



«Утверждаю»

Проректор по научной работе
ФГБОУ ВО «Сибирский федеральный
университет», канд. техн. наук, доцент

Д.В. Капулин

2025 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу БРАИЛКО Анатолия Анатольевича на тему «Методология разработки информационно-управляющей системы авиатопливообеспечения воздушных судов в условиях технологической интеграции аэропортового комплекса», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.6. Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники

Актуальность темы исследования.

Надежность работы газотурбинных двигателей и безопасность полетов воздушных судов (ВС) гражданской авиации (ГА) в значительной мере определяется качеством авиатоплива. Анализ статистики авиационных происшествий и инцидентов в ГА показывает, что большинство их происходит по причине применения некондиционного авиатоплива. Проблемы безопасности полетов ВС, связанные с качеством авиатоплива, в том числе, такие как отказы авиационной техники, на сегодняшний день являются мировой проблемой. Свойства применяемых авиатоплив меняются в процессе транспортирования, хранения, а также непосредственно в воздушном судне уже после их заправки. Организация обеспечения кондиционности авиатоплива предусматривает четкий контроль за соответствием качества авиационных топлив и смазочных материалов требованиям нормативной документации на всех этапах от производства до заправки в ВС. Вопрос качества авиатоплива – это один из ключевых аспектов безопасности полетов во всем мире.

Поэтому задача обеспечения кондиционности авиатоплива и непрерывного мониторинга его качества на всех этапах технологического цикла подготовки к заправке ВС в реальном масштабе времени является актуальной и востребованной темой исследования.

Структура работы.

Работа выполнена в ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет гражданской авиации» на кафедре «Авиатопливообеспечения и ремонта летательных аппаратов» и состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы, перечня сокращений и приложения. Общий объем работы составляет 301 страницу машинописного текста и 150 страниц приложения. Диссертация содержит 27 таблиц, 246 рисунков, список используемых источников из 216 наименований.

Научная новизна работы.

Автор самостоятельно на основании и обобщении литературных

источников, а также своих исследований обосновал и предложил:

- на основе дебаевских уравнений и формул Клаузиуса-Моссотти, разработал математическую модель определения содержания механических примесей и нерастворенной (свободной) воды в потоке авиатоплива на основе измерения критической (резонансной) частоты комплексной диэлектрической проницаемости (КДП) измерительного фильтроэлемента, показавшая 97,5 % сходимости при экспериментальном исследовании (проверке) метода определения концентрации механических примесей и уровня влагосодержания в потоке авиатоплива;

- установил зависимости комплексной диэлектрической проницаемости авиатоплива от частоты электромагнитных колебаний и проводимости авиатоплива при различных значениях критической (резонансной) частоты, что позволяет реализовать динамическое измерение весовых показателей чистоты в потоке авиатоплива, а также получил зависимость диэлектрической проницаемости водной эмульсии в авиатопливе от ее концентрации, позволяющая количественно оценить содержание свободной воды в авиатопливе, установил, что диэлектрическая проницаемость авиатоплива зависит от концентрации молекул диэлектрика и поляризуемости каждой молекулы, а также от природы диэлектрика, температуры и от частоты приложенного напряжения, а максимум диэлектрической проницаемости достигается в интервале 2...20 г/м³;

- впервые разработал научно-техническое решение построения адаптивных ИИУС динамического мониторинга чистоты авиатоплива от механических примесей и воды, которые в отличие от существующих методов контроля качества авиатоплива, обеспечивают автоматизированный непрерывный контроль кондиционности авиатоплива в динамических условиях технологического процесса ТЗК, позволяют исключить заправки ВС некондиционным авиатопливом;

- впервые разработал новое научно-техническое решение счетно-дозировующей системы введения присадки ПВКЖ, которая в отличие от существующих в режиме реального времени обеспечивает автоматизированный непрерывный контроль фактического процентного содержания присадки ПВКЖ в авиатопливо в процессе заправки ВС, позволяет исключить процедуры ежесменной проверки работоспособности дозатора, универсально совместима с любым расходомером авиатоплива, в том числе с массовым расходомером, кориолисовым массомером, обеспечивает вариативное регулирования процентного содержания ПВКЖ в авиатопливе и дозирования как по массе так и по объему, повышает точность коммерческого учета ГСМ и обеспечивающая импортозамещение оборудования ТЗК;

- разработал адаптивную информационно-управляющую систему авиатопливообеспечения ВС на основе системной интеграции и коллаборативного взаимодействия топливозаправочного и аэропортового комплексов, позволяющая осуществить реализацию прогностического подхода к управлению безопасностью полетов и способствующая непрерывному ее повышению.

