их конструктивных характеристиках. Цели проектирования, учитывающие возможность вторичной переработки и степень разборки, играют жизненно важную роль в количестве материала, который может быть извлечен на конкретном этапе.

Окончание срока службы определяется как определенный момент времени, когда продукт больше не удовлетворяет требованиям пользователя. Остаточная стоимость, качество и общие экономические и экологические показатели снижаются до неудовлетворительного уровня в течение срока полезного использования продукции, который для воздушных судов может составлять от 20 до 30 лет.

Архитектурный дизайн систем с истекшим сроком службы специфичен для отрасли и среды, в которой они работают. При разработке архитектуры системы, которая облегчит процессы завершения жизненного цикла, необходимо учитывать ряд стратегий и целей. Выделяют иерархический список стратегий, основанный на их общем воздействии на окружающую среду:

- повторное использование. Поддержанное использование компонента в соответствии с его первоначальным конструктивным замыслом;
- ремонт. Прикладное техническое обслуживание для ремонта изделия или составной части с целью продления срока его службы;
- восстановление. Изделия разбираются и проверяются. Повторно используемые детали извлекаются, очищаются и ремонтируются;
- вторичная переработка с разборкой. Изделия или составные части разбираются на фракции материала для удаления загрязнений или опасных материалов;
- вторичная переработка без разборки. Продукты или составные части подвергаются измельчению для уменьшения размера материала и облегчения сортировки;

– утилизация. Продукт или составную часть выбрасывают на свалку или сжигают без восстановления энергии или ценности.

Принимая во внимание вышеуказанные стратегии, которые имеют отношение к авиационной промышленности, удастся разработать экологически эффективную систему по истечении срока службы, которая будет учитывать все вышеперечисленные процессы. Общая цель данного исследования была достигнута путем тщательного анализа литературы, критической оценки существующих моделей жизненного цикла и их недостатков.

Литература

1. Основы системного проектирования – [Электронный ресурс] / Корпоративный менеджмент. – Режим доступа: https://www.cfin.ru/management/controlling/sys_project.shtml (дата обращения 10.09.2023);

2. Севостьянова Н. Н. Графический дизайн как катализатор положительных изменений в экологии // Культурологические чтения — 2020. Культурный код в эпоху глобализации: цифровизация общества и образования: сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – С. 223-230. – Режим доступа: <https://elar.urfu.ru/handle/10995/95248> (дата обращения 10.09.2023);

3. Вавилова В. В., Арефьева С. А. Уникальное применение композитных материалов в современной науке и технике // Модернизация, инновации, прогресс: передовые технологии в материаловедении, машиностроении и автоматизации – МIP: Engineering-IV-2022: сборник научных статей по материалам IV Международной научной конференции. Красноярск, 2022. – С. 41-47. – Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=48501390&pff=1> (дата обращения 11.09.2023);

4. Исаченко Т. М., Ильягуева Б. З. Опыт применения инструментов «зеленой» промышленной политики // КиберЛенинка, 2019. – 15 с. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-primeneniya-instrumentov-zelenoy-promyshlennoy-politiki> (дата обращения 17.09.2023);

5. Организация экономического сотрудничества и развития (ОЭСР) – [Электронный ресурс] / Министерство экономического развития Российской Федерации. – Режим доступа: https://www.economy.gov.ru/material/directions/vneshneekonomicheskaya_deyatelnost/mnogostoronnee_ekonomicheskoe_sotrudnichestvo/oesr/ (дата обращения 18.09.2023);

6. Преображенский Б. Г., Толстых Т. О., Шмелева Н. В. Промышленный симбиоз как инструмент циркулярной экономики // КиберЛенинка, 2020. – 15 с. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/promyshlennyy-simbioz-kak-instrument-tsirkulyarnoy-ekonomiki> (дата обращения 18.09.2023);

7. Повышение содержания углекислого газа в атмосфере – [Электронный ресурс] / Сборник лучших советов. – Режим доступа: <https://postcard4u.ru/chto->

vyzyvaet-povyshenie-soderzhaniia-uglekislogo-gaza-v-atmosfere (дата обращения 21.09.2023);

8. Консультативный совет по авиационным исследованиям в Европе – [Электронный ресурс] / Энциклопедия. – Режим доступа: [https://iiwiki.ru/wiki/Advisory Council for Aeronautics Research in Europe](https://iiwiki.ru/wiki/Advisory_Council_for_Aeronautics_Research_in_Europe) (дата обращения 21.09.2023);

9. Single European Sky – [Электронный ресурс] / Wikipedia. – Режим доступа: [https://en.wikipedia.org/wiki/Single European Sky](https://en.wikipedia.org/wiki/Single_European_Sky) (дата обращения 27.09.2023);

10. New initiative gives green aircraft research a boost – [Электронный ресурс] / The Guardian. – Режим доступа: <https://www.theguardian.com/education/2008/feb/05/research.highereducation1> (дата обращения 29.09.2023).

Ландышева Ольга Николаевна

Преподаватель, Институт водного транспорта им. Г.Я. Седова

Ландышев Владимир Александрович

Доцент кафедры «Информационные технологии», Донской Государственный Технический университет, Ростов-на-Дону, к.т.н.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Аннотация: в данной статье рассматриваются вопросы замены зарубежного оборудования, приводится краткий обзор отечественных производителей.

Ключевые слова: замещение зарубежного оборудования, вычислительная сеть, гражданская авиация, отечественные производители.

Landysheva Olga Nikolaevna

Teacher of IVT named after G. ya. Sedov

Landyshev Vladimir Alexandrovich

associate Professor of the Department «Information technologies»

FGBOU VPO «Don state technical university»

IMPORT SUBSTITUTION OF SOFTWARE PRODUCTS USED IN THE EDUCATIONAL PROCESS OF THE UNIVERSITY

Abstract: this article discusses the issues of replacing foreign equipment and provides a brief overview of domestic manufacturers.

Keywords: replacement of foreign equipment, computer network, civil aviation, domestic manufacturers.

Распоряжением № 1693 от 25 июня 2022 Правительство Российской Федерации утвердило комплексную программу развития авиатранспортной отрасли Российской Федерации до 2030 года – в числе предпосылок для её утверждения указан «отказ ряда иностранных поставщиков на предоставление возможности использования программного обеспечения и цифровых сервисов, обеспечивающих в том числе безопасность полетов» [1].

В настоящее время уход с территории России основных западных производителей оборудования таких как Cisco, HPE Juniper требует от разработчиков и подразделений, обеспечивающих эксплуатацию информационных систем, использовать в проектной практике оборудование отечественной разработки и производства. В настоящее время активно следующие отечественные разработчики коммутационного оборудования:

Zelax — ведущий российский разработчик и производитель решений для сетей передачи данных. Компания выпускает системы оптического уплотнения, маршрутизаторы, коммутаторы, мультиплексоры, модемы, шлюзы TDM через IP, конвертеры, устройства защиты и другое связанное оборудование [2].

QTech — QTECH – российский разработчик и производитель телекоммуникационного и IT-оборудования. Компания была основана в России в 2006 году. За годы работы под брендом QTECH на рынок выведено более 200 линеек оборудования. российская компания, специализирующаяся на разработке и производстве оборудования доступа операторского класса на базе различных технологий: xDSL, MetroEthernet, PON, Wi-Fi; оборудования для обеспечения беспроводного доступа 3G, построения цифровых линий связи на базе технологий PDH/SDH, а также беспроводных цифровых линий на базе РРЛ [3].

ООО «Предприятие «ЭЛТЕКС» – один из ведущих российских разработчиков и производителей телекоммуникационного оборудования. Образовавшись в 1992 г., ЭЛТЕКС прошел путь становления от нескольких единомышленников, увлечённых общим делом, до динамично развивающейся компании [4].

Основной деятельностью компании является разработка и производство телекоммуникационного оборудования для построения сетей связи. Основные направления разработки – оборудование GPON, Ethernet-коммутаторы, VoIP-шлюзы, MSAN, Softswitch & IMS, медиacentры, тонкие клиенты

Параметры коммутаторов уровня доступа российских производителей приведены в таблице 1

Таблица 2 Параметры оборудования

Параметр	Zelax	QTech	Eltex
Модель	Коммутаторы L2 ZES-20xx, ZES-21xx	Коммутаторы L2 QSW-3310	КОММУТАТОР ДОСТУПА MES1428

Скорость	10/100/1000 Мб/с	10/100/1000 Мб/с	10/100/1000 Мб/с
Производительность	56 Гб/с	56 Гб/с	56 Гб/с
Документальное обеспечение	Декларация	Сертификат	Сертификат

Выводы:

1. В настоящее время применение отечественного коммутационного оборудования как во вновь разрабатываемых, так и в эксплуатируемых системах является актуальной инженерной задачей.

2. Представленное на рынке телекоммуникационное оборудование обеспечивает решение большинства задач, решаемых при разработке и эксплуатации вычислительных сетей.

3. Импортозамещение не является одномоментным процессом и требует совместной работы всех подразделений авиапредприятия, так как часто отечественно оборудование имеет более высокую стоимость и нестандартные технические характеристики.

4. При планировании процесса импортозамещения необходимо разработать план поэтапного вывода из эксплуатации зарубежного коммутационного оборудования в рамках его выхода из строя и амортизации.

Литература

1. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 25.06.2022 г. № 1693-р.
2. Сайт компании Zelzx <https://www.zelax.ru/>
3. Сайт компании QTech <https://www.qtech.ru/company/#section1>
4. Сайт компании Eltex <https://eltex-co.ru/>
5. Единый реестр российской радиоэлектронной продукции <https://gisp.gov.ru/pp719v2/pub/prod/rep/>

Костенко Петр Иванович

*Доцент кафедры авиационного электрорадиоприборного оборудования
Ростовского филиала Московского государственного технического
университета гражданской авиации (МГТУ ГА), к.т.н.*

Сафарьян Ольга Александровна

*Доцент кафедры кибербезопасности информационных систем, Донской
Государственный Технический университет*

Алферова Ирина Александровна

*Старший преподаватель кафедры кибербезопасности информационных систем,
Донской Государственный Технический университет*

ВЛИЯНИЕ ДЖИТТЕРА НА ПОГРЕШНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ В ЦИФРОВЫХ ОВЧ-ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ АВИАЦИОННОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

Аннотация: В докладе рассматриваются вопросы, связанные с анализом влияния джиттера в цифровых синтезаторах частоты на стабильность формируемых сигналов. В докладе приводятся аналитические соотношения, связывающие величину джиттера с возникающей нестабильностью параметров формируемых сигналов.

Приведены результаты математического моделирования, подтверждающие правильность полученных теоретических результатов и основные отмеченные закономерности.

Ключевые слова: синтезаторы частоты, стабильность частоты, М-КАМ-сигналы, вероятность битовой ошибки.

Kostenko Petr Ivanovich

Associate Professor of AERPO

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

Safaryan Olga Aleksandrovna

Associate professor «Cyber security of information systems»

FGBOU VPO «Don state technical university»

Alferova Irina Aleksandrovna

Senior lecturer «Cyber security of information systems»

FGBOU VPO «Don state technical university»

THE EFFECT OF JITTER ON THE ERROR OF SIGNAL GENERATION IN DIGITAL VHF DATA TRANSMISSION LINES OF THE TELECOMMUNICATION NETWORK

Abstract: The report discusses issues related to the analysis of the influence of jitter in digital frequency synthesizers on the stability of the generated signals. The report provides analytical data linking the jitter value with the emerging instability of the parameters of the generated signals. The results of mathematical modeling are presented, confirming the correctness of the theoretical results obtained and the main patterns noted.

Keywords: frequency synthesizers, frequency stability, M-CAM signals, the probability of a bit error. jitter with the resulting instability of the parameters of the generated signals. The results of mathematical modeling are presented, confirming the correctness of the theoretical results obtained and the main patterns noted. **Keywords:** frequency synthesizers, frequency stability, M-CAM signals, the probability of a bit error.

В рамках реализации концепции ICAO CNS/ATM (Communication Navigation Surveillance / Air Traffic Management – глобальная система связи, навигации, наблюдения и организации воздушного движения) признано необходимым осуществлять следующие мероприятия в области авиационной электросвязи гражданской авиации (ГА) [1]:

- сохранение речевых ОБЧ каналов связи «борт – Земля – борт»;
- внедрение цифровых линий передачи данных;
- реализация ОБЧ связи, основанной на компьютерных технологиях;
- использование спутниковых каналов связи;
- использование линий передачи данных режима SBPL;
- создание комплексной сети авиационной электросвязи ATN (Aeronautical Telecommunications Network – глобальная сеть авиационной цифровой электросвязи). Топология ATN предусматривает объединение системы авиационной воздушной электросвязи с различными системами авиационной наземной электросвязи, в результате чего образуется единая интегральная система передачи данных «борт-борт / Земля-Земля» с использованием четко определенных процедур обмена данными для всех пользователей ГА.

Наряду с организацией глобальной связи концепция перспективных систем CNS/ATM в дополнение к традиционным радиолокационным средствам наблюдения и МПСН, предусматривает два вида автоматического зависимого наблюдения:

- автоматическое зависимое наблюдение контрактного типа (АЗН-К),
- автоматическое зависимое наблюдение радиовещательного типа (АЗН-В).

Основой для функционирования систем ATN являются аналоговые и цифровые, а в перспективе только цифровые радиолинии передачи данных (VDL), с помощью которых пользователям могут предоставляться соответствующие услуги. Применение VDL дает возможность перейти от передачи по аналоговому речевому каналу стандартных, повторяющихся, громоздких сообщений к передаче данных в цифровом виде. Такой подход позволяет уменьшить вероятность ошибочной интерпретации речевых команд и снизить нагрузку на диспетчера системы управления воздушного движения (УВД).

В настоящее время нормативные документы ICAO описывают технические возможности линий передачи данных 4 режимов в диапазоне ОБЧ [2]:

1. Радиолиния передачи данных режима 1 (VDL-mode1), предназначенная для использования оборудования аналоговой ОБЧ связи для обмена данными. Для этого используется модуляция AM-ASK и обеспечивается скорость передачи данных до 2,4 кбит/с, вид доступа к каналу связи – множественный доступ с контролем несущей (CSMA).