Предложенная методология позволяет значительно снизить негативное

влияние человеческий фактора, автоматизировать интегративные процессы совместного принятия решений, диспетчерского управления наземным обслуживанием ВС, что обеспечит высокий уровень и безопасности, и регулярности полетов.

Практическая значимость работы.

Диссертация Браилко А.А. не лишена и практической направленности. В диссертационной работе представлены не только новые теоретические результаты, но также предложены конкретные технические решения и технологические рекомендации по применению разработанных устройств в организациях авиатопливообеспечения. Большое внимание автор уделил экспериментальному подтверждению теоретических вопросов работы.

Автором впервые разработано устройство динамических измерений гранулометрических и гравиметрических показателей (параметров) механических примесей в авиатопливе с точностью до 0,5 %, а также устройство динамического измерения количества нерастворенной (эмульсионной) воды в потоке авиатоплива на основе измерения комплексной диэлектрической проницаемости механических примесей и воды, что позволяет принимать адаптивные решения по выбору технологических режимов подготовки авиатоплива и его применения на ВС.

Разработан метод динамического измерения механических примесей и воды в авиатопливе, что позволяет контролировать чистоту авиатоплива непрерывно в потоке, предоставляя мгновенные данные о его кондиционности для принятия решения о пригодности авиатоплива к заправке ВС, и характеризующийся относительной погрешностью определения содержания механических примесей не более 4,6 %.

Разработан прототип дозатора, на который получен патент РФ № 223152 и экспериментально подтверждены возможности создания системы дозирования ПВКЖ в авиатопливо, показавший высокую сходимость с показателями НТД, а именно при режимах дозирования: $0,1 \pm 0,05$ %; $0,2 \pm 0,02$ % и $0,3 \pm 0,03$ %.

Разработан опытный образец универсального дозатора ПВК-жидкости, позволяющий:

- обеспечивать высокую точность введения присадки ПВКЖ, за счет применения энкодера (датчика угла поворота), механически связанного с сервошаговым двигателем;
- обеспечивать дозирование как в объемных пропорциях, так и в пропорциях массовых единиц;
- обеспечивать интеграцию в систему как с объемными счетчиками, так и с массовыми расходомерами любых конструкций и исполнений (с индивидуальной калибровкой);
- обеспечивать вариативный выбор дозы присадки ПВКЖ (0,1; 0,2 и 0,3 %), а также любой другой концентрации;
- проводить точную подстройку (компенсацию) за счет обратной связи с плотномером и детектором процентного содержания ПВКЖ, что позволяет решить существующую на сегодня техническую проблему с ежесменными проверками работоспособности дозатора.

Степень достоверности результатов исследования.

Достоверность исследований подтверждается использованием известных достижений в области химмотологии, большим объемом экспериментальных данных и их статистической обработкой с использованием теории вероятности, математической статистики и математического моделирования.

Результаты исследования получены при проведении лабораторных и натурных испытаний с использованием современных методов и методик, на аттестованном оборудовании, а полученные результаты согласуются с результатами других авторов. Достоверность и обоснованность работы подтверждаются результатами опытно-конструкторских разработок, опытом практического внедрения результатов диссертации, а также прошли государственную экспертную проверку при получении патента RU «Устройство дозирования противоводокристаллизационной жидкости (ПВКЖ) в авиатопливо» от 02.02. 2024 г.

Результаты исследования прошли обсуждение на международных и всероссийских научных конференциях, на которые имеются ссылки в работе, кроме того, прошли государственную экспертизу при получении патентов. Это позволяет считать результаты исследований вполне достоверными.

Личный вклад автора в получении результатов исследования.