2. Радиолиния передачи данных режима 2 (VDLmode2), в которой применяется модуляция D8PSK, обеспечивает канальную скорость передачи данных 31,5 кбит/с в любом из 760 каналов с разносом частот 25 кГц. С помощью VDLm2 возможно одновременное обслуживание до 200 ВС. Достоверность передачи информации (BER) – не более 10^{-4} . Вероятность

достоверного обновления (с темпом 5–10 с) и доведения информации – не ниже 0,98.

3. Радиолиния передачи данных режима 3 (VDLmode3), основанная на методе разделения каналов TDMA, реализует возможность передачи речевой информации и данных в цифровом виде. Повышение эффективности использования частотного ресурса в этом режиме достигается за счет объединения четырех отдельных радиоканалов на одной несущей.

4. В радиолинии передачи данных режима 4 (VDLmode4) используется метод разделения каналов STDMA, что позволяет обеспечивать не только традиционный обмен данными, но и функции навигации и наблюдения (например, контрактное и вещательное автоматическое зависимое наблюдение). В радиоинтерфейсе VDLm4 используется гауссовская частотная модуляция (GFSK), скорость передачи данных 19,2 кбит/с. Использование GFSK позволяет оптимизировать скорость передачи информации относительно отношения мощность несущей частоты/мощность помех, что дает наибольшее значение спектральной эффективности в бит/Гц. Это приводит к уменьшению возможности повторного использования частоты. Для доступа к каналу используется протокол самоорганизующегося доступа STDMA. Это подразумевает использование программируемого случайного доступа к временным слотам между пользователями.

Реализация всех отмеченных выше режимов возможна только при использовании цифровых методов формирования высокостабильных сигналов, которые могут быть реализованы на основе цифровых синтезаторов частоты (ЦСЧ). Однако явление джиттера, присущее всем цифровым устройствам приводит к ухудшению стабильности параметров сигналов.

Целью доклада является анализ влияния джиттера в элементах ЦСЧ стабильность формируемых сигналов.

Представим идеализированную модель сигнала, формируемого ЦСЧ, следующим соотношением

$$S_n^{(0)}(t) = A_n^{(0)} \cos(\omega_n^{(0)} \cdot t + \varphi_n^{(0)}), \quad (1)$$

где $A_n^{(0)}$, $\omega_n^{(0)}$ и $\varphi_n^{(0)}$ - соответственно амплитуда, частота и начальная фаза сигнала.

Под действием различных воздействующих факторов, в частности, изменения температуры, напряжения, вибрации, частота и амплитуда сигнала, формируемого генератором, может изменяться. Более общим в этом случае представлением сигнала будет являться соотношение

$$S_n(t) = (A_n^{(0)} + \Delta A_n(t)) \cos\left(\omega_n^{(0)} \cdot t + \int_0^t \Delta \omega_n(\tau) d\tau + \varphi_n^{(0)} + \Delta \varphi_n\right), \quad (2)$$

где $\Delta A_n(t)$, $\Delta \omega_n$ и $\Delta \varphi_n$ - соответственно отклонение амплитуды, частоты и начальной фазы формируемого сигнала по отношению к представлению идеализированной модели сигнала.

В заданный момент времени $t_n^{(0)}$ в ЦСЧ в соответствии с заданной формой сигнала должно быть сформировано значение сигнала $S_n^{(0)}(t_n^{(0)})$. Однако из-за явления джиттера значение $S_n^{(0)}(t_n^{(0)})$ будет формироваться не в момент времени $t_n^{(0)}$, а в момент времени $t_n^{(0)} \pm \delta t_n$. Графическое представление влияния джиттера на формируемый сигнал показано на рисунке 1.

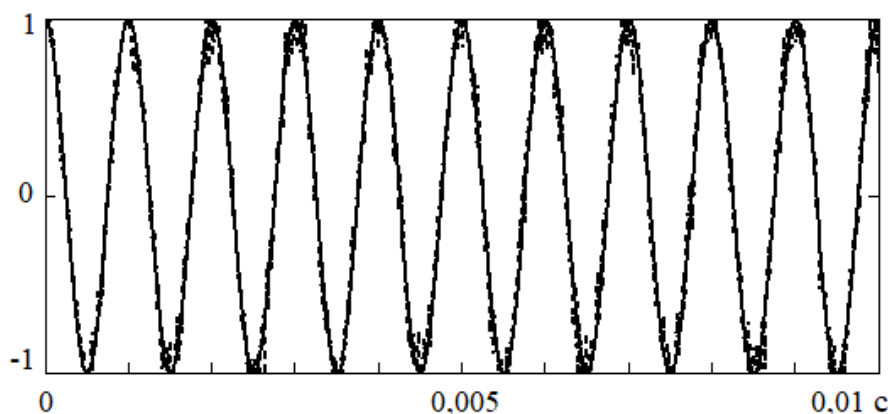


Рисунок. Графическое представление сигналов: идеальный (сплошная линия), реальный (штриховая линия)

Отклонение момента времени, в который проводится формирование требуемого значения, приводит к флуктуации амплитуды, частоты и фазы сигнала, т.е. появлению нестабильности параметров сигнала. Так, в частности, отклонение амплитуды от заданного значения, обусловленное джиттером, составляет величину

$$\Delta S_n = \left. \frac{\partial S_n^{(0)}(t)}{\partial t} \right|_{t_n^{(0)}} \delta t_n \quad (3)$$

Определим оценку величины джиттера в зависимости от СКО амплитуды и частоты сигнала. Обозначим t_0 один из моментов времени пересечения сигналом порогового уровня A_{nop} , $\Delta \tau$ - смещение ближайшего к моменту времени $t_n^{(0)}$ пересечения порогового уровня сигналом (2). Математически это соответствует равенству

$$\begin{aligned} & A_n^{(0)} \cos(\omega_n^{(0)} \cdot t + \varphi_n^{(0)}) = \\ & = (A_n^{(0)} + \Delta A_n(t)) \cos \left(\omega_n^{(0)} \cdot (t + \Delta t) + \int_0^{t+\Delta t} \Delta \omega_n(\tau) d\tau + \varphi_n^{(0)} + \Delta \varphi_n \right) \end{aligned} \quad (4)$$

Раскладывая функцию в правой части (4) по малым параметрам Δt , ΔA_n и $\Delta \omega_n$ перейдем от (3) к следующему уравнению

$$A_n^{(0)} \cos(\omega_n^{(0)} \cdot t + \varphi_n^{(0)}) \square A_n^{(0)} \cos(\omega_n^{(0)} \cdot t + \varphi_n^{(0)}) - A_n^{(0)} \cdot \omega_n^{(0)} \cdot \Delta t + \\ + \delta A_n \cos(\omega_n^{(0)} \cdot t + \varphi_n^{(0)}) - A_n^{(0)} \cdot \omega_n^{(0)} \cdot \Delta t - A_n^{(0)} \cdot \int_0^t \Delta \omega_n(\tau) d\tau. \quad (5)$$