Автор принимал непосредственное участие во всех проводимых экспериментах, а также научно обосновал и разработал устройство для динамических измерений гранулометрических и гравиметрических показателей содержания механических примесей в потоке авиатоплива, устройство для динамического измерения массы свободной (не растворенной) воды в потоке авиатоплива, и с их использованием разработал метод (способ) непрерывного мониторинга определения содержания механических примесей и свободной воды в потоке авиатоплива, от приема авиатоплива из различных видов транспорта до баков ВС, и разработал методики всех экспериментальных исследований и непосредственно участвовал в их проведении в процессе всего цикла исследований, спланировал и организовал сбор экспериментальной информации по влиянию свободной воды и механических примесей в авиатопливе на БП ВС, на основе дебаевских уравнений, разработал математическую модель зависимости КДП от количества и состава (природы) механических примесей, разработал импортозамещённый дозатор ПВКЖ на основе сервошагового привода и программируемого логического контроллера, с возможностью интеграции как с объемными счетчиками, так и с массовыми расходомерами и позволяющий осуществлять дозирование как в массовых, так и объемных единицах процентного содержания. Разработал концептуальный облик ИУС качества ТЗК и методологию интеграции ее в аэропортовый комплекс, что позволит оптимизировать операционную деятельность наземного обслуживания ВС, способствовать повышению безопасности и регулярности полетов в условиях технологической интенсификации аэропортовой деятельности.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию.

Автореферат соответствует основному содержанию диссертации, содержит основные положения работы и выводы.

Диссертация и автореферат написана автором самостоятельно и грамотным техническим языком и обладает внутренним единством.

Соответствие содержания диссертации заявленной специальности.

Содержание диссертации соответствует научной специальности 2.9.6. Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники, по пунктам раздела «Направления исследований» паспорта специальности: 1 – «Управление процессами эксплуатации воздушных судов, их функциональных систем и комплексов, наземных средств обеспечения полетов»; 2 – «Совершенствование методов и средств управления и планирования полетов, механизации и автоматизации процессов эксплуатации воздушного транспорта»; 12 – «Управление безопасностью полетов. Исследование влияния опасных факторов на безопасность полетов. Структурный анализ и синтез иерархических и полиэнергетических систем и анализ процессов в этих системах. Обеспечение безопасности при эксплуатации авиационной техники. Расследование авиационных происшествий и инцидентов»

Значимость результатов, полученных автором диссертации для развития соответствующей отрасли науки.

Значимость результатов исследования для науки, по нашему мнению, определяется тем, что в предложенной автором методологии сформулированы новые теоретические понятия в области непрерывных и экспресс-методов определения весового анализа чистоты авиатоплива на основе диэлектрической спектроскопии, новой концепции перехода от косвенных статических к прямым динамическим методам измерения гранулометрических и гравиметрических измерений чистоты авиатоплива (от механических примесей и воды) в потоке и непрерывно обеспечивающей достоверность и своевременность анализа пригодности авиатоплива к заправке ВС в реальном масштабе времени.

А также значимость очевидна в предложенной автором концепции новой системы дозирования ПВКЖ на основе гибридного сервошагового привода насоса-дозатора и программируемого логического контроллера, позволяющая автоматизировать процесс ее ввода в поток авиатоплива, снизить влияние человеческого фактора и повысить безопасность полетов, а также исключить недостатки существующих систем дозирования и обеспечить импортозамещение оборудования ТЗК.

Предложены новые методологические принципы построения платформы интеграционного взаимодействия информационных систем аэропортового комплекса и ТЗК, обеспечивающие реализацию прогностического подхода к управлению безопасностью и регулярностью полетов, а также их экономическую эффективность.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанная методология динамического мониторинга кондиционности авиатоплива, при топливообеспечении ВС может быть рекомендована к внедрению в организации авиатопливообеспечения после дополнительной сертификации и адаптации к реальным условиям данных организаций.

Результаты работы могут быть использованы в учебных заведения при чтении специальных дисциплин для студентов направления подготовки по авиатопливообеспечению.

Публикации, отражающее основное содержание диссертации

Результаты диссертационной работы широко представлены в научной печати. По материалам работы опубликованы 29 научных статей (255 с.), 10 из которых в изданиях, рекомендованных ВАК при Минобрнауки России (106 с.) (по транспорту), а также в 7 патентах: №122491 опубликован от 27.11.2012 г., №2502069 от 20.12.2013 г., № 141654 от 26.08.2015 г., № 2563813 от 29.05.2017, № 2673004 от 29.08.2018 г., №223152 от 21.11.2018 г., №182746 от 02.02.2024 г., 4 (8 с.) в трудах международных и всероссийских конференций и 8 (32 с.) в прочих изданиях.