При записи уравнения (5) в правой части удержаны только члены первого порядка малости относительно Δt , ΔA_n и $\Delta \omega_n$, а члены, включающие их произведения, второго и более высоких порядком малости отброшены. Из равенства (2.4) непосредственно следует искомая взаимосвязь между величиной джиттера и флуктуациями амплитуды и частоты сигнала

$$\Delta t = \frac{\delta A_n \cos(\omega_n^{(0)} \cdot t + \varphi_n^{(0)})}{A_n^{(0)} \cdot \omega_n^{(0)}} - \frac{\int_0^t \Delta \omega_n(\tau) d\tau}{\omega_n^{(0)}}. \quad (6)$$

Среднее значение джиттера (СКО момента времени достижения сигналом значения A_{nop}) в случае независимости флуктуации амплитуды и частоты сигнала определяется выражением

$$\sigma_t = (\omega_n^{(0)})^{-1} \sqrt{0,5 \cdot \sigma_{A_n}^2 / (A_n^{(0)})^2 + \left(\int_0^t \Delta \omega_n(\tau) d\tau \right)^2}. \quad (7)$$

Результаты проведенных исследований показывают, что как постоянная, так и случайная составляющие отклонения частоты сигнала приводят к уменьшению отношения сигнал/шум на выходе устройства корреляционной обработки. Такое снижение ОСШ обуславливает снижение целевых показателей АТМ, в частности, повышение вероятности битовой ошибки и, как следствие скорости передачи данных, снижение точности получаемых радиолокационных и радионавигационных параметров объектов в составе АТМ.

Литература

1. Концепция и системы CNS/АТМ в гражданской авиации. Под ред. Г.А. Крыжановского. – М.: Академ. книга, 2003.
2. Д.В. Колядов, А.И. Логвин, А.В. Прохоров, Э.А. Лузин, Э.А. Болелов Системы связи телекоммуникации на воздушном транспорте: учебное пособие. М.: МГТУ ГА, 2017. 84 с.

3. Костенко П.И., Габриэльян Д.Д., Сафарьян О.А. Повышение стабильности частоты ВЧ-сигналов в передающем устройстве курсового радиомаяка на основе статистического оценивания фаз. Научный Вестник МГТУГА.2020. Т. 23, № 05. С. 19–28. DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-5-19-28

4. Костенко П.И., Габриэльян Д.Д., Сафарьян О.А. Аналитическое оценивание параметров сигналов в информационно-измерительных системах на основе многомерной статистической обработки В сборнике: МНПК «Авиация: прошлое, настоящее, будущее» (Авиатранс-2020) Материалы МНПК 20-21.11.2020 г. Ростов-на-Дону: Изд-во Фонд науки и образования. 2020. С. 36–43.

5. Рыжков А.В. Синтезаторы частот в технике радиосвязи / А.В. Рыжков, В.Н. Попов. – М.: Радио и связь, 1991. 264 с.

6. Ямпурин, Н.П. Формирование прецизионных частот и сигналов: Учеб.пособие. / Н.П. Ямпурин, Е.В. Сафонова, Е.Б. Жалнин. – Нижегород. гос. техн. ун-т. Нижний Новгород, 2003. – 187 с.

7. Рябов, И.В. Цифровой синтез прецизионных сигналов: Монография / И.В. Рябов. Йошкар-Ола: МарГТУ, 2005. – 152 с.

Острик Эдуард Эдуардович

Студент, Ростовский филиал Московского государственного технического университета гражданской авиации (МГТУ ГА)

АНАЛИЗ ОТКАЗОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗА ПЕРИОД 2007–2020 гг.

Аннотация: Актуальность и цели. Выяснить основные причины отказов авиационных двигателей, приведших к авиационным происшествиям или катастрофам. Выявить наиболее часто встречающиеся неисправности и причины их возникновения, проанализировать полученные данные. Материалы и методы. По данным открытых источников проведена оценка основных причин неисправностей, выявленных в процессе эксплуатации, сделаны заключения и даны пояснения по конкретным группам повреждений. Результаты и выводы. К основным причинам отказов авиационных двигателей, наиболее часто встречающихся в эксплуатации, относятся человеческий фактор и функциональные отказы. Результаты работы могут быть использованы при анализе конкретной неисправности в совокупности отказов, при разработке новых изделий и при составлении программ обеспечения надежности.

Ключевые слова: авиационные двигатели, газотурбинные двигатели, надежность, отказы авиационных двигателей, причины отказов авиационных двигателей, авиационные происшествия, прочность

Ostrik Eduard Eduardovich

*Student of the department: «Aircraft and aircraft engine»
FGBOU VO «Rostov branch of the Moscow State Technikal University of Civil
Aviation»*

ANALYSIS OF FAILURES AND DAMAGES OF AIRCRAFT ENGINES FOR THE PERIOD 2007-2020.

Abstract: Background. The paper discloses sources of the aero engine failures that caused aero accidents or crashes. Also are highlighted the data on sources of the most frequent failures. Materials and methods. On the base of published materials the work disclosed the main sources of failure occurred in operation. The conclusions evaluate and explain specific groups of failures. Results and conclusions. The most usual aero engine failures in operation are human factor and malfunction. The work results may be applied to analysis of specific failures within a set of malfunctions, development of new products and creation of the reliability ensuring programs.

Keywords: aircraft engines, gas turbine engines, reliability, aircraft engine failures, causes of aircraft engine failures, aviation accidents, durability

Введение

Надежность силовой установки в значительной степени определяет эксплуатационные качества летательного аппарата. Цель данной статьи – проанализировать основные причины отказов авиационных двигателей (АД), приведших к авиационному происшествию (АП) или катастрофе. Выявить наиболее часто встречающиеся неисправности и причины их возникновения, проанализировать полученные данные авиационных происшествий.

По данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК), в гражданской авиации государств-участников межгосударственного Соглашения о гражданской авиации в период с 2007 по 2020 г. произошло 473 авиационных происшествия, из них 73 – из-за отказа или повреждения двигателя, в том числе 28 катастроф с гибелью 257 человек [1].

По данным NTSB (National Transportation Safety Board – Национальный совет по безопасности транспорта), в США за аналогичный период произошло 83 авиационных происшествия, из них 23 – из-за отказа или повреждения двигателя, в том числе 9 катастроф с гибелью 216 человек [2].

Следует отметить, что фирмы-изготовители зачастую не публикуют данные по отказам, в особенности связанным с конструктивно-технологическими несовершенствами. Поэтому приведенный в статье анализ, основанный на опубликованных данных, не должен считаться исчерпывающе полным. Кроме того, зачастую наблюдается цепь взаимосвязанных отказов и повреждений, поэтому при их анализе важно разделять первопричину и следствие данного отказа.

Распределение по причинам отказов и повреждений, выявленных при эксплуатации воздушных судов за период 2007–2020 гг., приведено на рис. 1.



Рис. 1. Распределение по причинам отказов и повреждений, выявленных при эксплуатации воздушных судов за период 2007–2020 гг.

Анализ причин АП по причине отказа двигателя

Рассмотрим и сопоставим причины отказов двигателей по данным Межгосударственного авиационного комитета (МАК) и Национального совета по безопасности транспорта (NTSB).

Анализируя основные группы причин авиационных происшествий, произошедших из-за неисправности в двигателе, можно увидеть, что по отчетам МАК преобладающей причиной АП в связи с отказом либо повреждением двигателя является человеческий фактор – 39 %. При этом на прочностные и функциональные отказы и повреждения приходится 40 %. Что касается происшествий, разобранных по данным NTSB, из-за ошибок людей произошло 17 % авиационных происшествий, а из-за отказов и повреждений систем – 59 %. Наглядно эти данные представлены на рис. 2.



а)

б)

Рис. 2. Распределение по основным группам отказов и повреждений по данным МАК (а) и NTSB (б)

Рассмотрим более детально каждую группу и входящие в них причины (рис. 3). Для наглядности для каждой группы причины и их количество сведены в таблицы. По данным таблиц построены диаграммы (табл. 1, 2).



Рис. 3. Прочностные отказы и повреждения

Таблица 1

Прочностные отказы и повреждения (МАК)

Наименование	Количество
1. Усталостные трещины и разрушения на лопатках компрессора (КНД, КВД), замках и дисках, приведшие к обрыву лопатки или диска	1
2. Усталостные трещины и разрушения на лопатках турбины, дисках турбины (обрыв лопатки, разрушение диска ТВД, ТНД, свободной турбины)	1
3. Прогар жаровой трубы (вследствие коррозии под напряжением в условиях нагрева материала, усталостные трещины на элементах камеры сгорания)	4
4. Повреждение лопастей винта	1
5. Полное или частичное разрушение воздушного фильтра	1
6. Повреждение редуктора (планетарных подшипников первой ступени)	1
7. Выход из строя цилиндра двигателя (усталостные трещины, плохое закрепление) или заклинивание клапанов цилиндра	4
8. Разрушение одной из деталей поршне-шатунной группы (усталостные трещины и разрушения)	5

Таблица 2

Прочностные отказы и повреждения (NTSB)

Наименование	Количество
1. Усталостные трещины и разрушения на лопатках компрессора (КНД, КВД), замках и дисках, приведшие к обрыву лопатки или диска	3
2. Усталостные трещины и разрушения на лопатках турбины, дисках турбины (обрыв лопатки, разрушение диска ТВД, ТНД, свободной турбины)	1
3. Разрушение винта (его крепления, одной из его деталей)	1
4. Выход из строя цилиндра двигателя (усталостные трещины, плохое закрепление) или заклинивание клапанов цилиндра	2
5. Разрушение одной из деталей поршне-шатунной группы (усталостные трещины и разрушения)	2

Одной из основных причин отказов по прочности являются: усталостные трещины на разных деталях двигателя, приводящие к разрушению этой детали.

Трещины и обрывы лопаток компрессора и турбин встречаются практически на всех типах газотурбинных двигателей (ГТД). Подавляющее большинство поломок компрессорных лопаток и очень многие поломки турбинных лопаток имеют усталостный характер. Трещины, а также поломки небольших частей пера лопаток обнаруживаются большей частью при осмотрах двигателей. Обрывы значительной части лопатки обнаруживаются сразу же в процессе работы, приводят к повышенным вибрациям двигателя, могут приводить к помпажам компрессора и серьезным вторичным разрушениям. Этот отказ требует немедленного выключения двигателя. Трещины и обрывы лопаток приводят к необходимости досрочного снятия двигателя с эксплуатации, если невозможна замена поврежденной лопатки в эксплуатационных условиях.

Трещины и разрушения дисков турбин и компрессоров относятся к наиболее опасным видам отказов, так как при обрыве части диска разрушения во многих случаях обычно не локализируются в пределах корпуса двигателя. Часто в процессе развития трещины в диске происходит возрастание уровня общих вибраций двигателя (с роторной частотой), что может служить диагностическим признаком этого отказа и при своевременном выключении двигателя позволяет предотвратить разрушение диска. При обнаружении трещины в диске двигатель должен, как правило, сниматься с эксплуатации. Особенно опасны разрушения турбинных дисков, так как они значительно массивнее компрессорных.

Трещины и прогары жаровых труб камер сгорания чаще всего могут быть обнаружены при осмотре двигателя эндоскопами. При значительных разрушениях жаровых труб их отделившиеся элементы конструкции могут повредить лопатки турбины. Поврежденные жаровые трубы или заменяются или, если дефект не развивается, могут при наличии регулярного контроля использоваться и далее. Повреждения жаровых труб обычно происходят от термических напряжений, вызываемых высокими градиентами температуры, а также резкими ее изменениями при запусках, приемистостях, остановах [3].

Функциональные отказы и повреждения

Виды функциональных отказов и повреждений систем отражены на рис. 4 и в табл. 3 и 4.



Рис. 4. Функциональные отказы и повреждения

Таблица 3

Функциональные отказы и повреждения (МАК)

Наименование	Количество
1. Потери газодинамической устойчивости и срыва пламени (погасания) в камерах сгорания при выполнении полета в условиях обледенения (в том числе обледенения карбюратора из-за неправильного управления теплом)	2
2. Повреждение топливной системе (переобогащение топливоздушная смеси при включенных обогатителях карбюраторов, разрушение бензопровода при отделении двигателя от планера ВС, негерметичность ТС, отказ дополнительного электрического топливного насоса, повышенное сопротивление установленных бумажных топливных фильтров, образование воздушной пробки, оголение заборного устройства топливного бака, прекращение подачи топлива при отрицательных перегрузках, засорение фильтров, повреждение трубопровода)	15
3. Повреждение масляной системы (раздутие масляного бака)	1
4. Снижение тяги двигателя на взлетном режиме	1
5. Снижение мощности двигателя (несоответствие мощности на валу двигателя потребной для выполнения горизонтального полета)	2
6. Несогласованная работа двигателя, воздушного винта, регулятора постоянных оборотов и масла	1
7. Отказ системы охлаждения	1
8. Разрыв кинематической связи: главный редуктор – двигатели	1
9. Повреждение электроники (повреждения изоляции соединительного провода контактной группы магнето, ненормальная работа электронного блока управления двигателем, нарушения работоспособности электронного регулятора двигателя)	3

Таблица 4

Функциональные отказы и повреждения (NTSB)

Наименование	Количество
1. Повреждение электроники (трещины на микросхеме, выход из строя управляющего вала генератора переменного тока, отказ электронного блока управления двигателем (неисправность в батарейном отсеке ВСУ))	3
2. Повреждение масляной системы (масляное голодание из-за утечки или потери давления подачи масла в двигатель или загрязнения системы подачи масла мусором или другой причины, выход из строя масляного насоса)	3

3. Отказ топливной системы (обледенение ТС)	4
4. Повреждение камеры сгорания	1

Очень важное значение в функционировании силовой установки имеют системы (масляная, топливная, охлаждения), обеспечивающие стабильную работу двигателя. Также работа двигателя непосредственно зависит от работы электронных систем, которые контролируют и регулируют параметры по тракту двигателя.

Во многих случаях отказы системы регулирования устраняются в эксплуатации заменой агрегатов или перерегулированием. Но возможны случаи, когда двигатель приходится досрочно снимать из-за отказов системы регулирования, например, при большом забросе температуры газа.