Результаты диссертационного исследования прошли апробацию на 8-ми международных конференциях «Авиатопливо 2012-2025», на международной конференции по техническому обслуживанию и ремонту ВС, 2025 г. на Всероссийской конференции Академии наук авиации и воздухоплавания, 2023 г. и Объединенной Национальной Ассоциации Деловой Авиации ОНАДА, ассоциации эксплуатантов воздушного транспорта «Безопасность полетов. Безопасность топливообеспечения» 2023 и 2025 г.г., Ассоциации «Аэропорт» ГА, а также на научно-технических семинарах на кафедры «Авиатопливообеспечение и ремонт летательных аппаратов» МГТУ ГА и секции ГосНИИ ГА.

Замечания по работе.

1) В работе не рассмотрен вопрос возможного применения устройства определения воды в авиатопливе при отрицательных температурах стр. 158, в случаях, когда перегородки из поливинилформаль будут заполнены водой.

2) На стр. 160 указывается, что из авиатоплива выделяется эмульсионная и нерастворённая вода. Однако эмульсионная вода является также нерастворённой. Поэтому формулировка представляется некорректной.

3) На стр. 23 (а также на стр. 27) указано ряд недействующих стандартов на продукты (марки топлив).

4) На стр. 43, 44 указано «В Российской Федерации с целью обеспечения безопасности полётов ВС ГА введена норма предельно допустимого содержания воды – 0,003 % по массе на тонну авиационного керосина, которая определяется по ГОСТ19820-70 г с помощью приспособление ПОЗ-Т при заправке топливных баков самолётов и вертолетов». Приспособление ПОЗ-Т – это качественный метод и количественной оценки он дать не может, поэтому предложение некорректно.

5) На стр. 46 проведенные сравнительные исследования определения содержания мехпримесей в авиатопливе с помощью обоих методов испытаний показали, что результаты, полученные по ГОСТ 10577, превышают результаты, полученные по ASTM D 2276 в 3...6 раз. Возможной причиной этого является адсорбция смолистых веществ на фильтре, поэтому метод ASTM D 2276 является более точным. Таким образом, напрямую сравнивать результаты, полученные по ГОСТ 10577 и ASTM D 2276, не вполне корректно.

6) В оформлении работы имеются опечатки в тексте, а также стилистические ошибки.

Заключение

Диссертация Анатолия Анатольевича Браилко является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержатся научно-обоснованные технические, технологические решения создания информационно-управляющей системы авиатопливообеспечения ВС, обеспечивающей непрерывный мониторинг контроля качества авиатоплива.

В диссертационной работе Браилко А. А. имеются все компоненты: научная новизна, практическая значимость, актуальность, личный вклад диссертанта, достоверность результатов, которые позволяют считать ее диссертательной, законченной научно-квалификационной работой. Диссертация представленная на соискание ученой степени доктора технических наук соответствует п.п.9...14, «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 № 842 (ред. от 16.10.2024) «О порядке присуждения ученых степеней» (вместе с «Положением о присуждении ученых степеней») (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2025), предъявляемым к диссертационным работам на соискание ученой степени доктора технических наук, а ее автор, Браилко Анатолий Анатольевич, заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 2.9.6 - Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники.

Отзыв обсужден на заседании кафедры «Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы» и «Авиационные горюче-смазочные материалы» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», протокол № 1 от 04.09.2025 г.

Результаты голосования: «за» - 19 чел., «против» - 0 чел., «воздержалось» - 0 чел.

Заведующий кафедрой «Топливообеспечение и горюче-смазочные материалы» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», д-ру техн. наук, профессор

_____ Безбородов Юрий Николаевич

« 04 » 09 2025 г.

Заведующий кафедрой «Авиационные горюче-смазочные материалы» ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», к.т.н., доцент

_____ Кайзер Юрий Филиппович

« 04 » 09 2025 г.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет»

660041, Красноярский край, г. Красноярск, проспект Свободный, д. 79

e-mail: office@sfu-kras.ru

тел. +7(391)206-22-22; 244-86-25