Человеческий фактор

Также к причинам отказов и повреждений систем относят человеческий фактор, более подробно раскрытый на рис. 5 и в табл. 5 и 6.



Рис. 5. Человеческий фактор

Таблица 5

Человеческий фактор (МАК)

Наименование	Количество
1. Неадекватное техническое обслуживание двигателя, ремонт или неправильная установка оборудования, которые привели к выходу из строя элементов двигателя	6
2. Нарушение правил эксплуатации	1
3. Осуществление сборки и обслуживания ВС не сертифицированными специалистами	6

4. Нарушение технологии и контроля качества при изготовлении двигателя и его элементов	2
5. Превышение сроков эксплуатации (в том числе за пределами межремонтного установленного срока)	1
6. Неправильные действия службы эксплуатации ЛА и двигателей	4
7. Неправильная подача топлива в двигатель (нехватка топлива во время полета, использование топлива низкого качества, обледенение топливной системы, загрязнение топливной системы, попадание воды в топливную систему)	7
8. Неправильные действия пилота, инструктора или экипажа	13

Таблица 6
Человеческий фактор (NTSB)

Наименование	Количество
1. Ненадлежащее техническое обслуживание двигателя, ремонт или неправильная установка оборудования, которые привели к выходу из строя элементов двигателя	1
2. Превышение сроков эксплуатации (в том числе за пределами межремонтного установленного срока)	1
3. Неправильная подача топлива в двигатель (нехватка топлива во время полета)	1
4. Неправильные действия пилота, инструктора или экипажа	2

Для обеспечения безопасности полетов наземная инженерно-техническая служба и экипажи должны выполнять эксплуатацию техники в соответствии с предписанной документацией (инструкциями, регламентами, НПП (наставление по производству полетов)).

Другие причины отказов

Также следует обратить внимание на другие причины отказов и повреждений систем (рис. 6, табл. 7, 8).



Рис. 6. Другие причины отказов

Таблица 7
Другие причины отказов (МАК)

Наименование	Количество
1. Попадание в воздухозаборник постороннего предмета, в том числе птицы	4
2. Производственный дефект	1
3. Дросселирование двигателя, вследствие отказа системы управления (СУ)	1
4. Несогласованная работа двигателей	1
5. Помпаж двигателя	1
6. Выключение двигателей системой защиты свободной турбины	1
7. Причину выяснить не удалось (причина не может быть определена, либо не указана)	7

Таблица 8
Другие причины отказов (NTSB)

Наименование	Количество
1. Попадание в воздухозаборник постороннего предмета, в том числе птицы.	2
2. Производственный дефект	1
3. Причину выяснить не удалось (причина не может быть определена либо не указана)	1

Повреждение лопаток компрессора посторонними предметами является частой причиной досрочного съема двигателей. С мощной струей воздуха, засасываемого газотурбинным двигателем, различные твердые частицы могут попадать на вход в компрессор и, встречаясь с лопатками, имеющими окружные скорости до 400. 500 м/с и выше, наносить им серьезные повреждения; эти по-

вреждения (забоины) наиболее опасны на кромках в корневых сечениях [4]. Забоины на лопатках при их обнаружении тщательно выводятся. Если это невозможно без заметного снижения усталостной прочности лопатки, двигатель снимается для замены поврежденных лопаток. Попадающие в двигатель посторонние предметы могут повреждать не только первые ступени компрессора, но и проходить весь тракт, вплоть до последних ступеней.

Недостаточно тонкая фильтрация топлива, заправляемого в расходные баки объекта, на котором используется газотурбинный двигатель, – одна из частых причин отказов систем регулирования. Наличие механических примесей и воды в топливе пагубно сказывается на надежности прецизионных элементов (рис. 7, 8) [6].

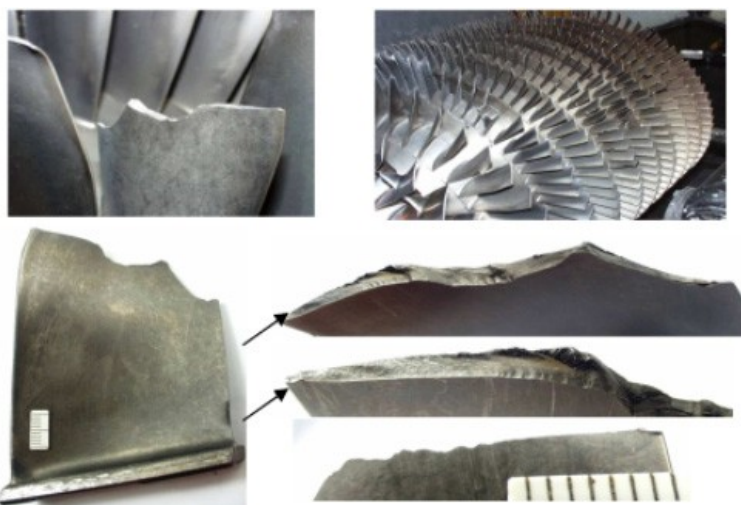


Рис. 7. Результаты повреждения газовоздушного тракта двигателя по причине помпажа

из-за обрыва пера лопатки 3-й ступени компрессора высокого давления в результате развития усталостного разрушения вследствие повреждения входной кромки лопатки посторонним предметом [3]

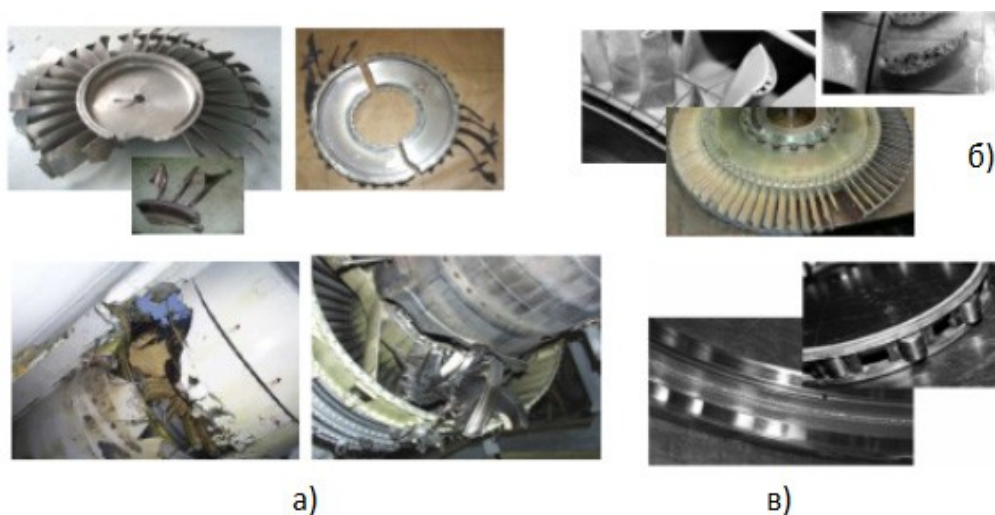


Рис. 8. Виды отказов авиационного газотурбинного двигателя 3-го поколения Д-30КУ-154, относящиеся

к категориям: а – опасных или напрямую влияющих на безопасность полетов (разрыв дисков первой ступени компрессора низкого давления и первой ступени компрессора высокого давления; б – влияющих

на выполнение задания и приводящих к досрочному съему двигателя с эксплуатации (обрыв рабочей лопатки 1-й ступени турбины высокого давления); в – износ (выкрашивание) беговых дорожек и роликов межвального подшипника турбины [3]

Заключение

В настоящее время анализ безопасности конструкции (Safety Analysis) или анализ рисков (Risk Analysis) разрабатываемой (модернизируемой) конструкции становится обязательным требованием процедуры сертификации типа газотурбинного двигателя (ГТД) коммерческой транспортной авиации и ГТД промышленного применения [3].

На основе представленных данных можно выделить ряд основных или наиболее часто повторяющихся причин отказов. К таковым относятся: усталостные трещины и разрушения дисков и лопаток компрессоров и турбин, трещины и прогары жаровых труб камер сгорания, повреждение и отказы элементов топливной системы, повреждение электросистем, повреждение лопаток компрессора посторонними предметами.

Так как при эксплуатации авиадвигателей в значительном числе случаев имеет место циклическое нестационарное нагружение, то для наиболее нагруженных их зон становится характерным наличие как статических, так и циклических упругих и упругопластических деформаций. При таких режимах деформирования анализ условий образования предельных состояний в материале по возникновению трещин или по окончательному разрушению в процессе проектирования является необходимым этапом в процедурах обоснования безопасных параметров последующей эксплуатации.

В общем случае анализ повреждаемости узлов и агрегатов авиадвигателей в процессе эксплуатации и условий их перехода в критические предельные состояния в результате многофакторных иницирующих воздействий основывается на расчетно-экспериментальных методах определения прочности, ресурса, надежности, живучести и безопасности (рис. 9).



Рис. 9. Структура анализа условий достижения предельных состояний

Если при отработке двигателя преимущественно проявляется какой-то определенный отказ, то это обычно является основанием для перепроектирования соответствующего элемента с целью устранения причины, вызывающей этот отказ. Поэтому обычно трудно назвать несколько каких-то типичных причин отказов, которые можно было бы считать ведущими причинами отказов ГТД. Вследствие высокой напряженности элементов конструкции газотурбинного двигателя, интенсивности тепловых и газодинамических процессов, в нем происходящих, сложности системы автоматического управления двигателем при эксплуатации ГТД разных типов приходится сталкиваться с большим многообразием причин отказов. На практике приходится иметь дело с причинами отказов ГТД, связанными с прочностью (статической и динамической) нагруженных деталей, с рабочим процессом в основных узлах двигателя, с характером процессов его управления, со свойствами элементов, входящих в системы двигателя (такие как системы смазки, регулирования, топливопитания, зажигания и др.), с особенностями его производства, с характером его эксплуатации. Теоретически выделяют нескольких больших групп причин отказов – конструктивных,

производственно-технологических и т.д. На практике в ряде случаев бывает трудно четко разделить эти причины. Например, поломка какой-либо детали может быть связана с тем, что к ее недостаточной конструкционной прочности добавилось какое-то производственное отклонение. Не всегда удается однозначно квалифицировать физическую причину отказа. Учитывая указанные обстоятельства, дать сколько-нибудь строгую и полную квалификацию физических причин отказов ГТД затруднительно [3].

В результате работы выявлены и проанализированы основные причины отказов авиационных двигателей, наиболее часто встречающиеся неисправности и причины их возникновения. Работу такого типа необходимо проводить периодически для получения полноценных и достоверных данных в текущий момент времени, использовать полученные материалы при анализе конкретной неисправности в совокупности отказов, при разработке новых изделий и при составлении программ обеспечения надежности.

Литература

1. Фролов М. А. Повышение надежности информационно-измерительной управляющей системы двигательной установки // Надежность и качество сложных систем. 2015. № 2. С. 47–53.

2. Болознев В. В., Застела М. Ю., Мирсаитов Ф. Н. К проблеме функциональной диагностики гозотурбинного двигателя по спектрам 3D-вибраций // Надежность и качество сложных систем. 2016. № 1. С. 79–85.

3. Сарычев С. В. Методологические основы оценки технических рисков системы управления безопасностью полетов при проектировании, производстве и серийной эксплуатации ГТД : дис. ... д-ра техн. наук. М., 2002.

4. Лаврик В., Рубцов И., Шершер Э. Летчик, внимание – птицы! М. : Воениздат, 1970.

5. Махутов Н. А., Гаденин М. М., Романов А. Н. Фундаментальные основы определения прочности, ресурса, живучести и безопасности авиадвигателей // Авиадвигатели XXI века : Всерос. науч.-техн. конф. (Москва, ЦИАМ имени П. И. Баранова, 24–27 ноября 2015 г.). М., 2015. С. 467–469.

6. Махутов Н. А. Прочность и безопасность: фундаментальные и прикладные исследования. Новосибирск : Наука, 2008. 528 с.

7. 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

СОДЕРЖАНИЕ

Акопов Григорий Леонидович, Пашинская Виктория Викторовна ПРОДВИЖЕНИЕ АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ (НА ПРИМЕРЕ РОСТОВСКОГО ФИЛИАЛА МГТУ ГА)	3
Ступаков Валерий Яковлевич ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ	11
Гаранин Сергей Александрович К ВОПРОСУ ЭКСПЛУАТАЦИИ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ В СЛОЖНЫХ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ УСЛОВИЯХ	14
Сизько Игорь Александрович ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ТЕРРОРИЗМУ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ: МЕЖДУНАРОДНЫЙ И НАЦИОНАЛЬНЫЙ УРОВНИ	18
Бородин Алексей Викторович ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПИРОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В ПРИЕМНИКАХ ТЕПЛООВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ	24
Грищенко Борис Александрович, Макогон Валерий Константинович, Санникова Светлана Михайловна, Черниченко Владимир Викторович, Лакей Владимир Николаевич, Илларионов Владимир Викторович ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ОЧИСТКИ СВЕТОСИГНАЛЬНЫХ ОГНЕЙ АЭРОДРОМА	27
Образцов Роман Александрович, Шаров Валерий Дмитриевич МЕТОДИКА САМООБСЛЕДОВАНИЯ В ОРГАНИЗАЦИЯХ ОБСЛУЖИВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ	33
Половинчук Николай Яковлевич, Иванов Станислав Валерьевич, Белоножко Дмитрий Григорьевич СПОСОБ ТЕРМИНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	39
Меринская Екатерина Евгеньевна, Тразанова Мария Олеговна АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ПРИМЕРЕ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ	48
Потапова Дарья Юрьевна, Постоева Наталья Александровна СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПЕРЕВОЗКИ НЕСОПРОВОЖДАЕМЫХ ДЕТЕЙ	54
Костенко Петр Иванович, Сафарьян Ольга Александровна, Алферова Ирина Александровна, Найденова Юлия Игоревна АЛГОРИТМ ОЦЕНИВАНИЯ ФЛУКТУАЦИИ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА В КАНАЛАХ СВЯЗИ ВЧ- И ОВЧ-ДИАПАЗОНОВ ЧАСТОТ АВИАЦИОННОЙ	59

СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

- Лазуревская Юлия Андреевна
РЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ СТАНОВЛЕНИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ 64
- Половинчук Николай Яковлевич, Иванов Станислав Валерьевич, Белоножко
Дмитрий Григорьевич
АЛГОРИТМ ТЕРМИНАЛЬНОГО НАВЕДЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО
ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА 68
- Мицкая Мария Николаевна, Медведев Никита Евгеньевич
ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ ОЧИСТКИ ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНЫХ ПОЛОС
АЭРОДРОМОВ ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ 78
- Акимов Алексей Иванович, Елисеев Владимир Николаевич, Акимов Иван
Алексеевич
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПОЛИМЕРИЗАЦИИ
КОМПОЗИЦИОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ДЛЯ СОЗДАНИЯ ЛОПАСТЕЙ И
КОРПУСОВ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ 82
- Овчаров Петр Николаевич
УЧЕТ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВИАЦИОННОГО
ДВИГАТЕЛЯ ПРИ ДИАГНОСТИКЕ ЕГО РАБОТОСПОСОБНОСТИ 88
- Геворгян Ваган Маратович, Шаров Валерий Дмитриевич
ВНЕДРЕНИЕ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ПРОГРАММУ
ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ СВЕРХЗВУКОВЫХ ГРАЖДАНСКИХ САМОЛЕТОВ 94
- Костенко Петр Иванович, Сафарьян Ольга Александровна, Алферова Ирина
Александровна
АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕСТАБИЛЬНОСТИ ЧАСТОТЫ СИГНАЛА НА
ВЕРОЯТНОСТЬ БИТОВОЙ ОШИБКИ В БОРТОВЫХ КОМПЛЕКСАХ
ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ 99
- Харченко Виктор Викторович, Кулагин Артём Иванович, Серебренко Даниил
Иванович 105
ОПТИМИЗАЦИЯ НАПРАВЛЕННЫХ СВОЙСТВ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ
РАДИОЛОКАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА
- Коробкин Сергей Витальевич
ОСОБЕННОСТИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КРИТИЧЕСКИХ МЕСТ
ПЛАНЕРА ВОЗДУШНОГО СУДНА 110
- Половинчук Николай Яковлевич, Хорольский Евгений Михайлович
ТЕРМИНАЛЬНАЯ СИСТЕМА СТАБИЛИЗАЦИИ ТРАЕКТОРНОГО ДВИЖЕНИЯ
БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА 117
- Ландышева Ольга Николаевна, Ландышев Владимир Александрович
ПРОБЛЕМЫ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОЙ СИСТЕМЫ
АУТЕНТИФИКАЦИИ ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ МАЛОГО АВИАПРЕДПРИЯТИЯ 129

Сидорцов Иван Георгиевич, Дымов-Иванов Виктор Васильевич, Ксенз Николай Васильевич, Белоусов Александр Васильевич ПОЛУЧЕНИЕ АНТИДИФФУЗИОННЫХ СЛОЁВ ДЛЯ ЭЛЕКТРООПТИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ МЕТОДОМ МАГНЕТРОННОГО РАСПЫЛЕНИЯ	133
Имад Абдулриза Джасим Аль-Хулайфави. Иошпа Александр Рувимович, Цай Светлана Николаевна ДИНАМИКА ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ В РАЙОНЕ АЭРОДРОМА РОСТОВА-ЦЕНТРАЛЬНЫЙ	139
Хорольский Евгений Михайлович, Штрекер Евгений Николаевич, Дуксина Илона Ильинична, Дуксин Никита Александрович, Щепухин Денис Олегович АРХИТЕКТУРА САПР, ПОДДЕРЖИВАЮЩАЯ ОТКРЫТЫЙ МАРШРУТ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЦИФРОВОЙ АППАРАТУРЫ НА БАЗЕ ПЛИС	143
Цай Светлана Николаевна, Дымов-Иванов Виктор Васильевич АНАЛИЗ ГРОЗОВОЙ АКТИВНОСТИ, ЕЁ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ В ХОЛОДНЫЙ ПЕРИОД НА ВОСТОЧНОМ ПОБЕРЕЖЬЕ ЧЕРНОГО МОРЯ	151
Цай Светлана Николаевна, Величко Виталий Андреевич, Дымов-Иванов Виктор Васильевич СЕЗОННЫЙ ХОД ПОВТОРЯЕМОСТИ ВЫСОТЫ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ ОБЛАКОВ В АЭРОПОРТУ МАЙКОП РЕСПУБЛИКИ АДЫГЕЯ	156
Макогон Валерий Константинович, Илларионов Владимир Викторович, Санникова Светлана Михайловна, Грищенко Борис Александрович, Лакей Владимир Николаевич, Кашников Владимир Иванович, Басарев Михаил Владимирович, Леденев Андрей Александрович УСТРОЙСТВО ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЛЕДЯНЫХ И СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ С АВТОДОРОЖНЫХ И АЭРОДРОМНЫХ ПОКРЫТИЙ	162
Бакулин Михаил Алексеевич «ЗЕЛЕНОЕ» УПРАВЛЕНИЕ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	171
Половинчук Николай Яковлевич, Хорольский Евгений Михайлович ВАРИАНТ ИДЕНТИФИКАТОРА ЗАКОНА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ОГИБАЮЩЕЙ СИГНАЛА В КВ РАДИОСВЯЗИ	177
Котов Алексей Романович МЕЖДУНАРОДНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ В АЭРОПОРТАХ	182
Бакулин Михаил Алексеевич ПРИНЦИПЫ ЭКОЛОГИЧНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЖИЗНЕННЫМ ЦИКЛОМ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	185
Ландышева Ольга Николаевна, Ландышев Владимир Александрович ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	192

Костенко Пётр Иванович, Сафарьян Ольга Александровна, Алферова Ирина Александровна, ВЛИЯНИЕ ДЖИТТЕРА НА ПОГРЕШНОСТЬ ФОРМИРОВАНИЯ СИГНАЛОВ В ЦИФРОВЫХ ОВЧ-ЛИНИЯХ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ АВИАЦИОННОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ	194
Острик Эдуард Эдуардович АНАЛИЗ ОТКАЗОВ И ПОВРЕЖДЕНИЙ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ЗА ПЕРИОД 2007–2020 гг.	200

Для заметок

Научное издание

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**«ГРАЖДАНСКАЯ АВИАЦИЯ:
ПРОШЛОЕ, НАСТОЯЩЕЕ, БУДУЩЕЕ»,
ПОСВЯЩЕННАЯ ПРАЗДНОВАНИЮ
100-ЛЕТИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РОССИИ
(АВИАТРАНС-2023)**

20 октября 2023 года

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

Сдано в набор 07.01.2023. Подписано в печать 09.11.2023
Печать цифровая, гарнитура Times New Roman.
Формат 60x84/16. Усл. печ. л. 13,8.
Тираж 100 экз. Заказ № 03\11

Отпечатано в типографии ООО «ДГТУ-Принт»
Адрес полиграфического предприятия:
344010, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1.